

Année 2013



**ÉTUDE DE LA MORPHOLOGIE DU DOS DU  
CHEVAL A L'AIDE DU TOPOGRAPHE PRO  
EQUISCAN®**

THÈSE

Pour le

DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

Présentée et soutenue publiquement devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE CRÉTEIL

Le

par :

**Diane PETAT**

Née le 20 février 1988 à Moroni (Comores)

et

**Constance VAUTHIER**

Née le 07 juin 1988 à Libourne (Gironde)

JURY

**Président : Pr.**

**Professeur à la Faculté de Médecine de CRÉTEIL**

**Membres**

**Directeur : Dr Céline MESPOULHES-RIVIERE.**

**Praticien hospitalier à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Maisons-Alfort**

**Assesseur : Dr Henry CHATEAU**

**Maître de conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Maisons-Alfort**

**Invité : Dr Loïc DESQUILBET**

**Maître de conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Maisons-Alfort**



## LISTE DES MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT

Directeur : M. le Professeur GOGNY Marc

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

Professeurs honoraires : Mme et MM. : BENET Jean-Jacques, BRUGERE Henri, BRUGERE-PICOUX Jeanne, BUSSIERAS Jean, CERF Olivier, CLERC Bernard, CRESPEAU François, DEPUTTE Bertrand, MOUTHON Gilbert, MILHAUD Guy, POUCHELON Jean-Louis, ROZIER Jacques

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

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

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UNITE DE CARDIOLOGIE</b><br>- Mme CHETBOUL Valérie, Professeur *<br>- Mme GKOUNI Vassiliki, Praticien hospitalier<br><b>UNITE DE CLINIQUE EQUINE</b><br>- M. AUDIGIE Fabrice, Professeur<br>- M. DENOIX Jean-Marie, Professeur<br>- M. DUMAS Isabelle, Maître de conférences contractuel<br>- Mme GIRAUDET Aude, Praticien hospitalier *<br>- M. LECHARTIER Antoine, Maître de conférences contractuel<br>- Mme MESPOULHES-RIVIERE Céline, Praticien hospitalier<br>- Mme TRACHSEL Dagmar, Maître de conférences contractuel<br><b>UNITE D'IMAGERIE MEDICALE</b><br>- Mme BEDU-LEPERLIER Anne-Sophie, Maître de conférences contractuel<br>- Mme STAMBOULI Fouzia, Praticien hospitalier<br><b>UNITE DE MEDECINE</b><br>- Mme BENCHEKROUN Ghita, Maître de conférences contractuel<br>- M. BLOT Stéphane, Professeur*<br>- Mme MAUREY-GUENEC Christelle, Maître de conférences<br><b>UNITE DE MEDECINE DE L'ELEVAGE ET DU SPORT</b><br>- Mme CLERO Delphine, Maître de conférences contractuel<br>- M. GRANDJEAN Dominique, Professeur *<br>- Mme YAGUIYAN-COLLIARD Laurence, Maître de conférences contractuel | <b>DISCIPLINE : NUTRITION-ALIMENTATION</b><br>- M. PARAGON Bernard, Professeur<br><b>DISCIPLINE : OPHTALMOLOGIE</b><br>- Mme CHAHORY Sabine, Maître de conférences<br><b>UNITE DE PARASITOLOGIE ET MALADIES PARASITAIRES</b><br>- M. BENSIGNOR Emmanuel, Professeur contractuel<br>- M. BLAGA Radu Gheorghe, Maître de conférences (rattaché au DPASP)<br>- M. CHERMETTE René, Professeur *<br>- M. GUILLLOT Jacques, Professeur<br>- Mme MARNIGAC Geneviève, Maître de conférences<br>- M. POLACK Bruno, Maître de conférences<br><b>UNITE DE PATHOLOGIE CHIRURGICALE</b><br>- M. FAYOLLE Pascal, Professeur<br>- M. MAILHAC Jean-Marie, Maître de conférences<br>- M. MOISSONNIER Pierre, Professeur*<br>- M. NIEBAUER Gert, Professeur contractuel<br>- Mme RAVARY-PLUMIOEN Bérangère, Maître de conférences (rattachée au DPASP)<br>- Mme VIATEAU-DUVAL Véronique, Professeur<br>- M. ZILBERSTEIN Luca, Maître de conférences<br><b>DISCIPLINE : URGENCE SOINS INTENSIFS</b><br>- Vacant |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

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

**Chef du département : M. MILLEMANN Yves, Professeur - Adjoint : Mme DUFOUR Barbara, Professeur**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UNITE D'HYGIENE ET INDUSTRIE DES ALIMENTS D'ORIGINE ANIMALE</b><br>- M. AUGUSTIN Jean-Christophe, Maître de conférences<br>- M. BOLNOT François, Maître de conférences *<br>- M. CARLIER Vincent, Professeur<br>- Mme COLMIN Catherine, Maître de conférences<br><b>UNITE DES MALADIES CONTAGIEUSES</b><br>- Mme DUFOUR Barbara, Professeur*<br>- Mme HADDAD/HOANG-XUAN Nadia, Professeur<br>- Mme PRAUD Anne, Maître de conférences<br>- Mme RIVIERE Julie, Maître de conférences contractuel<br><b>UNITE DE PATHOLOGIE MEDICALE DU BETAIL ET DES ANIMAUX DE BASSE-COUR</b><br>- M. ADJOU Karim, Maître de conférences *<br>- M. BELBIS Guillaume, Assistant d'enseignement et de recherche contractuel<br>- M. HESKIA Bernard, Professeur contractuel<br>- M. MILLEMANN Yves, Professeur | <b>UNITE DE REPRODUCTION ANIMALE</b><br>- Mme CONSTANT Fabienne, Maître de conférences<br>- M. DESBOIS Christophe, Maître de conférences (rattaché au DEPEC)<br>- M. FONTBONNE Alain, Maître de conférences (rattaché au DEPEC)<br>- Mme MASSE-MOREL Gaëlle, Maître de conférences contractuel<br>- M. MAUFFRE Vincent, Assistant d'enseignement et de recherche contractuel<br>- M. NUDELMANN Nicolas, Maître de conférences (rattaché au DEPEC)<br>- M. REMY Dominique, Maître de conférences*<br><b>UNITE DE ZOOTECHNIE, ECONOMIE RURALE</b><br>- M. ARNE Pascal, Maître de conférences*<br>- M. BOSSE Philippe, Professeur<br>- M. COURREAU Jean-François, Professeur<br>- Mme GRIMARD-BALLIF Bénédicte, Professeur<br>- Mme LEROY-BARASSIN Isabelle, Maître de conférences<br>- M. PONTER Andrew, Professeur |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET PHARMACEUTIQUES (DSBP)

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

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UNITE D'ANATOMIE DES ANIMAUX DOMESTIQUES</b><br>- M. CHATEAU Henry, Maître de conférences*<br>- Mme CREVIER-DENOIX Nathalie, Professeur<br>- M. DEGUEURCE Christophe, Professeur<br>- Mme ROBERT Céline, Maître de conférences<br><b>DISCIPLINE : ANGLAIS</b><br>- Mme CONAN Muriel, Professeur certifié<br><b>UNITE DE BIOCHIMIE</b><br>- M. BELLIER Sylvain, Maître de conférences*<br>- M. MICHAUX Jean-Michel, Maître de conférences<br><b>DISCIPLINE : BIostatISTIQUES</b><br>- M. DESQUILBET Loïc, Maître de conférences<br><b>DISCIPLINE : EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE</b><br>- M. PHILIPS Pascal, Professeur certifié<br><b>DISCIPLINE : ETHOLOGIE</b><br>- Mme GILBERT Caroline, Maître de conférences<br><b>UNITE DE GENETIQUE MEDICALE ET MOLECULAIRE</b><br>- Mme ABITBOL Marie, Maître de conférences<br>- M. PANTHIER Jean-Jacques, Professeur* | <b>UNITE D'HISTOLOGIE, ANATOMIE PATHOLOGIQUE</b><br>- Mme CORDONNIER-LEFORT Nathalie, Maître de conférences*<br>- M. FONTAINE Jean-Jacques, Professeur<br>- Mme LALOY Eve, Maître de conférences contractuel<br>- M. REYES GOMEZ Edouard, Assistant d'enseignement et de recherche contractuel<br><b>UNITE DE PATHOLOGIE GENERALE MICROBIOLOGIE, IMMUNOLOGIE</b><br>- M. BOULOUIS Henri-Jean, Professeur<br>- Mme LE ROUX Delphine, Maître de conférences<br>- Mme QUINTIN-COLONNA Françoise, Professeur*<br><b>UNITE DE PHARMACIE ET TOXICOLOGIE</b><br>- Mme ENRIQUEZ Brigitte, Professeur<br>- M. PERROT Sébastien, Maître de conférences<br>- M. TISSIER Renaud, Maître de conférences*<br><b>UNITE DE PHYSIOLOGIE ET THERAPEUTIQUE</b><br>- Mme COMBRISSE Hélène, Professeur<br>- Mme PILOT-STORCK Fanny, Maître de conférences<br>- M. TIRET Laurent, Maître de conférences*<br><b>UNITE DE VIROLOGIE</b><br>- M. ELOIT Marc, Professeur<br>- Mme LE PODER Sophie, Maître de conférences * |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

\* responsable d'unité





## **REMERCIEMENTS**

### **Au Professeur de la Faculté de Médecine de Créteil**

Qui nous a fait le très grand honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse

Hommage respectueux

### **Au Docteur Céline MESPOULHES-RIVIERE**

Qui nous a proposé le sujet puis a accepté la direction de notre thèse

Merci pour votre disponibilité et votre gentillesse

Remerciements sincères

### **Au Docteur Henry CHATEAU**

Qui a accepté de nous suivre tout au long de cette thèse

Merci pour votre disponibilité et vos précieux conseils

Hommage respectueux

### **Au Docteur Loïc DESQUILBET**

Qui a accepté d'être invité à notre soutenance et nous a aidées pour toute la partie statistique de ce travail

Un très grand merci

**A toute l'équipe de la société OXYLANE et tous les centres équestres**, sans qui cette thèse n'aurait jamais vu le jour

Un très grand merci



## TABLE DES MATIERES

|                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>TABLE DES FIGURES.....</b>                                         | <b>7</b>  |
| <b>TABLE DES TABLEAUX .....</b>                                       | <b>13</b> |
| <b>TABLE DES ANNEXES .....</b>                                        | <b>14</b> |
| <b>LISTE DES ABREVIATIONS .....</b>                                   | <b>15</b> |
| <b>INTRODUCTION.....</b>                                              | <b>17</b> |
| <b>PREMIERE PARTIE : Anatomie, biomécanique et relation selle-dos</b> |           |
| <b>chez le cheval.....</b>                                            | <b>19</b> |
| <b>I. LE DOS DU CHEVAL : ANATOMIE FONCTIONNELLE .....</b>             | <b>21</b> |
| A. Anatomie du dos du cheval .....                                    | 21        |
| 1. Conformation générale .....                                        | 21        |
| 2. Ostéologie fonctionnelle .....                                     | 22        |
| a) Région cervicale .....                                             | 22        |
| b) Région thoracique .....                                            | 23        |
| c) Région lombaire .....                                              | 24        |
| d) Le sacrum .....                                                    | 25        |
| e) Les vertèbres coccygiennes .....                                   | 26        |
| 3. Arthrologie du rachis.....                                         | 27        |
| a) Union des corps vertébraux.....                                    | 27        |
| b) Union des arcs vertébraux .....                                    | 28        |
| c) Articulations vertébrales particulières.....                       | 29        |
| 4. Myologie .....                                                     | 31        |
| a) Caractères généraux .....                                          | 31        |
| b) Les muscles de l'encolure .....                                    | 32        |
| c) Les muscles des régions thoracique, lombaire et sacrale .....      | 33        |
| 5. Irrigation.....                                                    | 38        |
| 6. Innervation .....                                                  | 39        |
| 7. Les facteurs de variation de la morphologie du dos du cheval ..... | 39        |
| B. Biomécanique de la région dorsale .....                            | 40        |
| 1. Analyse biomécanique de la région axiale .....                     | 40        |

|     |                                                       |    |
|-----|-------------------------------------------------------|----|
| a)  | Evaluation EX VIVO de la cinématique vertébrale ..... | 41 |
| b)  | Evaluation IN VIVO de la cinématique vertébrale ..... | 43 |
| (1) | Le pas :.....                                         | 43 |
| (2) | Le trot .....                                         | 45 |
| (3) | Le galop .....                                        | 48 |
| 2.  | Analyse biomécanique des membres thoraciques .....    | 49 |
| 3.  | Conséquences en termes de sellerie .....              | 50 |

## **II. LA SELLE, un outil complexe mettant en relation cavalier et cheval.. 51**

|    |                                                                                                       |    |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| A. | La selle et sa structuration .....                                                                    | 51 |
| 1. | Les différentes structures d'une selle et leur organisation .....                                     | 51 |
| 2. | La fabrication d'une selle .....                                                                      | 52 |
| a) | Les différentes méthodes de mesure du dos .....                                                       | 52 |
| B. | Les rapports anatomiques entre le dos et la selle .....                                               | 55 |
| 1. | La position de la selle sur le dos du cheval .....                                                    | 55 |
| 2. | Structures anatomiques en relation avec la selle .....                                                | 56 |
| a) | La colonne vertébrale .....                                                                           | 56 |
| b) | La scapula et le coude .....                                                                          | 56 |
| c) | Les muscles axiaux : véritable support de la selle.....                                               | 57 |
| d) | Les vaisseaux sanguins.....                                                                           | 57 |
| e) | Innervation thoracique et scapulaire.....                                                             | 58 |
| 3. | Les pressions exercées par la selle sur le dos du cheval : utilisation de nouvelles technologies..... | 58 |
| a) | Le tapis capteur de pression .....                                                                    | 58 |
| b) | Tapis « à impression ».....                                                                           | 60 |
| c) | La thermographie .....                                                                                | 60 |
| d) | Influence de la largeur et de l'ouverture de l'arçon sur les pressions .....                          | 62 |
| 4. | Les adaptations possibles de la selle .....                                                           | 63 |
| C. | Les pads ou amortisseurs.....                                                                         | 64 |
| 1. | Rôle des pads.....                                                                                    | 64 |
| 2. | Conception des pads.....                                                                              | 65 |
| a) | Les matériaux utilisés.....                                                                           | 65 |

|                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| b) Conception .....                                                             | 66        |
| 3. Influence des pads sur les pressions exercées par la selle.....              | 66        |
| 4. Effets indésirables et recherchés des pads sur l'adéquation selle / dos..... | 67        |
| <b>III. LES DORSALGIES .....</b>                                                | <b>68</b> |
| A. L'animal dorsalgique.....                                                    | 68        |
| 1. Un athlète contre-performant .....                                           | 68        |
| 2. La douleur dorsale .....                                                     | 69        |
| B. Les principales affections du dos .....                                      | 70        |
| 1. Déformations congénitales .....                                              | 71        |
| a) Scoliose .....                                                               | 71        |
| b) Lordose.....                                                                 | 71        |
| c) Cyphose .....                                                                | 72        |
| 2. Affections osseuses et articulaires.....                                     | 72        |
| a) Affections dégénératives .....                                               | 72        |
| b) Affections traumatiques .....                                                | 78        |
| 3. Affections des tissus mous .....                                             | 80        |
| a) Affections ligamentaires .....                                               | 80        |
| b) Affections musculaires .....                                                 | 81        |
| 4. Affections de l'articulation sacro-iliaque .....                             | 82        |
| C. Inadéquation selle-dos chez le cheval .....                                  | 84        |
| 1. Les signes évocateurs d'une inadéquation selle-dos .....                     | 84        |
| 2. Affections du dos liées à une inadéquation selle-cheval.....                 | 88        |
| <b>IV. CONCLUSION .....</b>                                                     | <b>89</b> |
| <br><b>DEUXIEME PARTIE : Etude de la morphologie des dos à l'aide du</b>        |           |
| <b>Topograph PRO : Equiscan® .....</b>                                          | <b>91</b> |
| <b>I. OBJECTIFS .....</b>                                                       | <b>93</b> |
| <b>II. MATERIEL ET METHODE .....</b>                                            | <b>94</b> |
| A. Population d'étude.....                                                      | 94        |
| 1. Au sein de l'étude préliminaire .....                                        | 94        |
| a) Répétabilité.....                                                            | 94        |

|                                                                                                                                                       |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| b) Reproductibilité .....                                                                                                                             | 94         |
| 2. Au sein de l'étude de terrain .....                                                                                                                | 94         |
| B. Réalisation des mesures .....                                                                                                                      | 96         |
| 1. Au sein de l'étude préliminaire .....                                                                                                              | 96         |
| a) Répétabilité.....                                                                                                                                  | 96         |
| b) Reproductibilité .....                                                                                                                             | 96         |
| 2. Au sein de l'étude de terrain .....                                                                                                                | 96         |
| 3. Construction d'un modèle permettant de calculer les angles à partir de la hauteur<br>au garrot, du périmètre thoracique et du sexe du cheval ..... | 102        |
| C. Méthodes d'analyse des données .....                                                                                                               | 102        |
| 1. Etude préliminaire .....                                                                                                                           | 102        |
| a) Répétabilité.....                                                                                                                                  | 102        |
| b) Reproductibilité .....                                                                                                                             | 102        |
| 2. Etude de terrain .....                                                                                                                             | 103        |
| 3. Mise en place du modèle calculant les angles.....                                                                                                  | 105        |
| <b>III. RESULTATS .....</b>                                                                                                                           | <b>106</b> |
| A. De l'étude préliminaire.....                                                                                                                       | 106        |
| 1. Répétabilité.....                                                                                                                                  | 106        |
| 2. Reproductibilité .....                                                                                                                             | 106        |
| a) Coefficient de concordance de Lin.....                                                                                                             | 106        |
| b) Graphique de Bland et Altman.....                                                                                                                  | 108        |
| (1) Angle B2-1 .....                                                                                                                                  | 108        |
| (2) Angle B2-2 .....                                                                                                                                  | 109        |
| (3) Angle B6-1 .....                                                                                                                                  | 110        |
| (4) Angle B10-1 .....                                                                                                                                 | 110        |
| (5) Ligne médiane .....                                                                                                                               | 111        |
| B. De l'étude de terrain.....                                                                                                                         | 111        |
| 1. Réalisation d'une base de données de dos 3D.....                                                                                                   | 111        |
| 2. Caractéristiques des chevaux de la population d'étude.....                                                                                         | 112        |
| a) Sexe .....                                                                                                                                         | 112        |
| b) Age : .....                                                                                                                                        | 112        |

|            |                                                                                                 |            |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| c)         | Race .....                                                                                      | 113        |
| d)         | Type et niveau d'activité .....                                                                 | 113        |
| e)         | Taille.....                                                                                     | 114        |
| f)         | Périmètre thoracique .....                                                                      | 115        |
| g)         | Note d'état .....                                                                               | 116        |
| h)         | Description des dos à l'aide des angles mesurés .....                                           | 116        |
| (1)        | B2-1 .....                                                                                      | 116        |
| (2)        | B2-2 .....                                                                                      | 117        |
| (3)        | B6-1 .....                                                                                      | 118        |
| (4)        | B10-1 .....                                                                                     | 118        |
| (5)        | Ligne médiane : .....                                                                           | 119        |
| 3.         | Mise en évidence d'associations .....                                                           | 119        |
| a)         | Associations entre les caractéristiques des chevaux et les différents angles mesurés.....       | 119        |
| (1)        | Association entre sexe et angle du dos .....                                                    | 119        |
| (2)        | Association entre origine des chevaux et angle du dos .....                                     | 119        |
| (3)        | Association entre races et angle du dos .....                                                   | 120        |
| (4)        | Association entre type, niveau d'activité et angle du dos.....                                  | 120        |
| b)         | Associations entre les angles mesurés et les paramètres quantitatifs ou semi-quantitatifs ..... | 122        |
| (1)        | Association entre la note d'état corporel et les angles du dos .....                            | 122        |
| (2)        | Association entre âge et angle du dos.....                                                      | 123        |
| (3)        | Association entre périmètre thoracique et angle du dos .....                                    | 124        |
| (4)        | Association entre hauteur au garrot et angle du dos .....                                       | 125        |
| c)         | Associations entre les angles .....                                                             | 127        |
| C.         | De la mise en place du modèle .....                                                             | 132        |
| 1.         | B2-1 .....                                                                                      | 132        |
| 2.         | B2-2 .....                                                                                      | 132        |
| 3.         | B6-1 .....                                                                                      | 133        |
| 4.         | B10-1 .....                                                                                     | 133        |
| <b>IV.</b> | <b>DISCUSSION.....</b>                                                                          | <b>133</b> |
| A.         | Discussion du protocole d'étude .....                                                           | 133        |

|                                                                  |            |
|------------------------------------------------------------------|------------|
| 1. Répétabilité et reproductibilité .....                        | 133        |
| 2. Choix de la population d'étude .....                          | 134        |
| 3. Choix des paramètres étudiés et de leur prise de mesure ..... | 135        |
| B. Discussion des résultats de l'enquête de terrain .....        | 136        |
| 1. Fiabilité des tests statistiques utilisés .....               | 136        |
| 2. Résultats .....                                               | 136        |
| C. Discussion sur la mise en place du modèle .....               | 138        |
| 1. Méthode.....                                                  | 138        |
| 2. Résultats .....                                               | 138        |
| <b>V. CONCLUSION de la seconde partie .....</b>                  | <b>139</b> |
| <b>CONCLUSION.....</b>                                           | <b>141</b> |



## TABLE DES FIGURES

|                                                                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <u>Figure 1</u> : Conformation générale du dos du cheval, d'après RIEGEL et HAKOLA (2001), modifié d'après DENOIX et PAILLOUX (1997).....                                 | 21 |
| <u>Figure 2</u> : Cinquième vertèbre cervicale du cheval (modifié d'après BARONE (1986)) .....                                                                            | 23 |
| <u>Figure 3</u> : Segment cervical du cheval d'après BARONE (1986).....                                                                                                   | 23 |
| <u>Figure 4</u> : Cinquième vertèbre thoracique de cheval, modifié d'après BARONE (1986).....                                                                             | 24 |
| <u>Figure 5</u> : Segment thoracique du cheval, d'après BARONE (1986).....                                                                                                | 24 |
| <u>Figure 6</u> : Troisième vertèbre lombaire de cheval, d'après BARONE (1986) .....                                                                                      | 25 |
| <u>Figure 7</u> : Segment lombaire de cheval, d'après BARONE (1986).....                                                                                                  | 25 |
| <u>Figure 8</u> : Sacrum de cheval, d'après BARONE (1986).....                                                                                                            | 26 |
| <u>Figure 9</u> : Vertèbres coccygiennes du cheval, d'après BARONE (1986).....                                                                                            | 26 |
| <u>Figure 10</u> : Articulations intervertébrales du cheval de vertèbres thoraciques (d'après DENOIX et PAILLOUX (1997)).....                                             | 28 |
| <u>Figure 11</u> : Ligament nuchal du cheval, d'après BARONE (1989).....                                                                                                  | 29 |
| <u>Figure 12</u> : Segment lombaire de cheval, d'après BARONE (1986).....                                                                                                 | 30 |
| <u>Figure 13</u> : Articulations sacro-iliaque d'un cheval, d'après BARONE (1989) .....                                                                                   | 31 |
| <u>Figure 14</u> : Coupe transversale du cou d'un cheval passant par la 5 <sup>e</sup> cervicale, d'après BARONE (1986).....                                              | 33 |
| <u>Figure 15</u> : Coupe transversale de garrot de cheval, d'après BARONE (1989).....                                                                                     | 35 |
| <u>Figure 16</u> : Muscles de l'encolure et du tronc. Vue dorsale. D'après DENOIX et PAILLOUX (1997) .....                                                                | 35 |
| <u>Figure 17</u> : Muscles de l'encolure et du tronc. Plan superficiel. D'après DENOIX et PAILLOUX (1997) .....                                                           | 36 |
| <u>Figure 18</u> : Muscles de l'encolure et du tronc. Plan moyen. D'après DENOIX et PAILLOUX (1997).....                                                                  | 36 |
| <u>Figure 19</u> : Muscles de l'encolure et du tronc. Plan profond. D'après DENOIX et PAILLOUX (1997) .....                                                               | 37 |
| <u>Figure 20</u> : Muscles juxta-vertébraux de l'encolure et du tronc. D'après DENOIX et PAILLOUX (1997) .....                                                            | 37 |
| <u>Figure 21</u> : Schéma d'une artère intercostale dorsale, d'après BARONE (1996).....                                                                                   | 38 |
| <u>Figure 22</u> : Amplitude des mouvements de latéroflexion dans chaque espace intervertébral de la colonne thoraco-lombaire. D'après TOWNSEND <i>et al.</i> (1983)..... | 41 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <u>Figure 23</u> : Amplitude des mouvements de rotation dans chaque espace intervertébral de la colonne thoraco-lombaire. D'après TOWNSEND <i>et al.</i> (1983).....                                                                                                    | 41 |
| <u>Figure 24</u> : Mobilité régionale de la colonne thoraco-lombaire. Influence de la position de l'encolure sur la mobilité. D'après DENOIX (1986) .....                                                                                                               | 42 |
| <u>Figure 25</u> : Décomposition des différentes phases du pas. Modifié d'après la Fédération Française d'Equitation (1988).....                                                                                                                                        | 43 |
| <u>Figure 26</u> : Valeur moyenne (ligne épaisse) +/- l'intervalle de confiance de 95% (lignes fines) du mouvement angulaire de segments vertébraux pendant un cycle complet d'une foulée au pas. (Vitesse de 1.8m/s). (HAUSSLER <i>et al.</i> (2001)).....             | 45 |
| <u>Figure 27</u> : Premier temps d'une foulée de trot, d'après la Fédération Française d'Equitation (1988) .....                                                                                                                                                        | 46 |
| <u>Figure 28</u> : Valeur moyenne (ligne épaisse +/- l'intervalle de confiance de 95% (lignes fines) du mouvement angulaire de segments vertébraux pendant un cycle complet d'une foulée de trot. (Vitesse de 4m/s) (HAUSSLER <i>et al.</i> (2001)).....                | 47 |
| <u>Figure 29</u> : Les trois temps du galop à droite. D'après la Fédération Française d'Equitation (1988) .....                                                                                                                                                         | 48 |
| <u>Figure 30</u> : Valeur moyenne (ligne épaisse) +/- l'intervalle de confiance de 95% (lignes fines) du mouvement angulaire de segments vertébraux pendant un cycle complet d'une foulée de galop à droite. (Vitesse de 8.5m/s). (HAUSSLER <i>et al.</i> (2001)) ..... | 49 |
| <u>Figure 31</u> : Schéma des différentes positions prises par la scapula lors des mouvements d'extension et de flexion du membre thoracique. D'après STOHLMAN (1995).....                                                                                              | 50 |
| <u>Figure 32</u> : Position de l'arçon pour laisser libre la scapula. D'après STOHLMAN (1995) ....                                                                                                                                                                      | 50 |
| <u>Figure 33</u> : Description d'un arçon. Modifié d'après RIESER (2008).....                                                                                                                                                                                           | 51 |
| <u>Figure 34</u> : Selle FNE à arçon ajustable. Source internet : FNE SADDLES .....                                                                                                                                                                                     | 52 |
| <u>Figure 35</u> : Baguette flexible permettant de prendre la forme du garrot. (Source internet : THOROWGOOD) .....                                                                                                                                                     | 53 |
| <u>Figure 36</u> : Grille de réglages développée par FOSTER. D'après MURDOCH (1995) .....                                                                                                                                                                               | 53 |
| <u>Figure 37</u> : Plaque réutilisable de moulage du dos du cheval. Source internet : EQUIMEASURE .....                                                                                                                                                                 | 54 |
| <u>Figure 38</u> : Ajustement de la selle par rapport au Topograph PRO. Source internet : EQUISCAN.....                                                                                                                                                                 | 54 |
| <u>Figure 39</u> : Selle placée trop en avant sur le dos du cheval, bloquant le sommet de la scapula. D'après HARMAN (1995c).....                                                                                                                                       | 55 |

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <u>Figure 40</u> : | Selle placée correctement. D'après HARMAN (1995c) .....                                                                                                                                                                                          | 55 |
| <u>Figure 41</u> : | Tapis capteur de pression. D'après RANCUREL (2011).....                                                                                                                                                                                          | 59 |
| <u>Figure 42</u> : | Port Lewis Impression Pad ®. Source internet : EnduranceRider.....                                                                                                                                                                               | 60 |
| <u>Figure 43</u> : | Etude thermographique d'un cas de surcharge des processus épineux liée à une anomalie de gouttière de la selle (BENOIT, 2000) .....                                                                                                              | 61 |
| <u>Figure 44</u> : | Amyotrophie locale ou irrégularité de la matelassure (BENOIT, 2000).....                                                                                                                                                                         | 62 |
| <u>Figure 45</u> : | Influence de l'angle d'ouverture de l'arçon sur la répartition des pressions sur le dos du cheval. D'après RIESER (2008) .....                                                                                                                   | 62 |
| <u>Figure 46</u> : | Comparaison des pressions exercées par la selle impliquant un minimum de pression (LOF), et la selle "étroite" (too-narrow) et "large" (too-wide) au pas. (MESCHAN <i>et al.</i> , 2007).....                                                    | 63 |
| <u>Figure 47</u> : | Amortisseur en gel (KOTSCHWAR <i>et al.</i> (2010)) .....                                                                                                                                                                                        | 65 |
| <u>Figure 48</u> : | Pad en mousse. Zone au niveau du garrot et de la colonne vertébrale libre. (KOTSCHWAR <i>et al.</i> (2010)) .....                                                                                                                                | 66 |
| <u>Figure 49</u> : | Représentation schématique des voies de la douleur associées à la région dorso-lombaire. (JEFFCOTT (2000)) .....                                                                                                                                 | 69 |
| <u>Figure 50</u> : | Lordose importante chez un cheval (Source : Internet, <a href="http://www.american-flex.com">www.american-flex.com</a> ) .....                                                                                                                   | 72 |
| <u>Figure 51</u> : | Cyphose lombaire ou dos de carpe. (DENOIX (2001)) .....                                                                                                                                                                                          | 72 |
| <u>Figure 52</u> : | Représentation schématique d'un cas de conflits de processus épineux (JEFFCOTT (2000)).....                                                                                                                                                      | 73 |
| <u>Figure 53</u> : | Les cinq grades de conflits de processus épineux selon JEFFCOTT (1980) .....                                                                                                                                                                     | 75 |
| <u>Figure 54</u> : | Radiographie latéromédiale de la région thoracique moyenne : Zone d'ostéolyse aux points de contact entre 2 processus épineux (flèche), remaniement osseux au niveau de la zone de chevauchement (tête de flèche). (HENSON et KIDD (2009)) ..... | 75 |
| <u>Figure 55</u> : | Radiographie d'une ostéoarthrose articulaire en T18-L1. De CIRALE, Dozulé ...                                                                                                                                                                    | 76 |
| <u>Figure 56</u> : | Représentation schématique d'un cas de spondylose (JEFFCOTT (1980)).....                                                                                                                                                                         | 77 |
| <u>Figure 57</u> : | Cas post-mortem d'ostéophytes au bord ventral du corps vertébral (HENSON (2009)).....                                                                                                                                                            | 78 |
| <u>Figure 58</u> : | Radiographie latéro-médiale du garrot (T5-T9) mettant en évidence une fracture des processus du garrot (flèches noires). (DRIVER et PILSWORTH (2009)) .....                                                                                      | 79 |
| <u>Figure 59</u> : | Lésion hyperéchogène du ligament supra-épineux adjacent à un processus épineux (LAMAS (2009)).....                                                                                                                                               | 81 |

|                                                                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <u>Figure 60</u> : Vue ventrale de l'articulation sacro-iliaque : ostéoprolifération osseuse et irrégularité des bords de l'articulation. (JEFFCOTT (2009))..... | 83  |
| <u>Figure 61</u> : Image échographique normale de l'articulation sacro-iliaque. Photo : CIRALE, Dozulé .....                                                     | 83  |
| <u>Figure 62</u> : Image échographique d'une articulation sacro-iliaque remodelée. Photo : CIRALE, Dozulé .....                                                  | 83  |
| <u>Figure 63</u> : Cheval chatouilleux au pansage (Photo : PETAT D.) .....                                                                                       | 84  |
| <u>Figure 64</u> : Zones d'apparition des signes cutanés consécutifs à une selle inadaptée (Equimetric, 2012) .....                                              | 85  |
| <u>Figure 65</u> : Hématome et nodules au niveau de la selle. (HENSON M.D.F, 2009) .....                                                                         | 86  |
| <u>Figure 66</u> : Alternance de zones de sudation/zones de non sudation. (Equimetric, 2012).....                                                                | 86  |
| <u>Figure 67</u> : Poils blancs au niveau de la selle (Equimetric, 2012) .....                                                                                   | 86  |
| <u>Figure 68</u> : Atrophie musculaire (Equimetric, 2012) .....                                                                                                  | 87  |
| <u>Figure 69</u> : Localisation préférentielle des principales affections dorsales (JEFFCOTT, 1999).....                                                         | 88  |
| <u>Figure 70</u> : Répartition du nombre de chevaux par centre équestre .....                                                                                    | 95  |
| <u>Figure 71</u> : Pourcentage de chevaux en fonction de la région considérée .....                                                                              | 95  |
| <u>Figure 72</u> : Mesure de la hauteur au garrot .....                                                                                                          | 98  |
| <u>Figure 73</u> : Mesure du périmètre thoracique .....                                                                                                          | 98  |
| <u>Figure 74</u> : Mise en place du topographe. Etape (1) : repérage de T18 à l'aide de la 18° côte .....                                                        | 99  |
| <u>Figure 75</u> : Mise en place du topographe. Etape (2) : placement du topographe à partir de T18 .....                                                        | 99  |
| <u>Figure 76</u> : Mise en place du topographe. Etape (3) : verrouillage du topographe .....                                                                     | 99  |
| <u>Figure 77</u> : Etape (4) : relevé de l'angle au niveau du 4° segment .....                                                                                   | 99  |
| <u>Figure 78</u> : Etape (5) : le topographe épouse le dos du cheval.....                                                                                        | 99  |
| <u>Figure 79</u> : Etape (6) : le topographe est enlevé et représente la forme du dos du cheval .....                                                            | 99  |
| <u>Figure 80</u> : Le topographe Equiscan avec les différents segments du topographe servant à la mesure des différents angles de l'étude.....                   | 100 |
| <u>Figure 81</u> : Représentation des mesures de B2-1 et B2-2. Vue frontale .....                                                                                | 100 |
| <u>Figure 82</u> : Mesures sur le modèle 3D des angles B2-1, B2-2, B6-1 et B10-1 .....                                                                           | 101 |
| <u>Figure 83</u> : Mesure sur le modèle 3D de l'angle de la ligne médiane .....                                                                                  | 101 |
| <u>Figure 84</u> : Visualisation de l'angle de la ligne médiane fonction de la hauteur au garrot indépendamment du périmètre thoracique .....                    | 105 |

|                                                                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <u>Figure 85</u> : Représentation graphique de la répartition des angles mesurés au niveau de B2-1 sur les 28 chevaux des deux opérateurs .....      | 107 |
| <u>Figure 86</u> : Représentation graphique de la répartition des angles mesurés au niveau de B6-1 sur les 28 chevaux des deux opérateurs .....      | 108 |
| <u>Figure 87</u> : Graphique de Bland et Altman représentant la concordance des mesures de l'angle B2-1 effectuées par les deux opérateurs.....      | 108 |
| <u>Figure 88</u> : Graphique de Bland et Altman représentant la concordance des mesures de l'angle B2-2 effectuées par les deux opérateurs.....      | 109 |
| <u>Figure 89</u> : Graphique de Bland et Altman représentant la concordance des mesures de l'angle B6-1 effectuées par les deux opérateurs.....      | 110 |
| <u>Figure 90</u> : Graphique de Bland et Altman représentant la concordance des mesures de l'angle B10-1 effectuées par les deux opérateurs.....     | 110 |
| <u>Figure 91</u> : Graphique de Bland et Altman représentant la concordance des mesures de la ligne médiane effectuées par les deux opérateurs ..... | 111 |
| <u>Figure 92</u> : Répartition des chevaux de l'étude selon leur sexe.....                                                                           | 112 |
| <u>Figure 93</u> : Distribution des 162 chevaux en fonction de leur âge.....                                                                         | 112 |
| <u>Figure 94</u> : Répartition des 162 chevaux au sein des 4 classes d'âge.....                                                                      | 113 |
| <u>Figure 95</u> : Répartition des chevaux en fonction de leur race .....                                                                            | 113 |
| <u>Figure 96</u> : Répartition des chevaux en fonction de leur type d'activité .....                                                                 | 114 |
| <u>Figure 97</u> : Répartition des chevaux en fonction de leur niveau d'activité .....                                                               | 114 |
| <u>Figure 98</u> : Distribution de la hauteur au garrot au sein de l'échantillon (162 chevaux) .....                                                 | 114 |
| <u>Figure 99</u> : Répartition des 162 chevaux de l'étude au sein des 4 classes de hauteur au garrot .....                                           | 115 |
| <u>Figure 100</u> : Distribution du périmètre thoracique au sein de l'échantillon (162 chevaux) ...                                                  | 115 |
| <u>Figure 101</u> : Répartition des 162 chevaux au sein des 4 classes de périmètre thoracique .....                                                  | 116 |
| <u>Figure 102</u> : Répartition des notes d'état corporel au sein des 162 chevaux de l'échantillon                                                   | 116 |
| <u>Figure 103</u> : Distribution des angles au niveau de B2-1 au sein des 162 chevaux de l'échantillon .....                                         | 117 |
| <u>Figure 104</u> : Distribution des angles au niveau de B2-2 au sein des 162 chevaux de l'échantillon .....                                         | 117 |
| <u>Figure 105</u> : Distribution de l'angle B6-1 au sein des 162 chevaux de l'échantillon.....                                                       | 118 |
| <u>Figure 106</u> : Distribution des angles au niveau de B10-1 au sein des 162 chevaux de l'échantillon .....                                        | 118 |

|                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <u>Figure 107</u> : Distribution de l'angle au niveau de la ligne médiane au sein des 162 chevaux de l'étude.....                    | 119 |
| <u>Figure 108</u> : Représentation de la répartition de B2-1 en boîte à moustaches en fonction de la note d'état corporel.....       | 122 |
| <u>Figure 109</u> : Représentation de la répartition de B2-2 en boîte à moustaches en fonction de la note d'état corporel.....       | 122 |
| <u>Figure 110</u> : Représentation de la répartition de B6-1 en boîte à moustaches en fonction de la note d'état corporel.....       | 123 |
| <u>Figure 111</u> : Représentation de la répartition de B10-1 en boîte à moustaches en fonction de la note d'état corporel.....      | 123 |
| <u>Figure 112</u> : Représentation des valeurs moyennes de B2-2 dans chacune des classes.....                                        | 124 |
| <u>Figure 113</u> : Représentation des valeurs moyennes de la ligne médiane dans chacune des classes de périmètre thoracique.....    | 124 |
| <u>Figure 114</u> : Représentation des valeurs moyennes de B2-1 et B2-2 dans chacune des classes.....                                | 125 |
| <u>Figure 115</u> : Représentation des valeurs moyennes de B2-2, B6-1 et B10-1 dans chacune des classes de B2-1.....                 | 127 |
| <u>Figure 116</u> : Représentation des valeurs moyennes de l'angle de la ligne médiane dans chacune des classes de B2-1.....         | 127 |
| <u>Figure 117</u> : Représentation des valeurs moyennes de B2-1, B6-1 et B10-1 dans chacune des classes de B2-2.....                 | 128 |
| <u>Figure 118</u> : Représentation des valeurs moyennes de B2-1, B2-2 et B10-1 dans chacune des classes de B6-1.....                 | 128 |
| <u>Figure 119</u> : Représentation des valeurs moyennes de l'angle de la ligne médiane dans chacune des classes de B6-1.....         | 129 |
| <u>Figure 120</u> : Représentation des valeurs moyennes de B2-1, B2-2 et B6-1 dans chacune des classes de B10-1.....                 | 129 |
| <u>Figure 121</u> : Représentation des valeurs moyennes de B2-1 et B6-1 dans chacune des classes de l'angle de la ligne médiane..... | 130 |

## TABLE DES TABLEAUX

|                                                                                                                                                                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <u>Tableau 1</u> : Amplitude relative des mouvements au sein des articulations de la colonne thoraco-lombaire, d'après TOWSEND <i>et al.</i> (1983) et TOWSEND et LEACH (1984).....                                                                                  | 42  |
| <u>Tableau 2</u> : Amplitude des mouvements exprimée en % de la hauteur au garrot. D'après LICKA et PEHAM (1998) .....                                                                                                                                               | 43  |
| <u>Tableau 3</u> : Analyse statistique de Jeffcott portant sur 443 cas de chevaux dorsalgiques (JEFFCOTT 1980) .....                                                                                                                                                 | 70  |
| <u>Tableau 4</u> : Répartition des lésions radiographiques de 782 chevaux dorsalgiques (DENOIX (1997)) .....                                                                                                                                                         | 71  |
| <u>Tableau 5</u> : Niveau de l'activité en fonction du type d'activité et du nombre d'heure de travail par semaine. (1 : faible niveau d'activité ; 2 : niveau moyen ; 3 : niveau élevé).....                                                                        | 97  |
| <u>Tableau 6</u> : Interprétation des valeurs du coefficient de concordance de Lin (CC Lin). D'après DESQUILBET (2012).....                                                                                                                                          | 102 |
| <u>Tableau 7</u> : Les 4 classes d'âge.....                                                                                                                                                                                                                          | 104 |
| <u>Tableau 8</u> : Les 4 classes en fonction de la hauteur au garrot.....                                                                                                                                                                                            | 104 |
| <u>Tableau 9</u> : Les 4 classes en fonction du périmètre thoracique.....                                                                                                                                                                                            | 104 |
| <u>Tableau 10</u> : Les 6 classes pour chaque angle mesuré .....                                                                                                                                                                                                     | 104 |
| <u>Tableau 11</u> : Valeurs moyennes +/- écart-type, minimales, maximales et coefficients de variation obtenus après 21 prises de mesures sur un même cheval avec un même opérateur sur les différents angles de l'étude à l'aide du Topographe pro d'Equiscan ..... | 106 |
| <u>Tableau 12</u> : Coefficient de concordance de Lin pour chacun des angles mesurés dans l'étude de reproductibilité effectuée sur 28 chevaux par les deux opérateurs.....                                                                                          | 107 |
| <u>Tableau 13</u> : Récapitulatif général des résultats pour les paramètres qualitatifs.....                                                                                                                                                                         | 121 |
| <u>Tableau 14</u> : Récapitulatif général des résultats pour les paramètres quantitatifs et semi-quantitatif (note d'état).....                                                                                                                                      | 126 |
| <u>Tableau 15</u> : Récapitulatif général des résultats au sein des différentes classes d'angles.....                                                                                                                                                                | 131 |

## TABLE DES ANNEXES

|                                                                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ANNEXE 1 : Critères d'attribution d'une note d'état. D'après ARNAUD <i>et al.</i> (1997).....                                                      | 151 |
| ANNEXE 2 : Exemple de formulaire servant au relevé de données sur le terrain. ....                                                                 | 153 |
| ANNEXE 3 : Angles (en °) de dos obtenus grâce au modèle linéaire selon le sexe, le<br>périmètre thoracique et la hauteur au garrot du cheval. .... | 155 |



## LISTE DES ABREVIATIONS

2D : Deux dimensions

3D : Trois dimensions

AD (RF): Antérieur droit (Right Forelimb)

AG (LF) : Antérieur gauche (Left Forelimb)

AQPS : Autre Que Pur-Sang

ASIV : Arthropathie Synoviale Intervertébrale

B2-1 : Angle formé par les premiers segments des deuxièmes barres

B2-2 : Angle formé par les deuxièmes segments des deuxièmes barres

B6-1 : Angle formé par les premiers segments des sixièmes barres

B10-1 : Angle formé par les premiers segments des dixièmes barres

C[1-7] : Première à septième vertèbre cervicale

CC Lin : Coefficient de Concordance de Lin

CCE : Concours Complet d'Equitation

CSO : Concours de Saut d'Obstacles

*Cf. : confer*

Cm : Centimètres

CPE : Conflit des Processus Epineux.

ENVA : Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.

*Et al. : et alii*

L[[1-6] : première à sixième vertèbre lombaire

OC : Origine Constatée

ONC : Origine Non Constatée

PD (RH): Postérieur droit (Right Hindlimb)

PG (LH): Postérieur gauche (Left Hindlimb)

PFS : Poney Français de Selle

PS : Pur Sang

SF : Selle Français

SBS : Cheval de Sport Belge

T[1-18] : Première à dix-huitième vertèbre thoracique

TF : Trotteur Français

S[1-5] : Première à cinquième vertèbre sacrales



# INTRODUCTION

Les premiers chevaux domestiqués par l'homme auraient été, selon les paléontologues, initialement attelés car leur petite taille ne permettait pas de porter un homme adulte. Les premiers chevaux seraient montés puis sellés au cours de l'Antiquité afin d'améliorer la stabilité du cavalier. A partir du XIX<sup>ème</sup> siècle, l'équitation a progressivement évolué vers une activité de sport et de loisir, où le cheval est passé du statut de « bétail » à celui d'animal de compagnie.

L'évolution de ce statut a également modifié l'approche et les rapports entre le cavalier et sa monture, aspirant au confort du cavalier mais aussi du cheval dans le travail. Le développement de l'utilisation du cheval en tant qu'animal de sport et de loisir est automatiquement associé à de nouveaux objectifs et de nouvelles préoccupations. Notamment de la part du propriétaire ou du cavalier, que ce soit afin d'améliorer les performances sportives de leur cheval ou plus simplement son bien être.

Le monde de l'équitation voit se développer depuis quelques dizaines d'années de nouvelles disciplines telles que l'éthologie, où un retour à une pratique de l'équitation « moins contraignante » est recherché par les adeptes de ces méthodes.

En parallèle, une meilleure connaissance de l'anatomie du cheval, de son fonctionnement biomécanique et des contraintes exercées sur celui-ci lors de la pratique de l'équitation, que ce soit en loisir ou en sport, permet de faire évoluer les techniques de monte et d'harnachement afin d'atteindre une pratique de l'équitation avec le moins de contraintes possibles et permettant d'optimiser les capacités sportives de cet animal.

La selle est un élément clé de l'association entre un cheval et son cavalier et elle repose sur une région majeure de l'anatomie du cheval, son dos. Il représente l'axe principal de la locomotion du cheval et les douleurs dorsales peuvent être responsables d'un inconfort du cheval, pouvant aller jusqu'à la baisse des performances ou une boiterie et pouvant rendre le cheval inutilisable. Les pathologies dorsales sont très fréquentes mais sous-estimées par le cavalier.

Dans notre métier de vétérinaire, il est primordial de bien identifier ces douleurs afin de pouvoir les traiter. Mais le traitement ne repose que sur un contrôle de cette douleur, et les différents moyens thérapeutiques à notre disposition ne peuvent en supprimer la cause. Leur prévention serait donc préférable. Ainsi, il est intéressant d'intégrer la selle et d'évaluer son adéquation avec le cheval lors d'un examen vétérinaire de dorsalgies, ainsi que dans la prévention des douleurs dorsales.

La connaissance de l'anatomie du cheval et de son organisation est indispensable à la compréhension de la biomécanique mise en œuvre lorsque le cheval est en activité, qu'il s'agisse d'obstacle, de complet, de dressage ou de toute autre discipline. C'est pourquoi dans une première partie consacrée exclusivement à l'étude du dos, de la selle et des dorsalgies, les éléments clés de l'anatomie sont tout d'abord présentés ainsi que l'analyse biomécanique de cette région. Puis l'étude des selles, de leur fabrication et des moyens mis à disposition afin d'évaluer l'adéquation d'une selle à son cheval est indispensable afin d'avoir une meilleure vue d'ensemble des contraintes exercées et d'ainsi pouvoir les prévenir dans le meilleur des cas ou de les alléger. Enfin, les dorsalgies, principalement celles associées à la selle sont décrites et explorées afin de permettre une meilleure connaissance de celles-ci et favoriser leur détection.

L'aspect expérimental de ce travail a été motivé par une demande de la société Oxylane, qui, dans cette recherche d'un meilleur confort du cheval, en tant qu'animal de compagnie mais aussi de sport et de loisir, cherche à améliorer au maximum la justesse de ses arçons en fonction des différents types de dos qu'il est fréquent de retrouver dans la cavalerie des centres équestres en France. Cette étude a pour but de mettre en évidence d'éventuelles associations entre certaines mesures prises en compte dans la fabrication d'une selle et certains paramètres évaluant les caractéristiques d'un cheval (taille, périmètre thoracique ...), espérant ainsi établir un modèle capable de relier une forme d'arçon avec la morphologie du dos du cheval.

**PREMIERE PARTIE :**  
**Anatomie, biomécanique et**  
**relation selle-dos chez le**  
**cheval.**



## **I. LE DOS DU CHEVAL : ANATOMIE FONCTIONNELLE**

Lorsque le cavalier est à cheval, ils se transmettent réciproquement leurs directions, leurs émotions et leurs tensions. Pour DENOIX et PAILLOUX (1997), le dos est, chez le cheval comme chez l'être humain, un filtre émotionnel qui capte les résistances psychomotrices et les localise dans la masse musculaire. La connaissance anatomo-fonctionnelle du dos du cheval est le passage obligatoire permettant de comprendre les variations de morphologie du dos du cheval et leur impact sur l'adéquation selle/dos.

### **A. Anatomie du dos du cheval**

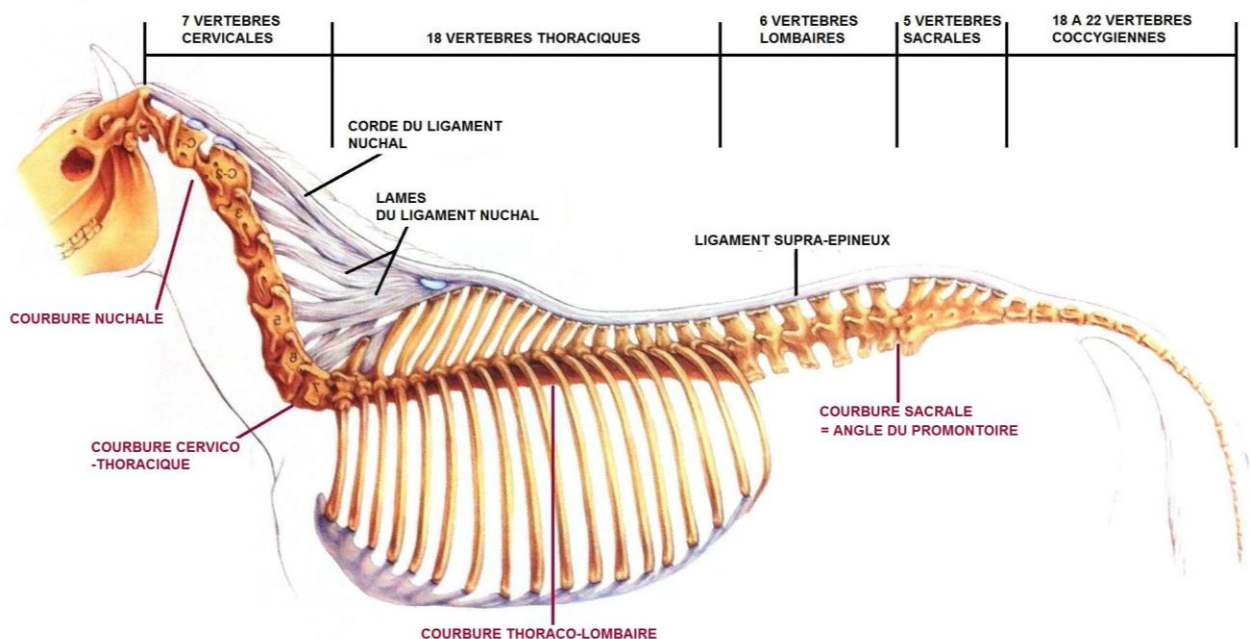
#### **1. Conformation générale**

(D'après DYCE *et al.* (2002))

La conformation extérieure du cheval varie considérablement en fonction de la race, de l'âge, du sexe mais aussi des conditions de vie de celui-ci. La courbure dorsale à partir de la jonction thoraco-lombaire, reflète correctement les inflexions naturelles de la colonne vertébrale. Cependant les courbures de l'encolure et de la région thoracique, où les vertèbres sont situées plus profondément, dépendent largement des lames des ligaments nuchaux pour le cou, des processus épineux et du ligament supra-épineux pour le garrot et la région thoracique. (cf. figure 1).

La ligne du dos commence par l'encolure qui peut être concave ou convexe en fonction de la musculature du cheval, puis on observe une convexité dorsale: le garrot, puis une convexité ventrale et enfin la croupe.

**Figure 1 : Conformation générale du dos du cheval, d'après RIEGEL et HAKOLA (2001), modifié d'après DENOIX et PAILLOUX (1997)**



La colonne vertébrale présente des courbures différentes (cf. figure 1), plus ou moins accentuées selon les individus :

- une **courbure cervicale haute ou courbure nuchale** (os occipital à C3) à concavité ventrale,
- une **courbure cervicale basse ou cervico-thoracique** (C4-T4) à convexité ventrale,
- une **courbure thoraco-lombaire aussi appelée « pont » thoraco-lombaire** qui est pratiquement rectiligne avec une discrète courbure à convexité dorsale de T1 à L6,
- une **courbure lombo-sacrale**, très marquée, centrée sur l'espace intervertébral L6-S1 aussi appelé « **angle du promontoire** »,
- une **courbure sacrale** à convexité dorsale. (DENOIX et PAILLOUX (1997)).

La colonne vertébrale porte à son extrémité la tête et se termine par la queue. Elle protège la moelle épinière et les racines nerveuses associées, elle permet le maintien du corps et la transmission de l'effort de propulsion, ce qui lui confère un rôle important dans la locomotion.

Nous allons voir que la morphologie des vertèbres et la structure des articulations intervertébrales confèrent à l'axe vertébral une certaine rigidité associée à de la mobilité.

## 2. Ostéologie fonctionnelle

La colonne vertébrale est formée par une succession d'unités fonctionnelles : les vertèbres, dont la forme et le nom varient en fonction de leurs localisations. On trouve 7 vertèbres cervicales, 12 vertèbres thoraciques, 5 vertèbres lombaires, 5 vertèbres sacrales et 18 à 22 vertèbres coccygiennes.

Chaque vertèbre est formée d'un corps vertébral surmonté de l'arc vertébral formant ensemble le canal rachidien. L'arc porte les processus épineux, transverses et articulaires dont les caractéristiques sont propres à chaque région.

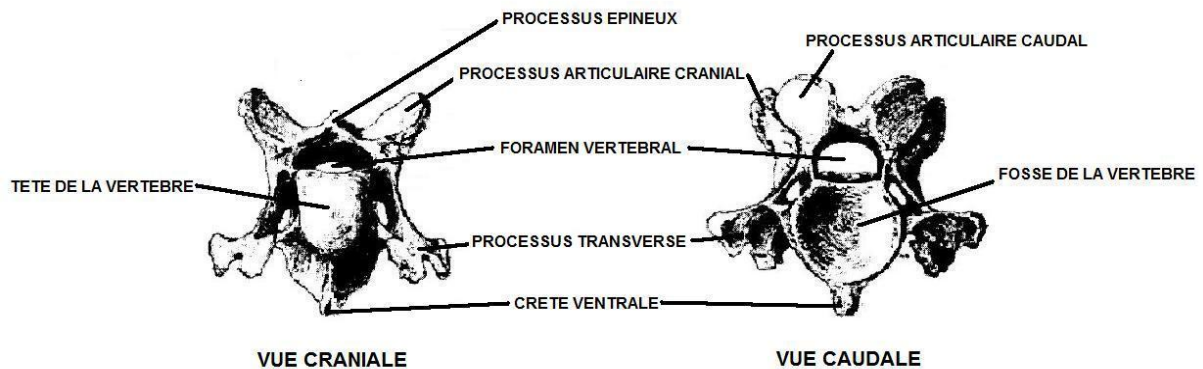
### a) *Région cervicale*

(D'après : BARONE (1986) ; DENOIX et PAILLOUX (1997))

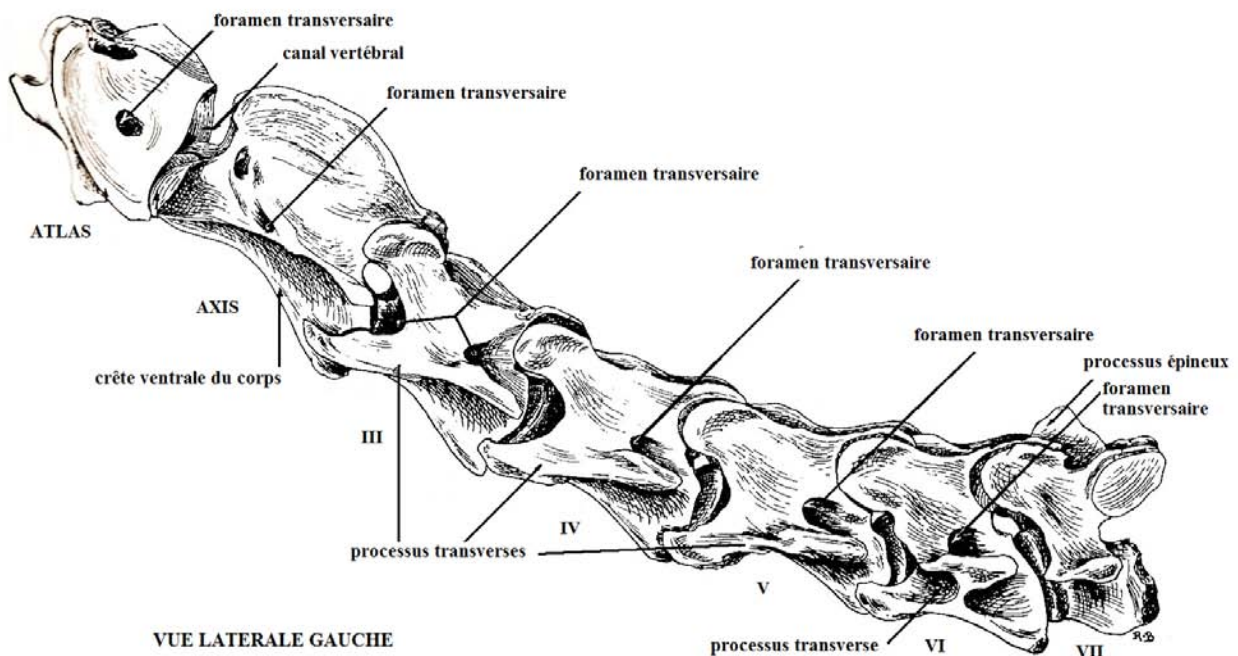
Au nombre de 7 chez tous les mammifères, elles forment avec la tête un véritable système d'équilibre adapté au type de locomotion et aux mœurs de l'espèce. L'atlas et l'axis sont très modifiés en adaptation au support et aux mouvements de la tête. Ainsi les 5 autres vertèbres cervicales sont longues et fortes. Elles possèdent des processus épineux et transverses particulièrement courts, ainsi qu'une tête saillante nettement convexe, une fosse vertébrale profonde et des processus articulaires dorsaux planiformes expliquant la grande mobilité et flexibilité de cette région. (cf. figures 2 et 3).



**Figure 2 : Cinquième vertèbre cervicale du cheval (modifié d'après BARONE (1986))**



**Figure 3 : Segment cervical du cheval d'après BARONE (1986)**



### **b) Région thoracique**

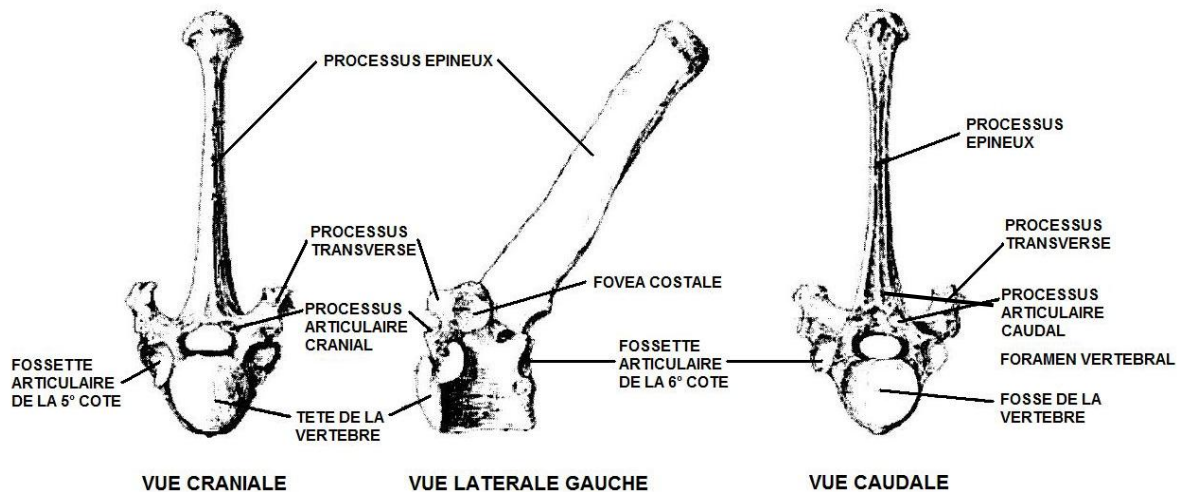
(D'après : BARONE (1986) ; DENOIX et PAILLOUX (1997) ; DENOIX (1986) ; TOWNSEND et LEACH (1984))

Le cheval possède 18 vertèbres thoraciques. Elles s'articulent avec les côtes au niveau des fossettes articulaires costales et des foveas costales portées par les processus transverse. Les processus épineux ont une extrémité en tubercule et sont particulièrement longs et fins notamment au niveau de **T3 et T4 correspondant au sommet du garrot**. Ils peuvent atteindre 30 cm de longueur ce qui leur confère un rôle de bras de levier très efficace mais s'oppose au mouvement d'extension et de flexion.

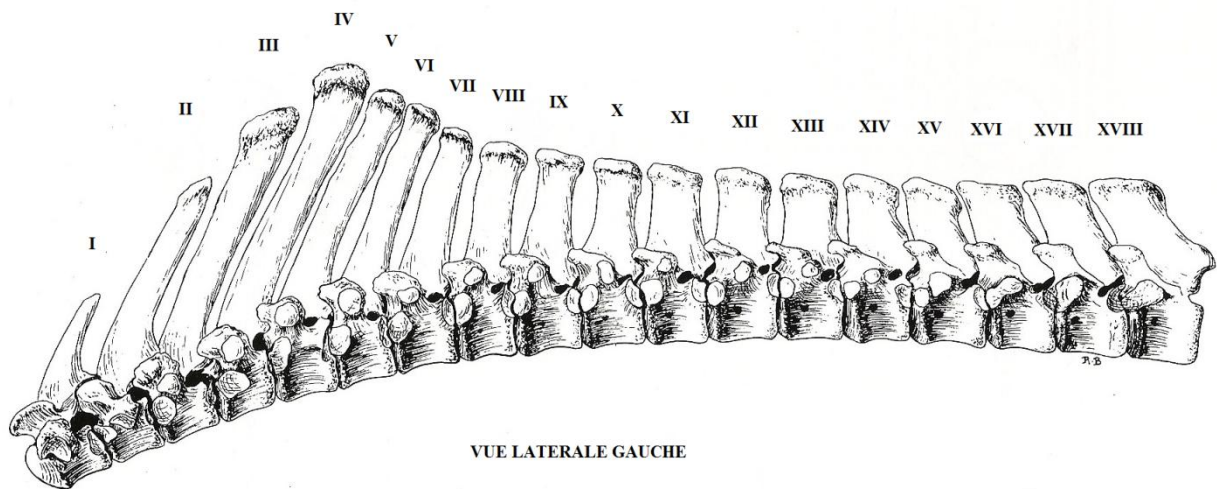
L'inclinaison de ces processus est tout d'abord caudale puis devient crâniale : la vertèbre correspondant à ce changement est T14 et est appelée **vertèbre anticlinale**. Elle se situe environ au point le plus bas du dos.

La tête de la vertèbre est peu convexe et peu concave, les processus articulaires sont orientés tangentiellement, les corps vertébraux sont petits avec des disques fins, et les ligaments de plus en plus denses et fibreux dans le sens cranio-caudal. **Ces caractéristiques vont dans le sens d'une moindre mobilité.** (cf. figure 4 et 5).

**Figure 4 : Cinquième vertèbre thoracique de cheval, modifié d'après BARONE (1986)**



**Figure 5 : Segment thoracique du cheval, d'après BARONE (1986)**



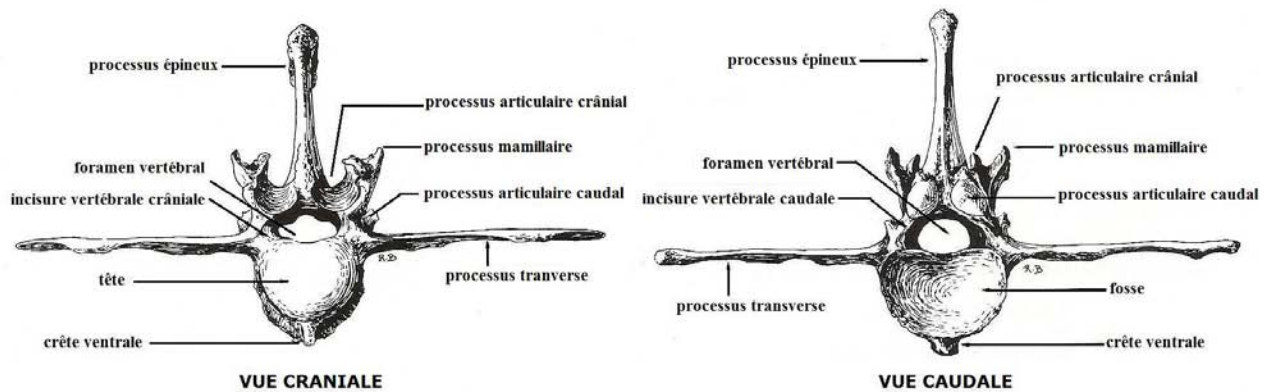
### c) Région lombaire

D'après BARONE (1986).

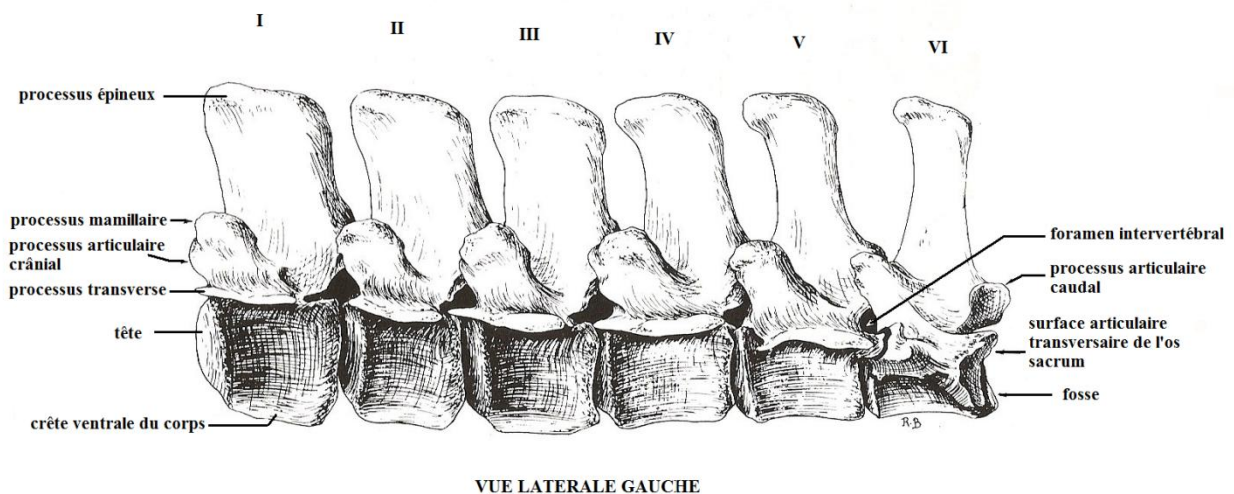
Le cheval possède 6 vertèbres lombaires. Elles sont remarquables par le grand volume de leurs corps et le développement de leurs processus transverses, aplatis dorso-ventralement, très larges, formant une sorte de toit de l'abdomen. Les deux premiers sont orientés en direction caudale et les deux derniers en direction crâniale. De plus chez le cheval, les processus

transverses des deux dernières lombaires portent des surfaces articulaires intertransversaires. Leur longueur augmente jusqu'à la troisième lombaire puis diminue. Elles portent également un processus épineux et un processus mamillaire, surmontant le processus articulaire crânial et caudal. (cf. figure 6, 7 et 12). **Ces caractéristiques suggèrent plutôt une mobilité moyenne.**

**Figure 6 : Troisième vertèbre lombaire de cheval, d'après BARONE (1986)**



**Figure 7 : Segment lombaire de cheval, d'après BARONE (1986)**



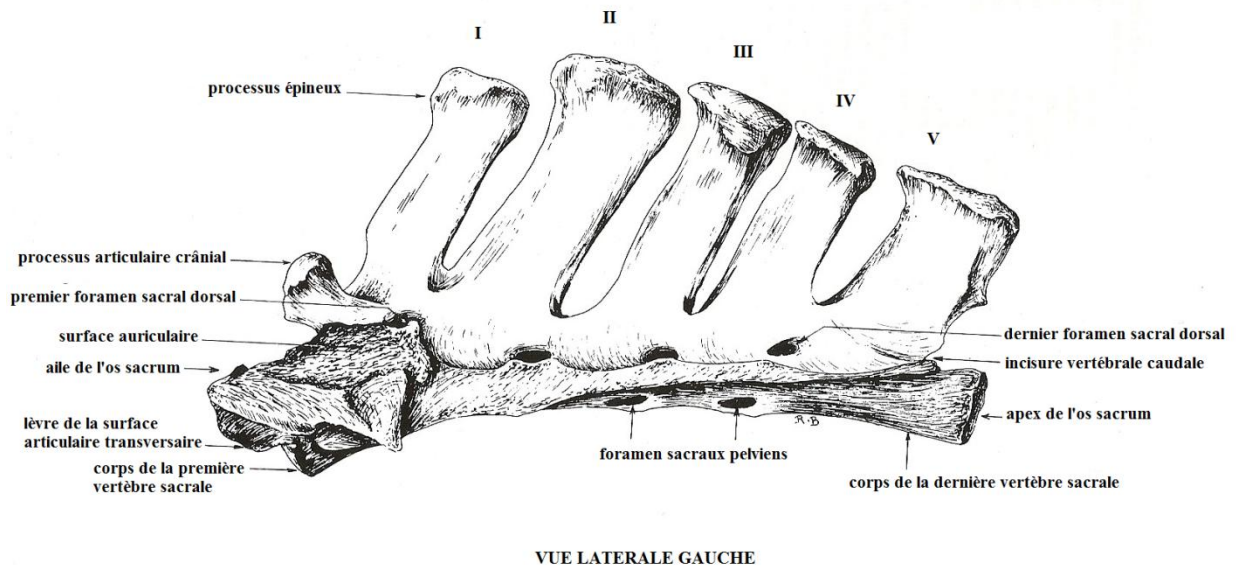
#### **d) Le sacrum**

D'après BARONE (1986).

Os impair, issu de la fusion de 5 vertèbres sacrales, il s'unit latéralement aux os coxaux, avec lesquels il constitue le bassin. De chaque côté des corps vertébraux, dorsalement et ventralement, s'ouvrent les foramens pelviens, situés à la jonction des vertèbres successives. Ces trous donnent accès au canal vertébral et laissent le passage aux branches ventrales et dorsales des nerfs sacraux. Les processus épineux ne se soudent que par leur base chez le cheval et sont inclinés vers l'arrière, le plus haut étant le deuxième. Le premier processus transverse constitue l'aile du sacrum étirée transversalement et triangulaire. Les suivants sont très peu développés. (cf. figure 8).



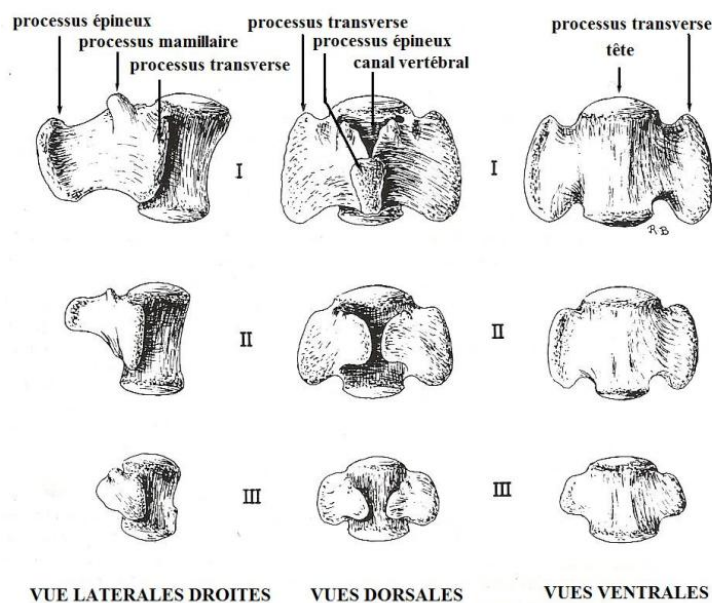
**Figure 8 : Sacrum de cheval, d'après BARONE (1986)**



#### e) *Les vertèbres coccygiennes*

Chez le cheval on trouve en principe entre 17 à 20 vertèbres coccygiennes qui constituent la base osseuse de la queue. Seules les deux premières de ces vertèbres sont complètes et ressemblent à celles des segments pré-sacraux. Elles diminuent progressivement de taille et leur corps ne présentent que des rudiments de processus : les processus hémaux. A partir de la deuxième ou la troisième, les lames vertébrales ne se joignent plus : l'arc vertébral disparaît.

**Figure 9 : Vertèbres coccygiennes du cheval, d'après BARONE (1986)**



### 3. Arthrologie du rachis

(DENOIX et PAILLOUX (1997) : BARONE (1989))

L'axe vertébral est à la fois rigide et flexible. Ceci est permis par la morphologie des vertèbres mais aussi des articulations intervertébrales. Sur toute la longueur de la colonne vertébrale, l'organisation est similaire, chacune des régions présente cependant des spécificités adaptées aux exigences mécaniques correspondantes.

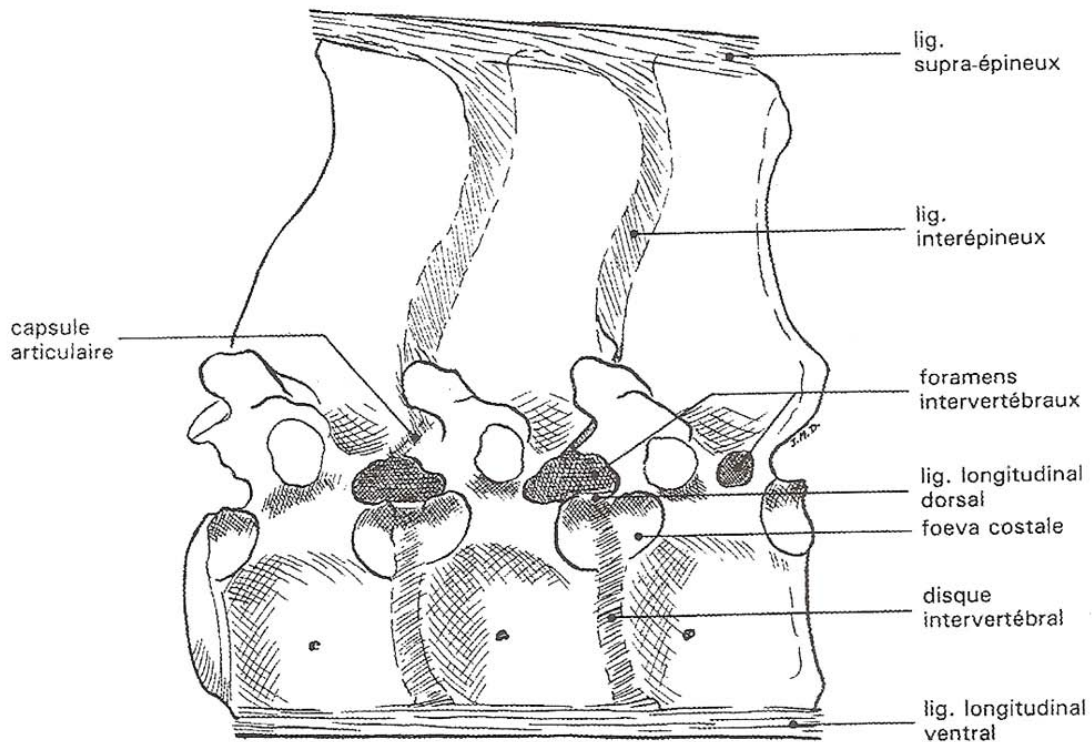
#### a) *Union des corps vertébraux*

La tête de la vertèbre répond à la fosse de la vertèbre précédente. La courbure de ces surfaces varie avec la région envisagée, elle est forte en région cervicale puis diminue dans la région thoracique pour s'effacer dans la région lombaire. La forte convexité de la tête des vertèbres est donc corrélée à la flexibilité de la région concernée.

Les articulations des corps vertébraux constituent un type particulier de symphyse, l'union est particulièrement forte et met en jeu trois formations principales : (cf. figure 10).

- Le **disque intervertébral**, est constitué d'un anneau fibreux, véritable ligament fibro-cartilagineux très puissant dont les fibres sont ancrées dans les surfaces articulaires. Le disque comprend également un noyau pulpeux occupant la région centrale qui diffère par une moindre fermeté.  
Les disques de la colonne vertébrale sont relativement fins sauf en région cervicale et à la jonction lombo-sacrée contribuant à leur plus grande mobilité.
- Le **ligament longitudinal ventral**, constitue un long cordon puissant et fibreux. Il est situé à la face ventrale des corps vertébraux auxquels il adhère intimement ainsi qu'à la marge correspondante des disques intervertébraux. Il est absent de l'atlas à T5 permettant une plus grande flexibilité de la région cervicale.
- Le **ligament longitudinal dorsal** est un long et mince ruban fibreux qui couvre incomplètement le plancher du canal vertébral. Il présente peu de valeur fonctionnelle.

**Figure 10 : Articulations intervertébrales du cheval de vertèbres thoraciques (d'après DENOIX et PAILLOUX (1997))**



**b) Union des arcs vertébraux**

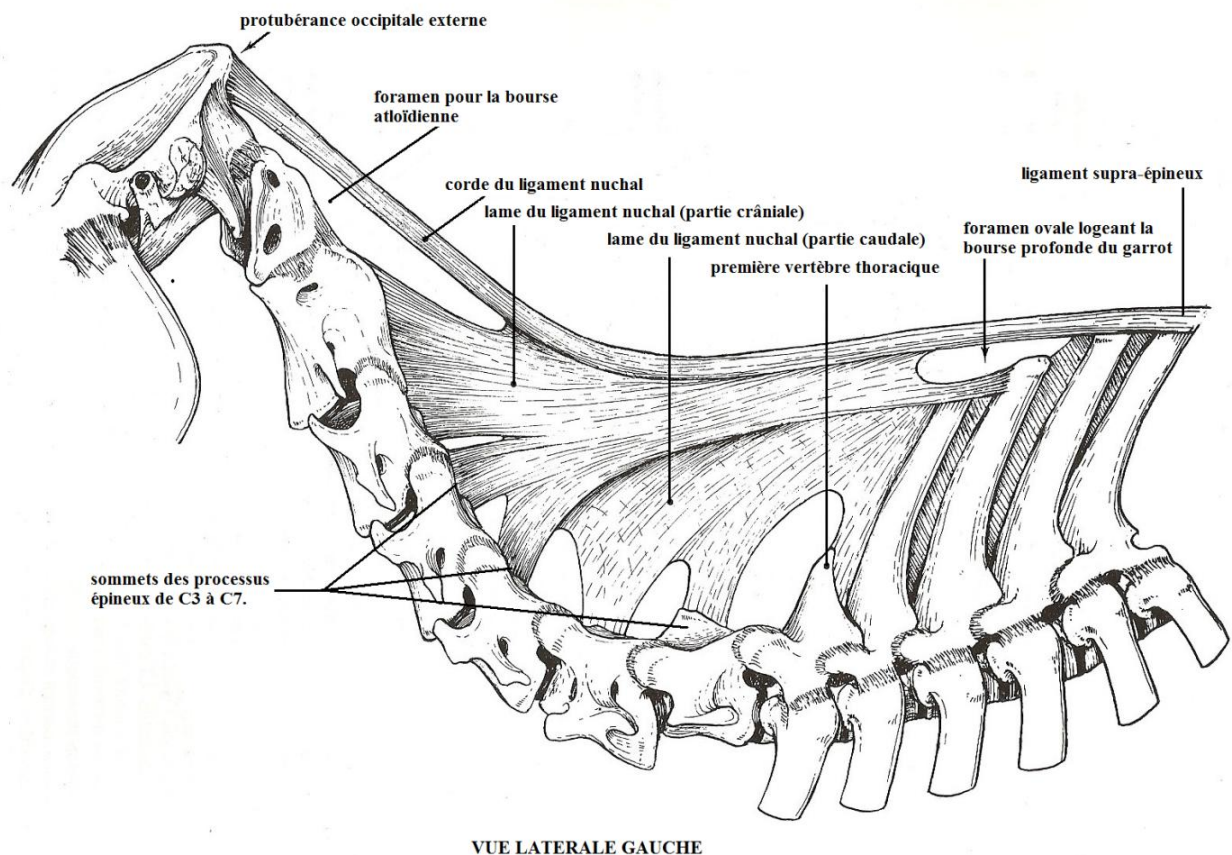
Elle est réalisée par des articulations synoviales et des ligaments (cf. figure 10) :

- Les **articulations synoviales dorsales** ont une conformation variable selon les régions. Par rapport à l'axe vertébral, l'orientation des facettes cartilagineuses est radiaire en région cervicale, et tangentielle en région thoracique. En région lombaire, ces surfaces articulaires sont très engainantes et limitent fortement les possibilités de rotation et de latéroflexion,
- Le **ligament interépineux** qui joint les processus épineux entre chaque vertèbre. Il est court mais ses fibres sont orientées très obliquement sur le centre de rotation de l'espace intervertébral considéré, de sorte qu'elles ne s'opposent pas aux mouvements de flexion extension,
- Le **ligament supra-épineux** est fort et s'ancre puissamment sur le sommet des processus épineux. Très peu extensible en région lombaire, il est au contraire de plus en plus élastique du milieu de la région thoracique à la région cervicale dans laquelle il se poursuit par le ligament nuchal.

En région cervicale, les ligaments interépineux et supra-épineux sont remplacés par le ligament nuchal (cf. figure 11). C'est une formation élastique très puissante possédant un grand rôle dans l'ensemble de la mécanique vertébrale.

- La **corde du ligament nuchal** est étendue de la protubérance occipitale externe au sommet du processus épineux du garrot (T4), au-delà desquels il se prolonge par le ligament supra-épineux. Au niveau du garrot, elle s'épaissit et s'élargit pour mesurer jusqu'à 6 cm de large et 3 cm d'épaisseur. Elle est séparée de la peau par une couche conjonctivo-élastique infiltrée de graisse très épaisse dans l'encolure de l'étalon.
- La **lame du ligament nuchal** aplatie et épaisse est divisible en deux parties : une partie caudale et une partie crâniale.

**Figure 11 : Ligament nuchal du cheval, d'après BARONE (1989)**



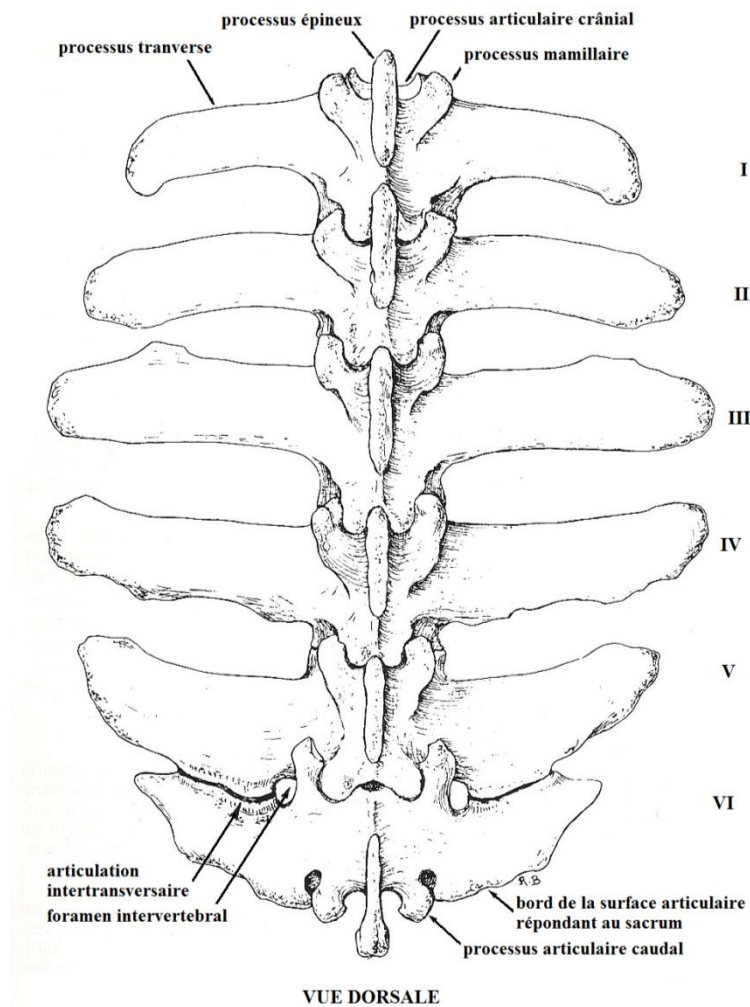
### c) *Articulations vertébrales particulières*

D'après BARONE (1986).

**Les articulations intertransversaires** sont spécifiques des équidés. Elles sont situées de chaque côté entre les processus transverses de la cinquième et sixième vertèbre lombaire (cf. figure 12). Ce sont des articulations mixtes synoviales. D'après TOWNSEND et LEACH (1984), chez près de 60% des chevaux, il existerait une fusion osseuse entre les articulations de L5-L6, venant ainsi augmenter la rigidité de cette région.

**L'articulation lombo-sacrée** présente un disque de taille plus importante et de chaque côté une remarquable articulation intertransversaire lombo-sacrée. Cette dernière est plus large que les précédentes lui conférant ainsi une plus grande mobilité et compensant avec la rigidité du segment lombaire.

**Figure 12 : Segment lombaire de cheval, d'après BARONE (1986)**

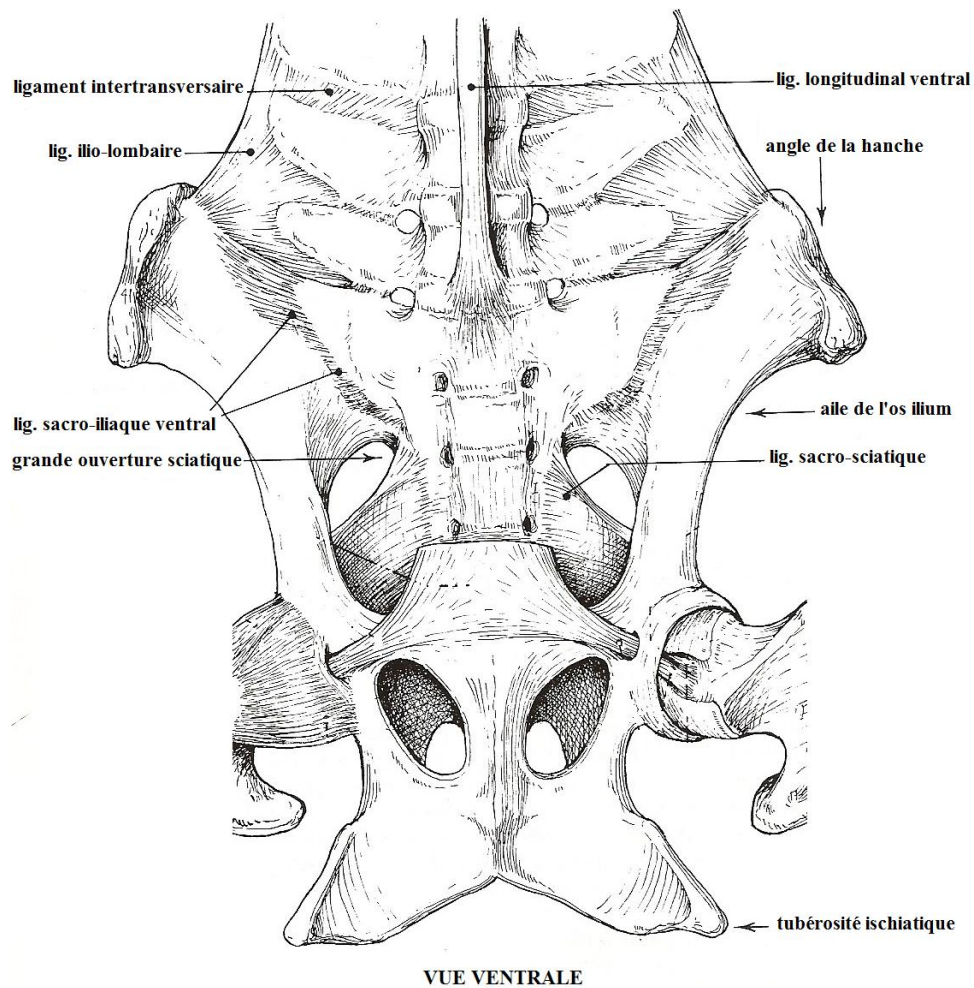


**Les articulations sacro-iliaques** constituent le centre de transmission des efforts propulsifs provenant des membres pelviens (cf. figure 13). Elles constituent donc une union très solide entre les os coxaux et les vertèbres. Leur mobilité est très réduite du fait de très puissants ligaments :

- Le ligament sacro-iliaque ventral,
- Le ligament sacro-iliaque dorsal,
- Le ligament sacro-sciatique,
- Le ligament ilio-lombaire.



**Figure 13 : Articulations sacro-iliaque d'un cheval, d'après BARONE (1989)**



#### 4. Myologie

##### a) *Caractères généraux*

D'après DENOIX et PAILLOUX (1997).

Au sein des muscles mobilisant la colonne vertébrale, on peut reconnaître deux grands groupes différents par leur topographie et leur fonction :

- **Une musculature juxtavertébrale** profonde (figure 20) qui assure la contention des articulations intervertébrales et un rôle cybernétique, grâce à une riche innervation sensorielle proprioceptive permettant le contrôle du positionnement que l'on ne détaillera pas ici.
- **Une musculature paravertébrale** superficielle de « gymnastique » apte à l'effort intense par la mobilisation des leviers articulaires et des organes squelettiques.

Chacun de ces groupes sont divisés en sous-groupe avec :

- Les muscles épiauxiaux : extenseurs,
- Les muscles hypoaxiaux : fléchisseurs.

### **b) Les muscles de l'encolure**

Les muscles cervicaux ventraux sont principalement fléchisseurs de l'encolure. Les principaux sont :

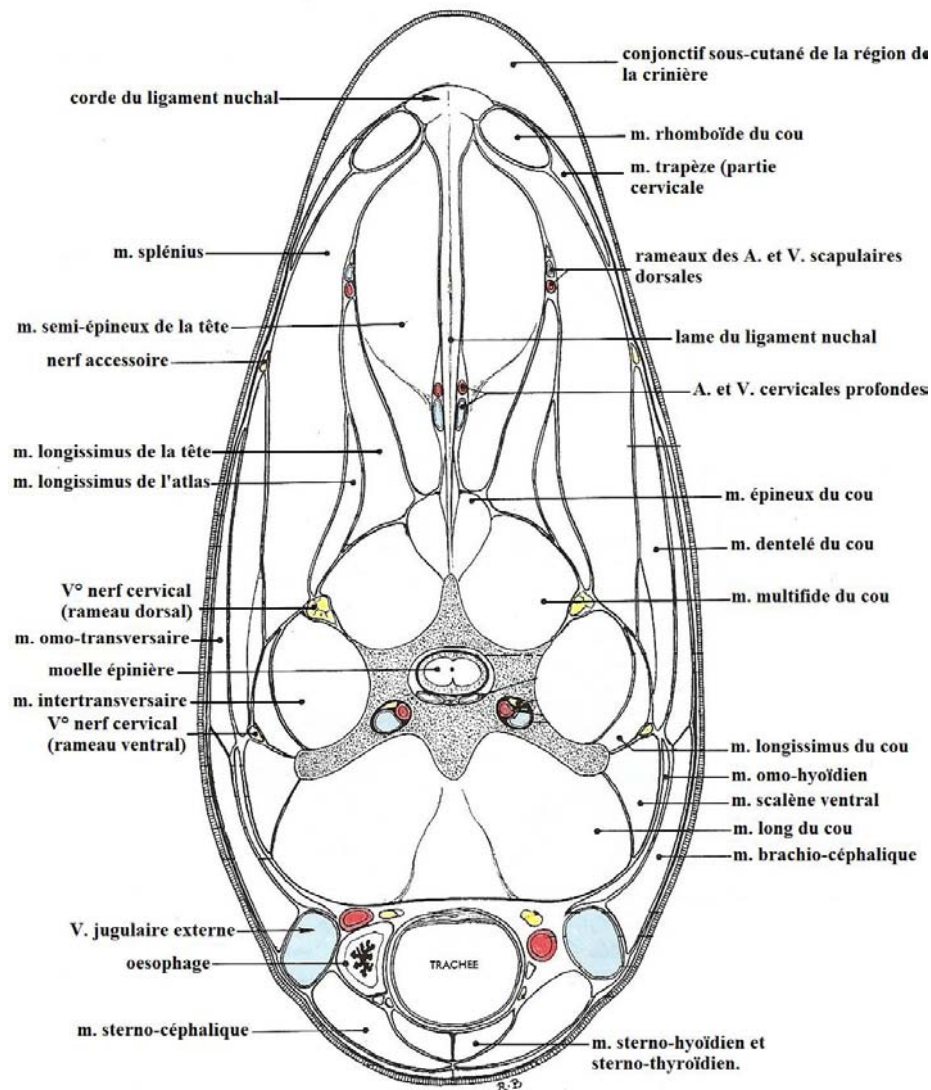
- **Le muscle brachio-céphalique** : qui trouve son origine sur la crête humérale et se termine sur la crête mastoïdienne, il participe à l'avancée du membre antérieur, à la flexion, à la latéroflexion et à la rotation de l'encolure.
- **Le muscle sterno-céphalique** : il relie le manubrium sternal à la mandibule, il participe aussi à la flexion, à la latéroflexion et à la rotation de l'encolure.
- **Les muscles scalènes** : ils joignent la première côte aux processus transverses des 4 dernières vertèbres cervicales, il participe à l'inspiration, à la flexion, à la latéroflexion et à la rotation de la base de l'encolure.
- **Les muscles longs** de la tête vont des processus transverses de C3, C4 et C5 au tubercule musculaire de l'os occipital.

Les muscles cervicaux dorsaux sont principalement extenseurs de l'encolure, les principaux sont :

- **Le muscle trapèze** avec une longue attache le long de la corde du ligament nuchal et du ligament supra-épineux, se terminant sur l'épine scapulaire. Il contribue faiblement à l'extension mais participe activement aux déplacements de l'extrémité dorsale de la scapula dans les allures.
- **Le muscle omo-transversaire** liant l'épine scapulaire, la crête humérale et les processus transverses cervicaux. Il participe à la protraction du membre, à la latéroflexion et plus légèrement à l'extension de l'encolure.
- **Le muscle rhomboïde** : il a la même origine que le muscle trapèze et se termine sur la face médiale de la scapula. Il tire crânialement la scapula durant la phase d'appui et aide à l'extension cervicale basse.
- **Le muscle dentelé du cou** : s'attachant sur les processus transverses des 5 dernières vertèbres cervicales et sur la surface crâniale de la scapula. Comme le muscle rhomboïde, il tire crânialement la scapula lors de l'appui, participe au soutien, à l'extension et à la rotation de la colonne cervicale basse.
- **Le muscle splénius** : il s'attache sur le fascia thoraco-lombaire et au sommet des premiers processus épineux thoraciques pour rejoindre la crête mastoïdienne, le tubercule caudal de l'aile de l'atlas et les processus transverses de C2 à C5. Il participe à l'extension de l'encolure, de la nuque et de la région thoracique ainsi qu'à la rotation et à la latéroflexion de la colonne cervicale.
- **Le muscle semi-épineux ou grand complexe** : il s'attache sur le fascia thoraco-lombaire, le sommet des premiers processus épineux thoraciques, sur les processus transverses de T3 et les processus articulaires de C2 à C7 pour rejoindre la protubérance occipitale externe. Il est un puissant extenseur de l'encolure, de la nuque et de la région thoracique, il participe également à la rotation et la latéroflexion de la colonne cervicale.
- **Le muscle longissimus** de la tête et de l'atlas ou petit complexe : il lie les processus transverses de T1 à T2, les processus articulaires de C2 à C7 au processus mastoïde et au tubercule caudal de l'aile de l'atlas. Il est extenseur, latéro-fléchisseur et rotateur de la colonne cervicale.

- **Le muscle épineux du cou** : il lie les 3 premiers processus épineux thoraciques et les processus articulaires de C2 à C7 aux 4 derniers processus épineux cervicaux. Il est extenseur de la région cervico-thoracique.

**Figure 14 :** Coupe transversale du cou d'un cheval passant par la 5<sup>e</sup> cervicale, d'après BARONE (1986)



### c) *Les muscles des régions thoracique, lombaire et sacrale*

Situés au dessus de l'axe vertébral on retrouve les muscles extenseurs :

- **Le muscle erector spinae ou masse commune** contenu par le fascia thoraco-lombaire qui se divise en trois muscles :
  - **Le muscle iliocostal ou long costal** : le plus latéral, il s'attache sur les tubérosités du m. ilio-costal des 18 côtes et le dernier processus transverse cervical. Il sert à l'expiration et à la latéroflexion thoraco-lombaire.

- **Le muscle longissimus (ou long dorsal) :** il est intermédiaire et s'insère sur les processus transverses lombaires et thoraciques jusqu'à l'extrémité dorsale des côtes. Il joue un rôle dans l'extension et la latéroflexion vertébrale.
- **Le muscle épineux (ou long épineux) :** le plus médial, il s'attache sur les processus épineux thoraciques, il permet l'extension de la colonne thoracolumbaire. Il s'étend du sacrum au cou et s'attache sur les processus transverses jusqu'au processus épineux des 2 ou 3 vertèbres précédant l'origine.
- **Le muscle multifide ou transversaire épineux** jouant un rôle crucial dans la proprioception.

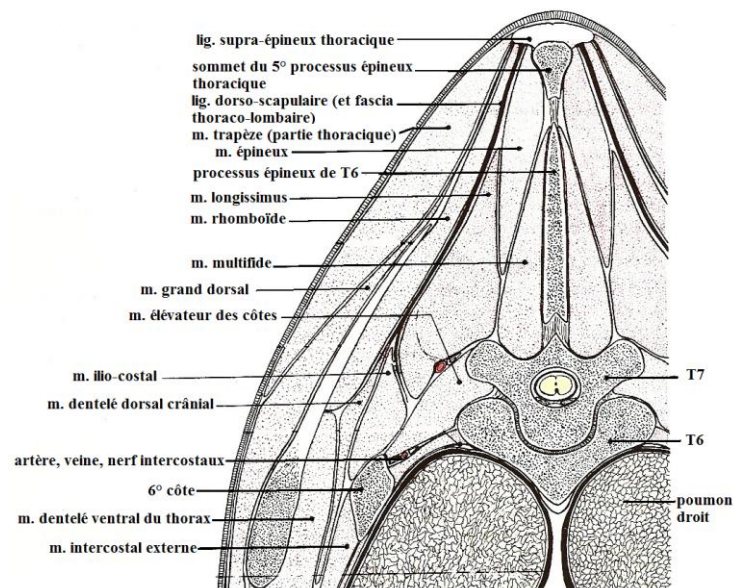
Les muscles fléchisseurs du tronc sont situés au dessous de l'axe vertébral, on retrouve :

- **Le muscle grand psoas :** il s'insère sur le corps des dernières vertèbres thoraciques et lombaires et se termine sur l'os ilium. Il permet la flexion des articulations lombo-sacrées et sacro-iliaques
- **Le muscle grand psoas :** il longe latéralement le muscle petit psoas et se termine sur le petit trochanter du fémur. Il a les mêmes rôles que le muscle précédent et est aussi fléchisseur de la hanche.
- **Le muscle carré des lombes :** il s'étend de la crête iliaque jusqu'à la face ventrale des processus transverses lombaires. Il permet l'incurvation du rachis.

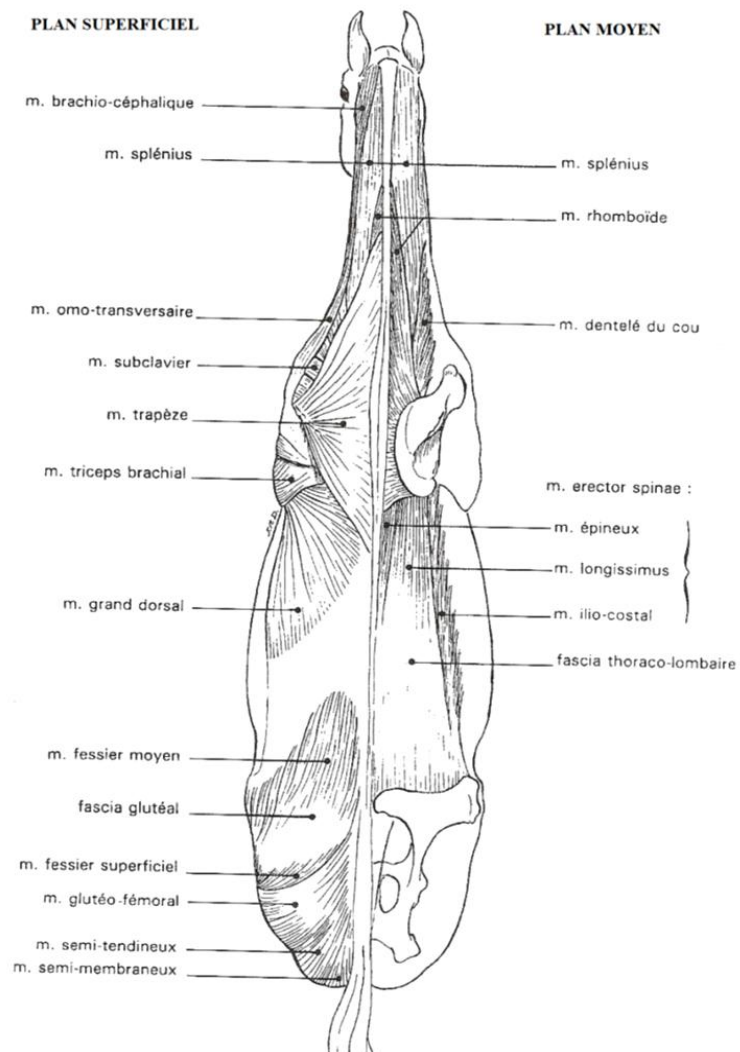
Parmi les fléchisseurs on retrouve aussi les muscles de la paroi de l'abdomen :

- **Le muscle oblique externe de l'abdomen :** il s'étend de la face latérale du thorax et du bord des lombes jusqu'à la ligne blanche et la région inguinale. C'est un muscle fléchisseur du pont thoraco-lombaire directement ou latéralement si un seul muscle se contracte. (figure 17)
- **Le muscle oblique interne :** il est situé sous l'oblique externe, de l'angle de la hanche et de la région inguinale à l'extrémité distale des dernières côtes et à la ligne blanche. Il a les mêmes rôles que le muscle précédent. (figure 18)
- **Le muscle droit de l'abdomen :** Il est plat et forme une large bande longitudinale qui occupe la région du ventre en dessous de l'oblique interne. Il s'attache du bord cranial de l'os pubis jusqu'à la face ventrale du sternum et des cartilages costaux. C'est le principal muscle fléchisseur de la colonne vertébrale. (figure 19)

**Figure 15 : Coupe transversale de garrot de cheval, d'après BARONE (1989)**

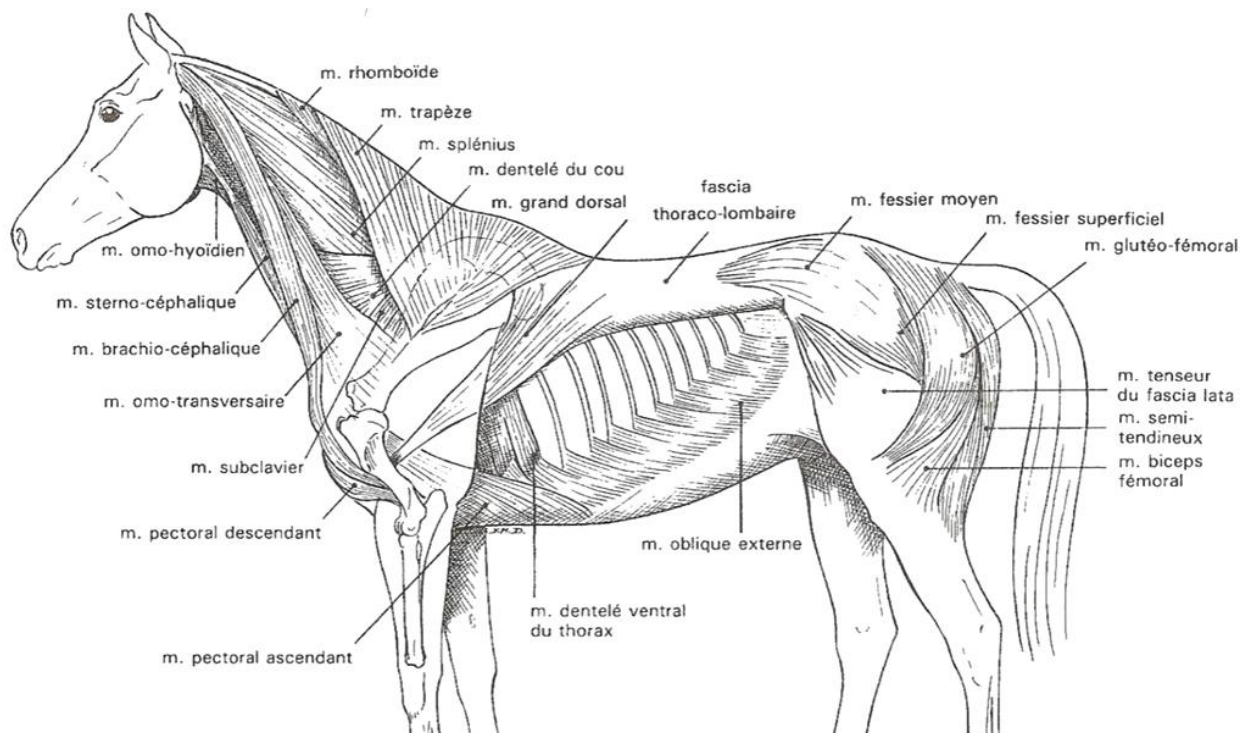


**Figure 16 : Muscles de l'encolure et du tronc. Vue dorsale. D'après DENOIX et PAILLOUX (1997)**

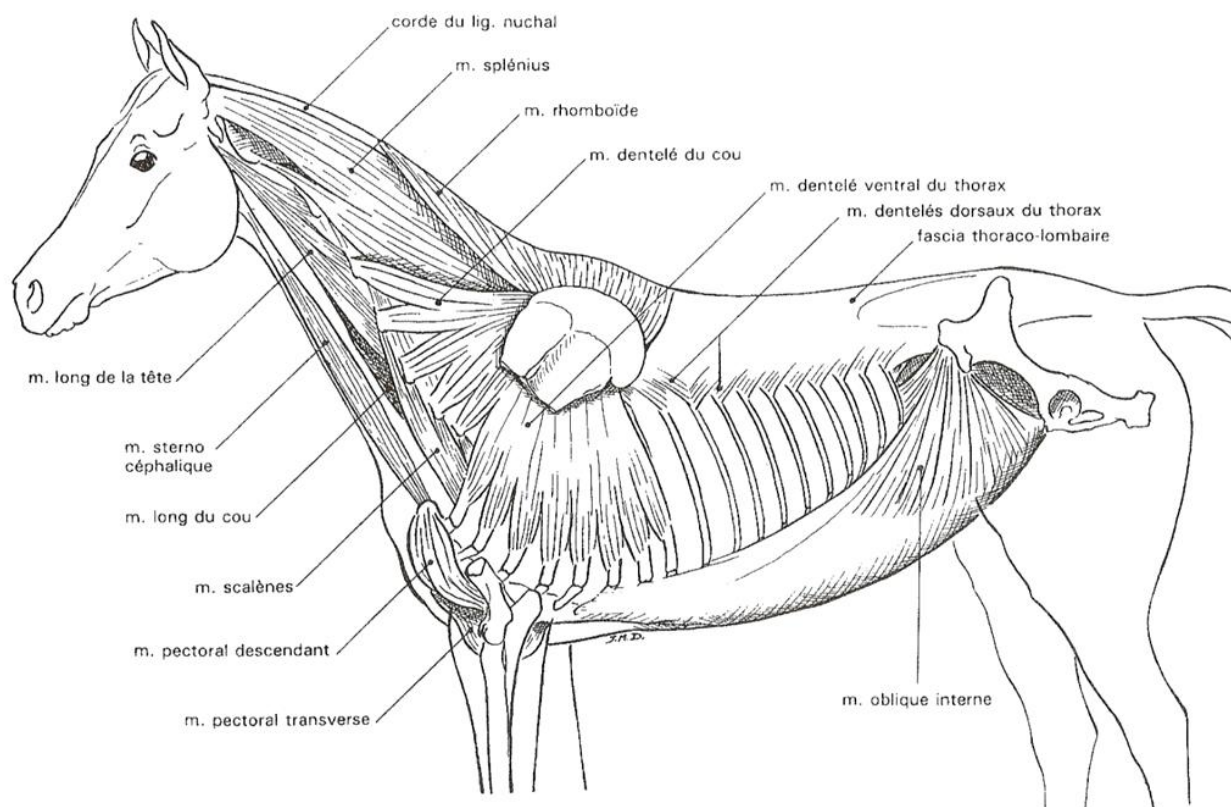




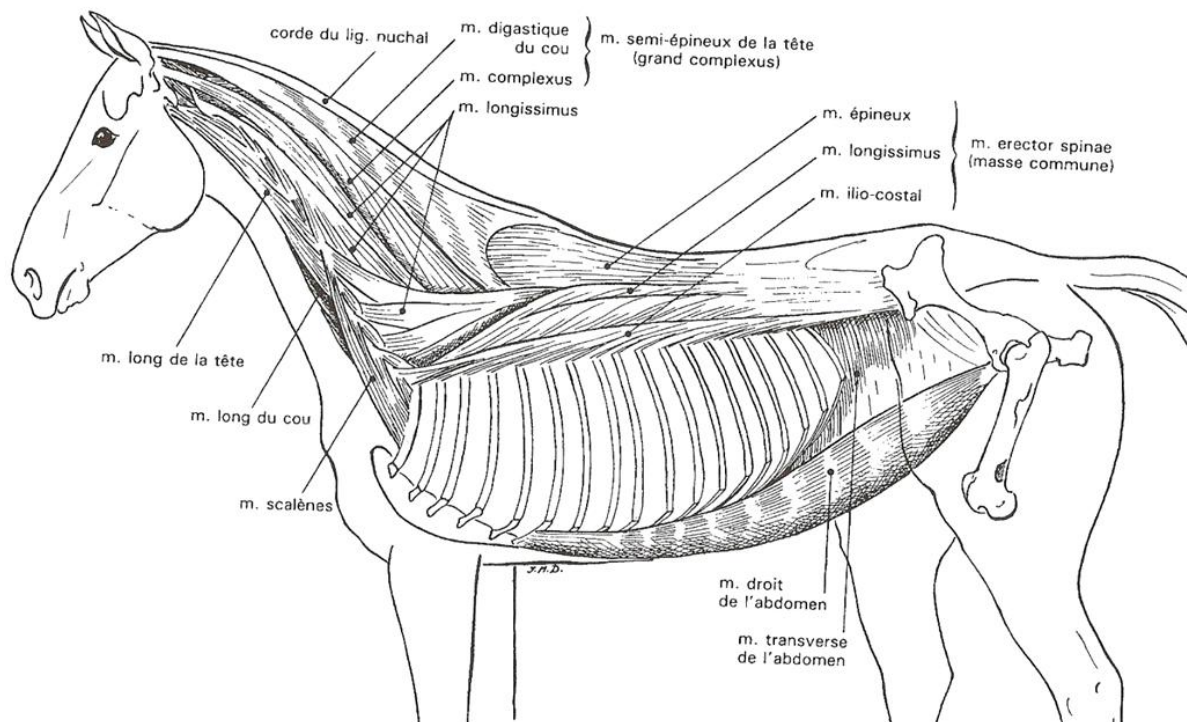
**Figure 17 : Muscles de l'encolure et du tronc. Plan superficiel. D'après DENOIX et PAILLOUX (1997)**



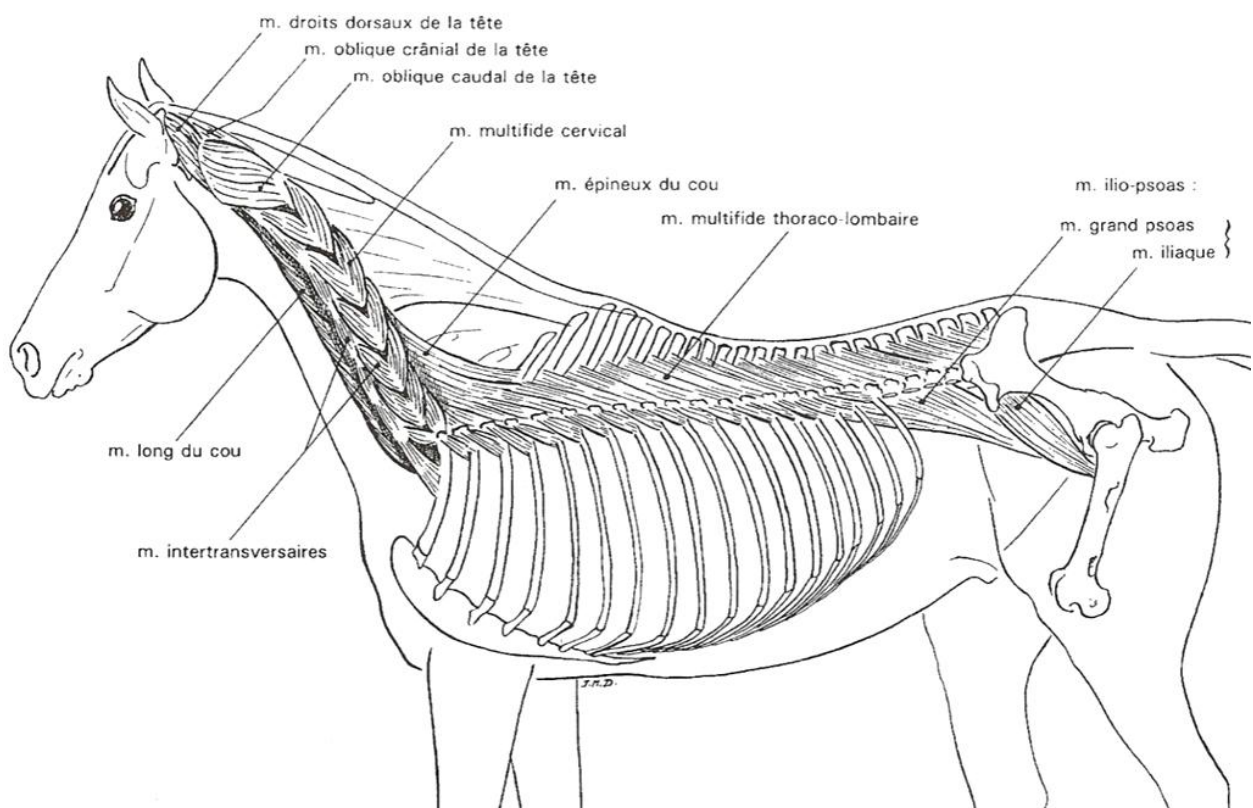
**Figure 18 : Muscles de l'encolure et du tronc. Plan moyen. D'après DENOIX et PAILLOUX (1997).**



**Figure 19 : Muscles de l'encolure et du tronc. Plan profond. D'après DENOIX et PAILLOUX (1997)**



**Figure 20 : Muscles juxta-vertébraux de l'encolure et du tronc. D'après DENOIX et PAILLOUX (1997)**



## 5. Irrigation

Les vaisseaux sont des structures à respecter. Lorsqu'une selle est mal adaptée, mal ajustée ou de mauvaise qualité, les rameaux superficiels vont être comprimés.

D'après BARONE (1996).

A partir de T5, la vascularisation est de type segmentaire. Les **artères intercostales dorsales** puis les **artères lombaires** se divisent en de nombreux rameaux de plus en plus fins qui irriguent tous les muscles dorsaux, du plan profond au plan superficiel, ainsi que la peau. Le réseau veineux est satellite du réseau artériel.

Le **rameau dorsal** des artères intercostales se termine par deux rameaux cutanés, l'un médial, l'autre latéral :

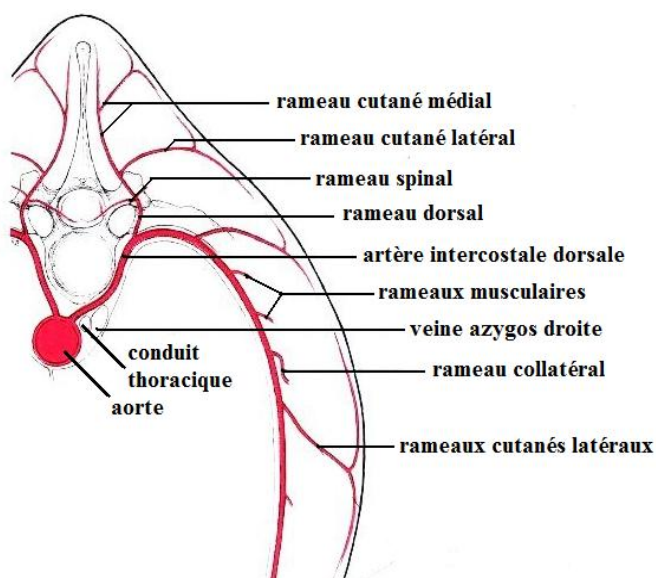
- Le **rameau médial** passe entre les muscles multifides et leur donne des divisions ainsi qu'aux arcs dorsaux des vertèbres. Il traverse ensuite les aponévroses dorsales qu'il contribue aussi à irriguer et se distribue à la peau voisine du plan médian.
- Le **rameau cutané latéral** passe entre les muscles ilio-costal et longissimus ou à travers le muscle longissimus, puis traverse les parties sus-jacentes des muscles dentelés dorsaux du thorax et du grand dorsal. Il donne des divisions à tous ses muscles et s'arborise dans un secteur plus latéral et plus large que le précédent.

L'artère intercostale dorsale fournit aussi aux parties latérales de la paroi thoracique et abdominale des **rameaux cutanés latéraux** et des **rameaux musculaires**. Ils donnent au passage quelques branches aux muscles qu'ils traversent.

Avant T5, soit au niveau du garrot, l'irrigation provient du tronc costo-cervical qui lui-même est issu du tronc brachio-céphalique. En rencontrant les premiers corps vertébraux, elle se divise et donne :

- **l'artère intercostale suprême** qui va distribuer les artères intercostales dorsales II à V semblables aux suivantes,
- **l'artère scapulaire dorsale** qui irrigue les muscles dentelés du cou, le muscle rhomboïde, le muscle trapèze et le grand dorsal. Elle va remonter jusqu'à la peau du garrot qu'elle va irriguer.

**Figure 21 : Schéma d'une artère intercostale dorsale, d'après BARONE (1996).**





## 6. Innervation

L'innervation de l'axe vertébral suit un schéma voisin de son irrigation, les rameaux nerveux se distribuent de façon segmentaire puis s'arborescent de la même façon sous la peau.

D'après BUDRAS *et al.* (2009) et FINTL (2009).

Le nerf segmentaire se divise en une branche ventrale et dorsale :

- La **branche dorsale** donne une branche dorsolatérale qui participe à la sensibilité cutanée du dos. Elle donne aussi une branche dorso-médiale, qui n'intervient pas dans la sensibilité cutanée, et va innerver les muscles épiaxiaux.
- La **branche ventrale** va innerver les muscles hypoaxiaux ainsi que la peau et les muscles de la paroi thoracique et abdominale.

Une exception : le muscle grand dorsal possède une innervation directement issue du plexus brachial.

Ces nerfs peuvent donc être source de douleur, les messages sensitifs sont véhiculés par trois types de fibres :

- Les **fibres somatiques** afférentes spécialisées dans la transmission de la douleur, de la pression, du toucher et de la température. Le corps cellulaire se situe dans le ganglion spinal dorsal et l'axone se divise et se distribue sur les 2 ou 3 segments vertébraux adjacents.
- Les **fibres viscéroceptives** qui innervent les muscles lisses (comme les artères) et les glandes (comme celles de la peau).
- Les **fibres proprioceptives** qui informent sur la position du corps.

## 7. Les facteurs de variation de la morphologie du dos du cheval

La morphologie globale du dos du cheval va donc varier en fonction de nombreux paramètres : sa masse musculaire, sa masse graisseuse, l'orientation ou la longueur des segments osseux. Ces différents paramètres sont eux-mêmes influencés par de nombreux facteurs comme l'activité, l'alimentation, l'âge, le sexe, le gabarit ou encore la race.

De nombreuses études ont utilisé les échographies pour comparer la masse musculaire chez différents chevaux.

Une première étude (MC GOWAN *et al.* (2007)) a démontré l'existence d'une relation entre l'épaisseur du muscle multifide et le niveau d'activité des chevaux. Chez les chevaux dorsalgiques, une asymétrie a été mise en évidence.

Le travail préliminaire d'une seconde étude (PIERRON (2008)) étudiant différents enrênements, laisse à penser que le niveau d'activité mais aussi le type de travail va influencer la musculature du dos du cheval.

Cependant dans une troisième étude (PRACH (2011)), aucune différence significative n'a pu être objectivée entre l'aire et la hauteur des muscles longissimus et multifides en coupe transversale chez des chevaux au repos et des chevaux au travail.

Des études du muscle multifide lombaire ont été également réalisées en médecine humaine (STOKES *et al.* (2005), WALLWORK *et al.* (2009)). Une différence significative de l'aire du muscle multifide a pu être mise en évidence en fonction du sexe, du poids, de la localisation de la coupe transversale et de l'activité hebdomadaire du patient. Enfin chez les patients souffrant d'une douleur chronique unilatérale en région lombaire, une diminution de l'aire du muscle

multifide ipsilatéral est observée, alors que chez les sujets sains les muscles multifides lombaires droits et gauches sont symétriques.

Les asymétries sont d'ailleurs couramment utilisées par les vétérinaires pour diagnostiquer des douleurs dorsales.

Ainsi on peut faire ressortir différents facteurs pouvant influencer la morphologie du dos du cheval :

- La race,
- Le sexe,
- L'âge,
- La taille au garrot,
- Le périmètre thoracique,
- La note d'état,
- La longueur du dos,
- Le niveau d'activité,
- Le type d'activité,
- La présence d'une dorsalgie.

La multitude de ces paramètres explique la complexité et la diversité des différents types de dos chez les chevaux mais aussi l'évolution au cours du temps de la morphologie du dos d'un même cheval.

## **B. Biomécanique de la région dorsale**

### **1. Analyse biomécanique de la région axiale**

(DENOIX et AUDIGIE (2001) ; DENOIX et PAILLOUX (1997) ; DENOIX (1999)).

En théorie, il existe 5 types de mouvements possibles au sein de chaque articulation intervertébrale :

- **Une flexion ou une extension** dans le plan sagittal,
- **Une latéroflexion** dans un plan horizontal,
- **Une rotation axiale** au tour d'un axe longitudinal,
- Des cisaillements transverses,
- Des cisaillements verticaux,
- Des compressions ou des tensions longitudinales.

Ces mouvements vont modifier la morphologie du dos du cheval et donc les contacts entre la selle et le cheval. La selle doit s'adapter à la forme du dos, mais aussi être correctement ajustée pour permettre les mouvements sans douleur. Les reliefs anatomiques et les charnières articulaires doivent être respectés.

De nombreuses études ont été menées pour comprendre la biomécanique de la région dorsale chez le cheval. On retrouve des études *ex vivo* réalisées sur des pièces anatomiques et des études *in vivo*.

### a) *Evaluation EX VIVO de la cinématique vertébrale*

Les notions exposées dans ce paragraphe sont extraites d'études réalisées sur des cadavres fraîchement disséqués en reproduisant les actions musculaires.

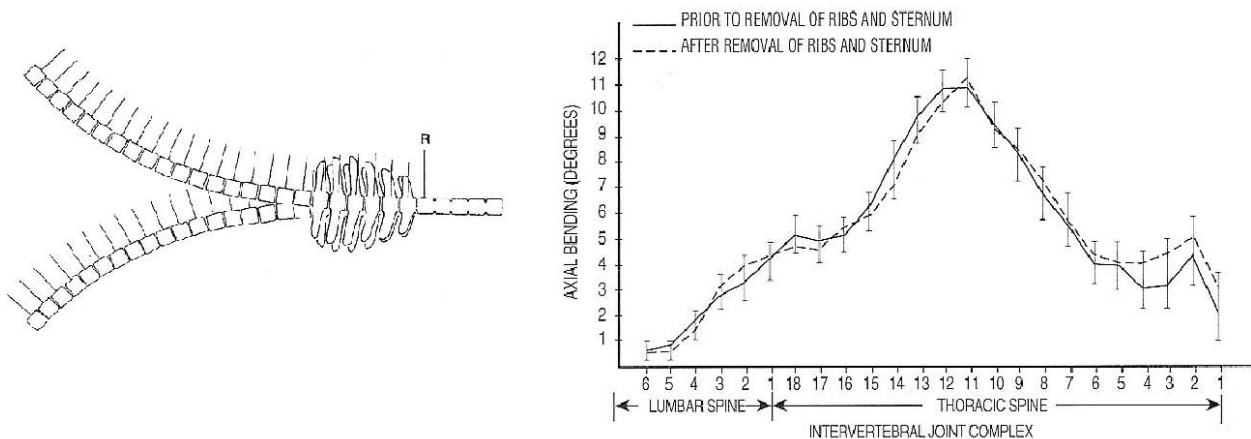
TOWNSEND *et al.* (1983) ont réalisé une étude visant à mesurer les mouvements des articulations intervertébrales thoraco-lombaires. Ils ont pu démontrer que chacun des 3 mouvements (flexion/extension, latéroflexion et rotation) existaient au sein de chacune des articulations vertébrales sauf en cas de fusion.

Ainsi, l'articulation lombo-sacrée et celle entre T1 et T2, sont les plus mobiles pour les mouvements dorso-ventraux.

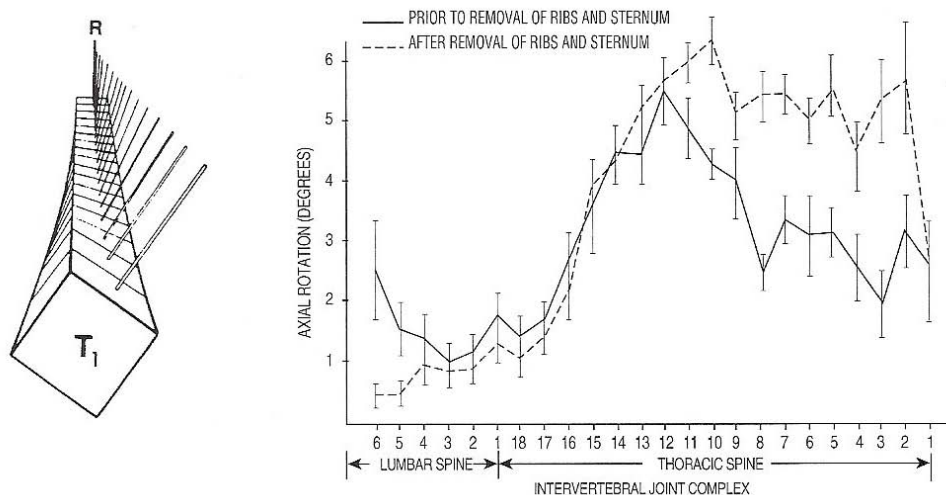
Pour les mouvements de rotation ou de latéroflexion, la région la plus mobile se situe autour de T11 ou T12.

Les régions thoracique caudale et lombaire sont les plus rigides.

**Figure 22 : Amplitude des mouvements de latéroflexion dans chaque espace intervertébral de la colonne thoraco-lombaire. D'après TOWNSEND *et al.* (1983)**



**Figure 23 : Amplitude des mouvements de rotation dans chaque espace intervertébral de la colonne thoraco-lombaire. D'après TOWNSEND *et al.* (1983)**



TOWNSEND et LEACH (1984) comparent ces premiers résultats avec l'anatomie des vertèbres et des articulations intervertébrales. Ils ont pu remarquer que la mobilité pouvait être mise en relation avec la forme, la taille, l'orientation des facettes articulaires et avec l'épaisseur du disque intervertébral.

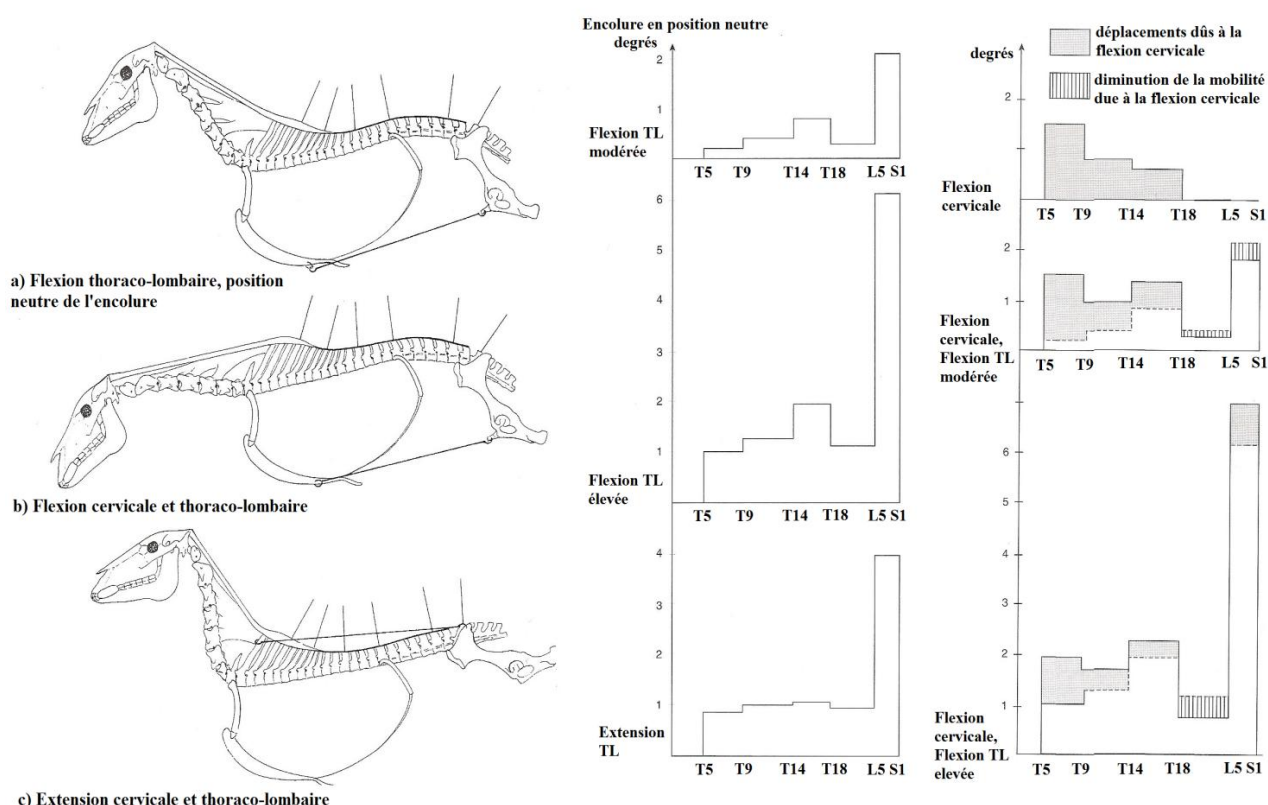
**Tableau 1 : Amplitude relative des mouvements au sein des articulations de la colonne thoraco-lombaire, d'après TOWNSEND *et al.* (1983) et TOWNSEND et LEACH (1984)**

|                 | Flexion / Extension | Latéroflexion | Rotation Axiale |
|-----------------|---------------------|---------------|-----------------|
| <b>T1 – T2</b>  | ++                  | +             | +               |
| <b>T2 – T16</b> | +                   | +++           | +++             |
| <b>T16 - L6</b> | +                   | +             | +               |
| <b>L6 - S1</b>  | ++++                | +             | +               |

Une autre étude menée par DENOIX (1986), révèle deux zones de mobilité maximale au sein de la colonne thoraco-lombaire. En flexion et en extension, les résultats obtenus montrent que la région la plus flexible est la charnière lombo-sacrale (L6-S1), dans une moindre mesure des déplacements dorso-ventraux sont présents autour de la jonction thoraco-lombaire pendant la flexion et l'extension forcée.

Il montre également l'influence de la position de l'encolure sur les capacités de flexion et d'extension. La réalisation d'une flexion cervico-thoracique entraîne automatiquement une flexion sur toute la longueur de la colonne thoracique. Ce déplacement est dû à la traction exercée par la corde et la lame du ligament nuchal sur les premiers processus épineux thoraciques. Cette flexion entraîne une montée du garrot : les premiers processus épineux se redressent en s'écartant.

**Figure 24 : Mobilité régionale de la colonne thoraco-lombaire. Influence de la position de l'encolure sur la mobilité. D'après DENOIX (1986)**



## b) *Evaluation IN VIVO de la cinématique vertébrale*

Les études cinématiques in vivo constituent un véritable challenge technique. Elles sont basées sur le traitement par un système informatique d'analyse cinématique 2D ou 3D des données d'un enregistrement cinématographique d'un cheval en mouvement sur lequel sont placés des marqueurs : invasifs ou non-invasifs.

Toutes les études sur la cinématique de la colonne vertébrale thoraco-lombaire ont trouvé des résultats similaires en ce qui concerne le schéma général de la cinématique vertébrale en fonction des différentes allures.

LICKA et PEHAM ont étudié en 1998, la flexion/extension et la latéroflexion provoquées chez des chevaux en bonne santé. Les résultats sont exprimés en pourcentage de la hauteur au garrot.

**Tableau 2 : Amplitude des mouvements exprimée en % de la hauteur au garrot. D'après LICKA et PEHAM (1998)**

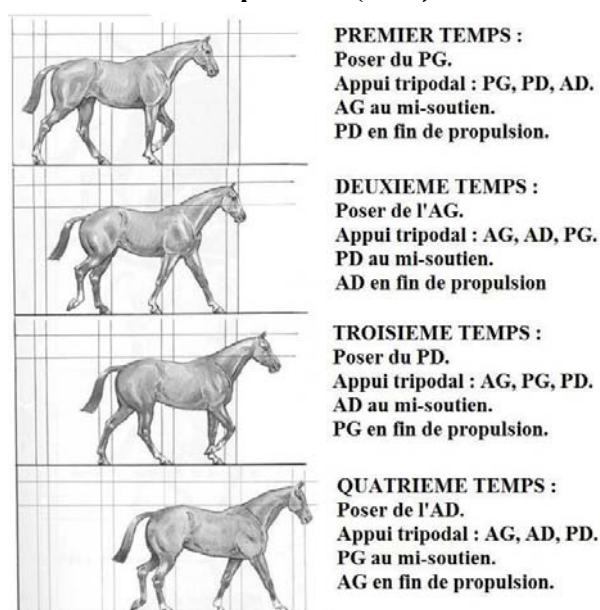
|            | Flexion   | Extension  | Latéro-flexion G | Latéro-flexion D |
|------------|-----------|------------|------------------|------------------|
| <b>T5</b>  | 1.5 (0.7) | -0.9 (2.9) | -4.0 (1.2)       | 4.6 (1.4)        |
| <b>T10</b> | 4.1 (0.7) | -2.0 (0.6) | -4.6 (1.3)       | 5.1 (1.4)        |
| <b>T16</b> | 5.9 (0.9) | -2.4 (0.7) | -4.2 (1.1)       | 5.3 (1.3)        |
| <b>L3</b>  | 4.2 (1.1) | -2.0 (0.9) | -2.2 (1.4)       | 3.3 (1.3)        |

### (1) Le pas :

(FABER *et al.* (2000) ; LICKA *et al.* (2001a) ; HAUSSLER *et al.* (2001))

D'après DENOIX (2001), le pas est une allure symétrique, marchée, composée de 4 temps inégaux. Elle fait intervenir la plus grande diversité de mouvements : la rotation, la latéroflexion, la flexion et l'extension.

**Figure 25 : Décomposition des différentes phases du pas. Modifié d'après la Fédération Française d'Equitation (1988)**



**Pour les mouvements de flexion/extension**, les graphiques du schéma cinématique se présentent sous une forme périodique et sinusoïdale comprenant deux oscillations complètes durant chaque foulée.

Lors du poser des postérieurs (premier et troisième temps), la colonne vertébrale réalise une extension qui atteint son maximum lors du lever du postérieur controlatéral. La colonne amorce alors une phase de flexion, qui est maximale lorsque les deux antérieurs sont au sol. (2° et 4° temps). (cf. figure 26).

On observe une propagation du mouvement de flexion ou d'extension de la zone sacro-lombaire vers la région thoracique crâniale.

Pour LICKA *et al.* (2001a), dans le plan sagittal, l'angle entre T5, T16 et S4 ou S5 est animé d'une ouverture de  $5.0 \pm 1.8^\circ$ , et l'angle T5-T10-T16 de  $3.9 \pm 1.1^\circ$ .

Pour FABER *et al.* (2000), en flexion extension, le maximum de flexion est atteint au niveau de T13 avec un angle de  $8.5 \pm 1.9^\circ$ .

**Pour les mouvements de latéroflexion**, les graphiques se présentent également sous une forme périodique et sinusoïdale mais avec une seule oscillation complète durant chaque foulée.

Juste avant le poser d'un postérieur (1° et 3° temps), la colonne thoraco-lombaire est à un maximum de latéroflexion du côté du postérieur qui va se poser. Lors du poser des antérieurs, l'ensemble de la région axiale est aux environs du plan médian. (cf. figure 26)

Pour FABER *et al.* (2000), le maximum de latéroflexion est atteint au niveau des vertèbres thoraciques crânielles (T10 avec un angle de  $5.3 \pm 2.3^\circ$ ) et dans la région pelvienne.

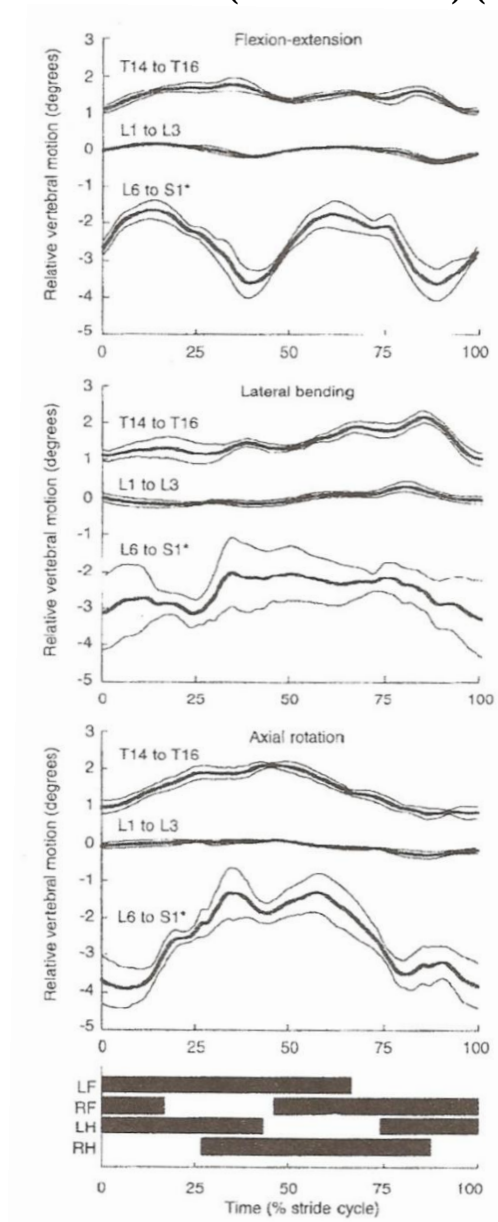
Pour LICKA *et al.* (2001a), dans le plan horizontal, l'angle entre T5, T16 et S4 ou S5 est animé d'une ouverture de  $10.6 \pm 2.5^\circ$  durant une foulée, et l'angle T5-T10-T16 de  $6.9 \pm 3.3^\circ$ .

**Pour les mouvements de rotation axiale**, le schéma cinématique se présente aussi sous une forme périodique sinusoïdale comprenant une oscillation complète durant chaque foulée.

Lors du poser d'un postérieur (1° et 3° temps), le processus épineux de la vertèbre va se pencher vers ce postérieur, atteignant une position extrême juste après son lever. Ainsi lors du poser d'un antérieur, les processus épineux entament une rotation vers le postérieur à l'appui. (cf. figure 26).

Pour FABER *et al.* (2000), les mouvements de rotation augmentent graduellement :  $4^\circ$  pour T6 jusqu'à atteindre  $12.6^\circ$  en S3.

**Figure 26 :** Valeur moyenne (ligne épaisse) +/- l'intervalle de confiance de 95% (lignes fines) du mouvement angulaire de segments vertébraux pendant un cycle complet d'une foulée au pas. (Vitesse de 1.8m/s). (HAUSSLER *et al.* (2001))



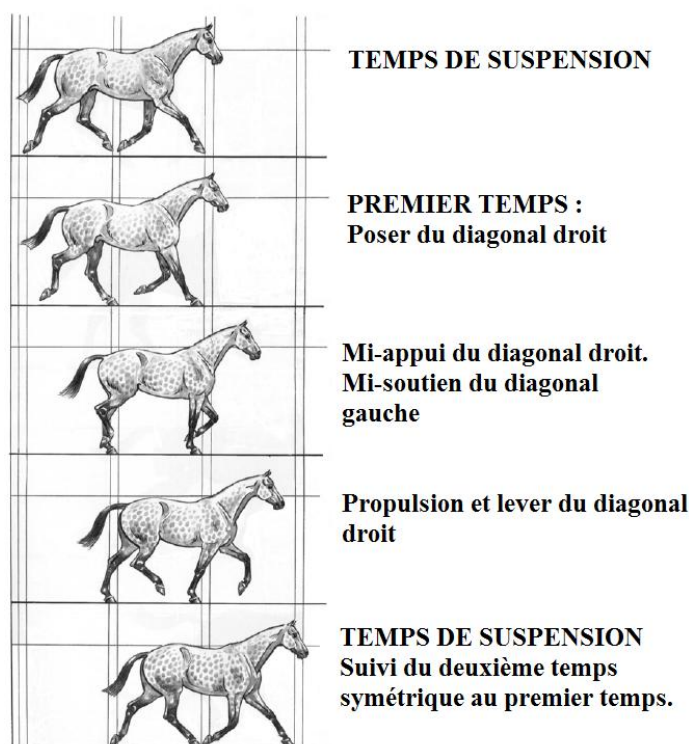
Une pente positive représente une flexion, une latéroflexion gauche, ou une rotation à gauche. Les barres horizontales représentent les phases d'appui de chaque membre.  
\*moyenne calculée à partir de deux chevaux.

## (2) Le trot

D'après : AUDIGIE *et al.* (1999) ; DENOIX et AUDIGIE (2001) ; FABER *et al.* (2001a) ; LICKA *et al.* (2001b) ; HAUSSLER *et al.* (2001).

Le trot est également une allure symétrique, composée de deux temps égaux par bipèdes diagonaux, séparés par des temps de suspension.

**Figure 27 : Premier temps d'une foulée de trot, d'après la Fédération Française d'Equitation (1988)**



**Pour les mouvements de flexion extension**, le schéma cinématique décrit une courbe sinusoïdale comprenant deux oscillations complètes durant chaque foulée.

Lors du poser d'un diagonal, la colonne réalise une extension qui se poursuit pendant la phase d'amortissement pour atteindre un maximum au milieu de la phase d'appui. Puis durant la phase de propulsion et le début de la phase de suspension elle réalise une flexion qui est maximale au milieu du temps de suspension.

Contrairement au pas, les mouvements de flexion/extension semblent se propager de la région craniale vers la région caudale.

Pour LICKA *et al.* (2001b), le maximum de déplacement dorso-ventral est atteint au niveau de T16, avec un mouvement de  $4.94\% \pm 0.77$  de la hauteur au garrot.

Dans l'étude d'AUDIGIE *et al.* (1999), l'angle thoracique (T5-T13-T18) a une amplitude de  $3.9^\circ$ , et l'angle thoraco-lombaire de  $2.9^\circ$ .

Pour FABER *et al.* (2001a), l'amplitude de l'angle des vertèbres en flexion –extension va de  $2.8^\circ$  à  $4.9^\circ$ , le maximum est atteint au niveau de T10.

Une étude menée par ROBERT *et al.* (2001), montre qu'avec l'augmentation de la vitesse du trot l'amplitude des mouvements verticaux et les angles maximums de flexion diminuent.

**Pour les mouvements de latéroflexion**, le schéma cinématique se présente sous une forme sinusoïdale périodique comprenant une oscillation durant chaque foulée. Le maximum de latéroflexion est atteint lors du poser du diagonal correspondant, par exemple, lors du poser du diagonal droit, la latéroflexion droite est maximum. Puis un mouvement de latéroflexion gauche s'amorce de sorte qu'au moment de la phase de suspension, l'axe vertébral est neutre.

Dans l'étude de LICKA *et al.* (2001b), le maximum de latéroflexion au trot se situe au niveau de T5, avec un mouvement de  $3.15 \pm 0.84\%$  de la hauteur au garrot du cheval.

Pour FABER *et al.* (2001a), l'amplitude de l'angle des vertèbres en latéroflexion va de  $3.6^\circ$  à  $4.9^\circ$ , le maximum est atteint au niveau de T6.



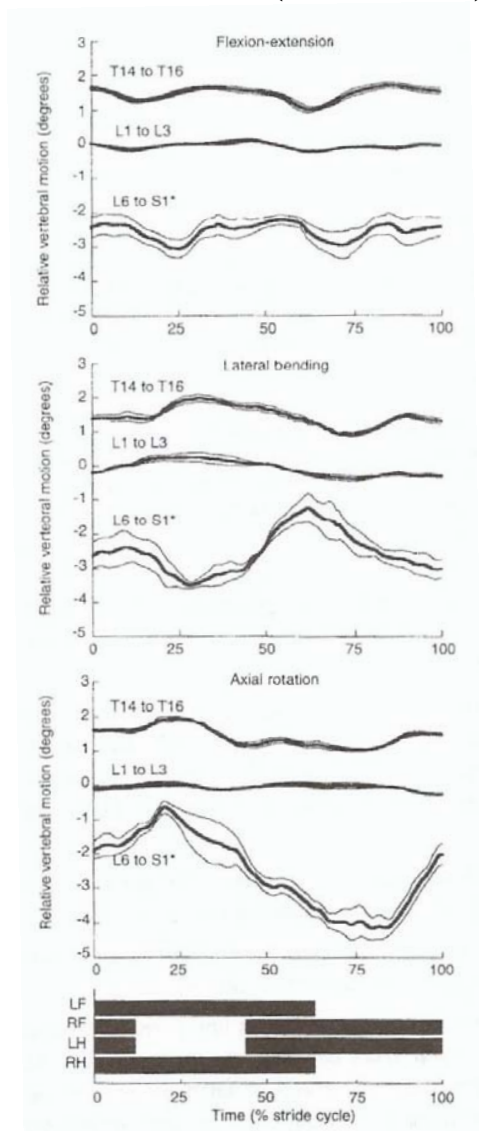
**Pour les mouvements de rotation**, le graphique se présente sous une forme cyclique plus complexe, avec pour chaque vertèbre trois périodes de rotation vers la droite et trois vers la gauche. Ainsi pendant une première période, comprenant la phase d'appui du diagonal droit (premier temps) et la moitié du temps de suspension précédent, les processus épineux sont tournés vers la gauche du cheval. Inversement durant la moitié du temps de suspension précédent.

Les rotations sont d'abord initiées au niveau du sacrum et se propagent en région craniale.

FABER *et al.* (2001a), a déterminé un angle de rotation allant de 3.1 à 5,5° entre T6 et L3, le maximum étant atteint en T6.

D'après HAUSSLER *et al.* (2001), comparé aux trois allures c'est au trot que l'amplitude des mouvements de la colonne vertébrale sont les plus faibles.

**Figure 28 :** Valeur moyenne (ligne épaisse +/- l'intervalle de confiance de 95% (lignes fines) du mouvement angulaire de segments vertébraux pendant un cycle complet d'une foulée de trot. (Vitesse de 4m/s) (HAUSSLER *et al.* (2001))



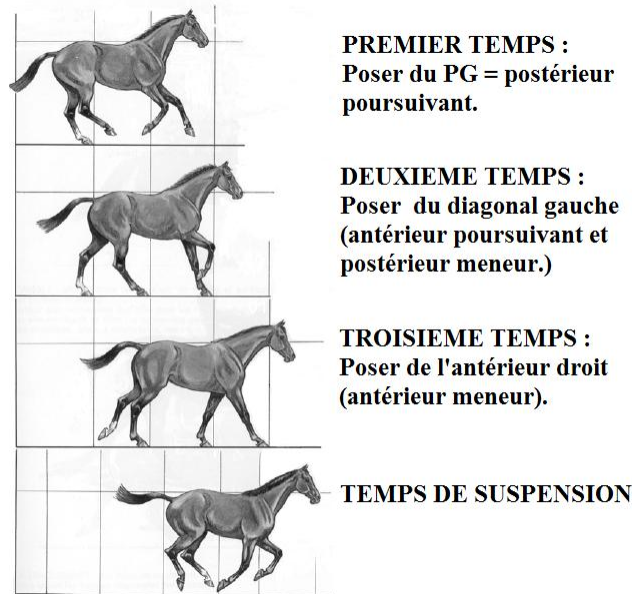
Sur la courbe une pente positive représente une flexion, une latéro-flexion gauche ou une rotation vers la gauche.  
\*moyennes calculées à partir de données provenant de seulement 2 chevaux.

### (3) Le galop

D'après FABER *et al.* (2001b) ; HAUSSLER *et al.* (2001).

Le galop est une allure sautée, dissymétrique à trois temps avec un temps de suspension.

**Figure 29 : Les trois temps du galop à droite. D'après la Fédération Française d'Equitation (1988)**



**Pour les mouvements de flexion/extension,** le schéma cinématique décrit une courbe périodique comprenant une oscillation complète durant chaque foulée. Lors de la phase de suspension et le premier temps, la colonne réalise une extension, qui atteint son maximum lors du mi-appui du diagonal et du lever du postérieur poursuivant. Elle entame ensuite une flexion qui est maximale avant le début de la phase de suspension. Le mouvement se propage caudo-cranialement.

Pour FABER *et al.* (2001b), au galop le maximum de flexion se situe entre L5 et S3, en région thoracique, elle se situe entre T6 et T10 avec des angles d'environ 12°.

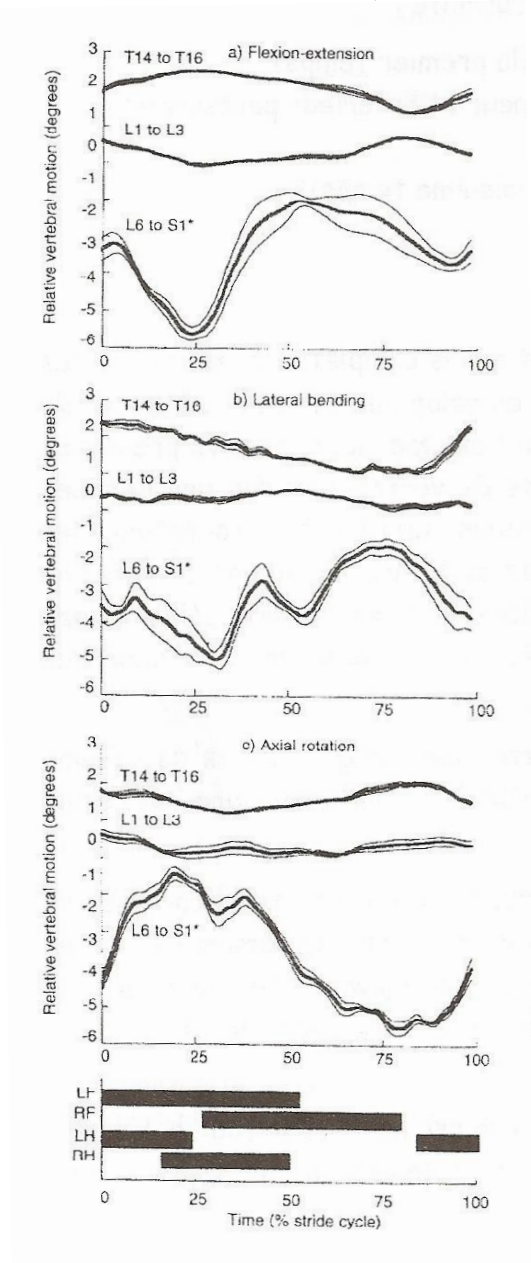
**Pour les mouvements de latéoflexion,** ils semblent aussi répondre à un schéma périodique avec une oscillation par foulée. Pour un cheval au galop à droite, lors du posée de l'antérieur droit (meneur), la colonne thoraco-lombaire réaliserait une latéoflexion droite qui serait maximum au cours du poser du diagonal gauche. Puis elle entame une latéoflexion du côté gauche qui atteindrait son maximum autour de la phase de suspension.

Pour FABER *et al.* (2001b), le maximum de latéoflexion est atteint au niveau de T10 qui atteint un angle de 5.2°. Pour les autres marqueurs l'amplitude des mouvements est comprise entre 2.7° et 3.7°.

**Pour les mouvements de rotation,** le schéma cinématique est plus complexe. D'après Faber *et al.* (2001b), l'amplitude maximale de rotation se situe au niveau de T10 avec un angle d'environ 8°.

D'après HAUSSLER *et al.* (2001), c'est au galop que les amplitudes des mouvements de la colonne vertébrale sont les plus grandes et c'est au niveau de la jonction lombo-sacrée que les mouvements sont les plus importants que ce soit au pas, au trot ou au galop.

**Figure 30 : Valeur moyenne (ligne épaisse) +/- l'intervalle de confiance de 95% (lignes fines) du mouvement angulaire de segments vertébraux pendant un cycle complet d'une foulée de galop à droite. (Vitesse de 8.5m/s). (HAUSSLER *et al.* (2001))**



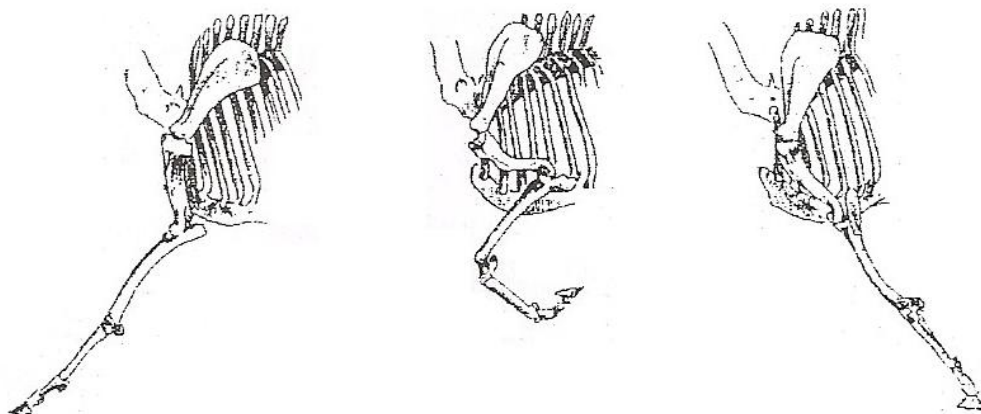
Sur la courbe une pente positive correspond à une flexion ou à une latéro-flexion gauche ou à une rotation à gauche.

\*moyennes calculées à partir des données provenant de seulement deux chevaux.

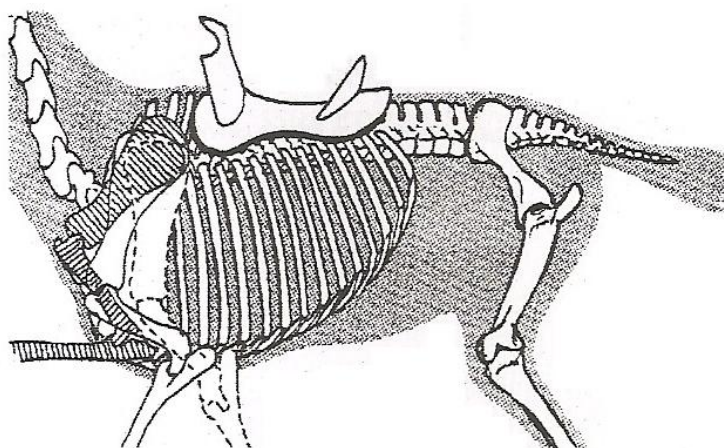
## 2. Analyse biomécanique des membres thoraciques

Avec le dos, le second élément directement en relation avec la selle est le membre thoracique. Les membres antérieurs sont très mobiles, particulièrement au galop et au moment du saut. La selle doit donc veiller au respect de la mobilité de la scapula et du coude.

**Figure 31 :** Schéma des différentes positions prises par la scapula lors des mouvements d'extension et de flexion du membre thoracique. D'après STOHLMAN (1995)



**Figure 32 :** Position de l'arçon pour laisser libre la scapula. D'après STOHLMAN (1995)



L'extrémité dorsale de la scapula monte lors la protraction et descend lors de la propulsion. Elle est aussi extrêmement mobile d'avant en arrière accompagnant les mouvements du membre.

Sur le schéma précédent, on peut aussi remarquer la position du coude qui peut alors buter contre la sangle.

### **3. Conséquences en termes de sellerie**

L'analyse anatomique et biomécanique du dos du cheval permet de mieux comprendre l'importance de ces structures lorsque le cheval est monté et donc la nécessité de respecter certaines régions du dos ainsi que ses mouvements.

De nombreux éléments sont à prendre en compte dans la fabrication d'une selle afin de préserver le dos du cheval. La selle doit être adaptée à la morphologie du dos du cheval afin de ne perturber ni la santé du cheval ni sa locomotion.

Nous verrons donc dans la partie suivante l'importance du positionnement de la selle, de sa structure ainsi que des différents éléments qui l'entourent.

## II. LA SELLE, un outil complexe mettant en relation cavalier et cheval

Nous allons uniquement évoquer dans cette partie la selle de type « anglais » qui est le modèle le plus utilisé sur les chevaux de club.

La selle est un objet généralement en cuir, rigide, placé sur le dos d'un cheval et sur lequel est assis le cavalier. La selle permet au cavalier de communiquer avec son cheval par l'intermédiaire des aides : le poids du corps et les jambes.

### A. La selle et sa structuration

#### 1. Les différentes structures d'une selle et leur organisation

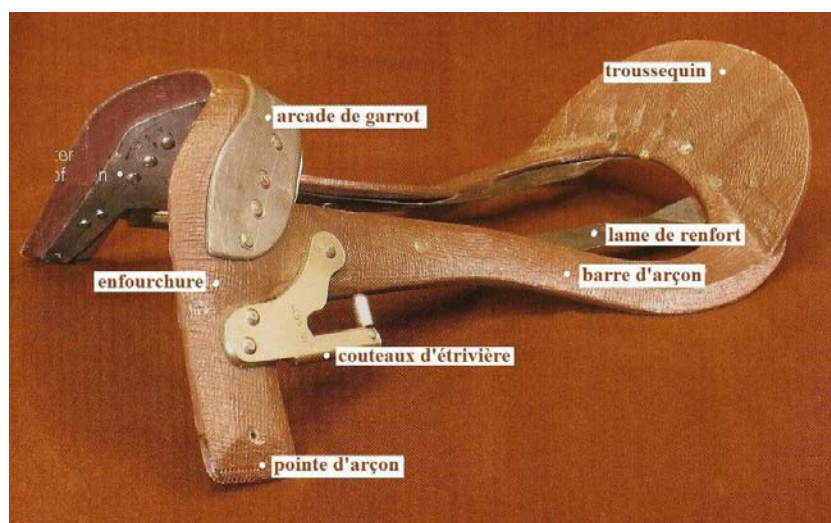
D'après la thèse de Marie BROUARD (2000).

Le cœur de la selle est composé d'un arçon (cf. figure 33) qui reçoit le poids du cavalier et donne sa forme générale à la selle. Il est traditionnellement fait de bois, mais les selliers commencent aujourd'hui à utiliser des matières plastiques ou composites qui équipent la quasi-totalité des selles synthétiques et qui permettent de réduire de façon importante le coût de la selle. L'arçon est relié à des panneaux matelassés qui constituent l'interface entre la selle et le dos du cheval. La largeur et l'épaisseur des panneaux varient en fonction de l'activité et doivent reposer à plat sur le dos.

La selle est composée de différentes parties qui s'articulent autour de l'arçon :

- Le pommeau constituant la partie bombée à l'avant de la selle recouvrant l'arcade de garrot,
- Le siège,
- Le troussequin est la région située à l'arrière de la selle,
- Les quartiers sont de larges pièces souples sur les côtés de la selle sur lesquelles vont se fixer les taquets permettant de maintenir les jambes du cavalier, ainsi que les contre-sanglons sur lesquels vont se fixer la sangle,
- Les couteaux d'étrivières fixés directement à l'arçon sur lesquels coulissent les étrivières.

**Figure 33 : Description d'un arçon. Modifié d'après RIESER (2008)**

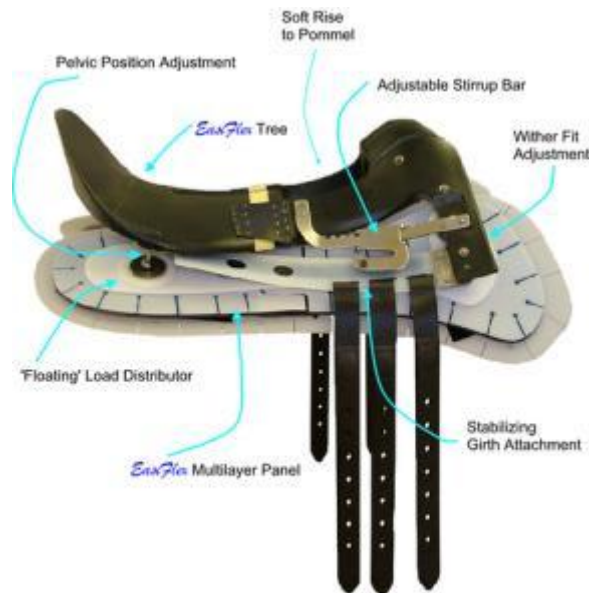




Il existe des selles sans arçon qui permettent de suivre de façon optimale tous les mouvements du cheval. Le principal problème est l'absence de gouttière vertébrale, la ligne médiane du dos n'est plus préservée.

La marque FNE commercialise une selle avec un arçon dit ajustable. La selle n'a pas à proprement parler d'arçon mais un ensemble de palettes qui s'ajustent à la morphologie mais aussi aux mouvements du cheval.

**Figure 34 : Selle FNE à arçon ajustable. Source internet : FNE SADDLES**



## 2. La fabrication d'une selle

La majorité des selles est construite à partir d'un arçon standard, sur un modèle standard. Le plus souvent lorsque le cavalier le souhaite un ajustement de l'épaisseur des matelassures ou de leurs largeurs est pratiqué afin de répondre au mieux au désir du cavalier et à la morphologie du dos de son cheval.

### a) Les différentes méthodes de mesure du dos

D'après HARMAN (1999), BROUARD (2000).

Mesurer le dos d'un cheval a toujours été difficile à cause de sa forme 3D et de la mobilité permanente du dos, même chez un cheval debout et immobile. L'ancienne méthode qui consistait à déformer un cintre pour prendre la forme du cheval est maintenant désuète face aux nouveaux moyens beaucoup plus précis et standardisés.

Une première méthode facile à utiliser mais ne donnant qu'une forme approximative du dos du cheval consiste à utiliser une **baguette flexible**. Les utilisateurs de cette méthode peuvent prendre un nombre variable de mesures (HARMAN (1999) ; STOHLMAN (1995)). Nous présentons la version ci-dessous parce qu'elle résume les mesures aux zones de pression clés de la selle (HARMAN (1999)) :

On pose la selle sur le dos du cheval et on repère au moins 3 points de chaque côté à l'aide de typex : l'endroit où se trouve les pointes d'arçon, visibles lorsqu'on soulève le quartier,

l'enfourchure, en face du couteau d'étrivière et l'arrière de la selle. On enlève la selle. Puis on déforme ensuite la réglette sur le dos du cheval en suivant ces points et en passant par la perpendiculaire de la colonne vertébrale. La forme obtenue est reportée sur un carton qui peut être découpé. On peut alors vérifier si les formes du carton trouvent correctement leur place sous la selle. On peut aussi prendre la forme de la ligne médiane du dos en suivant la colonne vertébrale.

Cette méthode est rapide et bon marché. Son inconvénient est la discontinuité entre les mesures effectuées.

**Figure 35 : Baguette flexible permettant de prendre la forme du garrot. (Source internet : THOROWGOOD)**



On peut aussi réaliser le graphique du dos (HARMAN (1999) ; MURDOCH (1995)). Cette méthode utilise une grille percée de multiples trous dans lesquels viennent coulisser des réglottes graduées. La grille est maintenue au dessus du dos du cheval et les réglottes viennent coulisser jusqu'à venir toucher le dos du cheval. La ligne médiane est alignée sur la colonne vertébrale. L'une des lignes perpendiculaires est choisie pour être celle des pointes d'arçon de la même façon que décrit précédemment. Les réglottes sont fixées, on peut alors relever et enregistrer les mesures. On obtient un négatif du dos du cheval au dessous de la grille et son image au dessus. Ainsi il est possible de reconstituer le dos du cheval plus tard dans l'atelier ou alors pour comparer l'évolution de la forme du dos suite à un entraînement ou à un traitement. L'appareil développé par J.A. FOSTER prend 45 points de mesures. (cf. figure 36).

Cette méthode beaucoup plus complexe et fastidieuse que la précédente est aussi plus précise.

**Figure 36 : Grille de réglottes développée par FOSTER. D'après MURDOCH (1995)**



On peut aussi utiliser des moules qui peuvent être réutilisables ou non-réutilisables. Pour les moulages non réutilisables on utilise des plâtres, des résines. Le dos du cheval est recouvert d'un drap fin, les bandes de plâtre ou de résine sont alors déposées en croix sur le dos du cheval, la première couche dans le sens de la largeur, la seconde couche dans le sens de la longueur et ainsi de suite. L'épaisseur doit être suffisante sinon le moule se brise. Trop épais, il fait perdre les détails du dos. Des baguettes en bois peuvent venir renforcer la structure.

Cette méthode reste cependant très lourde il est souvent nécessaire de tranquilliser le cheval mais permet de poser la selle directement sur le moule afin de la corriger. (BROUARD (2000), HARMAN (1999))

Un tel moulage peut également être réalisé à partir de matières plastiques qui peuvent être utilisées plusieurs fois. La société Equimeasure® propose un kit permettant 5 utilisations. La plaque est chauffée à 88°C et placée juste en arrière de la scapula. Le moule sèche en 5 à 10 minutes. Pour être réutilisé il suffit de le chauffer de nouveau à 88°C.

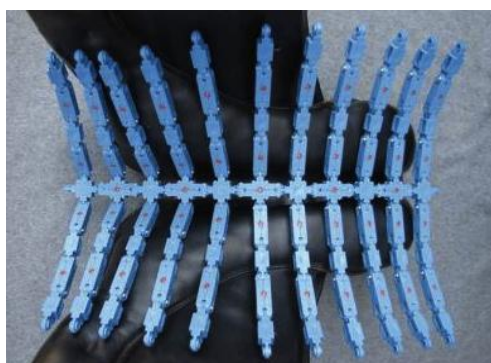
**Figure 37 : Plaque réutilisable de moulage du dos du cheval. Source internet : EQUIMEASURE**



Une autre méthode, qui est la méthode que nous avons utilisée dans la partie expérimentale de cette thèse, repose sur un topographe : le topographe pro Equiscan®. Il s'agit d'une méthode récente et principalement utilisée en Allemagne (où il a été créé) qui tend à se développer pour la création de selles sur-mesure pour le cheval. Ce dernier est basé sur un mesurage numérique d'une copie du dos du cheval sur place. Il permet après avoir pris les mesures du cheval, la vérification immédiate d'une ou de plusieurs selles, avec le cavalier (cf. figure 38). Avec ce système, il n'y a pas de problème de maniement et de précision puisque l'appareil est léger, en plus d'être très précis (98 angles mesurés).

Le topographe PRO est placé selon un schéma précis sur le dos du cheval, par rapport à l'omoplate et T18. Les valeurs obtenues pour chaque angle sont reportées sur une feuille puis intégrées au logiciel associé, permettant d'obtenir la forme 3D du dos du cheval et donc de stocker les données pour les selliers, ou de réaliser une selle parfaitement sur mesure à un cheval. Nous étudierons plus en détail cet outil dans la seconde partie de cette thèse.

**Figure 38 : Ajustement de la selle par rapport au Topographe PRO. Source internet : EQUISCAN**



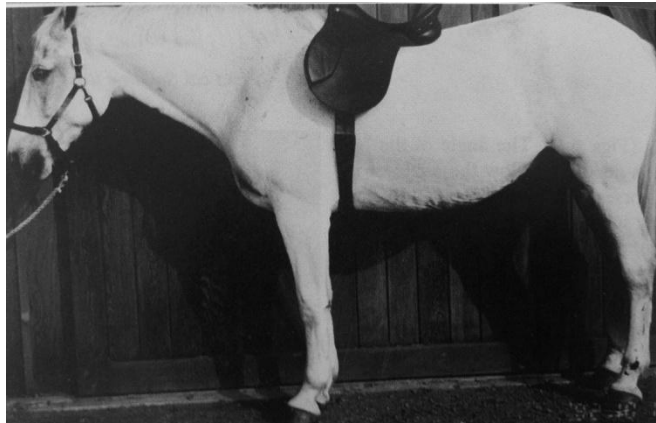


## **B. Les rapports anatomiques entre le dos et la selle**

### **1. La position de la selle sur le dos du cheval**

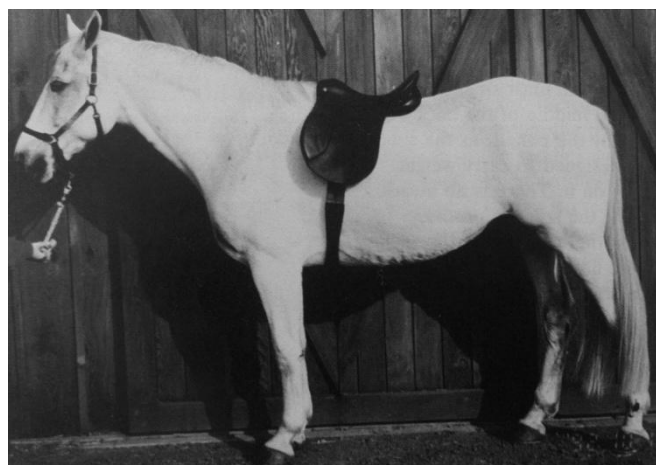
Lors de l'évaluation d'une selle sur un cheval par le vétérinaire, il est important de laisser le cavalier mettre la selle en place afin de voir si celui-ci la place correctement. La plupart des cavaliers ont tendance à placer la selle trop en avant, au dessus du garrot. Cette position place l'arçon sur le dessus de la scapula et restreint les mouvements des antérieurs (cf. figure 39). Lorsqu'une selle anglaise est placée trop en avant, le pommeau est trop haut ce qui place les jambes du cavalier trop en avant et en déséquilibre. Le cavalier essaie alors de mettre le siège à l'horizontal avec des pads placés sous la selle, ce qui, le plus souvent, augmente les pressions et les répartit inégalement.

**Figure 39 : Selle placée trop en avant sur le dos du cheval, bloquant le sommet de la scapula.  
D'après HARMAN (1995c)**



La selle doit prendre place au niveau du « lock in point » qui correspond au point de verrouillage en sellerie et qui est le point le plus bas de la ligne du dos. Il se situe juste en arrière du garrot, en arrière de T8. La selle doit être correctement dégarrottée, les panneaux de la selle doivent être larges et à plat sur le dos, épousant la forme des masses musculaires sur lesquelles elle repose, elle ne doit pas être en arrière de T17 et la sangle doit arriver naturellement au niveau du passage de sangle sans gêner le coude. Lorsque la selle est placée correctement, il n'y a pas besoin de pads (cf. figure 40).

**Figure 40 : Selle placée correctement. D'après HARMAN (1995c)**



## **2. Structures anatomiques en relation avec la selle**

Comme nous avons pu le voir dans notre revue de l'anatomie du dos du cheval, différentes structures vont être au contact de la selle. Ainsi, qu'il s'agisse de l'architecture osseuse, du support musculaire ou de l'irrigation vasculaire ou nerveuse, ces structures sont en relation avec la selle et peuvent être lésées en cas d'inadéquation selle/dos.

### **a) La colonne vertébrale**

Les vertèbres thoraciques sont les vertèbres qui supportent le plus le poids de la selle et du cavalier.

La selle agit tout d'abord sur la courbure thoraco-lombaire et met en contrainte les articulations entraînant une incurvation ventrale de l'axe vertébral thoracique (BROUARD 2000). On a une traction sur le ligament longitudinal ventral et des mouvements de cisaillement des disques intervertébraux. Les articulations synoviales sont comprimées et les ligaments interépineux pincés. Afin de diminuer la charge par unité de longueur de l'axe vertébral, la selle doit reposer sur la plus large surface possible.

D'autre part, le ligament supra-épineux ne dispose d'aucune protection contre les pressions et les traumatismes exercés au sommet de l'axe vertébral et qui viennent l'écraser contre les processus épineux. La partie crâniale de ce ligament est toutefois protégée par la bourse supra-épineuse qui lui offre un coussinet graisseux et conjonctif l'isolant des processus épineux de T3 et T4 (JACK (1992)).

En cas de pression de la selle sur ce ligament, celui ci peut être lésé. On peut également observer une inflammation de la bourse supra-épineuse.

Afin de protéger ces structures, la selle doit donc suivre les courbures naturelles de la colonne et respecter ses mouvements :

- Elle ne doit pas se prolonger au delà de T17, mesure plus restrictive que les recommandations classiques qui conseillent de ne pas dépasser T18 (STOLHMAN Al et Ann (1995)), la jonction thoraco-lombaire étant très sollicitée en flexion/extension.
- La gouttière doit être suffisamment large afin de protéger le ligament supra-épineux, ce dernier pouvant entrer en contact avec la matelassure lors de rotation ou de latéroflexion.
- Elle doit être correctement dégarrottée afin de protéger le garrot lors de l'abaissement de l'encolure notamment, le garrot pouvant dans ce cas venir au contact de la selle.

### **b) La scapula et le coude**

Pour respecter les mouvements de la scapula, la selle ne doit pas venir au contact de son extrémité proximale. Pour cela, elle ne doit pas être placée trop en avant ou encore ne doit pas glisser en avant lors de la réception d'un obstacle par exemple. Le mouvement pourrait alors être limité par la douleur ressentie par le cheval.

Il faut également veiller à avoir une sangle correctement positionnée afin d'éviter une gêne lors du recul du coude et prêter particulièrement attention à la position du bouclage.

### **c) Les muscles axiaux : véritable support de la selle**

La structure ostéo-articulaire formée par les vertèbres et soutenue par l'ensemble ligamentaire ne peut à elle seule soutenir le poids imposé par la selle et le cavalier et ne constitue pas à elle seule la rigidité de la colonne vertébrale. Les muscles axiaux complètent ces éléments, ils permettent notamment de lutter contre la ventroflexion induite de la colonne vertébrale (HAUSSLER (1999b)).

Ces muscles peuvent servir de support à la selle afin que celle-ci n'entre pas en contact avec les structures osseuses et ligamentaires de la colonne. On considère que la force correspond au poids du cavalier et de la selle. Etant donné que la pression est égale à la force divisée par la surface, on peut diminuer les contraintes exercées sur le dos du cheval de deux façons :

- En diminuant le poids de la selle,
- En augmentant la surface de contact, pour cela, il faut que les panneaux de la selle soient suffisamment grands et qu'ils épousent correctement la courbure naturelle des muscles axiaux.

### **d) Les vaisseaux sanguins**

Le réseau vasculaire, qu'il soit profond ou superficiel est très exposé aux pressions exercées par la selle.

Les rameaux en surface sont de très faible calibre mais forment un lacis très important pour la nutrition cutanée et pour la thermorégulation du cheval. Ces rameaux seront les premiers à être écrasés par la selle. Nous verrons par la suite qu'en cas d'inadéquation entre la selle et le dos du cheval, on observe différentes zones de sudation très localisées en fonction des pressions exercées par la selle. Selon VON SCHWEINITZ (1999), une irritation nerveuse du système sympathique au niveau d'une structure vertébrale profonde ou d'un viscère causerait une vasoconstriction réflexe des capillaires cutanés desservis par ce nerf lors de douleur dorsale chronique chez le cheval. Cela pourrait donc être la cause de l'apparition de ces zones de sudation localisées.

On suppose également qu'en cas de surpression exercée par la selle, les capillaires sont occlus. L'ischémie ainsi provoquée entraîne des lésions allant jusqu'à la mort cellulaire. L'apparition de poils blancs sous une selle pourrait s'expliquer par l'atrophie des bulbes pilaires avec une disparition du pigment mélanique. On verra par la suite qu'il s'agit aussi d'une inadéquation selle/dos.

Les rameaux profonds innervant les muscles peuvent également être occlus lorsque les masses musculaires sont comprimées de façon trop importante. Or l'altération du flux sanguin est une cause de douleur musculaire et de crampe. (VON SCHNEINITZ (1999)). Il a d'autant plus été montré que pour une valeur de pression mesurée en surface, la pression mesurée en profondeur est plus importante. (LE *et al.* (1984)).

La protection du réseau vasculaire nécessaire à la bonne irrigation cellulaire repose donc sur une bonne répartition des pressions exercées par la selle et le cavalier.

### ***e) Innervation thoracique et scapulaire***

L'innervation de l'axe vertébral suit un schéma voisin de son irrigation. La douleur dorsale est directement liée à cette innervation, comme nous pourrions le voir dans la partie suivante (III).

Le respect de l'innervation passe donc lui aussi par une bonne répartition des pressions exercées par la selle.

### **3. Les pressions exercées par la selle sur le dos du cheval : utilisation de nouvelles technologies**

Dans la littérature en médecine humaine, LE *et al.* (1984) ont montré que les pressions exercées sur les masses musculaires sont transmises aux surfaces osseuses situées en profondeur. A ce niveau, les pressions sont significativement plus importantes qu'au niveau de la peau. Ainsi, l'excès de pression jouerait non seulement un rôle important sur la fonction musculaire et le confort des chevaux, mais aussi sur la dégradation prématurée de la colonne vertébrale du cheval. (MESCHAN *et al.* (2007)).

D'après HARMAN (1995b), lorsque des poils blancs apparaissent sous la selle, cela correspond à un point de pression. Par ailleurs, il existe un autre moyen de localiser les points de pression en utilisant un tapis de selle blanc, propre et fin. Lorsque des points foncés apparaissent après 15/20 minutes, cela correspond généralement à des points de pression.

D'autre part, des zones sans sudation correspondent souvent à des zones sans pressions mais elles peuvent également correspondre à des zones avec un excès de pression et donc un défaut de vascularisation ce qui empêche la sudation.

Différentes méthodes ont été développées dans le but d'améliorer les selles. Elles permettent de mieux comprendre la répartition des pressions exercées par la selle sur le dos du cheval.

#### ***a) Le tapis capteur de pression***

##### **- Principe du tapis capteur de pression**

Il s'agit d'une surface munie de capteurs de force qui permet de mesurer des pressions entre deux interfaces (fig. 41). C'est un outil fragile mais qui permet d'enregistrer les différentes forces exercées lors d'un test. Différentes études utilisant ce type de tapis ont permis d'avancer sur l'étude des conséquences de la selle en termes de pression sur le dos du cheval.

**Figure 41 : Tapis capteur de pression. D'après RANCUREL (2011)**



**- Etudes actuelles de pression de la selle sur le dos**

HARMAN (1997) montre dans une étude sur des chevaux contre-performants ayant une douleur dorsale et une inadéquation selle-dos que des selles mal adaptées ou ayant un vice de fabrication entraînent des pressions très fortes sur le dos du cheval. Les selles ont tout d'abord été évaluées selon les données d'évaluation standard (contact des panneaux sur le dos du cheval, présence/absence de pont : espace entre la selle et la colonne, place de la selle sur le dos du cheval ...).

Le cheval est ensuite sellé avec sa selle et le tapis capteur de pression et monté par son cavalier. Les mesures sont alors enregistrées sur cheval arrêté, sur un cercle de 20 mètres de diamètre au pas puis au trot.

Grâce à cette étude, HARMAN a montré que les pressions sous la selle vont de 24,9 à 224 mmHg, les pressions correspondant à une selle adaptée devant se situer à moins de 50mmHg. Ainsi, seules 1/6 des selles étaient adaptées au dos du cheval, 73% des selles comportaient de graves défauts de fabrication. Les principaux problèmes rencontrés étaient :

- Des points de pressions trop importants à l'avant et à l'arrière des selles
- La présence de ponts entre le pommeau et le trousséquin
- Une gouttière trop étroite entraînant une compression des processus épineux.
- Des pressions inégales et des pics de pression dans la région des couteaux d'étrivières

Les surpressions enregistrées lors de cette étude sont supérieures aux pressions existantes au sein des vaisseaux sanguins et entraînent une ischémie qui provoque les douleurs dorsales et contractures musculaires.

Par ailleurs, d'autres études ont été effectuées, afin de mettre en évidence les variations de pressions à l'arrêt, aux trois allures et en fonction du cavalier. JEFFCOTT *et al.* (1999) ont étudié les zones du tapis où la selle exerçait un maximum de pression et les zones de surpression éventuelles même à l'arrêt. Selon son étude, les pressions sous la selle augmentent proportionnellement avec la masse du cavalier, même à l'arrêt.

D'après les études de FRUEWIRTH *et al.* (2004) mesurant les forces agissant aux trois allures, l'intensité des forces augmente avec la vitesse de l'allure. Au pas les pressions sont plus faibles que respectivement au trot et au galop (RIOU (2009)).

Enfin, DE COCQ *et al.* (2006) a étudié l'éventuelle influence de la position du cavalier sur la répartition des pressions. Il s'agit d'une étude préliminaire consistant à ajouter un poids connu à la selle ou au cavalier et à collecter les mesures avec le cavalier assis avec quatre positions différentes. Ce dispositif n'est utilisable que lorsqu'il n'y a pas de déplacement mais il permettra sans doute dans le futur d'étudier l'influence de la position du cavalier sur les pressions exercées sur le dos du cheval.

Dans la thèse d'A.S. RIOU (2009), une selle contenant des matériaux de nouvelle génération et un arçon innovant semble être supérieure aux anciennes selles. En effet, quels que soient l'allure et le cavalier, la surface de contact avec le dos du cheval est plus importante et de meilleure qualité, garantissant une meilleure atténuation des pressions.

### ***b) Tapis « à impression »***

Il s'agit d'un outil simple et peu onéreux, le Port Lewis Impression Pad ®, qui consiste en une poche de vinyle flexible contenant un gel de couleur rouge. Il se place sous la selle, sans tapis. Le cheval est monté aux trois allures pendant trente minutes, le pad garde l'empreinte de la selle en trois dimensions car au niveau des zones de haute pression, le gel est chassé (cf. figure 42).

Cet outil, malgré tout assez imprécis, permet d'avoir une première évaluation de l'adéquation de la selle au dos du cheval. Le tapis peut être réutilisé après réuniformisation du gel à l'intérieur de la poche mais reste cependant assez fragile.

**Figure 42 : Port Lewis Impression Pad ®. Source internet : EnduranceRider**



### ***c) La thermographie***

#### **– Principe de la thermographie**

Grâce à l'utilisation d'une caméra infrarouge et d'un logiciel adapté, la thermographie permet également de mettre en évidence des zones de compression ou de non compression. Il

s'agit d'un procédé d'imagerie permettant de révéler des températures à la surface du corps (BENOIT. 2000). Cette technique est utilisée pour adapter au mieux la selle au dos du cheval.

Une zone chaude correspond à une zone d'augmentation de la vascularisation, c'est à dire une zone inflammatoire. Une zone froide correspond à une zone de réduction de la vascularisation, et donc à une zone de compression ou d'hypovascularisation. Les zones de compression peuvent être liées à un défaut de vascularisation locale, un défaut de tropisme musculaire ou encore une fibrose tissulaire.

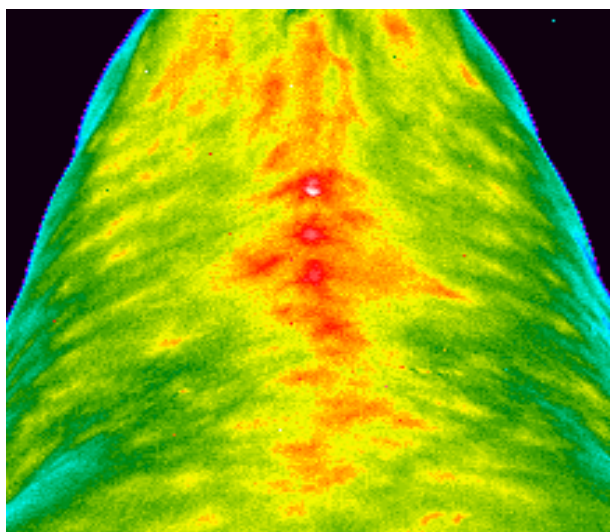
A l'aide de la caméra, plusieurs vues du cheval tout d'abord « nu » sont prises dorsalement et latéralement et permettent de repérer les zones d'asymétries de chaleur. De même on effectue des vues pour la selle afin de repérer les différentes zones de chaleur.

#### – Apports de la thermographie pour l'adaptation selle/dos

Lors d'une modification de la selle, on peut avec ce système observer une meilleure répartition des températures, sur le dos du cheval comme sur la selle.

Dans un cas de surcharge des processus épineux par exemple, on observe une des modifications des températures de la zone correspondante. Lors d'association de cette surcharge avec une desmite du ligament supra-épineux par exemple, on note une zone chaude, signe d'inflammation (cf. figure 43). La surcharge des processus épineux peut être associée à des anomalies de la gouttière de la selle, et peut provoquer des chevauchements des processus ou des fractures des apophyses.

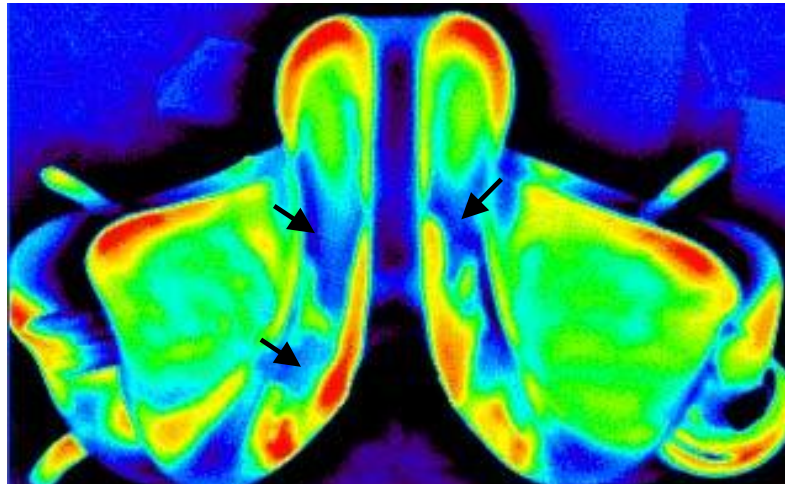
**Figure 43 : Etude thermographique d'un cas de surcharge des processus épineux liée à une anomalie de gouttière de la selle (BENOIT, 2000)**



De même, la thermographie peut permettre de mettre en évidence un problème de matelassure ou d'amyotrophie, comme le montre la figure 44, où la selle semble ne pas se poser à plat. (flèches noires correspondant à une irrégularité dans les pressions exercées par la selle)



**Figure 44 : Amyotrophie locale ou irrégularité de la matelassure (BENOIT, 2000)**



**d) Influence de la largeur et de l'ouverture de l'arçon sur les pressions**

Le but de notre étude à suivre est, entre autres, de faire un état des lieux concernant les ouvertures de garrot et les différentes morphologies de dos que l'on peut retrouver dans un échantillon large de chevaux de clubs en France. Les résultats auront une influence sur le type d'arçon utilisés et notamment sur la largeur et l'ouverture de l'arçon qui semble avoir une importance dans les pressions exercées sur le dos du cheval.

Un angle d'ouverture de l'arçon adapté va permettre à la matelassure de suivre la courbure du dos de cheval et ainsi de répartir les pressions sur un maximum de surface. (cf. figure 45)

**Figure 45 : Influence de l'angle d'ouverture de l'arçon sur la répartition des pressions sur le dos du cheval. D'après RIESER (2008)**



L'étude réalisée par MESCHAN *et al.* (2007) compare trois selles similaires différant par la largeur de leur arçon, au pas et au trot sur un tapis roulant.

Le but de cette étude est d'évaluer si la largeur de l'arçon modifie de façon significative la distribution des pressions. En effet, un arçon peut être trop large ou trop étroit, en fonction notamment de la morphologie du cheval (musculature, longueur de dos ...) et une étude de différents arçons est indispensable afin d'adapter au maximum la selle au dos du cheval.

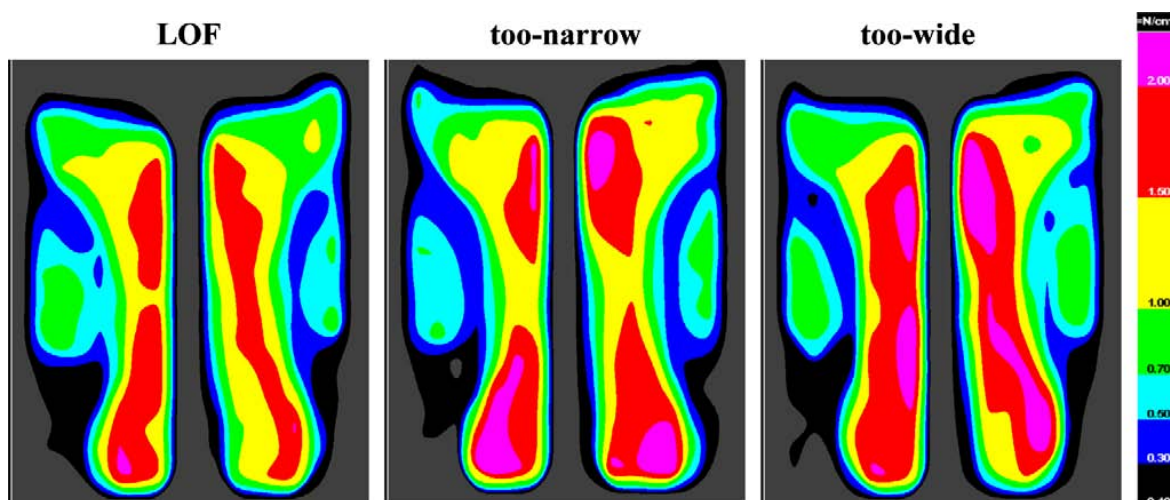


Dix-neufs chevaux ayant entre 4 et 22 ans ont été utilisés dans cette étude. Le même cavalier a été utilisé afin de ne varier que la largeur de l'arçon. Les 3 selles de dressage utilisées sont semblables en tous points excepté la largeur de l'arçon. Celles-ci sont classées en fonction d'une selle impliquant un minimum de pression sur le dos du cheval, dont l'arçon était donc considéré comme adapté pour un cheval donné. Les arçons plus petits ont alors été considérés comme « étroits » et les plus grands comme « larges ».

Les pics et la répartition des pressions ont ensuite été comparés pour l'ensemble des selles de chaque cheval.

Cette étude montre que les selles trop étroites entraînent des pressions plus fortes dans le tiers caudal au pas et au trot, alors que les pressions engendrées par les selles trop larges sont plus fortes dans le tiers moyen. De plus, au pas, les selles trop larges exercent des pressions supérieures dans le tiers axial. Ces selles occasionnent donc une augmentation de pression à proximité de la colonne vertébrale et juste sous le cavalier (cf. figure 46).

**Figure 46 : Comparaison des pressions exercées par la selle impliquant un minimum de pression (LOF), et la selle "étroite" (too-narrow) et "large" (too-wide) au pas. (MESCHAN *et al.*, 2007)**



Les différentes études effectuées sur les pressions exercées par la selle sur le dos du cheval permettent donc de comprendre quelle est l'importance de la selle dans certaines pathologies dorsales du cheval ainsi que la complexité des répartitions de ces zones de pression. Avec de telles études, les selles peuvent être améliorées afin de répartir au mieux les pressions en fonction de ces zones particulières et des particularités morphologiques des chevaux. De plus, l'ajout de pads ou amortisseurs peut améliorer la répartition des pressions mais on va voir dans la suite qu'ils les augmentent ou les déplacent parfois.

#### 4. Les adaptations possibles de la selle

Grâce aux différentes méthodes de mesure du dos ainsi qu'aux mesures de pressions en fonction de la selle et du cheval, de plus en plus de selliers sont aptes à réaliser une selle correspondant au maximum au cheval, à sa conformation, sa musculature, son utilisation. L'utilisation d'outils tels que l'**Equiscan**®, des moulages du dos ou des graphiques, le tapis **Port Lewis Impression Pad**®, la thermographie, ou les tapis capteurs de pression permettent

d'adapter la selle à son cheval et donc de s'affranchir autant que possible des problèmes de pressions et d'inadéquation responsables de nombreuses dorsalgies.

Lors de l'étude de l'adaptation de la selle au dos du cheval, de nombreux paramètres, liés au cheval, à la selle ou au cavalier entrent en jeu. Ainsi, concernant le cavalier, le poids, la taille, la position de ce dernier sont à prendre en compte. La conformation du cheval et d'éventuelles pathologies déjà existantes sont des éléments importants pour l'examen de la selle par rapport au cheval.

Les selliers et les vétérinaires peuvent donc travailler ensemble afin d'adapter les selles au mieux et donc de diminuer les inadéquations selle-cheval. Réaliser une visite de contrôle de la selle et du dos du cheval et utiliser certains moyens que nous avons vus précédemment pour adapter la selle sont des précautions quasiment indispensables pour réduire les pathologies liées à la selle sur le dos du cheval. L'utilisation de pads ou amortisseurs peut également jouer un rôle dans la relation selle-cheval, rôle que nous allons étudier par la suite.

### **C. Les pads ou amortisseurs**

Selon HARMAN (1995c) les amortisseurs sont souvent utilisés pour résoudre des problèmes d'adéquation selle-cheval. La plupart du temps, l'apport positif de ces amortisseurs est provisoire et ils finissent par provoquer plus de problèmes que d'avantages à long terme. Si l'arçon de la selle est suffisamment large, le pad peut aider, alors que si l'arçon est déjà trop étroit (et c'est le cas pour la majorité), l'ajout du pad entraîne des pressions supplémentaires sur le garrot.

Les muscles s'atrophient le long du garrot après un usage prolongé de pads. Lorsque seuls des pads de garrot sont ajoutés, ces derniers compriment le garrot et placent le cavalier en déséquilibre, ce qui l'encourage à rajouter des pads au niveau de l'arrière de la selle, relevant cette région et augmentant encore plus les pressions sur le garrot.

#### **1. Rôle des pads**

A l'origine, les pads de selle servaient à protéger le dessous des selles contre la salissure (HARMAN (1999)). Ils interviennent souvent dans les recherches concernant les adéquations selle-cheval. Malheureusement, ils ne peuvent remplir le rôle qu'on souhaiterait qu'il remplisse, c'est à dire permettre d'adapter une selle à un cheval simplement par ajout d'un pad.

Ils sont utilisés afin de servir de lien entre la fermeté de la selle et les mouvements naturels du dos du cheval, établissant une surface plus « douce ». Leur premier rôle est donc d'absorber les chocs entre le cavalier/la selle et le cheval.

Ils servent également à combler certains trous lorsqu'une selle ou le dos est asymétrique, à équilibrer un cavalier de façon temporaire, mais ils ne permettent pas de régler complètement les problèmes d'adéquation entre la selle et le cheval.

Malgré tout, un pad adapté à la selle associé à un cheval et à un cavalier qui se sentent bien avec un pad peut être un plus dans le confort du travail à cheval.

Souvent, l'ajout de pads peut dégrader les performances d'un cheval, en seulement quelques jours ou en quelques mois mais les conséquences sont très souvent les mêmes. Ils

changent l'adéquation entre la selle et le cheval et déplacent les points de pression ainsi que leur intensité (au début, ils les diminuent puis à long terme, les points de pressions finissent par persister). On rentre alors dans un cercle vicieux ayant pour but de trouver toujours le pad supplémentaire à placer pour contrer ces modifications de points de pression.

Enfin, les pads remplissent souvent la gouttière, créant une pression supplémentaire indésirée au niveau des processus épineux.

Cependant, avec une selle adaptée au dos du cheval et un pad correspondant bien à la selle, ce dernier peut être une très bonne interface et permettre l'absorption des chocs.

Le pad idéal n'est pas trop fin, respirant, à mémoire de forme, et n'est sûrement pas encore inventé ... Certains pads commercialisés peuvent être utiles, mais doivent être choisis avec soin et correspondre à la selle.

## 2. Conception des pads

### a) Les matériaux utilisés

Différents matériaux sont utilisés pour la conception des pads. On retrouve :

- Le coton qui est utilisé comme référence car son effet sur l'adéquation de la selle est négligeable (HARMAN (1994)). Il est cependant peu utilisé par les cavaliers.
- Le mouton, synthétique ou naturel, doit avoir une densité suffisante pour ne pas s'écraser et avoir une gouttière vertébrale large (BONATI (2011)).
- La peau de renne, peu utilisée mais permettant de diminuer la force maximale si la selle est correctement adaptée (voir l'étude de KOTSCHWAR (2010) dans la partie suivante).
- Le gel (cf. figure 47), qui est le plus utilisé par les cavaliers (BROUARD (2000)) mais qui semble être controversé, notamment à cause de la mauvaise distribution des pressions et de son efficacité dépendant de l'individu (BONATI (2011)).
- Les mousses, open cell (cellules ouvertes), closed cell (cellules fermées) ou mixtes. Les premières s'adaptent particulièrement bien à la forme du cheval grâce au remplissage ou à l'expulsion d'air dans les cellules en fonction des pressions. Cependant, s'il subit une pression trop importante, il n'est plus capable d'absorber les chocs (WESLEY *et al.* (2007)).
- L'air, qui est particulièrement utilisé en médecine humaine mais qui ne permet pas d'être utilisé par les cavaliers, ne procurant pas assez de sensation pour ce dernier dans la communication avec le cheval (BONATI (2011)).

**Figure 47 : Amortisseur en gel (KOTSCHWAR *et al.* (2010))**



### **b) Conception**

La conception dépend du type de matériau utilisé mais dans chaque cas, certaines règles sont à respecter. Le pad doit être le plus fin possible, tout en ayant une épaisseur suffisante pour protéger le dos du cheval sans gêner la communication proprioceptive entre le cheval et le cavalier (BONATI (2011)).

Les épaisseurs peuvent être différentes selon les zones (en adéquation avec des mesures effectuées à l'aide d'un capteur de pression). La découpe doit garantir l'absence de pression sur la colonne vertébrale et surtout sur le garrot (cf. figure 48). La présence de tissu antidérapant ajouté peut aider à obtenir une meilleure adhérence du pad à la selle et éviter toute modification de pression pendant le travail lié à un glissement de l'amortisseur.

**Figure 48 : Pad en mousse. Zone au niveau du garrot et de la colonne vertébrale libre.**  
(KOTSCHWAR *et al.* (2010))



### **3. Influence des pads sur les pressions exercées par la selle**

KOTSCHWAR *et al.* (2010) réalisent en 2010 une étude sur les effets de différents pads sur la distribution des pressions exercées par une selle adaptée au cheval puis sous une selle trop large.

L'étude porte sur seize chevaux d'âges et de races différents, montés au pas et au trot, ayant une selle de dressage avec quatre différents types de pads (gel, cuir, mousse et peau de renne). Les pressions sont mesurées grâce à un tapis capteur de pression. La force maximale est calculée ainsi que la distribution des pressions longitudinalement et transversalement afin d'identifier les différences entre les mesures avec ou sans pad.

Le seul pad permettant la diminution de la pression maximale mesurée significativement au pas et au trot est le pad en peau de renne. De plus, les pressions semblent être moins bien réparties lors de l'utilisation de n'importe lequel de ces quatre pads. Aucun des quatre pads utilisés n'a amélioré la pression maximale de façon vraiment importante, et surtout, aucun n'a amélioré la répartition des pressions exercées par la selle.

Cette étude permet de voir qu'aucun des pads utilisés ici ne permettent d'améliorer l'adéquation d'une selle adaptée au cheval.

Le même auteur recommence son étude avec une selle trop large, entraînant une instabilité importante de la selle avec des pressions le long de la colonne au milieu du dos. La selle utilisée

sans pad exercerait des pressions inférieures à celles considérées comme nocives, son adéquation semblerait donc tolérable. Certains pads tendent à améliorer la situation alors que d'autres l'aggravent, les résultats obtenus étant très variables. Le pad en gel par exemple permet d'améliorer la force maximale au pas et au trot.

Cependant, comme nous l'avons vu dans la première partie de l'étude, aucun des pads étudiés dans le cadre de cette étude ne permettraient de corriger les pressions appliquées le long de la colonne vertébrales alors qu'il s'agit des pressions les plus nocives et les plus fréquemment rencontrées lors d'inadéquation selle-cheval.

#### **4. Effets indésirables et recherchés des pads sur l'adéquation selle / dos**

Les pads doivent avant tout améliorer l'interaction cavalier/cheval (et non l'empirer comme c'est parfois le cas comme nous avons pu le voir précédemment). Il doit pouvoir être résistant à la sueur, sécher rapidement, être respirant et ne pas provoquer lui même de sudation excessive. Il est nécessaire que la colonne vertébrale soit épargnée et qu'il n'exerce pas de pression sur les apophyses vertébrales. Il doit aider le cavalier à s'équilibrer sur son cheval et diminuer les pressions liées au cavalier, subies par le cheval. Il faut être très prudent concernant l'utilisation d'un pad car un pad ne correspond pas à tous les chevaux (BONATI (2011)).

Il faut donc bien garder à l'esprit les effets indésirables que peut entraîner l'utilisation de pads mal adaptés, ou de pads avec une selle de toute façon inadéquate. HARMAN (1994) a publié la première étude concernant les effets des pads en 1994. Selon lui, 65% des pads étudiés augmentent les pressions mesurées sous la selle et ont donc des effets négatifs sur l'adéquation selle-dos.

Un pad doit être utilisé lorsque la selle posée sur un simple tapis de coton n'est pas adaptée. Cependant il est indispensable d'entreprendre une démarche rigoureuse afin de choisir le pad qui améliore le plus la situation précise dans lequel se place le cheval et son cavalier. Ces démarches peuvent reposer sur l'utilisation d'un tapis capteur de pression par exemple.

### **III. LES DORSALGIES**

#### **A. L'animal dorsalgique**

##### **1. Un athlète contre-performant**

Dans la première partie, nous avons pu voir à quel point l'anatomie du dos du cheval est complexe. Il est demandé toujours plus aux chevaux de sport et de loisir. Leur dos, et notamment la musculature axiale sont très sollicités et de ce fait particulièrement sujets aux blessures. La moindre gêne du cheval dans ses mouvements entraîne une altération du geste sportif à l'origine de dorsalgies.

*Les dorsalgies sont les traductions cliniques et douloureuses de différents types de lésions ostéo-articulaires et musculaires du rachis.*

Toute atteinte à l'intégrité du dos du cheval peut être à l'origine de contre performance et porter atteinte au potentiel sportif du cheval. L'apparition de la douleur « parasite » la proprioception et va entraver la finesse du geste, ainsi que la qualité de l'attitude. S'en suit une auto-aggravation du problème, la douleur détériorant les capacités du cheval et initiant un véritable cercle vicieux.

Il existe quelques moyens de prévention des dorsalgies à appliquer dans le travail quotidien du cheval (PRACH (2011)) :

- Echauffer longuement le cheval,
- Augmenter progressivement la difficulté des exercices,
- Accorder de courtes périodes de repos en mettant le cheval au pas et des périodes d'étirement pendant l'entraînement,
- Eviter les tensions,
- Eviter la fatigue du cheval,
- Refroidir complètement le cheval après le travail avant de le rentrer dans le box.

Malgré cela, les dorsalgies représentent une importante source d'inquiétude pour les propriétaires, principalement à cause de la baisse de performance provoquée par ces atteintes.

Lors de dorsalgies, les motifs de consultations sont principalement liés au comportement du cheval, à des changements lors du travail ou suite à un accident. Concernant le comportement, les principales causes d'appel peuvent être l'observation d'un comportement anormal, de la défense au sanglage ou au monter, des difficultés à se rouler, à uriner, à manger au sol, à donner ses postérieurs ou encore une sudation excessive et irrégulière au travail.

Au travail, une baisse de performance est très souvent associée à une pathologie du dos, ainsi qu'une diminution de l'engagement et de la souplesse. Une irrégularité d'allure et/ou une asymétrie peuvent également être observées (LAUNOIS *et al.* (2012)).

De nombreuses affections peuvent être responsables de dorsalgies, nous étudierons les plus fréquemment rencontrées ainsi que celles qui sont le plus souvent liées à une inadéquation selle/cheval.

## 2. La douleur dorsale

La douleur dorsale est très difficile à évaluer, de par son expression en premier lieu (baisse de performance principalement), ainsi que par sa variabilité en fonction des individus qui sont plus ou moins sensibles à la douleur (ce qui rend difficile l'appréciation de la douleur par le vétérinaire, notamment lors de la palpation).

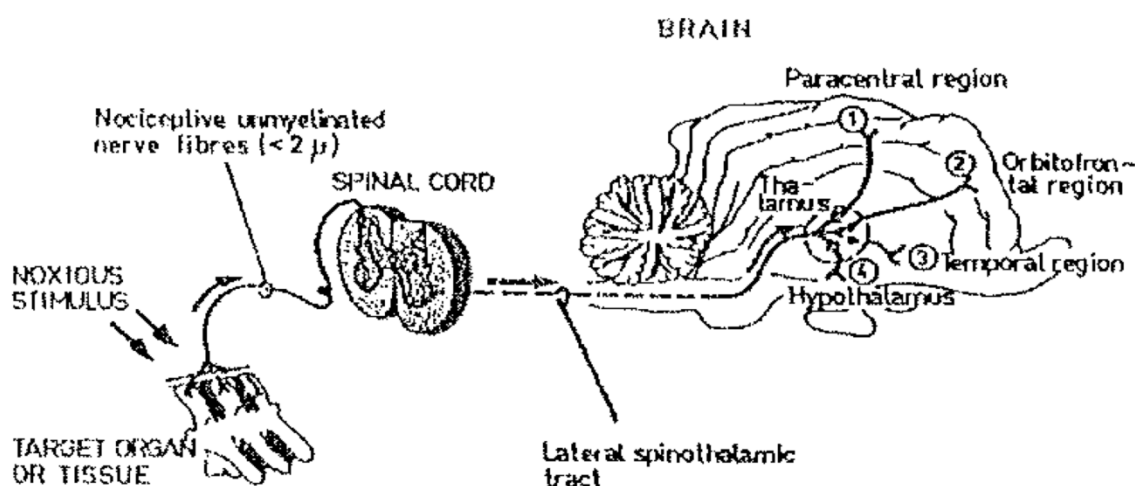
Comme nous avons pu le voir précédemment, les nerfs segmentaires se divisent en une branche ventrale et dorsale et les fibres de ces nerfs sont de trois grands types, dont certaines (fibres somatiques afférentes) transmettent la douleur.

Les vertèbres, articulations vertébrales et ligaments intervertébraux sont innervés directement par les branches sensibles des rameaux dorsaux et par les nerfs méningés récurrents. Le tiers externe du disque intervertébral est en outre innervé par des fibres proprioceptives et nociceptives. La capsule des articulations entre les arcs vertébraux est richement innervée par des fibres sensibles des branches médiales des rameaux dorsaux, chaque branche médiale innervant la partie caudale de l'articulation du segment vertébral correspondant ainsi que la partie craniale de la suivante. Ces fibres ont un rôle très important dans la proprioception et la nociception. (PICCOT-CREZOLLET (2002))

Cette innervation des articulations synoviales intervertébrales à de nombreux niveaux pourrait contribuer à l'existence de douleurs diffuses. (HAUSSLER (1999a)).

Les dorsalgies témoignent d'une irritation des rameaux de la branche dorsale des nerfs spinaux : les récepteurs nociceptifs représentés par des arrangements plexiformes ou des extrémités libres de fibres nerveuses amyéliniques se distribuent dans la peau, le tissu sous-cutané, le tissu adipeux, les fascias et les ligaments, le périoste, la dure mère, l'adventice des vaisseaux sanguins et la capsule des articulations (cf. figure 49).

**Figure 49 : Représentation schématique des voies de la douleur associées à la région dorso-lombaire. (JEFFCOTT (2000))**



Toute stimulation mécanique ou toute lésion des tissus comportant ces terminaisons nerveuses active ces systèmes (inactifs dans des conditions normales) et les douleurs primaires sont donc dues à des traumatismes ou des irritations de celles-ci (JEFFCOTT (2000)).

## B. Les principales affections du dos

Des études rétrospectives donnent quelques indications quant à l'importance relative des diverses affections ainsi que des schémas permettant de prévoir la localisation et la nature des pathologies, notamment concernant les pathologies liées à une accumulation localisée de micro atteintes au niveau de sites spécifiques. (STOVER *et al.* (1992)).

En revanche, en cas d'affections traumatiques, ces règles ne peuvent être appliquées. (DRIVER et PILSWORTH (2009))

Dans une étude rétrospective, JEFFCOTT (1980) donne une analyse statistique portant sur 443 cas de chevaux vus pour des douleurs dorso-lombaires (Tableau 3). Cette étude présente au total 523 lésions.

**Tableau 3: Analyse statistique de Jeffcott portant sur 443 cas de chevaux dorsalgiques (JEFFCOTT 1980)**

| Catégorie des lésions   |                 | N.         | %          | Diagnostic spécifiques            | N.  | %     |
|-------------------------|-----------------|------------|------------|-----------------------------------|-----|-------|
| <b>Thoraco-lombaire</b> | Tissus mous     | 203        | 38.8       | Lésion musculaire ou ligamentaire | 117 | 22.37 |
|                         |                 |            |            | Lésion sacro-iliaque              | 69  | 13.19 |
|                         | Conformation    | 15         | 2.9        | Scoliose                          | 1   | 0.19  |
|                         |                 |            |            | Lordose                           | 7   | 1.34  |
|                         |                 |            |            | Autre                             | 7   | 1.34  |
|                         | Vertébrale      | 202        | 38.6       | Fracture du corps vertébral       | 5   | 0.96  |
|                         |                 |            |            | Fracture du processus épineux     | 8   | 1.53  |
|                         |                 |            |            | Spondylose                        | 14  | 2.68  |
|                         |                 |            |            | Conflit du processus épineux      | 173 | 33.08 |
|                         |                 |            |            | Autre                             | 2   | 0.38  |
| <b>Autres</b>           | Divers          | 66         | 12.6       | Boiterie postérieure proximale    | 20  | 3.82  |
|                         |                 |            |            | Boiterie distale                  | 11  | 2.10  |
|                         |                 |            |            | Problème de tempérament           | 24  | 4.59  |
|                         |                 |            |            | Autre                             | 11  | 2.10  |
|                         | Sans diagnostic | 37         | 7.1        |                                   |     |       |
| <b>Total</b>            |                 | <b>523</b> | <b>100</b> |                                   |     |       |

Dans une étude basée sur les lésions radiographiques de 782 chevaux dorsalgiques de DENOIX J.M. (1997), les statistiques obtenues dépendent de la « visibilité » de la lésion à la radiographie, les lésions de processus épineux apparaissant comme les plus fréquents (Tableau 4).



Enfin, ce dernier (DENOIX, 2000) évoque les trois lésions les plus connues car les plus facilement diagnostiquées radiographiquement : le conflit de processus épineux, l'ostéo arthrose des articulations synoviales intervertébrales et la spondylose intervertébrale, affections que nous étudierons par la suite.

**Tableau 4 : Répartition des lésions radiographiques de 782 chevaux dorsalgiques (DENOIX (1997))**

| Elément anatomique concerné | Nombre de chevaux | %  |
|-----------------------------|-------------------|----|
| Processus épineux           | 372               | 48 |
| Processus articulaire       | 351               | 45 |
| Processus transverses       | 11                | 1  |
| Corps vertébraux            | 40                | 5  |
| Aucune lésion identifiée    | 208               | 27 |

## 1. Déformations congénitales

Les malformations vertébrales les plus fréquentes provoquent des anomalies de courbure de la colonne vertébrale. Il peut s'agir de déviation latérale (scoliose), ventrale (lordose), ou dorsale (cyphose). Celles ci prédisposent aux phénomènes dégénératifs et restreignent la mobilité vertébrale. (DENOIX (1997a) ; HAUSSLER (1999a)).

Les malformations du bassin sont rarement rapportées (HENSON (2009)). L'incidence des malformations ci dessous est relativement faible, selon une étude de JEFFCOTT (1980) sur 443 chevaux souffrant de dorsalgie, ces anomalies ne sont répertoriées que dans 2,9% de l'effectif.

### a) Scoliose

La scoliose conjugue une déviation latérale de la colonne vertébrale et une rotation basculant les processus épineux dans la concavité. L'incurvation des corps vertébraux est ainsi sous-estimée par le malalignement des processus épineux. Le plus souvent localisée en région thoracique, elle s'accompagne toujours d'ankylose et de réduction de mobilité vertébrale. (DENOIX (1997))

On la rencontre généralement chez les foals et les jeunes chevaux, elle est souvent associée à une hypoplasie des corps vertébraux et hémivertébraux (WONG *et al.* (2006)).

### b) Lordose

La lordose correspond à une accentuation de la courbure naturelle du dos en arrière du garrot, ayant pour conséquence une courbure à convexité ventrale de la colonne vertébrale (cf. figure50).

Cette conformation ensellée affaiblit le dos et prédispose à d'autres lésions (JEFFCOTT (1978)), bien qu'elle reste compatible avec un usage sportif (DENOIX (1997)). Elle est le plus souvent primaire mais peut être secondaire.

La plupart des vieux chevaux finissent par développer cette lordose secondaire, acquérant avec le temps une conformation plus convexe ventralement. (HENSON (2009)).

**Figure 50 : Lordose importante chez un cheval (Source : Internet, [www.american-flex.com](http://www.american-flex.com))**

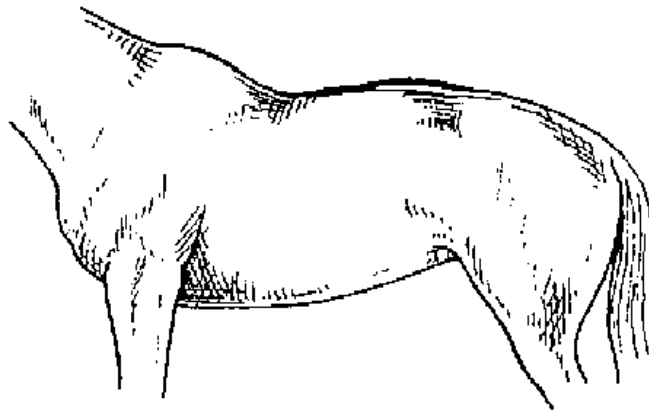


**c) Cyphose**

La cyphose se manifeste par un dos voussé dit « dos de carpe », localisée majoritairement à la région lombaire, à distinguer d'une amyotrophie (cf. figure 51). A un degré modéré, elle laisse souvent la possibilité d'exploiter le cheval (DENOIX (1997)).

La cyphose peut parfois être associée à une scoliose (KIRBERGER et GOTTSCHALK, (1989)).

**Figure 51 : Cyphose lombaire ou dos de carpe. (DENOIX (2001))**



**2. Affections osseuses et articulaires**

**a) Affections dégénératives**

**- Conflit de processus épineux**

*Le conflit de processus épineux (CPE) correspond à un rapprochement ou un contact entre deux ou plusieurs processus épineux successifs, s'accompagnant d'un remaniement osseux et d'une réaction périostée locale. (DENOIX (1997)).*

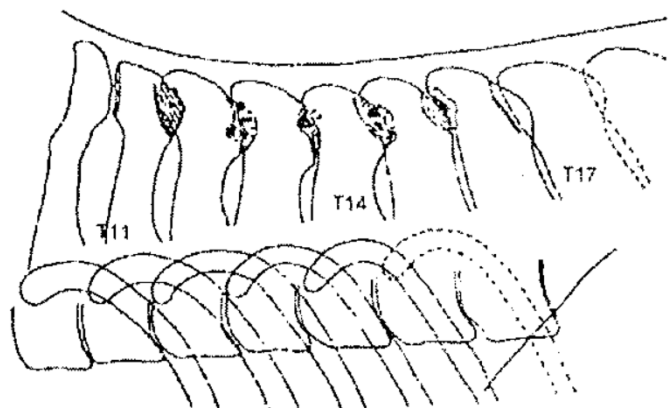
L'incidence du CPE est élevée, dans l'étude de JEFFCOTT (1980), sur les 443 chevaux dorsalgiques, le CPE est la cause de ces dorsalgies pour 173 chevaux. De même sur 782 chevaux

radiographiés par DENOIX (1997) pour dorsalgies également, 372 présentent une lésion des processus épineux, soit 48%. Cependant, il est important de prendre en compte le fait qu'on ne connaisse pas sa réelle incidence sur la douleur. En effet, montrer qu'il y a une anomalie anatomique ne correspond pas forcément à prouver que celle-ci est responsable de la douleur observée. De même il est possible de détecter cette anomalie en l'absence de douleur (HENSON et KIDD (2009)).

L'incidence anatomique du CPE a été décrite post mortem et se retrouve entre 86% et 92% des cas étudiés (HAUSSLER (1999a) ; TOWNSEND *et al.* (1986)).

Le CPE (cf. figure 52) est le plus fréquemment situé entre T13 et T18 mais peut également se retrouver sur L4 et L5 (TOWNSEND *et al.* (1986)). En 1979, JEFFCOTT rapporte que les pathologies des tissus mous concernent majoritairement les zones craniales et caudales de la colonne vertébrale alors que les lésions de CPE sont centrées au niveau du milieu du dos. La raison de cette distribution est inconnue, même si elle est sûrement liée au fait que les processus épineux sont plus rapprochés dans cet espace. (HENSON et KIDD (2009) ; DENOIX (1997)).

**Figure 52 : Représentation schématique d'un cas de conflits de processus épineux (JEFFCOTT (2000))**



La pathogénie du conflit de processus épineux peut être de différents types :

Dans les cas les plus simples, les chevaux ont naturellement les processus épineux plus proches que chez d'autres chevaux, chez les chevaux à dos court par exemple. Ces chevaux doivent « faire tenir » le même nombre de vertèbres sur une plus petite longueur que les chevaux ayant un dos plus long. Un conflit des processus épineux peut donc apparaître, à cause d'un rapprochement de ces processus dans l'espace prévu.

Dans d'autres cas, le cheval peut avoir un dos d'une longueur suffisante mais les processus épineux ont une forme « en bec » ce qui accroît le risque de contact entre deux processus épineux.

Théoriquement, le CPE peut survenir en cas de dorsiflexion excessive du dos (pour des chevaux de CSO par exemple). Cependant, des études biomécaniques ont pu montrer qu'il n'y avait pas de preuve de la présence de mouvements accentués dans la région T13-T18 comparée à d'autres régions de la colonne thoracolombaire.

Une autre hypothèse repose sur le fait que le poids de la selle et du cavalier pourrait causer une force importante sur la région concernée, entraînant les processus épineux à se rapprocher mais cette hypothèse est mise en doute par la présence de CPE chez des chevaux non montés (trot attelé...) (HENSON et KIDD (2009)).

DESBROSSE et PIERRAT (1985) évoquent quant à eux l'apparition préférentielle des CPE sur des chevaux souffrant par ailleurs d'une boiterie de membre ou manifestant un défaut de locomotion sans support pathologique ostéo-articulaire décelable (67% des cas d'un effectif de 125 chevaux dorsalgiques ayant un ou plusieurs CPE). Selon eux, il peut s'agir d'une conséquence d'un trouble locomoteur associant une plus grande mobilité du rachis à la compensation par celui-ci d'une lésion articulaire, localisée au pied, au jarret ou à une autre articulation fortement sollicitée.

Il ne semble pas y avoir de classe d'âge prédisposé à cette affection. Toutes les races peuvent être touchées et il ne semble pas y avoir de prédispositions liées au sexe bien que les hongres de race pure soient parfois plus représentés.

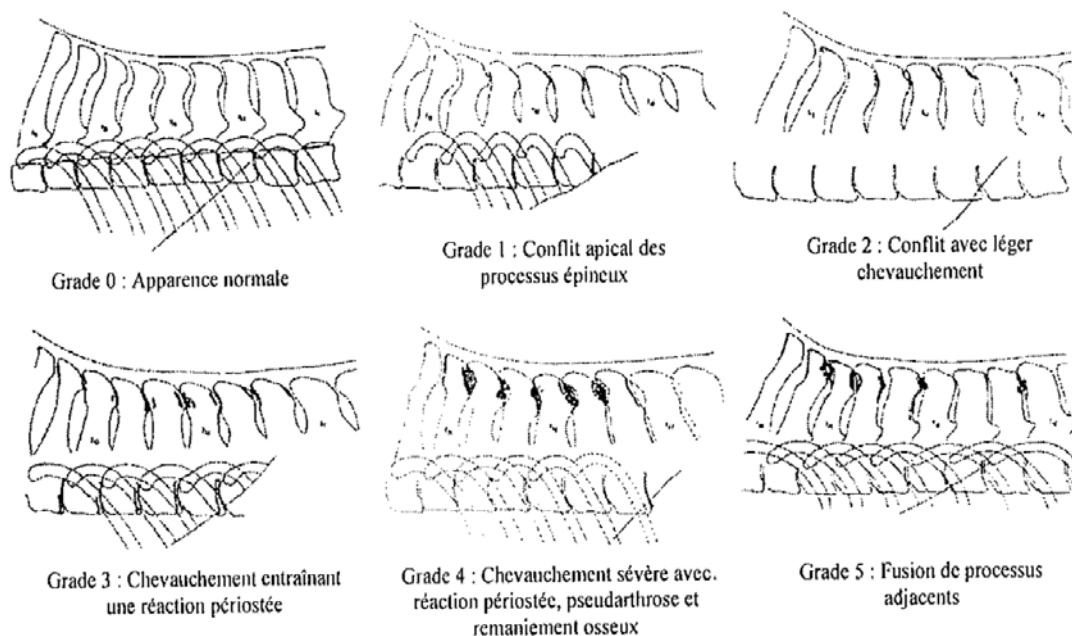
Les principaux motifs de consultations en cas de CPE sont la baisse de performance, la résistance lors du sellage et de la monte, une rétivité, des signes d'inconfort du dos voire de douleur. Le cheval peut même devenir dangereux et inmontable en cas de CPE sévère. Le cheval atteint se montre réticent à l'extension et à la latéroflexion. On peut parfois entendre un craquement à la ventro-flexion, en provenance du dos. La zone atteinte peut être plus chaude et la sensibilité profonde est augmentée.

L'examen radiographique est assez efficace afin de mettre en évidence les lésions osseuses provoquées par ce conflit des processus épineux. Différents stades ou grades peuvent être relevés (quatre stades selon DESBROSSE et PIERRAT (1985) ou cinq grades selon JEFFCOTT (1980) (cf. figure 53), allant du rapprochement des processus épineux à leur fusion en passant par des stades de desnification, de sclérose et d'ostéolyses (cf. figure 54).

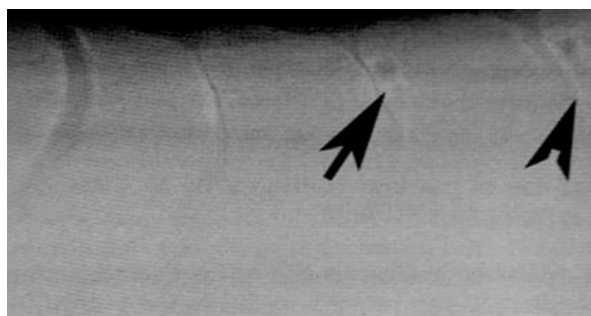
Toutefois, comme nous l'avons vu précédemment, des chevaux présentant de sévères lésions radiographiques peuvent être peu ou pas gênés, l'examen radiographique manque donc de spécificité (PICCOT-CREZOLLET (2002)).

Cependant une étude de ZIMMERMAN *et al.*, (2012), a mis en évidence une association entre le grade des CPE observés par examen radiologique ou scintigraphique avec l'intensité des douleurs dorsales.

**Figure 53 : Les cinq grades de conflits de processus épineux selon JEFFCOTT (1980)**



**Figure 54 : Radiographie latéromédiale de la région thoracique moyenne : Zone d'ostéolyse aux points de contact entre 2 processus épineux (flèche), remaniement osseux au niveau de la zone de chevauchement (tête de flèche). (HENSON et KIDD (2009))**



Le conflit de processus épineux est l'anomalie la plus fréquemment rapportée chez les chevaux présentant une dorsalgie, il est important de noter que le diagnostic uniquement radiographique ne suffit pas car il est nécessaire de prouver le lien entre le CPE et la douleur exprimée. Au niveau thérapeutique, le CPE peut être géré avec succès médicalement (physiothérapie, anti inflammatoires et repos) mais peut également être traité chirurgicalement.

#### **- Arthropathies synoviales intervertébrales**

*L'arthropathie synoviale intervertébrale (ASIV) également appelée ostéo-arthrose synoviale intervertébrale, désigne l'ensemble des phénomènes dégénératifs affectant les articulations intervertébrales portées par les processus articulaires.*

Malgré l'incidence élevée de ces lésions, l'ASIV est ignorée par la plupart des publications anciennes sur le sujet, notamment par JEFFCOTT (1996) qui juge cette affection comme étant commune chez le cheval âgé mais cliniquement non significative.

Selon DENOIX (1997), cette pathologie est sous-estimée cliniquement du fait de la difficulté de sa mise en évidence.

Une étude rétrospective de DENOIX (1997) illustre l'importance de ces lésions puisque sur 782 chevaux radiographiés pour l'exploration d'une dorsalgie, 351 soit 45% de l'effectif sont porteurs d'ASIV.

De plus, lors d'une étude post mortem sur des chevaux de pures races, HAUSSLER *et al.* (1999) ont mis en évidence un phénomène dégénératif des articulations intervertébrales chez 97% de l'effectif utilisé, soit 35 chevaux sur 36.

Cette même étude précise les différents degrés d'évolution des lésions :

- Pincement articulaire (amincissement des cartilages articulaires),
- Ostéophytes, prolifération osseuse (cf. figure 55),
- Erosions péri-articulaires,
- Erosions péri-articulaires,
- Ankylose.

D'après HAUSSLER *et al.* (1999), de manière générale l'ASIV concerne le tiers thoracique caudal et la région lombaire et les lésions les plus sévères telles que l'érosion se retrouvent dans un espace centré sur la jonction thoraco-lombaire (T16-L3) alors que l'ankylose ne s'observe qu'entre les vertèbres lombaires (L3-L6).

**Figure 55 : Radiographie d'une ostéoarthrose articulaire en T18-L1. De CIRALE, Dozulé**



DENOIX (1999) rapporte que l'ASIV est l'une des causes les plus fréquemment associée aux dorsalgies, plus encore que le CPE. Les signes cliniques restent néanmoins très proches de

ceux du CPE. On retrouve une sensibilité à la mobilisation, un tonus épiaxial augmenté, une chaleur localisée et une réponse positive au test du surfaix.

Il est fréquent de retrouver une arthropathie synoviale intervertébrale associée à un conflit des processus épineux mais certains signes sont préférentiellement liés à l'arthrose des articulations synoviales :

- Amyotrophie localisée,
- Défaut de mobilisation passive à l'examen physique et au trot,
- Défaut de mobilisation active à l'examen dynamique (notamment au galop).

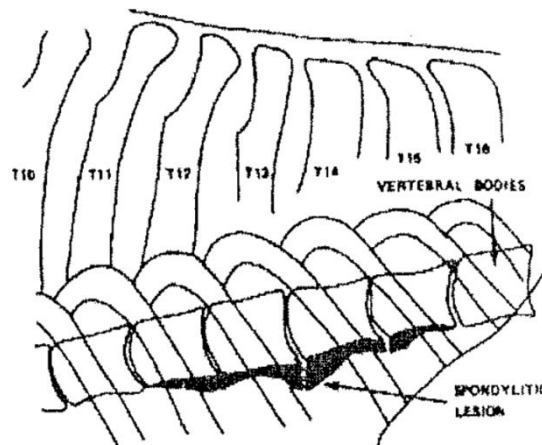
L'éthiopathogénie de l'ASIV est mal définie, selon DENOIX (1997) l'apparition des lésions pourrait être causée par l'ostéochondrose, les traumatismes lors notamment d'efforts intenses, les anomalies de courbure et les mécanismes de dégénérescence articulaire.

### - Spondylose

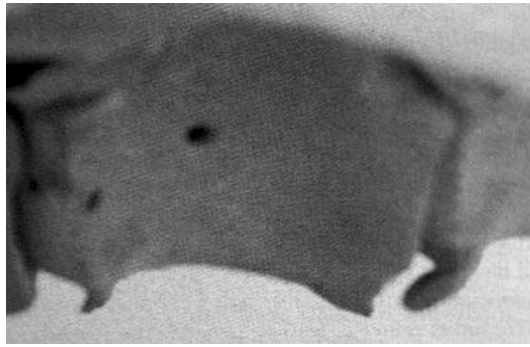
*Il s'agit d'une lésion de type ostéophytique se développant ventralement sur les vertèbres jusqu'à relier entre eux deux corps vertébraux adjacents. (PICCOT-CREZOLLET (2002)).*

Radiographiquement, les lésions de spondylose sont caractérisées par la présence d'ostéophytes aux bords ventral ou ventro-latéral du corps vertébral, pouvant parfois former un véritable pont osseux, couvrant ainsi le disque intervertébral (cf. figure 56 et 57). (HENSON et KIDD (2009)).

**Figure 56 : Représentation schématique d'un cas de spondylose (JEFFCOTT (1980))**



**Figure 57 :** Cas post-mortem d'ostéophytes au bord ventral du corps vertébral (HENSON (2009))



Bien qu'il s'agisse d'une pathologie fréquente chez les hommes et les chiens, celle-ci est considérée comme relativement rare chez les chevaux. Dans son étude (cf. tableau 3), JEFFCOTT (1980) retrouve cette affection chez 2,7% des sujets (sur un effectif total de 443 chevaux ayant une dorsalgie). DENOIX (1997) quant à lui mentionne 5% de lésions portant sur les corps vertébraux incluant donc la spondylose sur 782 chevaux dorsalgiques (cf. tableau 4).

Les lésions sont majoritairement localisées entre T11 et T14 même si d'autres vertèbres lombaires et thoraciques peuvent être touchées. (JEFFCOTT (1980) ; TOWNSEND *et al.* (1986)).

L'éthiopathogénie de cette affection est peu connue et son implication clinique est difficile à déterminer. (HENSON et KIDD (2009)).

Cette dernière semble faire intervenir des éléments biomécaniques et biochimiques. La sollicitation de l'articulation intervertébrale peut entraîner des micro-traumatismes et une dégénérescence de l'anneau fibreux du disque intervertébral en sa partie ventrale et du ligament longitudinal ventral, subissant alors une ossification par formation d'ostéophytes. Selon la taille de ces derniers, ils peuvent aller jusqu'à comprimer les trajets nerveux au niveau des forams intervertébraux. Lors du pontage ventral complet stabilisant l'articulation, la spondylose n'est plus douloureuse. (HAUSSLER (1999a) ; PICCOT CREZOLLET (2002)).

ROONEY (1982) accuse le poids du cavalier trop en arrière sur le dos du cheval d'être la cause de cette pathologie, une inadéquation selle/cheval pourrait donc favoriser cette affection.

### ***b) Affections traumatiques***

#### **- Fracture des processus épineux :**

D'après JEFFCOTT (1980, tableau 3), la fracture du processus épineux semble être l'affection traumatique axiale la plus fréquente.

Ces affections résultent principalement d'une chute sur le dos du cheval (chute à l'obstacle, cheval qui tire au renard ...) ou d'une blessure sous une barre.

Un cheval présentant ce type de fracture refuse de marcher, restant fixé sur ses quatre pieds, ressemblant ainsi à un cheval souffrant de boiterie des quatre membres. Une sudation intense au niveau des muscles situés proches de la colonne vertébrale témoigne de la douleur très forte présente lors de ces fractures. Elles sont majoritairement situées dans la région du garrot (T03-T10) (PICCOT-CREZOLLET (2002)). Cette région est donc enflammée, enflée, et déformée par le déplacement des fragments osseux, ayant comme effet une déviation de la ligne de la colonne vertébrale quand on regarde par l'arrière.



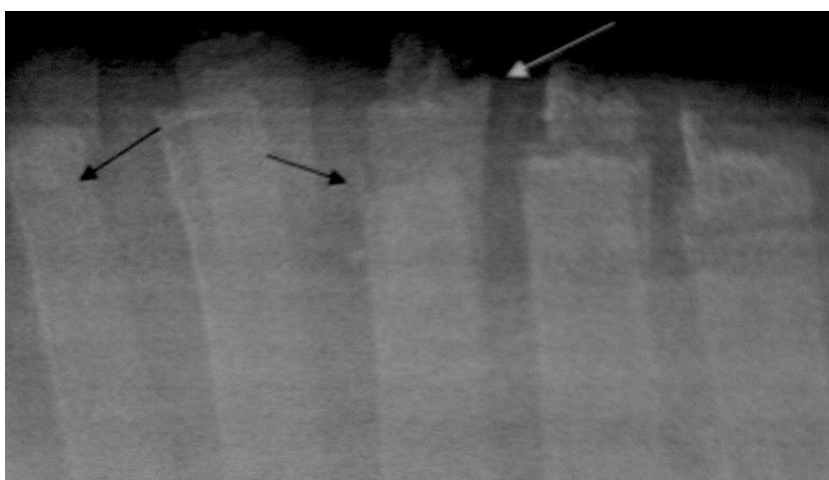
La tête du cheval est généralement en hyper extension et le cou est rigide, le cheval essayant de ne pas bouger le ligament nuchal.

Le déplacement de la zone fracturée sur un côté entraîne une protrusion dorsale de la partie proximale de la scapula contro-latérale. Il faut donc se méfier afin de ne pas confondre ceci avec une blessure spécifique de la scapula (DRIVER et PILSWORTH (2009)).

Diagnostiquée à un stade chronique, ce type de fracture n'est plus décelable que par une dorsalgie variable et une déformation du garrot.

Afin de confirmer le diagnostic, une radio du garrot est conseillée, permettant de mettre en évidence la fracture et le déplacement des processus épineux (cf. figure 58).

**Figure 58 : Radiographie latéro-médiale du garrot (T5-T9) mettant en évidence une fracture des processus du garrot (flèches noires). (DRIVER et PILSWORTH (2009))**



Les fractures des processus épineux ont pour principale caractéristique d'être sans incidence neurologique (HAUSSLER (1999a)).

#### **- Fracture du corps ou de l'arc vertébral :**

Les signes cliniques d'un cheval atteint d'une fracture du corps vertébral dépendent du degré de la compression de la moelle épinière et de l'atteinte neurologique associée. En effet, ce type de fracture peut provoquer seulement de sévères douleurs dorsales ou être associée à une atteinte neurologique, entraînant une atrophie neurogène de la musculature épiaxiale.

Dans certains cas sévères, les atteintes de la moelle épinière peuvent provoquer un décubitus ou « dog sitting », c'est à dire avec les membres antérieurs fonctionnels et une paralysie et une perte de la réponse à la douleur profonde des membres postérieurs.

Enfin, les signes cliniques peuvent évoluer en fonction de l'éventuelle hémorragie ou de l'enfllement de la zone autour de la moelle épinière (DRIVER et PILSWORTH (2009)).

Ces fractures sont souvent le résultat d'une chute lors d'une course ou d'un impact avec un objet statique et se rencontrent principalement autour du milieu de la colonne thoraco-lombaire (T11-T13) (MOYER et ROONEY (1971)).

Les vertèbres peuvent également subir des fractures de stress, en particulier sur leur arc, avec la présence de sites de prédilection, de cals endostés et périostés, une ligne de fracture incomplète qui peut évoluer vers une fracture complète, une tendance à la bilatéralité. On retrouve ce type de fracture chez l'animal athlète qui présente alors une boiterie légère intermittente (HAUSSLER (1999a)).

#### - **Fractures de fatigue de l'ilium :**

La fracture de l'aile de l'ilium est principalement retrouvée chez les chevaux de course s'agissant d'un lieu de prédilection pour les fractures de stress. Cependant, on retrouve parfois des fractures de l'ilium suite à des chutes ou autre élément traumatique important.

Ces fractures sont principalement unilatérales mais peuvent également être bilatérales (JEFFCOTT (1982)).

Les chevaux atteints présentent une boiterie, parfois sans appui du côté atteint, et montrent les signes d'une douleur intense (spasmes, sudation importante).

On note fréquemment une asymétrie du tuber sacré, la côté atteint se déplaçant ventralement si la fracture est complète et à sa base.

### **3. Affections des tissus mous**

L'étude de JEFFCOTT (1980) montre que sur 443 chevaux dorsalgiques, 38,8% présentent une affection des tissus mous (ligamentaire ou musculaire), ce qui fait de ce type d'affection la première cause de douleur dorsale chez le cheval.

Les études sur ce sujet sont beaucoup moins importantes que sur les affections ostéo-articulaires mais il semble qu'elles soient dues à des efforts supra-physiologiques résultant d'un exercice trop intensif ou mal conduit (GILLIS (1999)) ou à des blessures (JEFFCOTT (2000)).

#### **a) Affections ligamentaires**

Les ligaments du dos les plus fréquemment associés à des signes cliniques de dorsalgies sont le ligament supra-épineux et le ligament sacro-iliaque dorsal (voir 4. Affections de l'articulation sacro-iliaque) (LAMAS (2009)).

Comme de nombreuses atteintes du dos du cheval, une blessure de ces structures provoque souvent des signes cliniques incertains. Trouver la cause de la blessure, les conséquences d'une lésion d'un des ligaments ainsi que le traitement de ces affections peut parfois être difficile et frustrant.

L'étiologie des lésions du ligament supra épineux est peu connue mais celles ci peuvent arriver de plusieurs façons :

- Par les forces élastiques appliquées lors de la flexion de l'encolure et de la portion thoracolombaire. Ces forces sont responsables de blessures aiguës.
- **Par les forces compressives directes liées à la proximité du ligament avec la peau et la région de la selle**, principalement au niveau des processus épineux, créant une compression du ligament entre ces processus osseux et la selle.
- Par une desmopathie au niveau de l'insertion du ligament sur les processus épineux.
- Secondairement à d'autres affections, telles que le CPE.

Les signes d'appel lors d'une affection du ligament supra-épineux sont principalement liés à un changement de comportement lors de l'exercice, après un épisode traumatisant. Dans des cas moins sévère, cela peut être une baisse de performances ou une boiterie.

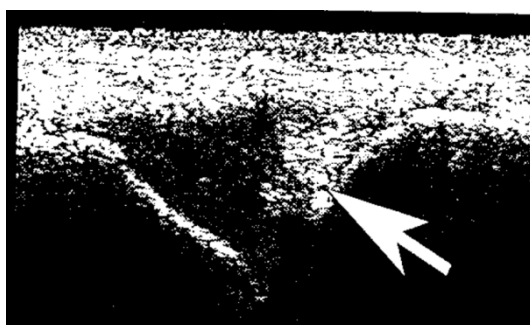
D'après GILLIS (1999), la plupart des cas légers ou chroniques d'affection du ligament supra épineux sont associés à une douleur dorsale localisée à un autre endroit sur le dos.

Cela signifierait que les modifications de la biomécanique du dos après une pathologie primaire pourraient entraîner une lésion de faible grade du ligament.

En cas de blessure aigue, le cheval atteint présente des signes d'inflammation, avec une zone enflée sur la ligne médiane du dos, que l'on peut retrouver sur tout le dos mais qui est majoritairement située sur la région T15-T18. La douleur à la palpation varie d'un cheval à l'autre et dépend de la sévérité de la lésion. Bien que la présence de boiterie unilatérale ou bilatérale des membres postérieurs existe parfois, l'explication du lien entre cette boiterie et la lésion du ligament n'est pas encore connue (LAMAS (2009)).

La principale technique de diagnostic d'une telle affection est l'échographie (cf. figure 59). On note une hypoéchogénicité des régions intermédiaires et profondes du ligament et une hyperéchogénicité en région dorsale dans les espaces interépineux, signe de chronicité. Des lésions hypoéchogènes seront caractéristiques d'une affection aigue.

**Figure 59 : Lésion hyperéchogène du ligament supra-épineux adjacent à un processus épineux (LAMAS (2009))**



### ***b) Affections musculaires***

Les affections musculaires à mettre en relation avec une pathologie dorso-lombaire sont de trois types : des lésions traumatiques (étirements musculaires ou causes externes), le syndrome rhabdomyolytique sous sa forme fruste et le spasme musculaire. (HAUSSLER (1999a) ; JEFFCOTT (1980))

- Les lésions musculaires traumatiques sont souvent ignorées au début car elles ne deviennent douloureuses qu'après quelques heures, même s'il y a eu un trauma. On retrouve ces blessures la plupart du temps lors de l'entraînement, suite à une monte inexpérimentée ou une inadéquation de la selle. Le muscle erector spinae est le muscle le plus fréquemment concerné. On observe une atrophie unilatérale ou bilatérale, un enfllement localisé ainsi que des signes moins spécifiques tels qu'une rigidification du rachis, la restriction de la foulée ou une douleur à la palpation (JEFFCOTT (2000)).

- La rhabdomyolyse peut parfois se manifester uniquement par une baisse des performances et une légère altération de l'allure. Le diagnostic de la forme fruste est difficile et cette affection se retrouve chez des chevaux ayant une ration riche en énergie et chez les femelles nerveuses en état. (PICCOT-CREZOLLET (2002))
- Le spasme musculaire est un trouble majeur, secondaire associé à une affection ostéo-articulaire sous-jacente donc sans modification histopathologique du muscle lui-même (diagnostic différentiel permis par la biopsie) (VALBERG (1999)). Lors d'une lésion musculaire primitive ou secondaire à une affection ostéo-articulaire, une augmentation du tonus d'un côté peut se manifester par un spasme entraînant une scoliose localisée, qui correspond à un malalignement des processus épineux par l'altération de la symétrie d'action du tonus musculaire entre les deux côtés. Cette situation anatomique s'accompagne d'un stress biomécanique perturbant l'allure. (PICCOT-CREZOLLET (2002))

#### **4. Affections de l'articulation sacro-iliaque**

Les affections de l'articulation sacro-iliaque sont relativement peu comprises actuellement. Historiquement, il semble que le diagnostic d'une telle affection se fait par défaut c'est à dire qu'elle est diagnostiquée seulement quand aucune autre pathologie ne peut être rattachée aux signes cliniques suivants : baisse des performances, manque d'impulsion, boiterie modérée des postérieurs.

Cependant, de récentes études ont mis en évidence une forte incidence des lésions de la région sacro-iliaque, notamment post mortem et ont permis de progresser dans le diagnostic de ces affections.

Jeffcott (1979) rapporte 67 cas de douleurs sacro-iliaques sur 443 chevaux. D'autre part, Haussler (HAUSSLER *et al.* (1999)) fait mention de phénomènes dégénératifs sur les surfaces articulaires sacrales et iliaques chez respectivement 100% et 72% de l'effectif (étude nécropsique de 36 chevaux Pur-sang anglais)

Il s'agit d'une articulation difficile à explorer de par sa profondeur dans le bassin et l'épaisseur de la musculature l'entourant. De plus, l'aspect biomécanique de cette région est également complexe. On retrouve des anomalies de cette région principalement chez les chevaux de sport, souvent relativement âgés et grands (JEFFCOTT (2009)). Une étude montre que, aux Royaume Uni, les chevaux de dressage ou de CSO sont plus touchés par ce type d'affection que les autres (DYSON *et al.* (2003)).

Les lésions dégénératives sont principalement : augmentation de la surface de l'articulation, formation d'ostéophytes, épaississements corticaux, élargissement de l'espace sacro-iliaque (cf. figure 60). (JEFFCOTT (1985))

Dans certains cas, on peut noter une érosion du cartilage et un élargissement de l'espace sacro-iliaque. Toutes ces lésions de l'articulation sacro iliaque ont été également mises en évidence lors de CPE ou d'ostéoarthrose synoviale intervertébrale ce qui laisse penser que des affections de la colonne vertébrale peuvent causer des lésions de l'articulation sacro iliaque par compensation et vice versa (JEFFCOTT (2009)).

La radiographie permet de mettre en évidence ces lésions, ainsi que l'échographie (prolifération osseuse, élargissement de l'espace sacro-iliaque).

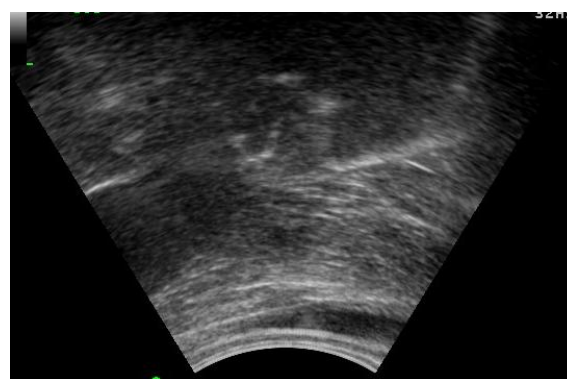
**Figure 60 : Vue ventrale de l'articulation sacro-iliaque : ostéoprolifération osseuse et irrégularité des bords de l'articulation. (JEFFCOTT (2009))**



**Figure 61 : Image échographique normale de l'articulation sacro-iliaque. Photo : CIRALE, Dozulé**



**Figure 62 : Image échographique d'une articulation sacro-iliaque remodelée. Photo : CIRALE, Dozulé**



Les cas d'affection de l'articulation sacro-iliaque peuvent être aigus ou chroniques, ce dernier cas étant le plus fréquent. Une affection aiguë est généralement due à une blessure traumatique sévère (chute ou impact) et les signes cliniques comprennent une boiterie marquée et une sensibilité localisée à la palpation des tissus mous ou du tuber sacré (HAUSSLER (2003)).

En cas d'affection chronique, les signes cliniques sont moins spécifiques et semblent être de deux types. D'une part, on observe une baisse des performances du cheval et cela semble être associé à une douleur dans les structures péri-articulaires. D'autre part, on retrouve la baisse de performance mais on note également une asymétrie musculaire et/ou osseuse, associée à une modification pathologique de l'articulation. On observe ainsi en plus de la baisse de performance, un défaut d'engagement des postérieurs avec éventuellement une boiterie uni ou bilatérale, aggravée lors de la monte (JEFFCOTT (2009)).

Nous avons pu voir à travers cette liste des différentes causes de dorsalgies du cheval qu'il s'agit de pathologies relativement courantes, notamment pour les chevaux de sport ou de loisir montés. Nous verrons que certains signes sont caractéristiques d'une inadéquation entre la selle et le dos du cheval et certaines pathologies y sont directement liées.

## **C. Inadéquation selle-dos chez le cheval**

### **1. Les signes évocateurs d'une inadéquation selle-dos**

- **L'attitude du cheval**

Le cheval dorsalgique est présenté comme un cheval « chatouilleux » au passage de la brosse sur son dos (cf. figure 63), un cheval qui se laisse difficilement ferrer des postérieurs, qui réagit lors de la pose de la selle sur le dos (mord, se retourne ...).

Ces signes sont certes évocateurs d'un problème de dos mais ce dernier n'est pas toujours dû à un défaut de la selle. De plus, le cheval se couche ou se roule moins fréquemment en cas de douleur dorsale.

Un problème d'adéquation de la selle devient plus évident lorsque le cavalier rapporte ce genre de comportement après un changement de selle.

**Figure 63 : Cheval chatouilleux au pansage (Photo : PETAT D.)**



- **Le comportement au montoir et sous la selle**

Un cheval dorsalgique est souvent un cheval agité au montoir. Il tente de mordre, se défend, fouaille de la queue, voire part au trot ou au galop brusquement lors du montoir. Il met du temps à s'échauffer, ses allures sont étriquées au début de la séance.

Monté, le cheval dorsalgique présente fréquemment des symptômes évocateurs tels que (RIOU (2009)):

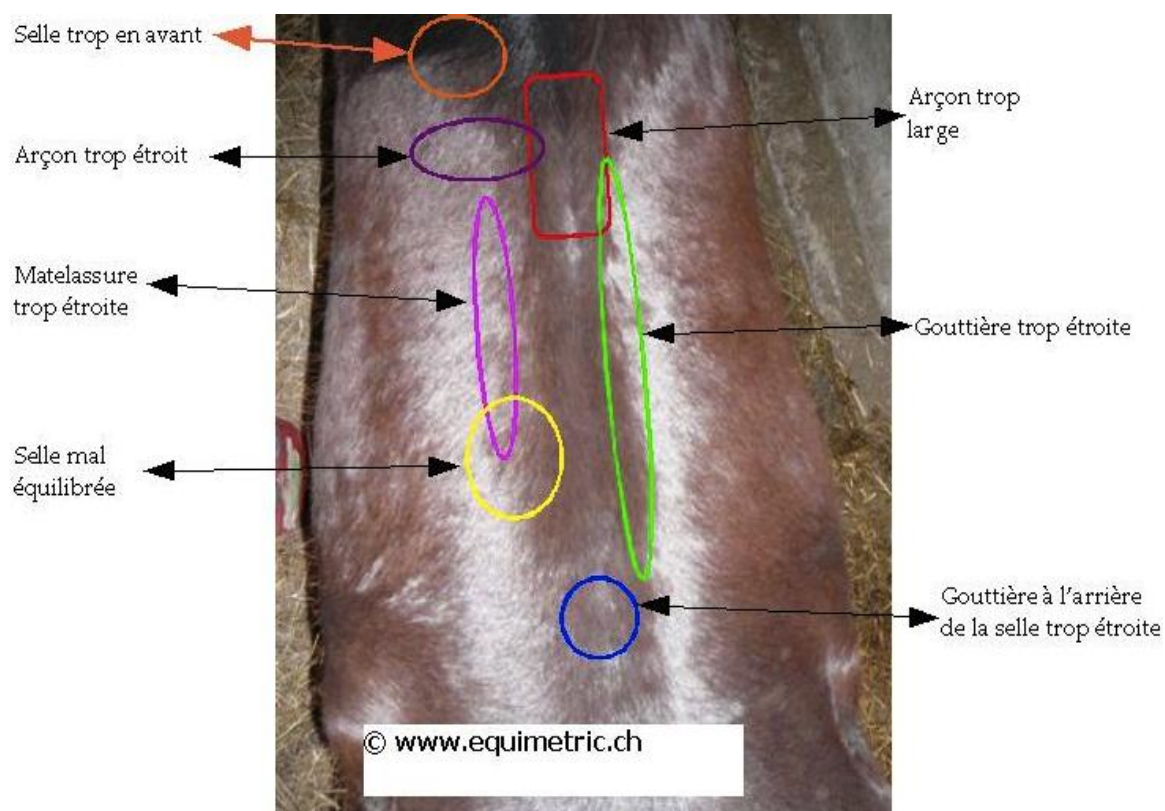
- Le cheval est raide, manque de « brillant »,
- Il s'ouvre dans les transitions et ne se met pas sur la main, il est difficile à incurver,
- Il présente un défaut d'engagement,
- Il est difficile à maintenir dans l'impulsion,
- Il peut être rétif, se précipiter sur ses barres, se décaler dans ses sauts,
- Dans certains cas, on peut observer des boiteries, le plus souvent postérieures, associées.

- Les signes cutanés

On peut noter, en cas de dorsalgies, la présence de (BONATI (2011)) (cf. figure 64) :

- *Poils cassés* (frottements répétés),
- *Poils blancs* au niveau du garrot ou à la jonction thoraco-lombaire (lésion permanente du follicule pileux dont la cause est la pression excessive de la selle) (cf. figure 65),
- *Zones de non-sudation* sous la selle, juste après avoir dessellé (zones de surpression dues à la selle, empêchant le fonctionnement des glandes sudoripares) (cf. figure 66),
- *Zones de gonflement*, ou œdème traumatique (cf. figure 65).

**Figure 64 : Zones d'apparition des signes cutanés consécutifs à une selle inadaptée (Equimetric, 2012)**





**Figure 65 : Hématome et nodules au niveau de la selle. (HENSON M.D.F, 2009)**



**Figure 66 : Alternance de zones de sudation/zones de non sudation. (Equimetric, 2012)**



**Figure 67 : Poils blancs au niveau de la selle (Equimetric, 2012)**



- La musculature dorsale

Il est important de surveiller la musculature dorsale et notamment les muscles situés autour du garrot.

Les *trigger points* semblent correspondre à des points de tension au niveau desquels on détecte une sensibilité douloureuse très localisée. Ils sont mis en évidence par une contraction musculaire réflexe lors de la palpation profonde du dos (BONATI (2011))



Un seul *trigger point* à ce jour, a été décrit chez le cheval dans un article scientifique (McGREGOR et VON SCWEINITZ (2006)), il est situé dans l'encolure au niveau du muscle brachio-céphalique. Selon les auteurs, il peut être dû à l'emploi de rênes allemandes, à un cavalier à la main dure ou encore à une selle inadaptée.

Ces *Triggers points* participeraient à l'amplification et à l'entretien du syndrome de douleur dorsale myofasciale (myofascial pain syndrome) du fascia thoraco-lombaire. La projection d'une douleur au niveau de ce fascia déclencherait la contraction simultanée du muscle sous-jacent (BROUARD (2000)).

La douleur peut être superficielle ou profonde. Cette contraction peut induire un mouvement mal exécuté ou inadapté et provoquer des phénomènes de traction ou de torsion musculaire ou ligamentaire. L'hypertonus musculaire induit est lui-même source de douleur et on a alors un phénomène auto-entretenu : la douleur augmente la contraction du muscle concerné et stimule d'autres *trigger points*.

L'apparition des *trigger points* peut être provoquée par une affection ostéo-articulaire profonde ou des micro-traumatismes répétés provoqués par la selle. De plus les frottements et les pincements provoqués par une selle inadaptée, utilisée régulièrement, peuvent être responsables de l'apparition de ces *trigger points*.

D'autre part, toute amyotrophie doit alerter le vétérinaire et/ou le propriétaire du cheval.

Chaque cheval possédant sa propre morphologie musculaire, c'est l'apparition ou l'évolution d'une amyotrophie qui permettra de suspecter une éventuelle souffrance dorsale. L'amyotrophie peut être symétrique ou non, mais témoigne toujours d'une pathologie éventuellement liée à une selle mal adaptée. Les muscles les plus touchés sont le muscle trapèze (à cause d'une selle trop étroite ou d'un tapis de selle trop épais) et le muscle longissimus dorsi (HARMAN (1995a)) (cf. figure 68).

**Figure 68 : Atrophie musculaire (Equimetric, 2012)**



- Les douleurs et boiteries

Lors de l'examen d'un cheval dorsalgique, il est très important de noter si des signes de douleurs à la palpation et à la mobilisation du dos sont présents, ainsi que des signes de chaleur. De plus, l'examen de l'encolure et des membres ne doit pas être laissé de côté car ils peuvent jouer un rôle primaire ou secondaire dans les dorsalgies du cheval.

A l'inverse, des boiteries de membres peuvent être compensées par le cheval qui fait alors travailler son dos en contrainte. Une dorsalgie peut donc apparaître lors de la décompensation.

Le plus souvent, la selle ne crée pas la lésion mais elle permet à cette dernière de s'exprimer en la contraignant de manière excessive. La selle apparaît alors être surtout un catalyseur des dorsalgies du cheval.

## 2. Affections du dos liées à une inadéquation selle-cheval

Parmi les affections responsables de dorsalgies que nous avons vues précédemment, l'adéquation selle-dos du cheval serait à remettre en question pour chaque problème tant que la cause ne peut être clairement isolée. Cependant, certaines affections sont plus fréquentes lorsqu'il existe un problème de sellerie. De même certaines affections des membres peuvent être entretenues par une selle mal adaptée, le syndrome naviculaire par exemple serait entretenu par une surcharge des antérieurs provoquée par une selle qui met le poids du cavalier trop en avant. Cette surcharge des antérieurs est répercutée sur le tendon fléchisseur profond et est néfaste pour un cheval atteint de ce syndrome. (HARMANN (1995)) Selon l'auteur, de nombreux chevaux atteints du syndrome naviculaire pourraient être soulagés grâce à une selle mieux adaptée.

Dans ses travaux, Jeffcott (1999), a étudié la localisation des différents types d'affection du dos. Selon cette localisation, nous pouvons voir quels sont les sites liés à la sellerie et donc quelles affections sont corrélées à un problème d'adéquation entre la selle et le cheval (fig. 54). Cependant cette étude ne prend pas en compte les ASIV.

**Figure 69 : Localisation préférentielle des principales affections dorsales (JEFFCOTT, 1999)**

| Pathologie                             | Colonne thoracique |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Lombaire |   |   |   |   |   | Sacree |   |   |   |   |
|----------------------------------------|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|---|---|---|---|---|--------|---|---|---|---|
|                                        | 1                  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 1        | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1      | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Contracture ligamentaire et musculaire |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |   |   |   |   |   |        |   |   |   |   |
| Fracture processus épineux             |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |   |   |   |   |   |        |   |   |   |   |
| Fracture vertébrale                    |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |   |   |   |   |   |        |   |   |   |   |
| Spondylose                             |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |   |   |   |   |   |        |   |   |   |   |
| Conflit de processus épineux           |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |   |   |   |   |   |        |   |   |   |   |
| Malformation vertébrale                |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |   |   |   |   |   |        |   |   |   |   |
| Place de la selle                      |                    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |   |   |   |   |   |        |   |   |   |   |

Les affections osseuses sont principalement localisées au niveau du milieu de la colonne vertébrale alors que les affections des tissus mous se situent majoritairement dans les régions thoracolombaires proximales et distales. Cette étude permet entre autres, en cas d'absence d'imagerie, de déterminer la nature de la lésion ou de la douleur (tissus mous ou ostéo-articulaire) en fonction de sa localisation.

La selle joue un rôle dans l'apparition de ces affections, en particulier celles des tissus mous, la spondylose ou encore le conflit de processus épineux.

Les affections dorsales que nous avons déjà étudiées auparavant et que nous retrouvons le plus souvent liées à une inadéquation selle/cheval sont (BROUARD (2000)):

- Conflit de processus épineux,
- Spondylose articulaire,
- Fracture du garrot,
- *Myofascial pain syndrom* récidivant,
- Lésions musculaires traumatiques directes ou indirectes,
- Lésions du ligament supra-épineux : Blessure du ligament, desmrite ou enthésopathie,
- Lésions de la bourse supra-épineuse : Hématome ou abcédation.

#### **IV. CONCLUSION**

Comme nous avons pu le voir avec cette première partie, l'anatomie du cheval et ses mouvements ont été la source de nombreuses études qui ont permis de mettre en évidence l'importance d'une bonne adéquation entre la selle et le cheval. En effet, la complexité de l'anatomie du cheval et des exercices demandés dans les différentes disciplines rend indispensable une recherche concernant le bien être de la monture qu'il s'agisse d'équitation de loisir ou de compétition, à la poursuite de toujours plus de performance. L'étude des pathologies dorsales fréquemment rencontrées chez le cheval est un argument de plus et permet de réaliser les effets bénéfiques que peuvent avoir une selle adaptée dans la prévention de ces affections.

La quête du bien être du cheval est de plus en plus fréquente que ce soit du côté des cavaliers ou de celui des équipementiers. C'est dans ce but d'optimisation du confort du cheval par une selle adaptée qu'Oxylane a contacté l'ENVA afin de réaliser une thèse avec le topographe Equiscan<sup>®</sup> permettant d'établir une base de données de modèles 3D du dos des chevaux de clubs et de loisir français et d'en tirer des informations permettant d'adapter au mieux leur matériel de sellerie. Nous allons donc dans la suite de cette thèse présenter cette étude et ses résultats.



**DEUXIEME PARTIE :**  
**Etude de la morphologie des**  
**dos à l'aide du Topograph**  
**PRO : Equiscan<sup>®</sup>**



Cette étude a été réalisée suite à une demande et en étroite collaboration avec le groupe Oxylane, fabricant et fournisseur de selles. Leur souhait est d'obtenir un panel de dos des chevaux de club français afin d'améliorer leur gamme de selles.

## **I. OBJECTIFS**

L'objectif de notre étude est triple :

- L'établissement d'une base de données regroupant la modélisation 3D de 162 chevaux de loisir en France,
- La description de ce panel de données à partir des mesures d'angles relevés sur les modèles 3D,
- L'évaluation et la comparaison de la morphologie des dos au sein d'une population de chevaux de loisir en fonction de leur taille, de leur périmètre thoracique, de leur état d'embonpoint, de leur âge, de leur race, de leur activité, de leur sexe et de leur club.

Les données obtenues lors de cette étude pourraient ainsi servir de référence pour la construction de nouvelles selles ou de nouveaux arçons mieux adaptés aux chevaux de loisir français. Nous pouvons même envisager la construction de selle « demi-mesure » où le cavalier ne fait que décrire son cheval avec des paramètres facile à obtenir (taille, périmètre thoracique, âge ...) afin de trouver la selle la mieux adaptée et ainsi éviter le coût prohibitif de certaines selles sur-mesure. La construction d'un arçon ajustable est aussi possible, les maximum et les minimum d'ouverture de l'arçon devant être connus.

Pour cela nous allons vérifier deux hypothèses :

- L'existence d'une association entre la morphologie du dos du cheval, la taille, le périmètre thoracique, l'état d'embonpoint, l'âge, la race, l'activité, le sexe,
- L'existence d'une association entre des mesures faites à différents endroits du dos.

Ces différents résultats nous permettront d'aboutir à la création d'une fonction permettant de relier la taille, le périmètre thoracique et le sexe du cheval avec sa morphologie dorsale.

## **II. MATERIEL ET METHODE**

Une étude préliminaire, avant l'étude de terrain, a été réalisée afin d'évaluer la répétabilité et la reproductibilité inter-opérateurs des mesures faites par le topographe d'Equiscan®.

### **A. Population d'étude**

#### **1. Au sein de l'étude préliminaire**

L'étude préliminaire se déroule en deux parties : une étude de la **répétabilité** de la mesure puis une étude de la **reproductibilité inter-opérateurs**.

##### **a) *Répétabilité***

La répétabilité a été étudiée sur un cheval de travaux pratiques servant à l'enseignement à la clinique équine de l'ENVA : Soupir. Ce cheval a une activité de cheval de loisir puisqu'il est travaillé régulièrement par les étudiants.

##### **b) *Reproductibilité***

Les mesures permettant d'évaluer la reproductibilité de cette étude ont été effectuées sur 30 chevaux. 16 chevaux provenaient de la SHEVA (centre équestre au sein de l'ENVA), 4 chevaux de la clinique équine de l'ENVA, 2 chevaux de Vaubignon et 6 chevaux du Centre Equestre des Denizons.

Tous ces chevaux entrent en compte également dans l'étude de terrain.

#### **2. Au sein de l'étude de terrain**

Nous avons choisi pour notre étude des chevaux de clubs ou de propriétaires évoluant au maximum en niveau amateur. Les clubs ont été recrutés après un contact téléphonique ou par mail. Tous les clubs ayant acceptés ont été inclus dans notre étude. Nous avons tenté de répartir les différents clubs dans les principales régions françaises afin d'avoir une meilleure représentativité des chevaux de club en France.

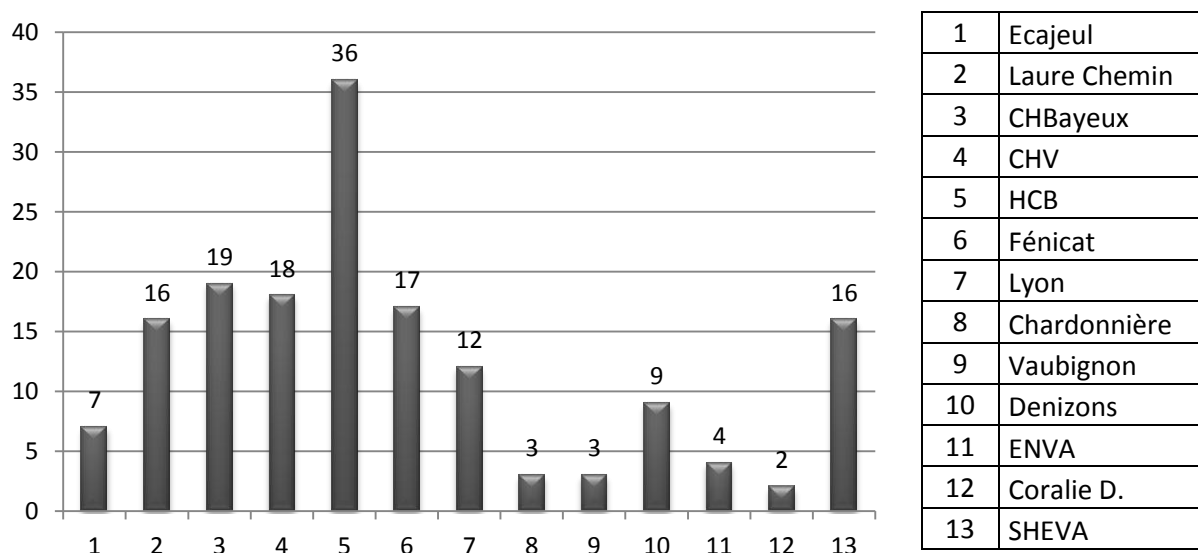
- Trois clubs ont été recrutés en région Normandie/Bretagne :
  - Le Haras d'Ecajeul avec un total de 7 chevaux (28 mai 2012),
  - L'écurie de propriétaire de Laure Chemin à Nocé avec 16 chevaux (29 mai 2012),
  - Le centre hippique de Bayeux avec 19 chevaux (30 mai 2012).
- Deux clubs en région parisienne ainsi que des chevaux de la clinique équine de l'ENVA :
  - Le centre hippique de Versailles avec un total de 18 chevaux (31 mai 2012),
  - La SHEVA à Maisons Alfort avec un total de 16 chevaux (20 novembre 2012),
  - L'ENVA avec un total de 4 chevaux (19 novembre 2012).
- Deux clubs en région Sud Ouest/Ouest :
  - Le Horse Club de Bordeaux avec 36 chevaux (le 11 et 12 mai 2012),



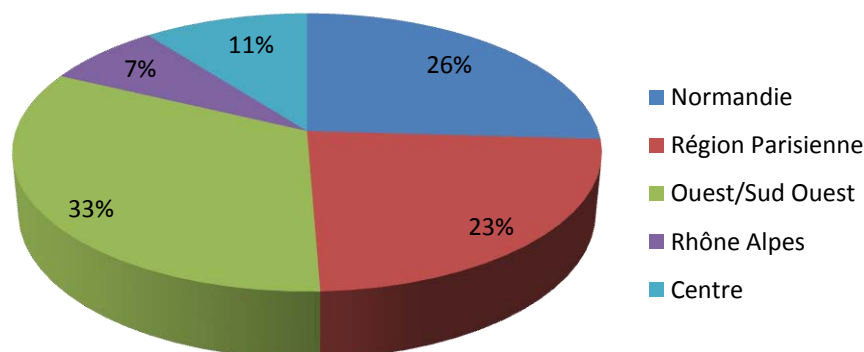
- Le centre équestre de Fenicat près de Rennes avec 17 chevaux (le 13 mai 2012).
- Un club en région Rhône Alpes :
  - Le CE de La Rivière à Saint Martin en Haut avec un total de 12 chevaux (19 juin 2012).
- Trois clubs en région Centre :
  - Le CE de la Chardonnière à Jouy le pothier avec 3 chevaux (le 25 juillet 2012),
  - Le CE des Denizons avec 9 chevaux (le 15 aout 2012),
  - 3 chevaux de particuliers à Vaubignon et 2 à Darvoy chez Coralie D.

Cela représente un total de **162 chevaux**. Les figures 70 et 71 nous montrent leur répartition par centre équestre et au sein des principales régions françaises.

**Figure 70 : Répartition du nombre de chevaux par centre équestre**



**Figure 71 : Pourcentage de chevaux en fonction de la région considérée**



➤ **Echantillonnage :**

Au sein des écuries, tous les chevaux de plus d'1m40 étaient inclus dans l'étude, excepté à Versailles, où seulement la moitié de l'écurie a été sélectionnée. Nous avons tout simplement choisi au hasard 4 rangées de box sur les 8, et mesuré le dos des chevaux au sein de ces 4 rangées.

Les chevaux trop agités et apeurés par le système de mesures ont été écartés de l'étude pour des raisons de sécurité.

Nous avons également, à posteriori, écarté de l'étude les chevaux au repos, en retraite ou les chevaux de course, ne correspondant pas au type de chevaux visés par l'étude.

**B. Réalisation des mesures**

**1. Au sein de l'étude préliminaire**

***a) Répétabilité***

La répétabilité a été effectuée sur un seul cheval, en une journée (le 19 novembre 2012) afin d'avoir des conditions les plus identiques possibles pour chacune des mesures. Un seul opérateur a réalisé 21 prises de mesures. Cela nous permet de mettre en évidence les variations liées à l'appareil de mesure. Cependant entre chaque mesure, on ne peut pas garantir, un positionnement identique sur le dos du cheval et une position identique de la part du cheval, deux facteurs importants lors de la prise de mesure.

Il est aussi important de signaler, qu'il n'existe aucune raison pour que la prise de mesure n soit influencée par la prise de mesure n-1.

***b) Reproductibilité***

Comme nous l'avons vu précédemment, l'étude de reproductibilité a été faite sur 30 chevaux inclus dans l'étude, dans un délai de jours courts. Chaque opérateur a alors mesuré chaque cheval, l'un après l'autre, dans les mêmes conditions afin de mettre en évidence d'éventuelles différences entre deux mesures du même cheval par deux opérateurs différents. Les variations possibles sont dues aux variations inter-opérateurs par exemple au niveau du positionnement de l'appareil sur le dos du cheval. Mais elles peuvent également être liées au placement du cheval ou à ses mouvements éventuels lors d'une mesure, ce qui modifie alors les données mesurées. Ces mesures ont été réalisées le 20 novembre 2012 à Maisons Alfort et le 23 novembre 2012 à Bellegarde.

Il n'existe aucune raison pour que la deuxième prise de mesure par le deuxième opérateur sur un cheval soit influencée par la première prise de mesure par le premier opérateur sur ce même cheval.

**2. Au sein de l'étude de terrain**

Les mesures de l'étude de terrain ont été effectuées entre fin mai 2012 et fin novembre 2012.

Comme vu dans la première partie (I.A.7. les facteurs de variations de la morphologie du dos du cheval), la morphologie du dos du cheval varie en fonction de nombreux

paramètres. Le choix des informations à récolter sur les différents chevaux s'est fait en fonction de leur facilité d'obtention, de leur pertinence et de leur fiabilité.

Pour chaque cheval les données suivantes sont recueillies :

- **Les informations générales sur le cheval :**

- Le **nom** du cheval auquel on a associé un numéro,
- Son **club d'origine** auquel nous avons attribué également un numéro,
- Son **sexe** (mâle, femelle ou hongre),
- Sa **race** (selon son carnet de vaccination),
- Son **âge** (selon la date indiquée sur son carnet de vaccination).

- **Une notation de l'état corporel :**

- Une **note d'état** attribuée selon la notation établie par l'INRA en 1997 (ARNAUD *et al.* (1997)). L'annexe 1 récapitule les différents critères de notation.

- **Une évaluation de son activité :**

- Son **type d'activité** que nous avons classé dans une des catégories suivantes : Instruction, CSO, CCE et enfin Loisir/pré retraite/Débouffrage,
- Son **niveau d'activité** déterminé selon le tableau 5 ci-dessous, recoupant le type d'activité et le nombre d'heures de travail dans la semaine. Ces renseignements nous ont été donnés par les chefs d'écurie.

**Tableau 5 : Niveau de l'activité en fonction du type d'activité et du nombre d'heure de travail par semaine. (1 : faible niveau d'activité ; 2 : niveau moyen ; 3 : niveau élevé)**

|                           | <3h/sem. | 3-6h/sem. | >6h/sem. |
|---------------------------|----------|-----------|----------|
| <b>balade/instruction</b> | 1        | 1         | 2        |
| <b>compétition&lt;1m</b>  | 1        | 2         | 3        |
| <b>compétition &gt;1m</b> | 2        | 3         | 3        |

- **Différentes mesures sur le cheval :**

- La **taille au garrot** (en cm) de chaque cheval a été mesurée par une toise équipée d'un niveau à bulle et placée au point le plus haut du garrot. Le cheval est placé sur une surface plane avec un port de tête naturel (figure 72),
- Le **périmètre thoracique** (en cm), est mesuré grâce à l'utilisation d'un ruban gradué fourni par Equiscan® au niveau du passage de sangle (figure 73).

**Figure 72 : Mesure de la hauteur au garrot**



**Figure 73 : Mesure du périmètre thoracique**



- **La modélisation du dos du cheval à l'aide du Topographe pro Equiscan® :**

Suite à la récolte des informations sur chaque cheval, nous avons ensuite effectué les mesures grâce au topographe. Pour cela, le cheval doit être bien positionné, sur un sol plat et régulier et doit bouger le moins possible le temps de la manipulation. Le temps de pose du topographe sur le cheval est d'environ 5 à 10 minutes.

Le placer du topographe est détaillé dans les photos ci-après (figure 74 à 79).

La dix-huitième vertèbre thoracique (T18) est repérée en suivant la dernière côte et un scotch est placé le long de la colonne vertébrale à partir de T18 en allant vers le garrot (Etape 1).

Le topographe est alors posé sur le dos du cheval (Etape 2), et l'opérateur le place de telle sorte qu'il épouse la forme du dos. L'étape suivante consiste à bloquer chaque angle correspondant à une articulation du topographe avec un tournevis afin de « figer » la forme du cheval. Tout d'abord, l'opérateur commence par bloquer la ligne médiane du dos puis les barres latérales de chaque côté (Etape 3). Pour finir, l'angle formé par la quatrième barre de la ligne médiane et l'horizontal est mesurée grâce à un rapporteur équipé d'un niveau à bulle que l'on peut voir sur la figure 77 (Etape 4).

Après avoir ainsi modélisé la forme du dos du cheval (Etape 5), le topographe est enlevé (Etape 6) et l'opérateur relève ensuite les 98 angles dans un tableau sur papier (cf. ANNEXE 2) qui permettra ensuite de les entrer et les enregistrer dans le logiciel développé par la société Equiscan® et qui va alors permettre de modéliser les dos en graphiques 3D.

C'est sur ces modélisations 3D et grâce aux outils présents dans le logiciel que nous avons ensuite relevé pour chaque cheval différents angles, déterminés notamment sur les conseils de Mr Christoph Rieser créateur du topographe Equiscan®, sellier et spécialiste des arçons.

**Figure 74 :** Mise en place du topographe.  
**Etape (1) :** repérage de T18 à l'aide de la 18°  
côte



**Figure 75 :** Mise en place du topographe.  
**Etape (2) :** placement du topographe à partir  
de T18



**Figure 76 :** Mise en place du topographe. **Etape (3) :** verrouillage du topographe



**Figure 77 :** Etape (4) : relevé de l'angle au  
niveau du 4° segment



**Figure 78 :** Etape (5) : le topographe épouse  
le dos du cheval



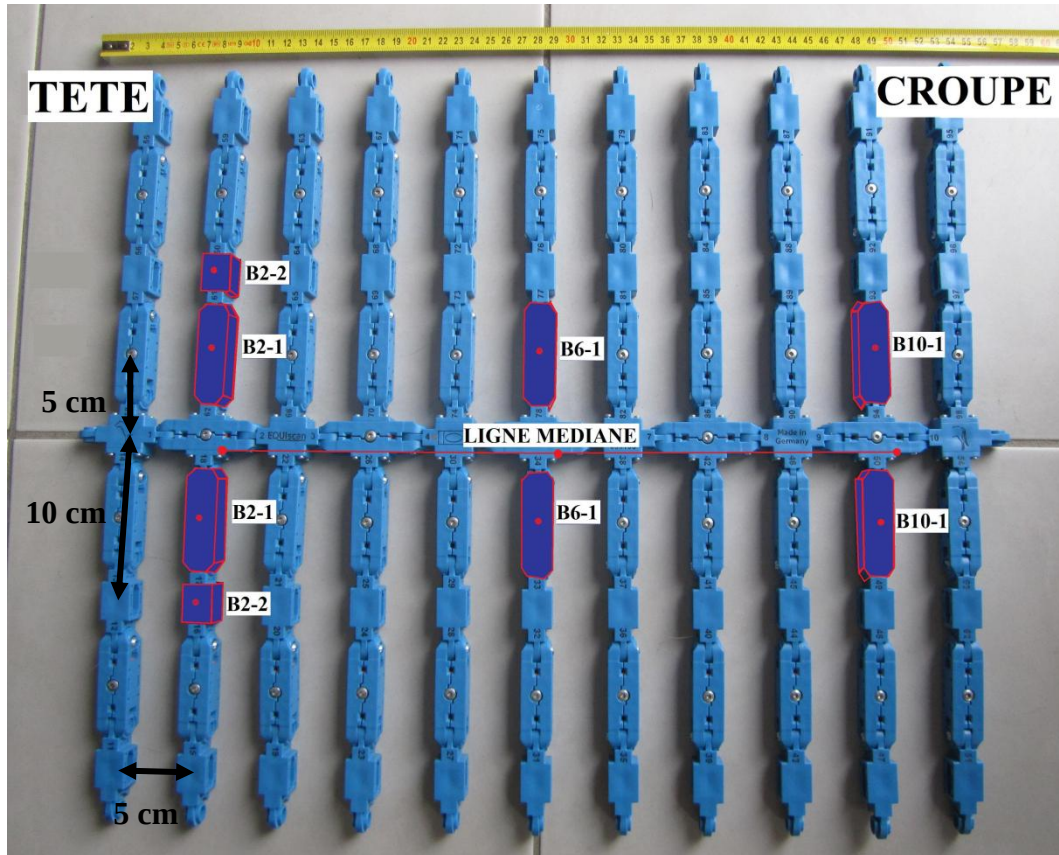
**Figure 79 :** Etape (6) : le topographe est enlevé et représente la forme du dos du cheval





Les segments du topographe servant de base pour la mesure des angles sont représentés sur la figure 80 ci-dessous :

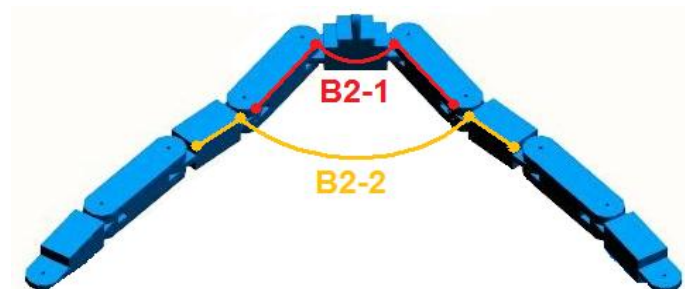
**Figure 80 : Le topographe Equiscan avec les différents segments du topographe servant à la mesure des différents angles de l'étude**  
Vue dorsale



La deuxième barre B2 nous permet d'avoir une idée de l'angle d'ouverture du garrot, ce qui est indispensable à la création d'un arçon adapté.

Nous avons donc choisi de mesurer un premier angle au niveau du premier segment (angle noté B2-1, cf. figure 80) mais également au niveau du deuxième segment (angle noté B2-2, cf. figure 80 et 81). Ces deux angles se situent 45 cm en avant du repère posé en T18. Les centres des segments servant à la mesure de B2-1 et B2-2 se situent respectivement à 5 et 10 cm de chaque côté de la ligne médiane.

**Figure 81 : Représentation des mesures de B2-1 et B2-2. Vue frontale**



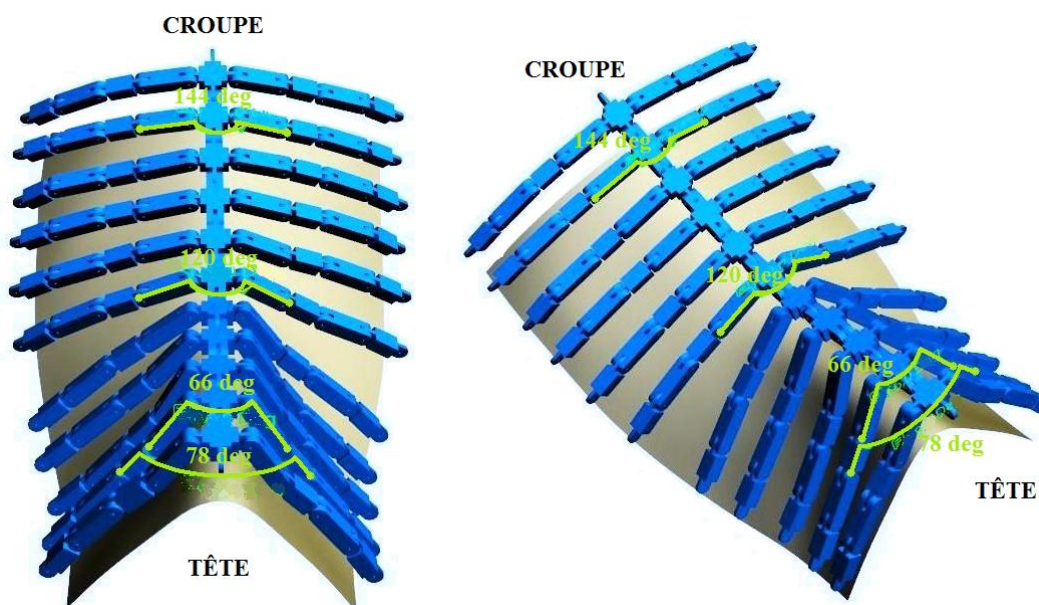
De même au niveau de la sixième barre, nous prenons une mesure au niveau du premier segment (angle noté B6-1, cf. figure 80). Cet angle correspondant à la zone suivant la pente du garrot il nous a semblé adapté de mesurer l'angle à ce niveau puisque ce point approche le locking point. L'angle se situe à 25 cm en avant du repère en T18 et le centre des segments à 5 cm de chaque côté de la ligne médiane.

Enfin, l'angle du premier segment au niveau de la dixième barre (angle noté B10-1, cf. figure 80) nous permet d'avoir une idée de l'ouverture du dos du cheval à l'endroit où repose le trousséquin de la selle. Cet angle est situé à 5 cm en avant du repère en T18 et les centres de chaque segment de l'angle également à 5 cm de chaque côté de la ligne médiane.

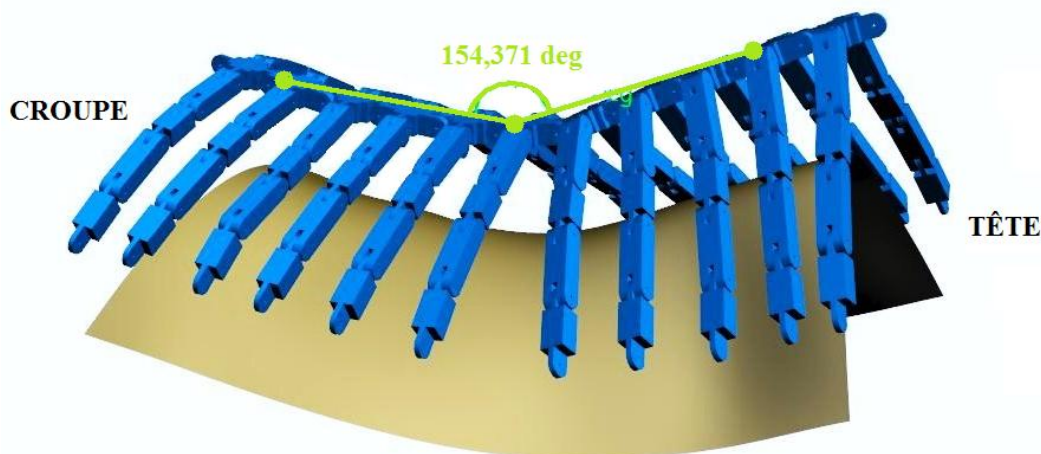
En plus de ces mesures, il nous a paru important de mesurer l'angle fait par la ligne médiane du dos, en prenant comme points de repère les barres B2, B6 et B10 selon la figure 80. Cela nous permet d'évaluer le creusement moyen du dos du cheval.

Les figures 82 et 83 nous montrent les relevés de mesures faites directement sur les modèles 3D.

**Figure 82 : Mesures sur le modèle 3D des angles B2-1, B2-2, B6-1 et B10-1**



**Figure 83 : Mesure sur le modèle 3D de l'angle de la ligne médiane**



### 3. Construction d'un modèle permettant de calculer les angles à partir de la hauteur au garrot, du périmètre thoracique et du sexe du cheval

Dans cette partie, il s'agit de décrire un modèle permettant de relier le sexe, la hauteur au garrot, le périmètre thoracique avec les différents angles du dos du cheval. En effet ces trois premiers paramètres : hauteur au garrot, périmètre thoracique et sexe sont faciles à relever par le propriétaire du cheval. Le but est donc que le propriétaire transmette ces données au sellier qui pourra alors avoir une première idée de la forme du dos du cheval sans avoir à faire des mesures couteuses pour le propriétaire.

La note d'état qui semble être un paramètre décisif dans la forme du dos n'a pas pu être pris en compte puisque l'évaluation de ce paramètre est trop subjective.

## C. Méthodes d'analyse des données

### 1. Etude préliminaire

L'ensemble des mesures est saisi dans un tableur Excel.

#### a) *Répétabilité*

Pour la répétabilité, le coefficient de variation c'est-à-dire le rapport de l'écart-type sur la moyenne est calculé pour chacun des angles mesurés à l'aide du tableur Excel.

#### b) *Reproductibilité*

Pour la reproductibilité, il s'agit de quantifier la concordance entre deux séries de mesures quantitatives. La méthode utilisée ici sera le coefficient de concordance de Lin ainsi qu'une méthode graphique : la méthode de Bland et Altman.

#### ➤ Coefficient de concordance de Lin :

D'après DESQUILBET (2012), ce coefficient de concordance de Lin possède des propriétés telles qu'il est à préférer par rapport au coefficient de corrélation de Pearson, au test de Student, à l'analyse des moindres carrés ou au coefficient de corrélation intra-classe.

C'est un coefficient allant de -1 à +1, -1 signifiant une discordance parfaite, 0 une concordance nulle, 1 une concordance parfaite.

Le tableau 6 nous présente les différentes interprétations du coefficient de concordance de Lin (CC Lin).

**Tableau 6 : Interprétation des valeurs du coefficient de concordance de Lin (CC Lin). D'après DESQUILBET (2012)**

| CC Lin    | Interprétation           |
|-----------|--------------------------|
| < 0.50    | Inacceptable             |
| 0.51-0.60 | Mauvais                  |
| 0.61-0.70 | Passable                 |
| 0.71-0.80 | Moyennement satisfaisant |
| 0.81-0.90 | Plutôt bon               |
| 0.91-0.95 | Très bon                 |
| >0.95     | Excellent                |



Les données sont entrées dans un programme Excel : Concordance quantitative (Bland et Altman et CC Lin) v2.3.2 créé par Pr Loïc DESQUILBET qui fournit le CC Lin avec son intervalle de confiance et sa représentation graphique.

➤ **Méthode de Bland et Altman :**

Le coefficient de Lin nous permet de quantifier la concordance entre deux mesures quantitatives mais ne nous permet pas de fournir une indication de la façon dont les données sont peu ou pas concordantes. Pour cela, on utilise le graphique de Bland et Altman (DESQUILBET (2012)).

Le graphique de Bland et Altman comporte :

- Les mesures effectuées par les deux opérateurs dont on veut savoir si elles sont concordantes ou non,
- Trois droites horizontales,
- Les intervalles de confiance à 95% de ces 3 droites.

L'axe des abscisses du graphique correspond à la moyenne de la valeur de l'angle à partir des valeurs des deux opérateurs ; l'axe des ordonnées correspond à la différence entre la valeur de l'angle issue d'un opérateur et celle issue de l'autre opérateur.

De même que pour le coefficient de Lin, les données sont entrées dans le programme Excel précédent qui fournit alors le graphique de Bland et Altman.

## **2. Etude de terrain**

Encore une fois toutes les données qualitatives et quantitatives de chacun des chevaux sont saisies dans un tableur Excel, qui est ensuite entièrement traduit sous forme quantitative pour être compatible avec le logiciel statistique Epi Info version 3.5.4.

Dans un premier temps l'étude descriptive de la population est réalisée grâce à Excel pour les diagrammes en bâtons et Epi Info pour les histogrammes, les fréquences, moyennes, écart-types, et médianes.

Dans un second temps, les associations brutes entre deux paramètres seront également faites grâce à **Epi Info**. Pour cela, différents tests sont utilisés en fonction des propriétés des variables.

- D'une part, le sexe des chevaux étudiés est une *variable binaire*. Ainsi la comparaison des moyennes de chaque angle en fonction du sexe est effectuée avec le test de Student,
- D'autre part, les moyennes de chaque angle en fonction des *variables quantitatives* (âge, périmètre thoracique, taille, NE) et des *variables qualitatives* (Club/région, race, niveau d'activité, type d'activité) ont été comparées grâce à ANOVA qui permet la comparaison de plus de deux moyennes grâce à l'analyse des variances.

Par la suite, nous allons étudier la proportionnalité éventuelle des associations entre les angles et certaines variables quantitatives mais seulement lorsqu'il existe une différence significative entre les moyennes. Nous allons utiliser deux méthodes :

- L'utilisation de Box Whisker (boite à moustaches) sur **Epi Info** pour la note d'état corporel car ce n'est pas à proprement parler une variable quantitative,
- L'utilisation de courbes représentant l'évolution de la moyenne et de l'écart-type de la moyenne en fonction des variables strictement quantitatives.

Pour faire cela, nous avons besoin de définir différentes classes pour tous les paramètres quantitatifs.

Ainsi, nous avons déterminé 4 classes d'âge détaillées dans le tableau 7 suivant.

**Tableau 7 : Les 4 classes d'âge**

| AGE         | Classes |
|-------------|---------|
| < 6 ans     | 1       |
| [6-11[ ans  | 2       |
| [11-16[ ans | 3       |
| ≥ 16 ans    | 4       |

Nous avons également déterminé 4 classes en fonction de la hauteur au garrot et 4 classes selon le périmètre thoracique mesuré. Elles sont détaillées dans les deux tableaux 8 et 9 ci-dessous.

**Tableau 8 : Les 4 classes en fonction de la hauteur au garrot**

| Hauteur au garrot (en cm) | Classes |
|---------------------------|---------|
| < 150                     | 1       |
| [150-160[                 | 2       |
| [160-170[                 | 3       |
| ≥ 170                     | 4       |

**Tableau 9 : Les 4 classes en fonction du périmètre thoracique**

| Périmètre thoracique (cm) | Classes |
|---------------------------|---------|
| < 175                     | 1       |
| [175-185[                 | 2       |
| [185-195[                 | 3       |
| ≥ 195                     | 4       |

Enfin, nous avons défini des classes pour chaque angle.

**Tableau 10 : Les 6 classes pour chaque angle mesuré**

| B2-1     | Classe | B2-2       | Classe | B6-1       | Classe | B10-1      | Classe | ligne médiane | Classe |
|----------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|---------------|--------|
| < 50°    | 1      | < 70°      | 1      | < 100°     | 1      | < 120°     | 1      | < 152°        | 1      |
| [50-60[° | 2      | [70-80[°   | 2      | [100-110[° | 2      | [120-130[° | 2      | [152-154[°    | 2      |
| [60-70[° | 3      | [80-90[°   | 3      | [110-120[° | 3      | [130-140[° | 3      | [154-156[°    | 3      |
| [70-80[° | 4      | [90-100[°  | 4      | [120-130[° | 4      | [140-150[° | 4      | [156-158[°    | 4      |
| [80-90[° | 5      | [100-110[° | 5      | [130-140[° | 5      | [150-160[° | 5      | [158-160[°    | 5      |
| ≥ 90°    | 6      | ≥ 110°     | 6      | ≥ 140      | 6      | ≥ 160°     | 6      | ≥ 160°        | 6      |

### 3. Mise en place du modèle calculant les angles

Ce modèle s'appuie sur les résultats des 162 chevaux de notre échantillon. En accord avec Dr DESQUILBET, maître de conférences à l'ENVA, nous avons décidé d'établir un modèle suivant une fonction affine qui est plus simple à mettre en œuvre.

Ce modèle nous permettra de calculer une approximation de chaque angle ainsi qu'un intervalle de confiance de 95%, en fonction de la hauteur au garrot et du périmètre thoracique pour chacun des sexes : femelle et hongre.

On veut donc écrire chaque angle sous forme d'une fonction affine de type :

$$\text{BX-}Y_{\text{sexe}}(\text{périmètre\_thoracique}, \text{hauteur\_au\_garrot}) = a + b.\text{périmètre\_thoracique} + c.\text{hauteur\_au\_garrot} + d.\text{périmètre\_thoracique}.\text{hauteur\_au\_garrot}$$

Il s'agit de trouver les inconnues a, b, c et d.

On notera que d permet de prendre en compte l'interaction existant entre le périmètre thoracique et la hauteur au garrot : il est facile de comprendre que plus un cheval est grand, plus le périmètre thoracique est grand.

Pour nous permettre d'utiliser ce modèle nous devons vérifier deux hypothèses :

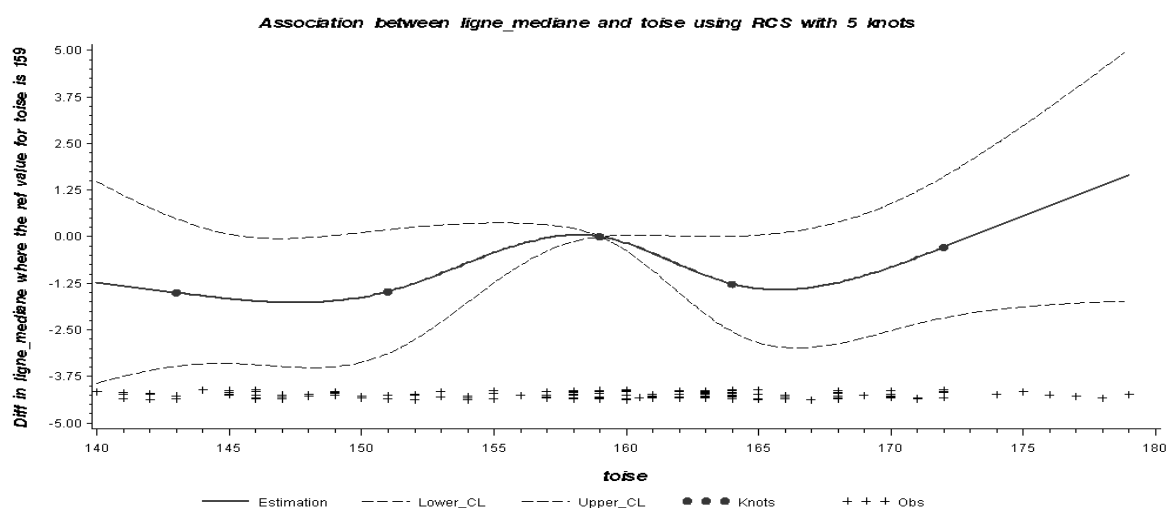
- Que la fonction représentant les angles en fonction du périmètre thoracique indépendamment de la hauteur au garrot est affine.
- Et inversement que la fonction de chacun des angles du dos en fonction de la hauteur au garrot indépendamment du périmètre thoracique est affine.

Pour cela nous avons utilisé le logiciel SAS V9.2 (SAS Institute, Cary, NC), qui permet de visualiser les fonctions grâce aux fonctions splines cubiques restreintes (DESQUILBET et MARIOTTI (2010)).

L'évaluation de la linéarité est faite visuellement. Ainsi nous avons pu vérifier nos deux hypothèses pour B2-1, B2-2, B6-1, B10-1 ; mais pas pour la ligne médiane (cf. figure 84).

**Figure 84 : Visualisation de l'angle de la ligne médiane fonction de la hauteur au garrot indépendamment du périmètre thoracique**

On constate que la fonction n'est pas affine.



Une fois ces hypothèses vérifiées nous avons pu calculer grâce au logiciel Epi Info version 3.5.4, les coefficients a, b, c et d pour chacun des angles et des sexes.

Ensuite encore une fois grâce au logiciel SAS V9.2 (SAS Institute, Cary, NC), nous avons pu construire un tableau récapitulant la moyenne et l'intervalle de confiance à 95% des angles pour une mesure de hauteur au garrot, une mesure de périmètre thoracique et chacun des sexes. Le choix des différentes valeurs de périmètre thoracique et de hauteur au garrot incluses dans le tableau est basé sur celles observées au sein de notre échantillon de 162 chevaux.

### III. RESULTATS

#### A. De l'étude préliminaire

##### 1. Répétabilité

Le tableau 11 ci-dessous nous montre les coefficients de variation de chacun des angles mesurés à l'aide du Topograph pro d'Equiscan.

**Tableau 11 : Valeurs moyennes +/- écart-type, minimales, maximales et coefficients de variation obtenus après 21 prises de mesures sur un même cheval avec un même opérateur sur les différents angles de l'étude à l'aide du Topographe pro d'Equiscan**

|                      | Moyenne +/-<br>écart -type | Mini - Maxi   | Coefficient de<br>variation (%). |
|----------------------|----------------------------|---------------|----------------------------------|
| <b>Angle B2-1</b>    | 78,9 +/- 5.9               | 72 - 96       | <b>7,51</b>                      |
| <b>Angle B2-2</b>    | 108,6 +/- 6.4              | 96 - 120      | <b>5,92</b>                      |
| <b>Angle B6-1</b>    | 125,7 +/- 6.6              | 114 - 138     | <b>5,25</b>                      |
| <b>Angle B10-1</b>   | 141,6 +/- 4.1              | 132 - 150     | <b>2,88</b>                      |
| <b>Ligne Médiane</b> | 158,4 +/- 2.6              | 153.8 – 163.2 | <b>1,62</b>                      |

D'après Martin et Gendron (2004), pour des coefficients de variation compris entre 0% et 16%, la variation est faible dans l'échantillon et l'estimé de la moyenne est fiable. Tous les coefficients de variation de cette étude sont inférieurs à 16% la variation dans l'échantillon est donc considérée comme faible

##### 2. Reproductibilité

##### a) *Coefficient de concordance de Lin*

Le tableau 12 ci-dessous nous indique les valeurs du coefficient de concordance de Lin, pour chaque angle ainsi que pour la ligne médiane, pour les angles mesurés comme indiqués précédemment sur les 28 chevaux de l'étude de reproductibilité.

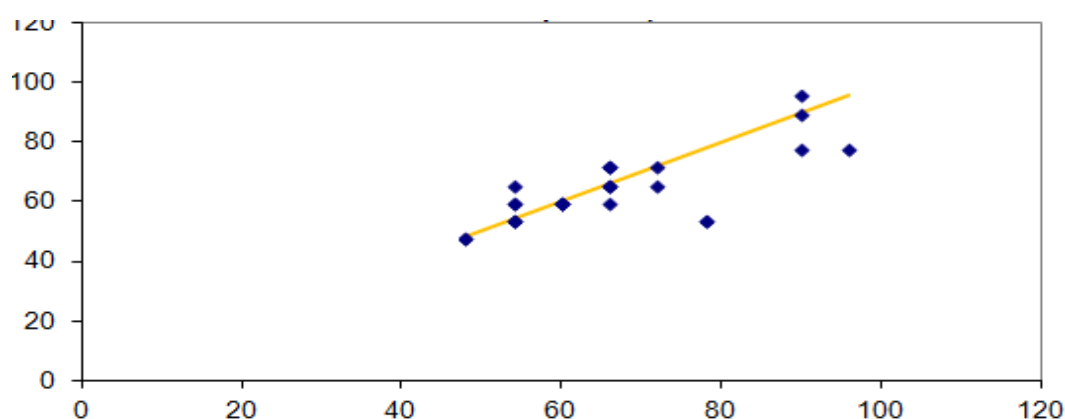
**Tableau 12 : Coefficient de concordance de Lin pour chacun des angles mesurés dans l'étude de reproductibilité effectuée sur 28 chevaux par les deux opérateurs**

|                                 | Angle B2-1               | Angle B2-2               | Angle B6-1    | Angle B10-1   | Ligne médiane |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Coef de concordance de Lin (CC) | 0,72                     | 0,79                     | 0,89          | 0,87          | 0,52          |
| Intervalle de confiance du CC   | [0,55 ; 0,89]            | [0,66 ; 0,92]            | [0,83 ; 0,95] | [0,79 ; 0,95] | [0,27 ; 0,77] |
| Interprétation                  | Moyennement satisfaisant | Moyennement satisfaisant | Plutôt bon    | Plutôt bon    | Mauvais       |

Grâce au calcul du coefficient de concordance de Lin, nous pouvons représenter graphiquement la concordance entre les deux séries de mesures pour chaque angle mesuré. La figure suivante représente les mesures de B2-1 effectuées sur les 28 chevaux avec en abscisse la valeur de l'angle mesurée par l'opérateur « Diane » et en ordonnée la valeur de l'angle pour les mêmes chevaux mesurée par l'opérateur « Constance ». La droite à 45° représente le fait que si les deux opérateurs donnent des valeurs d'angle identiques alors les losanges bleus se situent sur cette droite.

**Figure 85 : Représentation graphique de la répartition des angles mesurés au niveau de B2-1 sur les 28 chevaux des deux opérateurs**

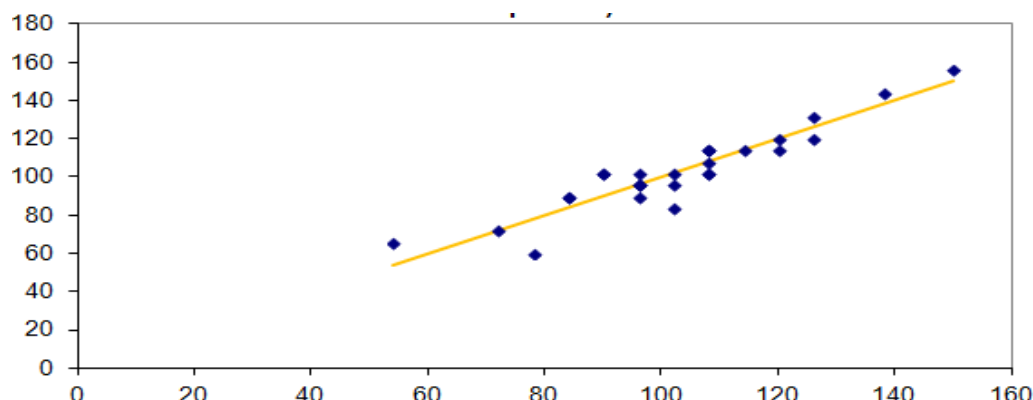
En abscisse les valeurs mesurées par Diane (en degrés) et en ordonnée les valeurs mesurées par Constance (en degrés). La droite à 45° représente la concordance parfaite entre les deux opérateurs



Cette courbe (figure 85) nous permet de visualiser l'aspect moyennement satisfaisant du coefficient de corrélation de Lin pour l'angle B2-1. En effet, peu de points sont situés sur la droite représentant la concordance parfaite entre les deux opérateurs et certains en sont même assez éloignés. Lorsqu'on compare ce graphique avec la représentation graphique pour l'angle B6-1 (cf. figure 86) dont le CC de Lin est de 0,89 soit plutôt bon, on remarque que plus de points se situent au niveau de la droite à 45° et que les autres en sont plus rapprochés, preuve d'une meilleure concordance.

**Figure 86 :** Représentation graphique de la répartition des angles mesurés au niveau de B6-1 sur les 28 chevaux des deux opérateurs

En abscisse les valeurs mesurées par Diane et en ordonnée les valeurs mesurées par constance (en degrés). La droite à 45° représente la concordance parfaite entre les deux opérateurs



Cependant, ces éléments ne nous permettent pas de déterminer la façon dont les données sont peu ou pas concordantes (d'autant plus que le CC de Lin est toujours inférieur à 0,91). Nous allons donc utiliser un graphique de Bland et Altman pour chaque angle mesuré.

### b) Graphique de Bland et Altman

Afin d'utiliser cette méthode, nous avons avant tout défini  $X=6^\circ$  et  $Y=12^\circ$  tels que pour les angles, nous considérons que les deux opérateurs donnent des valeurs concordantes si (DESQUILBET 2012) :

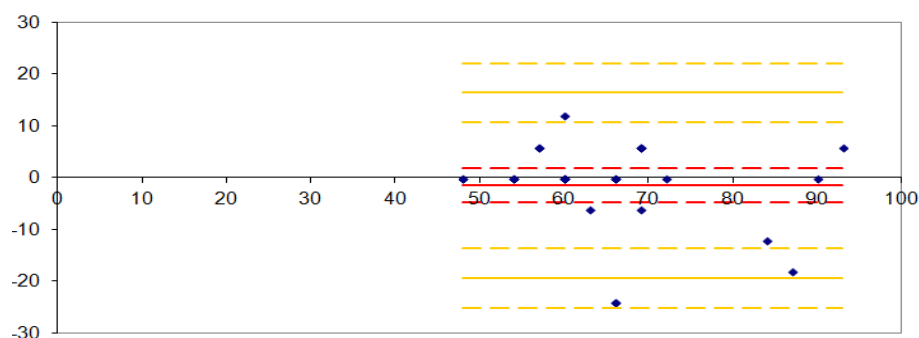
- L'un ne sur-estime ou ne sous-estime pas l'autre de plus de  $6^\circ$  ( $=X$ )
- La très grande majorité des écarts entre l'un et l'autre opérateur est inférieur à  $12^\circ$  ( $=Y$ ) (en valeur absolue).

De même pour la ligne médiane, nous avons défini  $X=2^\circ$  et  $Y=5^\circ$ .

#### (1) Angle B2-1

**Figure 87 :** Graphique de Bland et Altman représentant la concordance des mesures de l'angle B2-1 effectuées par les deux opérateurs

En abscisse la valeur de la moyenne de l'angle mesuré par les 2 opérateurs et en ordonnée la différence entre les valeurs mesurées par chacun (en degré)



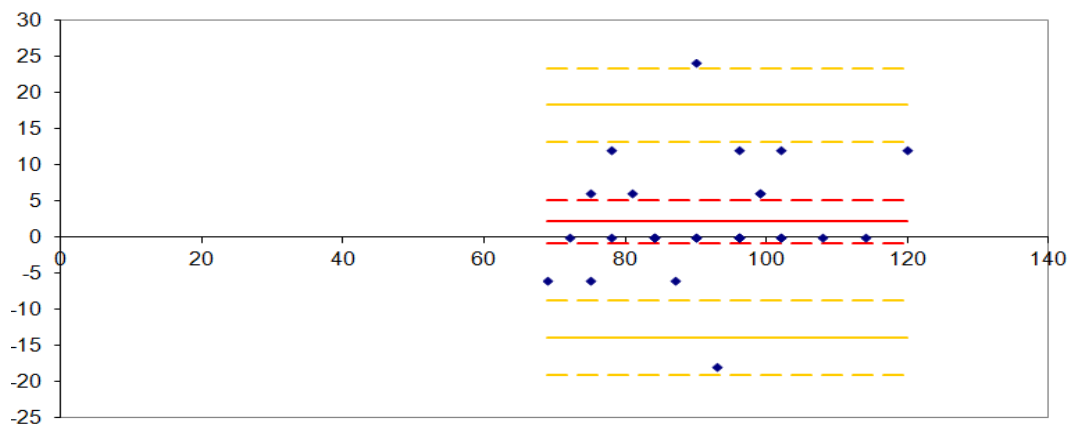
Le graphique de Bland et Altman fournit de nombreuses informations, voyons pour commencer à quoi correspondent chacune des droites horizontales présentes sur le graphique.

- ⇒ La droite horizontale du milieu en trait plein rouge correspond au biais moyen et représente la moyenne des différences de valeurs de l'angle mesuré par Diane et Constance. Il correspond à un écart moyen systématique que nous avons fixé à maximum  $6^\circ$  pour que cela soit acceptable. On voit sur le graphique que celui-ci est bien inférieur à  $6^\circ$ , le **premier critère de concordance entre les opérateurs est par conséquent respecté.**
- ⇒ Nous nous intéressons ensuite aux deux droites en traits discontinus rouges, correspondant à l'intervalle de confiance à 95% de ce biais. Les deux bornes (supérieure et inférieure) étant toutes deux inférieures à  $6^\circ$  **cela confirme le fait que le premier critère de concordance soit respecté.**
- ⇒ Les deux droites en traits pleins jaunes correspondent aux limites d'agrément qui représentent une zone (ici comprise entre 16.4 et -19.4) dans laquelle se trouve en moyenne 95% des écarts entre les angles mesurés par les deux opérateurs. **Nous voyons donc que notre 2<sup>nd</sup> critère de concordance « La très grande majorité des écarts entre l'un et l'autre opérateur est inférieur à  $12^\circ$  (en valeur absolue) » n'est pas respecté.**

## (2) Angle B2-2

**Figure 88 :** Graphique de Bland et Altman représentant la concordance des mesures de l'angle B2-2 effectuées par les deux opérateurs

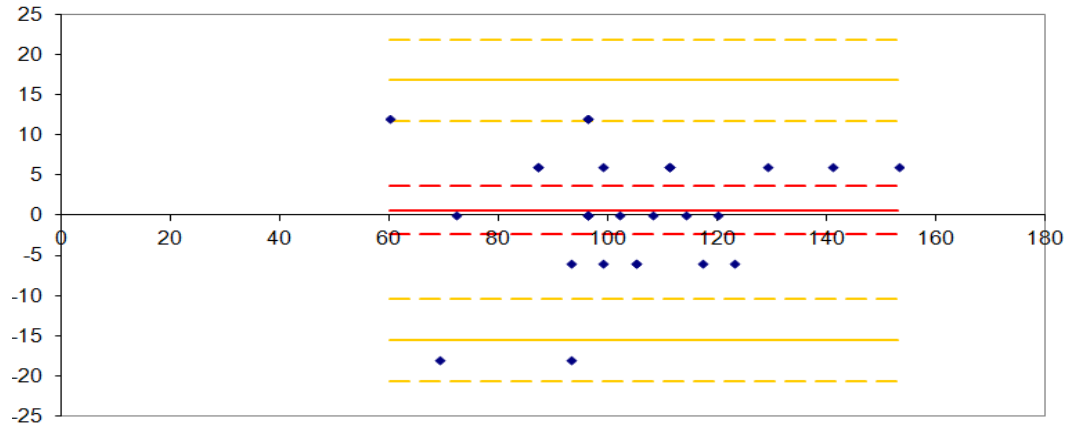
En abscisse la valeur de la moyenne de l'angle mesuré par les 2 opérateurs et en ordonnée la différence entre les valeurs mesurées par chacun (en degré)



- ⇒ Pour l'angle B2-2, à nouveau l'écart moyen systématique (biais moyen) est inférieur à  $6^\circ$ , le **premier critère de concordance est donc respecté.**
- ⇒ Les deux bornes (supérieure et inférieure) correspondant à l'intervalle de confiance étant toutes deux inférieures à  $6^\circ$  cela confirme le fait que le premier critère de concordance soit respecté.
- ⇒ Les limites d'agrément pour cet angle se situent entre -13.9 et +18.2 ce qui est supérieur à  $12^\circ$ , **le 2<sup>nd</sup> critère semble à nouveau ne pas être respecté.**

### (3) Angle B6-1

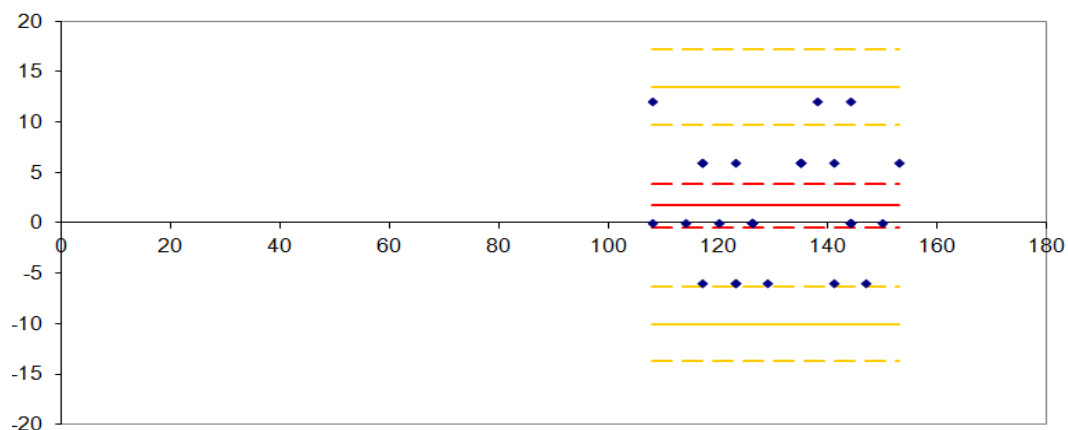
**Figure 89 :** Graphique de Bland et Altman représentant la concordance des mesures de l'angle B6-1 effectuées par les deux opérateurs  
En abscisse la valeur de la moyenne de l'angle mesuré par les 2 opérateurs et en ordonnée la différence entre les valeurs mesurées par chacun (en degré)



- ⇒ Pour l'angle B6-1, l'écart moyen systématique (biais moyen) est inférieur à 6°, le **premier critère de concordance est donc respecté.**
- ⇒ Les deux bornes (supérieure et inférieure) correspondant à l'intervalle de confiance étant toutes deux inférieures à 6° cela confirme le fait que le premier critère de concordance soit respecté.
- ⇒ Les limites d'agrément pour cet angle se situent entre -15.5 et +16.8 ce qui est supérieur à 12°, **le 2<sup>nd</sup> critère semble à nouveau ne pas être respecté.**

### (4) Angle B10-1

**Figure 90 :** Graphique de Bland et Altman représentant la concordance des mesures de l'angle B10-1 effectuées par les deux opérateurs  
En abscisse la valeur de la moyenne de l'angle mesuré par les 2 opérateurs et en ordonnée la différence entre les valeurs mesurées par chacun (en degré)



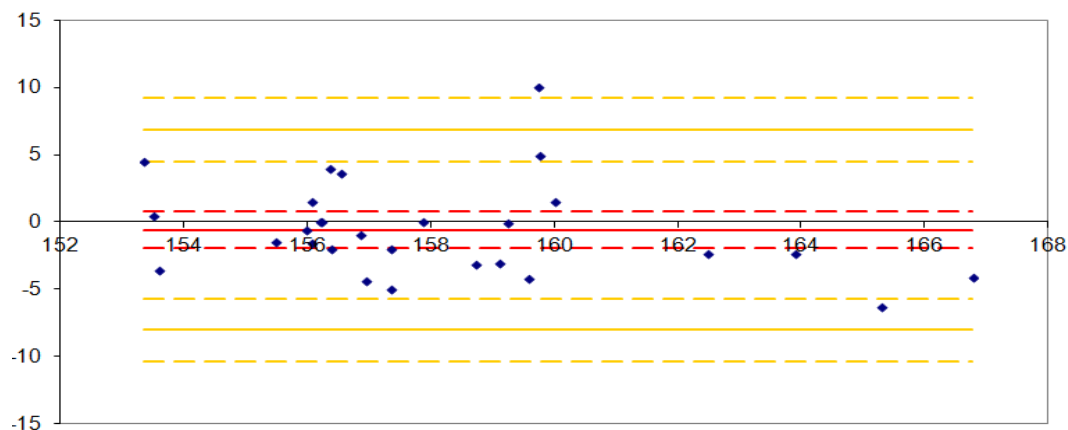
- ⇒ Pour cet angle, l'écart moyen systématique (biais moyen) est inférieur à 6°, le **premier critère de concordance est donc respecté.**



- ⇒ Les deux bornes (supérieure et inférieure) correspondant à l'intervalle de confiance étant toutes deux inférieures à 6° cela confirme le fait que le premier critère de concordance soit respecté.
- ⇒ Les limites d'agrément pour cet angle se situent entre -10 et +13.5, ce qui est supérieur à 12° **le 2<sup>nd</sup> critère semble encore une fois ne pas être respecté.**

#### (5) Ligne médiane

**Figure 91 :** Graphique de Bland et Altman représentant la concordance des mesures de la ligne médiane effectuées par les deux opérateurs  
En abscisse la valeur de la moyenne de l'angle mesuré par les 2 opérateurs et en ordonnée la différence entre les valeurs mesurées par chacun (en degré)



- ⇒ Pour la ligne médiane, nous avons fixé le premier critère de concordance à 2°, or le biais moyen est bien inférieur à 2°, le **premier critère de concordance est donc respecté.**
- ⇒ Les deux bornes (supérieure et inférieure) correspondant à l'intervalle de confiance étant toutes deux inférieures à 6° cela confirme le fait que le premier critère de concordance soit respecté.
- ⇒ Les limites d'agrément pour cet angle se situent entre -8,0 et +6.9 ce qui est supérieur à 5°, **le 2<sup>nd</sup> critère semble à nouveau ne pas être respecté.**

## **B. De l'étude de terrain**

### **1. Réalisation d'une base de données de dos 3D**

Une base de modélisation 3D de tous les chevaux de club rencontrés durant notre étude est maintenant disponible sur la plateforme Equiscan et à la disposition d'Oxylane afin d'améliorer leur selle.

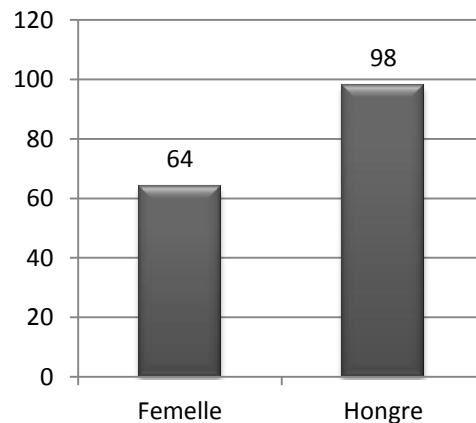
Elle comprend 175 chevaux dont les 162 chevaux inclus dans notre étude. Les 13 chevaux de plus sont des chevaux non montés suffisamment (retraités ou non débouffés).

## 2. Caractéristiques des chevaux de la population d'étude

### a) Sexe

Dans les 162 chevaux utilisés dans l'étude, aucun cheval entier n'a été présenté, il n'y a donc que des femelles et des hongres, dont la répartition est représentée dans la figure 92.

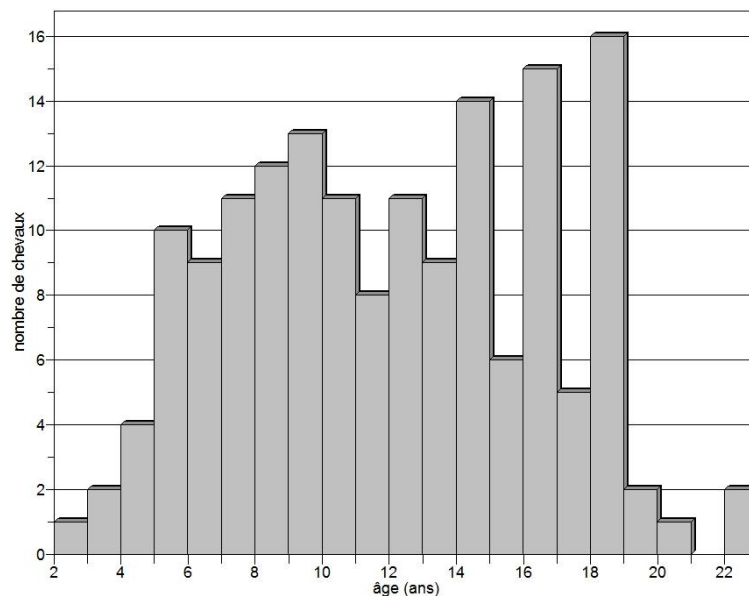
**Figure 92 : Répartition des chevaux de l'étude selon leur sexe**



### b) Age :

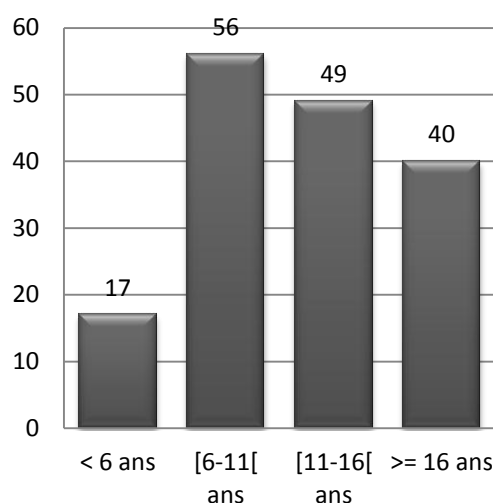
Les 162 chevaux ayant participé à l'étude sont âgés en moyenne de **11,5 +/- 4,6 ans**. Les âges s'étalent de **2 à 18 ans** avec un 25° percentile à **8 ans** et un 75° percentile à **16 ans**. La répartition des chevaux en fonction de leur âge est présentée dans la figure 93.

**Figure 93 : Distribution des 162 chevaux en fonction de leur âge**



La figure 94 représente la répartition des chevaux au sein des 4 classes d'âge décrite dans le tableau 7 (partie méthode d'analyse des données).

**Figure 94 : Répartition des 162 chevaux au sein des 4 classes d'âge**

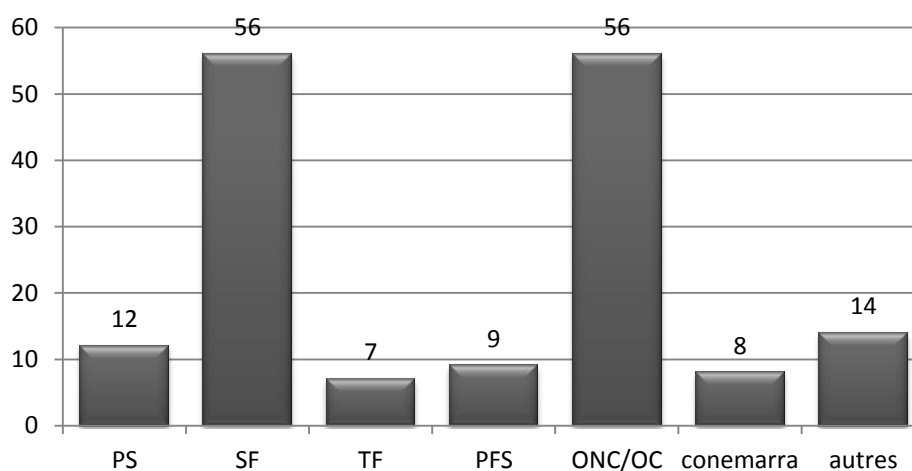


**c) Race**

La figure 95 représente les différentes races que nous avons pu observer et le nombre de chevaux présents dans l'étude pour chaque race.

La catégorie « autre » regroupe les races suivantes : AQPS, Camargue, Barbe\*arabe, Anglo-Arabe (2), Belgisch Warmbloedpaard, (cheval de sang belge), Holsteiner, New Forest, Selle étranger (2), SBS : cheval de sport belge, Mérens, Oldenburg, Haflinger.

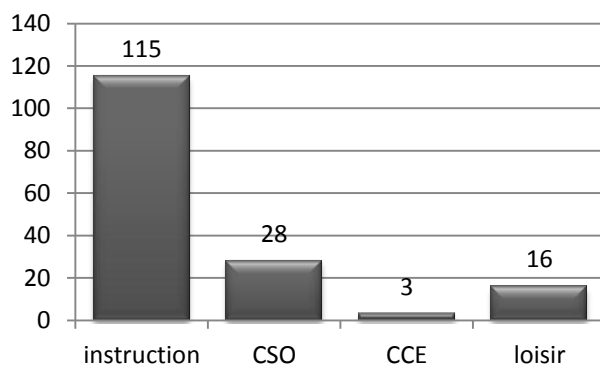
**Figure 95 : Répartition des chevaux en fonction de leur race**



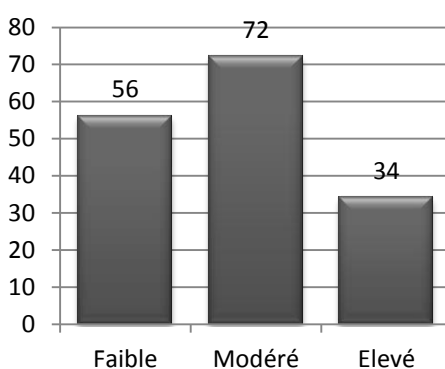
**d) Type et niveau d'activité**

Comme nous l'avons vu dans le II.B.2., le type d'activité des chevaux pris dans notre étude varie selon quatre « disciplines » (instruction, CSO, CCE, et loisir/pré retraite/débouillage) et le niveau de pratique de ces activités a été classé en 3 intensités comme nous le montre le tableau 5. Les figures 96 et 97 nous présentent respectivement la répartition des chevaux de l'étude en fonction de leur type d'activité et de leur intensité de pratique.

**Figure 96 : Répartition des chevaux en fonction de leur type d'activité**



**Figure 97 : Répartition des chevaux en fonction de leur niveau d'activité**

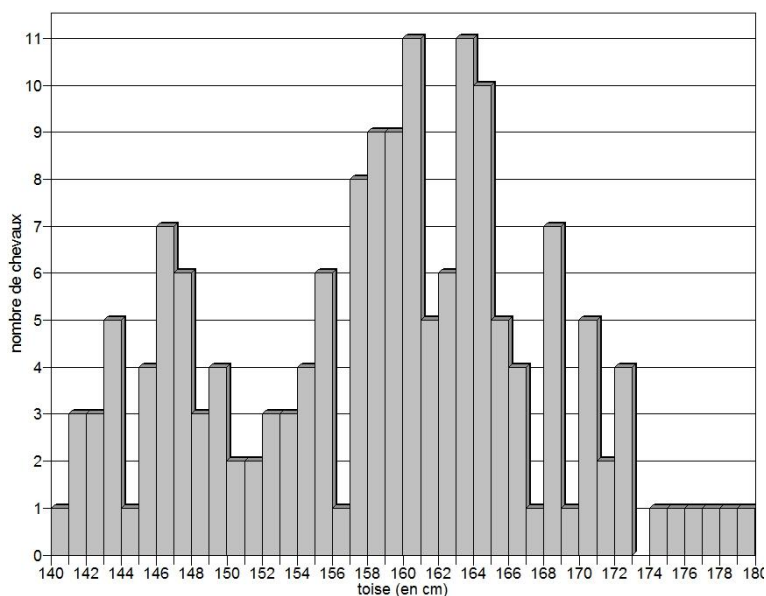


### e) Taille

La hauteur au garrot a été mesurée sur les 162 chevaux inclus dans l'étude. La hauteur moyenne étant de **158,1 +/- 9,0 cm**.

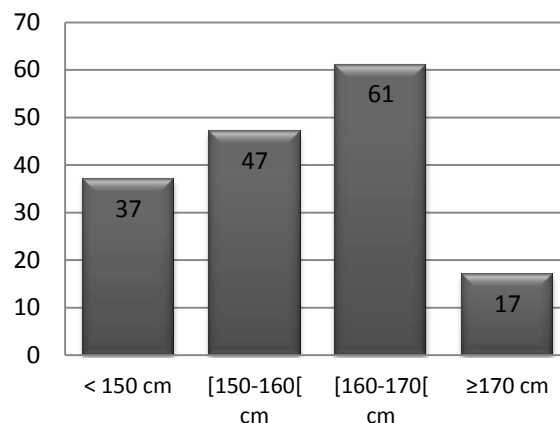
La médiane se situe à **159 cm**, le 25° percentile à **151 cm** et le 75° percentile à **164 cm**. Les valeurs s'étalant de **140 cm à 179 cm**.

**Figure 98 : Distribution de la hauteur au garrot au sein de l'échantillon (162 chevaux)**



La figure 99 décrit la répartition des chevaux de l'étude au sein des classes de hauteur au garrot établies dans le tableau 8 dans la partie méthode d'analyse des données.

**Figure 99 : Répartition des 162 chevaux de l'étude au sein des 4 classes de hauteur au garrot**

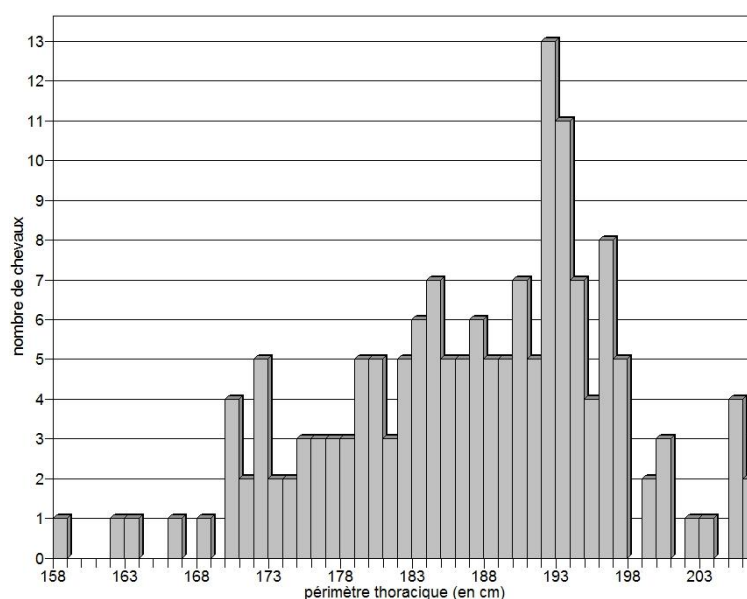


#### f) Périmètre thoracique

La répartition des 162 chevaux en fonction de leur périmètre thoracique est représentée dans la figure 100 ci-dessous. Ne pouvant considérer que la répartition est normale car ne ressemblant pas à une courbe de Gauss, nous pouvons dire que la médiane est de **188 cm**, le 25° percentile à **180 cm** et le 75° percentile à **193 cm**. Les valeurs s'étalant de **158 cm à 206 cm**.

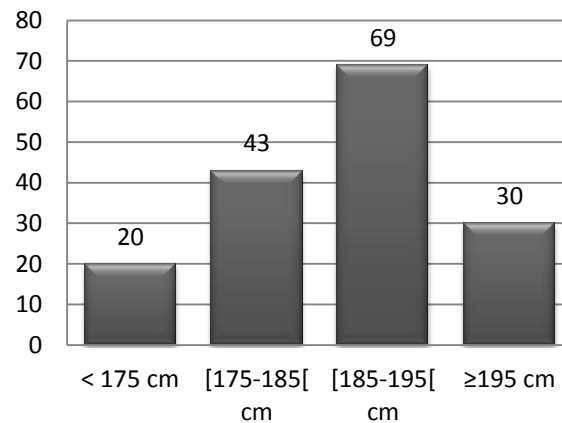
Le 10° percentile est de 173 cm et le 90° percentile est de 197 cm, nous avons donc 80% de notre échantillon qui a un périmètre thoracique entre **173 et 197 cm**.

**Figure 100 : Distribution du périmètre thoracique au sein de l'échantillon (162 chevaux)**



De même que pour l'âge et la hauteur au garrot, nous avons scindé en 4 classes selon leur périmètre thoracique les 162 chevaux de l'échantillon. Ces 4 classes sont décrites dans le tableau 9.

**Figure 101 : Répartition des 162 chevaux au sein des 4 classes de périmètre thoracique**

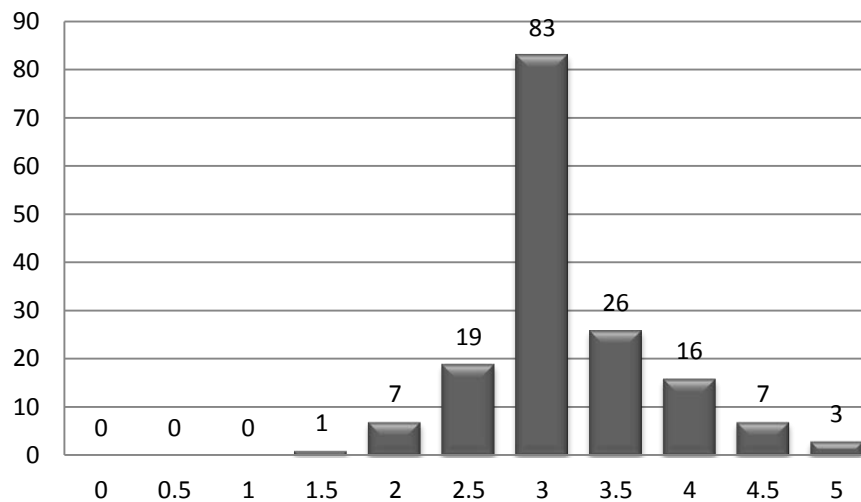


**g) Note d'état**

La note moyenne d'état corporel est de **3,2 +/-0,61**. Les notes minimales et maximales attribuées sont respectivement **1,5 et 5**.

La répartition des notes d'état corporel est présentée en figure 102.

**Figure 102 : Répartition des notes d'état corporel au sein des 162 chevaux de l'échantillon**



**h) Description des dos à l'aide des angles mesurés**

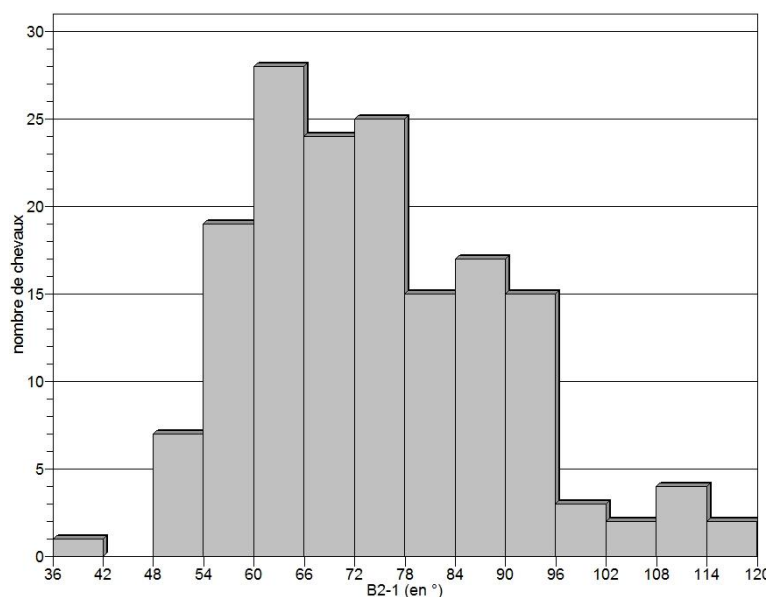
**(1) B2-1**

Sur les 162 chevaux, l'angle d'ouverture du dos correspondant au premier segment de la deuxième barre du topographe (B2-1) a une moyenne de **71,4 +/-15,0°**.

La médiane est de **72°**, le 25° percentile de **60°** et le 75° percentile de **84°**, les valeurs allant de **36° à 114°**.

Selon les valeurs du 10° percentile et 90° percentile, nous pouvons conclure qu'au sein de notre échantillon 80% des chevaux ont un angle d'ouverture compris entre **54° et 90°** au niveau de B2-1.

**Figure 103 : Distribution des angles au niveau de B2-1 au sein des 162 chevaux de l'échantillon**



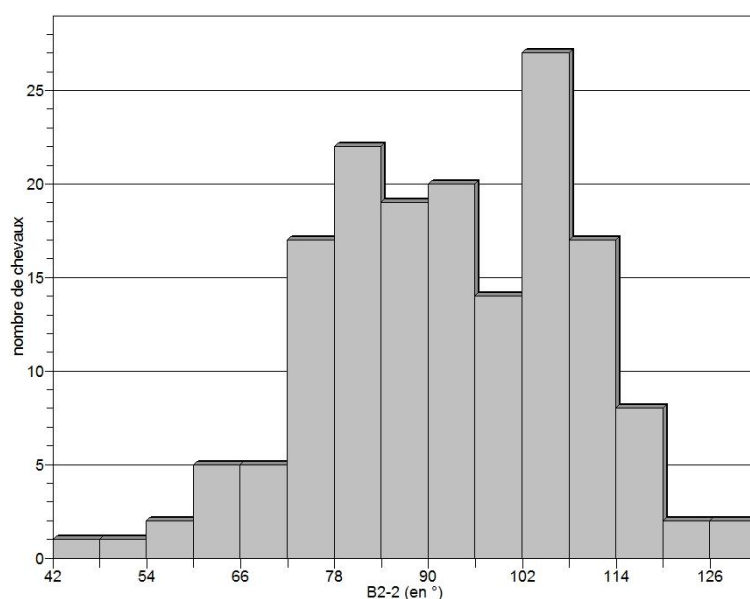
## (2) B2-2

Sur les 162 chevaux l'angle moyen de B2-2 est **89,5 +/-16,2°**.

La médiane est de **90°**, le 25° percentile de **78°** et le 75° percentile de **102°**, les valeurs s'étalant de **42° à 126°**.

Selon les valeurs du 10° percentile et 90° percentile, nous pouvons conclure qu'au sein de notre échantillon 80% des chevaux ont un angle d'ouverture compris entre **72° et 108°** au niveau de B2-2.

**Figure 104 : Distribution des angles au niveau de B2-2 au sein des 162 chevaux de l'échantillon**



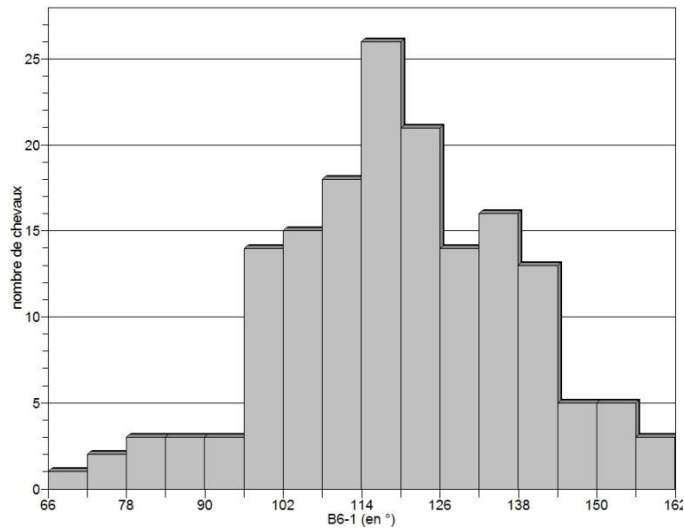
### (3) B6-1

Sur les 162 chevaux l'angle moyen de B6-1 est **116,5 +/-18,0°**.

La médiane est de **114°**, le 25° percentile de **102°** et le 75° percentile de **132°**, les valeurs s'étalant de **66° à 156°**.

Selon les valeurs du 10° percentile et 90° percentile, nous pouvons conclure qu'au sein de notre échantillon 80% des chevaux ont un angle d'ouverture compris entre **96° et 138°** au niveau de B6-1.

**Figure 105 :** Distribution de l'angle B6-1 au sein des 162 chevaux de l'échantillon



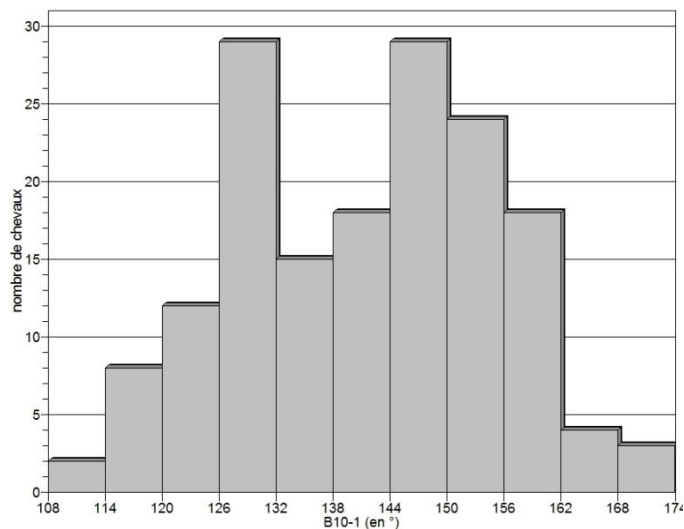
### (4) B10-1

Sur les 162 chevaux l'angle moyen de B10-1 est **138,4 +/-13,7°**.

La médiane est de **138°**, le 25° percentile de **126°** et le 75° percentile de **150°**, les valeurs s'étalant de **108° à 168°**.

Selon les valeurs du 10° percentile et 90° percentile, nous pouvons conclure qu'au sein de notre échantillon 80% des chevaux ont un angle d'ouverture compris entre **120° et 156°** au niveau de B10-1.

**Figure 106 :** Distribution des angles au niveau de B10-1 au sein des 162 chevaux de l'échantillon





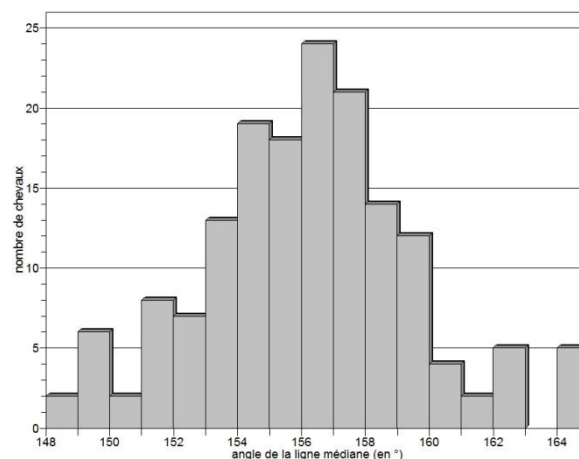
### (5) Ligne médiane :

Sur les 162 chevaux l'angle moyen formé par la ligne médiane entre B2, B6 et B10 est **156,23  $\pm$  3,35°**.

La médiane est de **156,36°**, le 25° percentile de **154,28°** et le 75° percentile de **158,24°**, les valeurs s'étalant de **148,22° à 164,74°**.

Selon les valeurs du 10° percentile et 90° percentile, nous pouvons conclure qu'au sein de notre échantillon 80% des chevaux ont un angle d'ouverture compris entre **151,80° et 159,98°** au niveau de la ligne médiane.

**Figure 107 : Distribution de l'angle au niveau de la ligne médiane au sein des 162 chevaux de l'étude**



## 3. Mise en évidence d'associations

### a) *Associations entre les caractéristiques des chevaux et les différents angles mesurés*

Le récapitulatif des résultats d'analyse statistique sont présentés dans les tableaux 13, 14 et 15, ci-après.

#### (1) Association entre sexe et angle du dos

Même si la moyenne est toujours plus élevée chez les femelles de notre échantillon, aucune différence significative n'est observée entre les hongres et les femelles, à l'exception de B-10. Nous pouvons à ce stade supposer que les femelles ont un angle au niveau de B-10 plus ouvert que les hongres.

#### (2) Association entre origine des chevaux et angle du dos

Au sein des 13 différents clubs, pour tous les angles mesurés, on observe au moins une moyenne significativement différente des autres. On peut par exemple remarquer que chez Fénicat ou Coraline Darvoy les moyennes sont globalement plus élevées.

On retrouve au moins une moyenne significativement différente au sein des différentes régions, au niveau de B2-1, B2-2, B6-1, B10-1 et la ligne médiane.

### (3) Association entre races et angle du dos

Entre les 7 classes de races vues précédemment on observe au moins une moyenne significativement différente au niveau de B2-1, B2-2 et B6-1. Au vu des moyennes obtenues, on peut supposer que les Pur sang ou les selles français ont des angles plus fermés que les Connemara ou les Poney Français de Selle.

Aucune différence significative n'est observée concernant l'angle B10-1 et la ligne médiane.

### (4) Association entre type, niveau d'activité et angle du dos

Aucune différence significative n'a été observée concernant le type d'activité.

Cependant entre les 3 niveaux d'activité il existe au moins une moyenne significativement différente au niveau de B2-1, B2-2, B6-1 et B10-1. En étudiant les valeurs des différentes moyennes, on peut supposer que plus le niveau d'activité est faible plus les angles sont ouverts.

Aucune différence significative n'est observée concernant l'angle de la ligne médiane.

**Tableau 13 : Récapitulatif général des résultats pour les paramètres qualitatifs**

**n : effectif ; p : degré de significativité ; \*\* : il existe au moins une moyenne significativement différente (p<0.05) ; \* : il existe au moins une moyenne pouvant être significativement différente (p<0.1)**

|                   |                                 | n   | B2-1    |            |        |    | B2-2    |            |        |    | B6-1    |            |        |    | B10-1   |            |        |    | ligne médiane |            |        |    |
|-------------------|---------------------------------|-----|---------|------------|--------|----|---------|------------|--------|----|---------|------------|--------|----|---------|------------|--------|----|---------------|------------|--------|----|
|                   |                                 |     | moyenne | écart-type | p      |    | moyenne | écart-type | p      |    | moyenne | écart-type | p      |    | moyenne | écart-type | p      |    | moyenne       | écart-type | p      |    |
| Sexe              | Femelle                         | 64  | 72,38   | 16,56      | 0,4937 |    | 90,94   | 14,86      | 0,3693 |    | 118,78  | 18,21      | 0,1970 |    | 141,56  | 13,30      | 0,0182 | ** | 156,45        | 2,69       | 0,4958 |    |
|                   | Hongre                          | 98  | 70,71   | 14,01      |        |    | 88,59   | 17,03      |        |    | 115,04  | 17,80      |        |    | 136,37  | 13,70      |        |    | 156,08        | 3,72       |        |    |
| Club d'origine    | Ecajeul                         | 7   | 73,71   | 14,99      | 0,0000 | ** | 96,00   | 12,96      | 0,0000 | ** | 121,71  | 12,83      | 0,0000 | ** | 137,14  | 13,16      | 0,0000 | ** | 155,35        | 2,02       | 0,0364 | ** |
|                   | Laure Chemin                    | 16  | 72,38   | 12,09      |        |    | 89,25   | 9,77       |        |    | 124,88  | 13,54      |        |    | 146,63  | 11,38      |        |    | 157,36        | 3,90       |        |    |
|                   | Bayeux                          | 19  | 79,26   | 13,94      |        |    | 95,05   | 15,27      |        |    | 130,11  | 12,50      |        |    | 145,58  | 11,97      |        |    | 154,68        | 3,23       |        |    |
|                   | Versailles                      | 18  | 60,67   | 12,50      |        |    | 72,67   | 16,06      |        |    | 117,00  | 13,06      |        |    | 136,11  | 13,83      |        |    | 155,62        | 2,53       |        |    |
|                   | Bordeaux                        | 36  | 66,00   | 10,83      |        |    | 84,67   | 14,89      |        |    | 108,50  | 13,25      |        |    | 133,67  | 12,31      |        |    | 156,24        | 3,04       |        |    |
|                   | Fénicat                         | 17  | 85,41   | 14,78      |        |    | 104,12  | 11,80      |        |    | 130,59  | 15,08      |        |    | 148,94  | 7,72       |        |    | 156,80        | 3,14       |        |    |
|                   | St Martin En Haut               | 12  | 71,50   | 17,06      |        |    | 94,50   | 15,16      |        |    | 114,50  | 15,45      |        |    | 136,00  | 12,62      |        |    | 154,49        | 4,64       |        |    |
|                   | Chardonnière                    | 3   | 76,00   | 15,10      |        |    | 84,00   | 10,39      |        |    | 114,00  | 31,75      |        |    | 144,00  | 15,87      |        |    | 157,95        | 1,87       |        |    |
|                   | Vaubignon                       | 3   | 70,00   | 17,32      |        |    | 96,00   | 20,78      |        |    | 112,00  | 12,49      |        |    | 142,00  | 3,46       |        |    | 153,45        | 2,33       |        |    |
|                   | Denizons                        | 9   | 66,00   | 11,23      |        |    | 80,67   | 9,06       |        |    | 104,00  | 12,73      |        |    | 132,00  | 12,37      |        |    | 156,58        | 2,58       |        |    |
|                   | ENVA                            | 4   | 78,00   | 16,97      |        |    | 109,50  | 5,74       |        |    | 127,50  | 30,74      |        |    | 145,50  | 13,30      |        |    | 158,17        | 4,46       |        |    |
|                   | Darvoy                          | 2   | 111,00  | 4,24       |        |    | 114,00  | 0,00       |        |    | 144,00  | 8,49       |        |    | 153,00  | 12,73      |        |    | 155,08        | 2,55       |        |    |
|                   | SHEVA                           | 16  | 64,88   | 7,97       |        |    | 87,75   | 12,56      |        |    | 96,00   | 14,20      |        |    | 124,50  | 11,49      |        |    | 158,33        | 3,26       |        |    |
| Région d'origine  | Normandie/bretagne              | 42  | 75,71   | 13,51      | 0,0220 | ** | 93,00   | 13,07      | 0,0561 | *  | 126,71  | 13,07      | 0,0001 | ** | 144,57  | 12,13      | 0,0013 | ** | 155,81        | 3,51       | 0,1669 |    |
|                   | Grand Ouest                     | 54  | 71,78   | 15,37      |        |    | 90,56   | 16,66      |        |    | 115,78  | 17,12      |        |    | 138,67  | 13,01      |        |    | 156,39        | 3,03       |        |    |
|                   | Rhône Alpes                     | 12  | 71,50   | 17,06      |        |    | 94,50   | 15,16      |        |    | 114,50  | 15,45      |        |    | 136,00  | 12,62      |        |    | 154,49        | 4,64       |        |    |
|                   | Centre                          | 17  | 73,76   | 18,46      |        |    | 87,88   | 15,43      |        |    | 111,88  | 19,89      |        |    | 138,35  | 13,33      |        |    | 156,09        | 2,66       |        |    |
|                   | Région parisienne               | 37  | 64,70   | 12,01      |        |    | 83,19   | 18,12      |        |    | 108,81  | 19,50      |        |    | 131,89  | 14,48      |        |    | 157,09        | 3,29       |        |    |
| Race              | Pur Sang                        | 12  | 64,00   | 12,36      | 0,0000 | ** | 86,00   | 13,62      | 0,0000 | ** | 107,50  | 20,54      | 0,0006 | ** | 134,00  | 15,21      | 0,1642 |    | 156,43        | 3,26       | 0,2876 |    |
|                   | Selle Français                  | 56  | 63,75   | 11,18      |        |    | 79,71   | 14,14      |        |    | 109,61  | 15,87      |        |    | 135,68  | 13,53      |        |    | 156,40        | 3,21       |        |    |
|                   | Trotteur français               | 7   | 79,71   | 10,23      |        |    | 102,00  | 10,39      |        |    | 128,57  | 21,31      |        |    | 141,43  | 17,95      |        |    | 156,86        | 2,01       |        |    |
|                   | PFS                             | 9   | 82,00   | 20,78      |        |    | 101,33  | 10,15      |        |    | 128,00  | 16,97      |        |    | 147,33  | 9,54       |        |    | 155,13        | 2,25       |        |    |
|                   | ONC/OC                          | 56  | 75,32   | 13,92      |        |    | 93,64   | 15,46      |        |    | 119,79  | 15,85      |        |    | 139,07  | 13,00      |        |    | 156,12        | 3,55       |        |    |
|                   | autres                          | 14  | 77,57   | 18,30      |        |    | 93,86   | 16,91      |        |    | 124,29  | 21,50      |        |    | 142,71  | 15,64      |        |    | 154,91        | 3,80       |        |    |
|                   | Connemara                       | 8   | 78,00   | 15,04      |        |    | 102,75  | 7,48       |        |    | 118,50  | 14,61      |        |    | 139,50  | 11,45      |        |    | 158,52        | 3,63       |        |    |
| Type d'activité   | instruction                     | 115 | 71,22   | 14,79      | 0,9465 |    | 89,17   | 17,37      | 0,4908 |    | 115,77  | 18,10      | 0,4458 |    | 137,18  | 14,33      | 0,3498 |    | 156,12        | 3,41       | 0,9068 |    |
|                   | CSO                             | 28  | 70,71   | 15,61      |        |    | 87,64   | 11,12      |        |    | 115,29  | 16,76      |        |    | 140,79  | 11,13      |        |    | 156,41        | 3,47       |        |    |
|                   | CCE                             | 3   | 74,00   | 12,49      |        |    | 90,00   | 15,87      |        |    | 124,00  | 15,10      |        |    | 142,00  | 9,17       |        |    | 157,25        | 2,58       |        |    |
|                   | loisir/pré-retraite/débouillage | 16  | 73,13   | 17,28      |        |    | 95,25   | 15,00      |        |    | 122,63  | 19,84      |        |    | 142,50  | 13,77      |        |    | 156,48        | 2,97       |        |    |
| Niveau d'activité | faible                          | 56  | 78,54   | 15,49      | 0,0000 | ** | 98,68   | 13,58      | 0,0000 | ** | 125,36  | 16,09      | 0,0000 | ** | 144,11  | 11,35      | 0,0004 |    | 156,43        | 2,86       | 0,6672 |    |
|                   | moyen                           | 72  | 68,17   | 13,82      |        |    | 85,67   | 16,09      |        |    | 111,75  | 18,22      |        |    | 134,86  | 14,63      |        |    | 155,96        | 3,75       |        |    |
|                   | élevé                           | 34  | 66,35   | 12,53      |        |    | 85,59   | 13,86      |        |    | 112,06  | 15,26      |        |    | 136,59  | 12,63      |        |    | 156,46        | 3,24       |        |    |

**b) Associations entre les angles mesurés et les paramètres quantitatifs ou semi-quantitatifs**

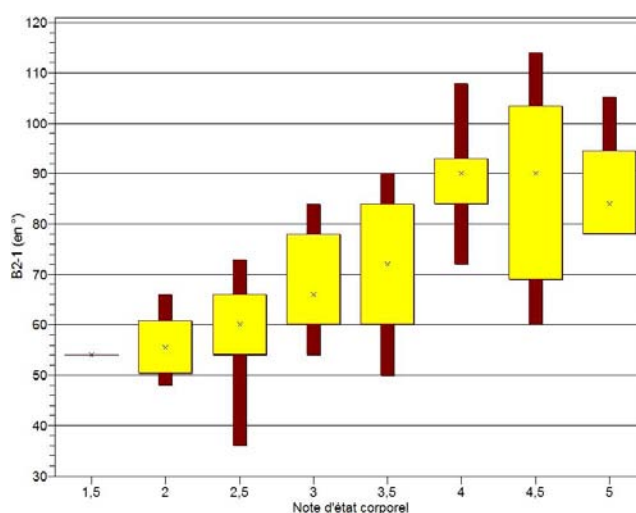
**(1) Association entre la note d'état corporel et les angles du dos**

Les angles B2-1, B2-2, B6-1 et B10-1 semblent significativement différents en fonction de la note d'état corporel des chevaux. Au vu des moyennes obtenues et du diagramme en boîte à moustache (figure 108, 109, 110 et 111) ci-dessous, nous pouvons supposer une augmentation des angles du dos avec la note d'état corporel ainsi qu'un effet seuil à partir de la note de 4.

Aucune différence significative n'est observée au niveau de l'angle de la ligne médiane.

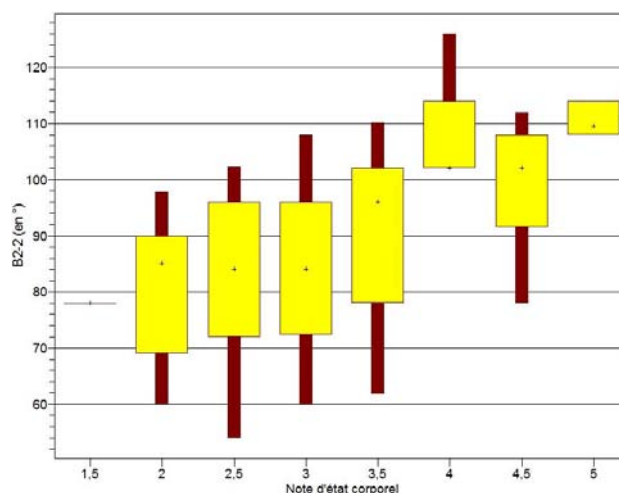
**Figure 108 : Représentation de la répartition de B2-1 en boîte à moustaches en fonction de la note d'état corporel**

Médianes : X , Les boîtes jaunes contiennent 50% de le l'échantillon, les boîtes marrons : 90%



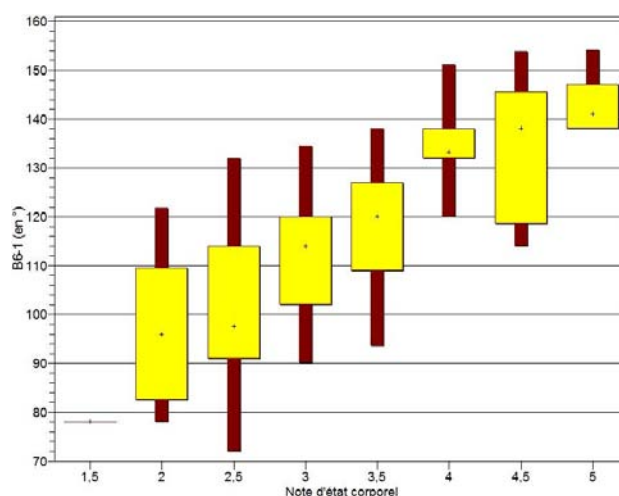
**Figure 109 : Représentation de la répartition de B2-2 en boîte à moustaches en fonction de la note d'état corporel**

Médianes : X . Les boîtes jaunes contiennent 50% de le l'échantillon, les boîtes marrons : 90%



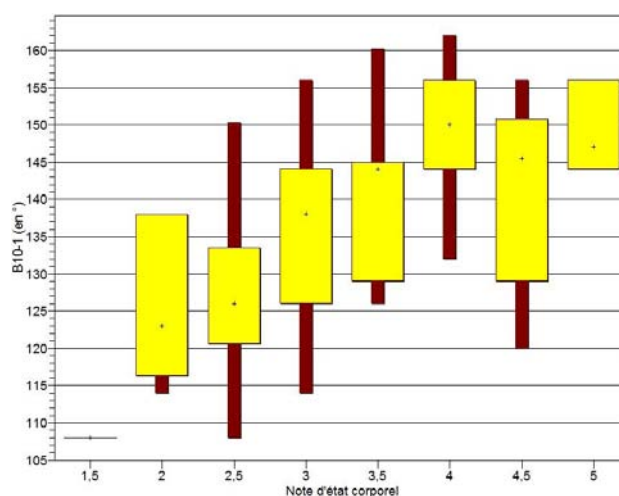
**Figure 110 : Représentation de la répartition de B6-1 en boîte à moustaches en fonction de la note d'état corporel**

Médianes : X . Les boîtes jaunes contiennent 50% de le l'échantillon, les boîtes marrons : 90%



**Figure 111 : Représentation de la répartition de B10-1 en boîte à moustaches en fonction de la note d'état corporel**

Médianes : X . Les boîtes jaunes contiennent 50% de le l'échantillon, les boîtes marrons : 90%



## (2) Association entre âge et angle du dos

Il existe au moins une moyenne significativement différente au niveau de B2-2, B6-1, B10-1.

Les angles au niveau de B2-1 et de la ligne médiane ne présentent aucune différence significative selon la classe d'âge des chevaux.

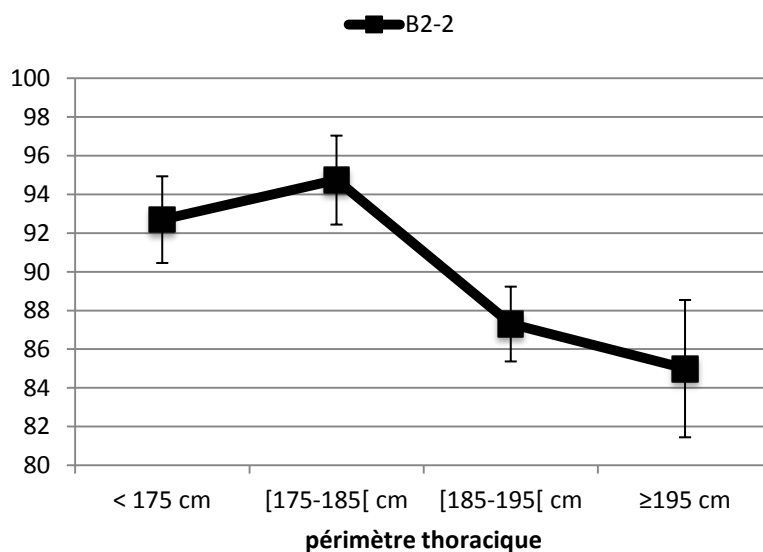
Graphiquement aucun lien de proportionnalité n'a pu être mis en évidence.

### (3) Association entre périmètre thoracique et angle du dos

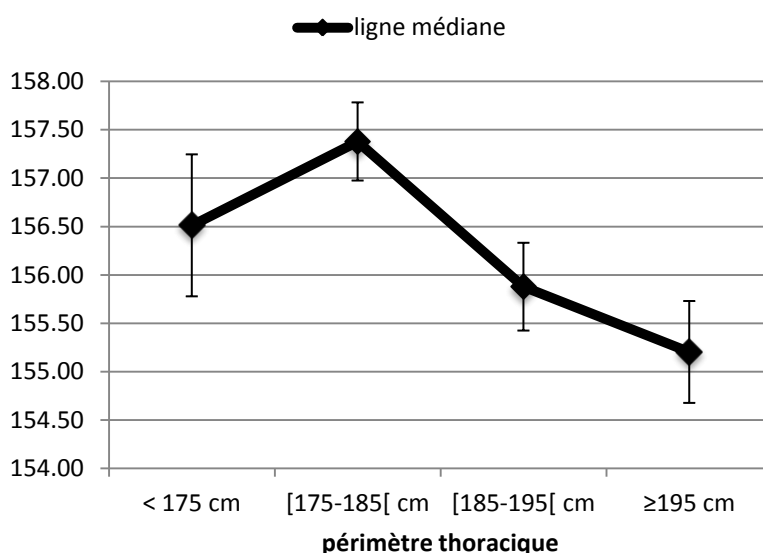
On observe au moins une moyenne significativement différente entre les chevaux de différents périmètres thoraciques au niveau de B2-2 et de l'angle formé par la ligne médiane.

Les figures suivantes illustrent une possible diminution de B2-2 ainsi qu'un creusement de la ligne avec l'augmentation du périmètre thoracique.

**Figure 112 :** Représentation des valeurs moyennes de B2-2 dans chacune des classes  
Les barres d'erreur correspondent à l'écart-type de la moyenne



**Figure 113 :** Représentation des valeurs moyennes de la ligne médiane dans chacune des classes  
de périmètre thoracique  
Les barres d'erreur correspondent à l'écart-type de la moyenne



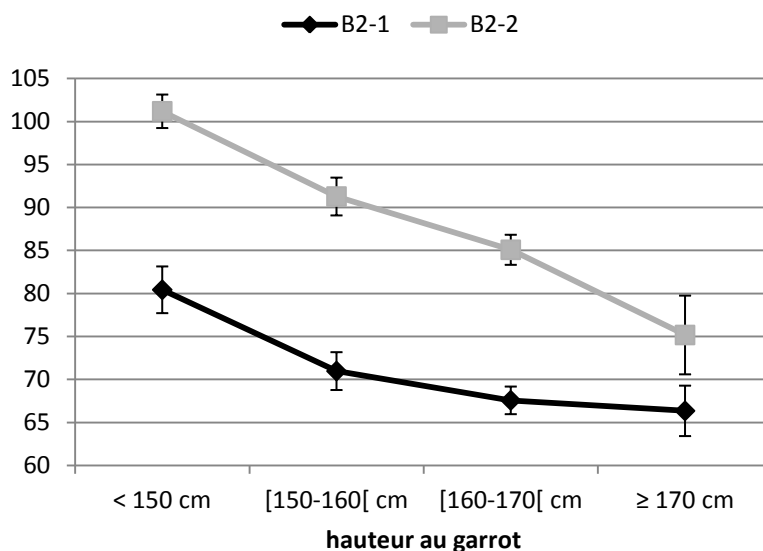
#### (4) Association entre hauteur au garrot et angle du dos

On retrouve au niveau de B2-1 et B2-2 au moins une moyenne significativement différente au sein des différentes classes de hauteur au garrot.

Aucune différence significative n'est observée au niveau des autres angles mesurés.

Les courbes suivantes nous permettent de faire une hypothèse : plus le cheval est grand, plus les 2 premiers angles au niveau de B2-1 et B2-2 sont fermés.

**Figure 114 :** Représentation des valeurs moyennes de B2-1 et B2-2 dans chacune des classes  
Les barres d'erreur correspondent à l'écart-type de la moyenne



**Tableau 14 : Récapitulatif général des résultats pour les paramètres quantitatifs et semi-quantitatif (note d'état)**

**n** : effectif ; **p** : degré de significativité ; **\*\*** : il existe au moins une moyenne significativement différente ( $p < 0.05$ ) ; **\*** : il existe au moins une moyenne pouvant être significativement différente ( $p < 0.1$ )

|                      |              | n  | B2-1    |            |        |    | B2-2    |            |        |    | B6-1    |            |        |    | B10-1   |            |        |    | ligne médiane |            |        |   |
|----------------------|--------------|----|---------|------------|--------|----|---------|------------|--------|----|---------|------------|--------|----|---------|------------|--------|----|---------------|------------|--------|---|
|                      |              |    | moyenne | écart-type | p      |    | moyenne | écart-type | p      |    | moyenne | écart-type | p      |    | moyenne | écart-type | p      |    | moyenne       | écart-type | p      |   |
| Note d'état          | 1,5          | 1  | 54,00   | 0,00       | 0,0000 | ** | 78,00   | 0,00       | 0,0000 | ** | 78,00   | 0,00       | 0,0000 | ** | 108,00  | 0,00       | 0,0000 | ** | 157,27        | 0,00       | 0,4311 |   |
|                      | 2            | 7  | 58,29   | 6,68       |        |    | 84,00   | 13,86      |        |    | 100,29  | 16,87      |        |    | 127,71  | 10,23      |        |    | 156,15        | 3,17       |        |   |
|                      | 2,5          | 19 | 61,26   | 11,76      |        |    | 83,68   | 14,49      |        |    | 103,26  | 16,07      |        |    | 130,42  | 12,78      |        |    | 157,62        | 3,75       |        |   |
|                      | 3            | 83 | 68,10   | 11,34      |        |    | 84,87   | 14,91      |        |    | 113,06  | 14,77      |        |    | 136,94  | 13,23      |        |    | 155,88        | 3,49       |        |   |
|                      | 3,5          | 26 | 73,85   | 12,67      |        |    | 92,54   | 14,32      |        |    | 121,38  | 13,18      |        |    | 141,92  | 11,63      |        |    | 156,97        | 3,51       |        |   |
|                      | 4            | 16 | 90,38   | 10,39      |        |    | 109,50  | 9,17       |        |    | 137,25  | 9,26       |        |    | 150,75  | 9,26       |        |    | 155,91        | 2,24       |        |   |
|                      | 4,5          | 7  | 91,71   | 20,70      |        |    | 101,14  | 11,71      |        |    | 137,14  | 15,27      |        |    | 145,71  | 12,35      |        |    | 155,10        | 1,34       |        |   |
|                      | 5            | 3  | 92,00   | 15,10      |        |    | 112,00  | 3,46       |        |    | 146,00  | 9,17       |        |    | 152,00  | 6,93       |        |    | 154,85        | 3,33       |        |   |
| Age                  | < 6 ans      | 17 | 75,18   | 14,25      | 0,0738 | *  | 92,47   | 13,09      | 0,0200 | ** | 120,71  | 13,06      | 0,0064 | ** | 139,76  | 11,77      | 0,0016 | ** | 156,73        | 3,13       | 0,2437 |   |
|                      | [6-11[ ans   | 56 | 74,68   | 14,60      |        |    | 94,18   | 15,22      |        |    | 120,54  | 17,25      |        |    | 143,46  | 12,70      |        |    | 156,50        | 3,06       |        |   |
|                      | [11-16[ ans  | 49 | 68,57   | 13,75      |        |    | 86,94   | 14,45      |        |    | 109,22  | 19,82      |        |    | 133,35  | 14,45      |        |    | 156,50        | 3,52       |        |   |
|                      | >= 16 ans    | 40 | 68,55   | 16,63      |        |    | 84,90   | 19,10      |        |    | 118,05  | 16,27      |        |    | 137,00  | 12,89      |        |    | 155,29        | 3,55       |        |   |
| Périmètre thoracique | < 175 cm     | 20 | 68,40   | 12,37      | 0,3047 |    | 92,70   | 10,02      | 0,0296 | ** | 110,40  | 13,26      | 0,1056 |    | 133,50  | 11,98      | 0,3252 |    | 156,51        | 3,28       | 0,0306 | * |
|                      | [175-185[ cm | 43 | 74,93   | 15,40      |        |    | 94,74   | 15,07      |        |    | 115,67  | 20,21      |        |    | 138,70  | 14,88      |        |    | 157,38        | 2,65       |        |   |
|                      | [185-195[ cm | 69 | 70,09   | 14,68      |        |    | 87,30   | 16,06      |        |    | 116,09  | 18,60      |        |    | 138,61  | 13,22      |        |    | 155,88        | 3,77       |        |   |
|                      | >= 195 cm    | 30 | 71,20   | 16,66      |        |    | 85,00   | 19,43      |        |    | 122,80  | 14,59      |        |    | 140,87  | 14,15      |        |    | 155,20        | 2,89       |        |   |
| Hauteur au garrot    | < 150 cm     | 37 | 80,43   | 16,52      | 0,0002 | ** | 101,19  | 11,85      | 0,0000 | ** | 122,11  | 16,08      | 0,1433 |    | 142,38  | 11,55      | 0,1558 |    | 156,70        | 3,34       | 0,2265 |   |
|                      | [150-160[ cm | 47 | 70,98   | 15,08      |        |    | 91,28   | 15,06      |        |    | 113,74  | 20,36      |        |    | 136,34  | 14,57      |        |    | 156,74        | 3,22       |        |   |
|                      | [160-170[ cm | 61 | 67,57   | 12,53      |        |    | 85,08   | 13,66      |        |    | 114,79  | 18,21      |        |    | 137,02  | 13,33      |        |    | 155,85        | 3,46       |        |   |
|                      | >= 170 cm    | 17 | 66,35   | 12,09      |        |    | 75,18   | 18,87      |        |    | 118,24  | 11,57      |        |    | 140,59  | 16,15      |        |    | 155,15        | 3,17       |        |   |



### c) Associations entre les angles

Un récapitulatif des résultats est présenté dans le tableau 15, ci-après.

Nous retrouvons au moins une moyenne significativement différente entre les différentes classes de B2-1 au niveau des trois angles : B2-2, B6-1 et B10-1.

De même il existe au moins une moyenne significativement différente entre les différentes classes de B2-2, B6-1 et B10-1 avec respectivement B2-1, B6-1 et B10-1, puis B2-1, B2-2 et B10-1 et enfin B2-1, B2-2 et B6-1.

On remarque qu'il existe au moins une moyenne significativement différente au niveau de la ligne médiane entre les différentes classes de B6-1 mais aussi au niveau de B2-1 avec un degré de significativité plus faible ( $p=0,0874$ ).

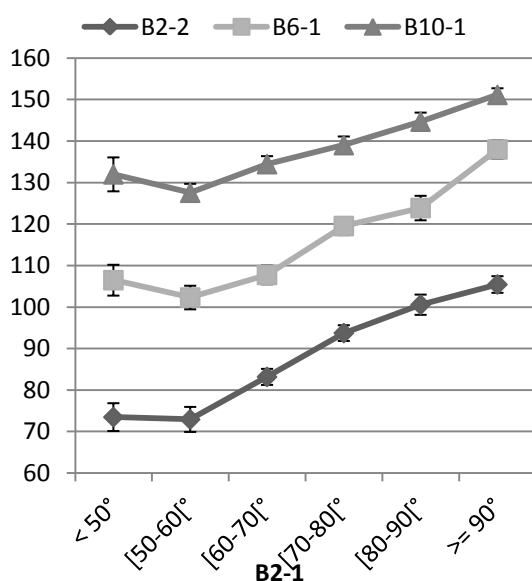
Enfin, entre les 6 classes d'angle de la ligne médiane, au moins une moyenne est significativement différente au niveau de B2-1. Aucune différence significative n'est observée au niveau des autres angles de mesure.

Avec les graphiques ci-dessous représentant les moyennes et l'écart type de la moyenne, nous pouvons faire plusieurs hypothèses :

- B2-2, B6-1 et B10-1 augmentent avec B2-1 avec un plateau en dessous de  $60^\circ$ , (figure 115).
- La ligne médiane s'aplatit lorsque B2-1 augmente, (figure 116).

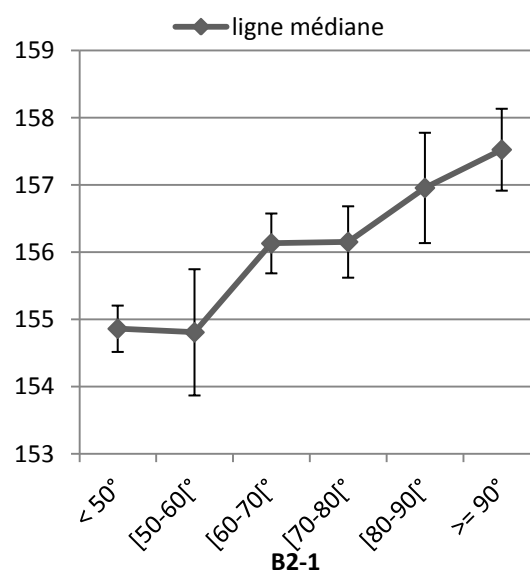
**Figure 115 : Représentation des valeurs moyennes de B2-2, B6-1 et B10-1 dans chacune des classes de B2-1**

Les barres d'erreur correspondent à l'écart-type de la moyenne



**Figure 116 : Représentation des valeurs moyennes de l'angle de la ligne médiane dans chacune des classes de B2-1**

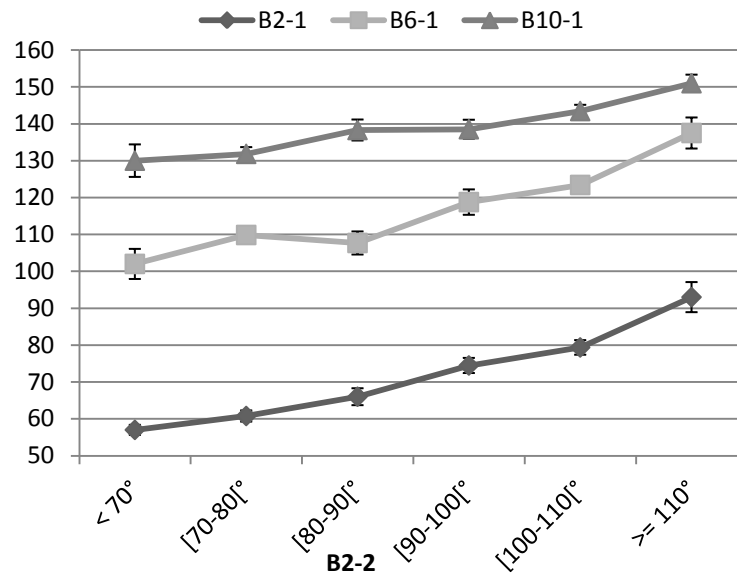
Les barres d'erreur correspondent à l'écart-type de la moyenne



- B2-1, B6-1 et B10-1 augmentent également avec B2-2. (figure 117)

**Figure 117 :** Représentation des valeurs moyennes de B2-1, B6-1 et B10-1 dans chacune des classes de B2-2

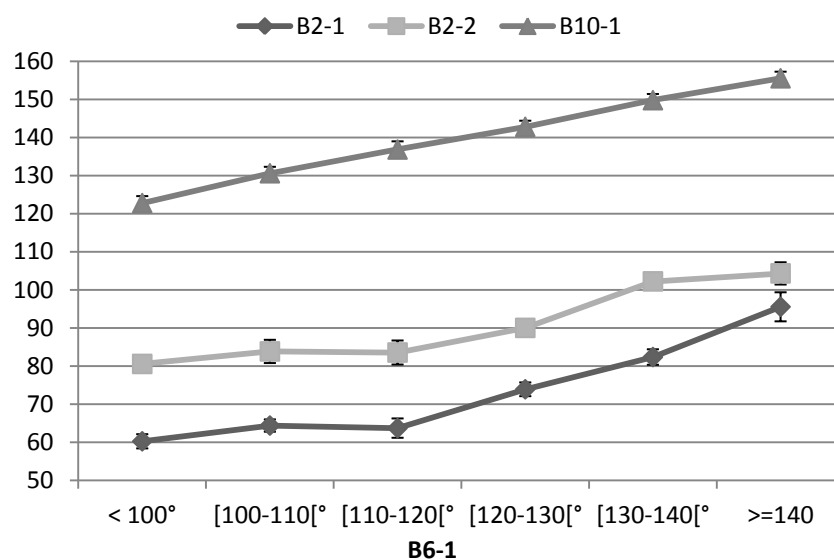
Les barres d'erreur correspondent à l'écart-type de la moyenne



- B2-1, B2-2 et B10-1 augmentent avec B6-1. (figure 118)
- Lorsque B6-1 à une valeur inférieure à 100° la ligne médiane serait moins creuse (figure 119)

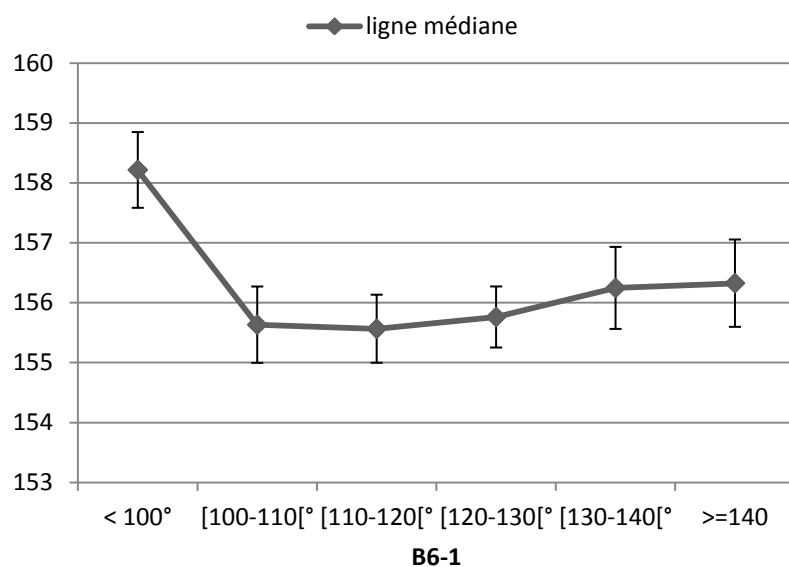
**Figure 118 :** Représentation des valeurs moyennes de B2-1, B2-2 et B10-1 dans chacune des classes de B6-1

Les barres d'erreur correspondent à l'écart-type de la moyenne



**Figure 119 :** Représentation des valeurs moyennes de l'angle de la ligne médiane dans chacune des classes de B6-1

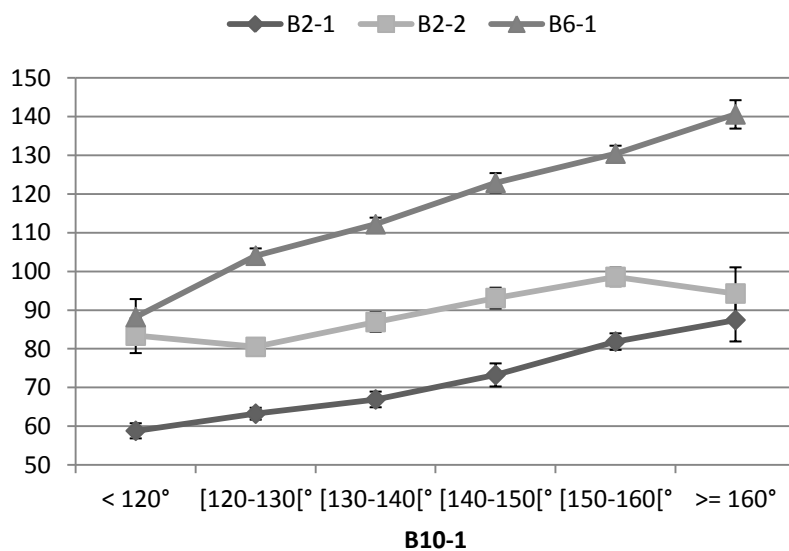
Les barres d'erreur correspondant à l'écart-type de la moyenne



- B2-1, B2-2, B6-1 augmentent avec B10-1. (figure 120)

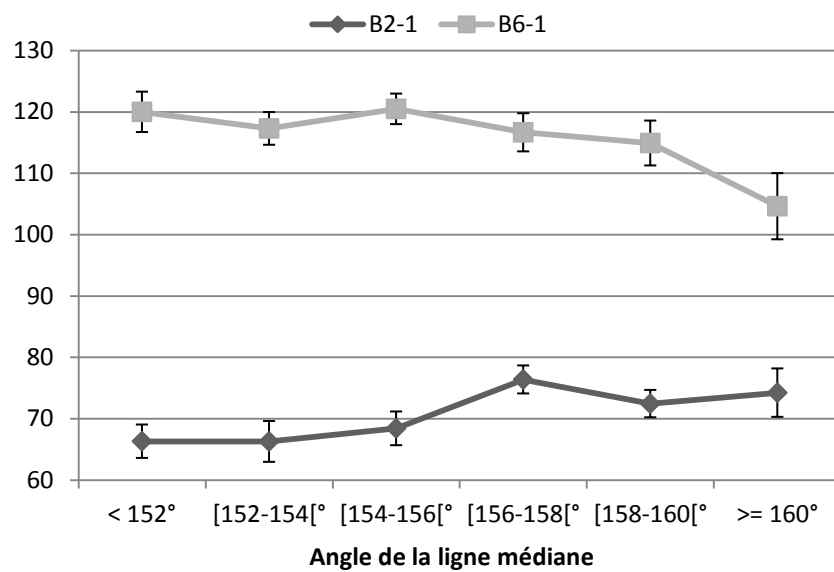
**Figure 120 :** Représentation des valeurs moyennes de B2-1, B2-2 et B6-1 dans chacune des classes de B10-1

Les barres d'erreur correspondant à l'écart-type de la moyenne



- Lorsque l'angle de la ligne médiane augmente, B2-1 augmente alors que B6-1 diminue. (figure 121).

**Figure 121 : Représentation des valeurs moyennes de B2-1 et B6-1 dans chacune des classes de l'angle de la ligne médiane**  
**Les barres d'erreur correspondant à l'écart-type de la moyenne**



**Tableau 15 : Récapitulatif général des résultats au sein des différentes classes d'angles**

**n : effectif ; p : degré de significativité ; \*\* : il existe au moins une moyenne significativement différente (p<0.05) ; \* : il existe au moins une moyenne pouvant être significativement différente (p<0.1)**

|               |            | n  | B2-1    |            |        |    | B2-2    |            |        |    | B6-1    |            |        |    | B10-1   |            |        |    | ligne médiane |            |        |    |
|---------------|------------|----|---------|------------|--------|----|---------|------------|--------|----|---------|------------|--------|----|---------|------------|--------|----|---------------|------------|--------|----|
|               |            |    | moyenne | écart-type | p      |    | moyenne | écart-type | p      |    | moyenne | écart-type | p      |    | moyenne | écart-type | p      |    | moyenne       | écart-type | p      |    |
| B2-1          | < 50°      | 8  |         |            |        |    | 73,50   | 9,49       | 0,0000 | ** | 106,50  | 10,52      | 0,0000 | ** | 132,00  | 11,56      | 0,0000 | ** | 154,86        | 0,98       | 0,0874 | *  |
|               | [50-60]°   | 19 |         |            |        |    | 72,95   | 13,15      |        |    | 102,32  | 12,41      |        |    | 127,58  | 9,35       |        |    | 154,81        | 4,09       |        |    |
|               | [60-70]°   | 52 |         |            |        |    | 83,19   | 13,96      |        |    | 107,77  | 16,29      |        |    | 134,46  | 13,93      |        |    | 156,13        | 3,21       |        |    |
|               | [70-80]°   | 40 |         |            |        |    | 93,75   | 11,98      |        |    | 119,55  | 13,82      |        |    | 139,05  | 13,17      |        |    | 156,15        | 3,36       |        |    |
|               | [80-90]°   | 17 |         |            |        |    | 100,59  | 10,07      |        |    | 123,88  | 12,18      |        |    | 144,71  | 8,97       |        |    | 156,96        | 3,38       |        |    |
|               | >= 90°     | 26 |         |            |        |    | 105,46  | 10,21      |        |    | 138,00  | 11,63      |        |    | 151,15  | 8,14       |        |    | 157,52        | 3,11       |        |    |
| B2-2          | < 70°      | 14 | 57,00   | 5,13       | 0,0000 | ** |         |            |        |    | 102,00  | 15,25      | 0,0000 | ** | 130,00  | 16,49      | 0,0000 | ** | 155,77        | 3,91       | 0,4652 |    |
|               | [70-80]°   | 39 | 60,77   | 9,45       |        |    |         |            |        |    | 109,85  | 13,00      |        |    | 131,85  | 11,39      |        |    | 155,39        | 3,02       |        |    |
|               | [80-90]°   | 19 | 66,00   | 10,00      |        |    |         |            |        |    | 107,68  | 13,63      |        |    | 138,32  | 12,41      |        |    | 156,10        | 2,81       |        |    |
|               | [90-100]°  | 34 | 74,47   | 11,92      |        |    |         |            |        |    | 118,76  | 20,08      |        |    | 138,53  | 14,94      |        |    | 156,50        | 3,63       |        |    |
|               | [100-110]° | 44 | 79,36   | 13,12      |        |    |         |            |        |    | 123,41  | 15,28      |        |    | 143,45  | 11,19      |        |    | 156,80        | 3,62       |        |    |
|               | >= 110°    | 12 | 93,00   | 14,13      |        |    |         |            |        |    | 137,50  | 14,58      |        |    | 151,00  | 8,02       |        |    | 156,85        | 2,45       |        |    |
| B6-1          | < 100°     | 26 | 60,23   | 9,52       | 0,0000 | ** | 80,54   | 10,89      | 0,0000 | ** |         |            |        |    | 122,77  | 9,33       | 0,0000 | ** | 158,21        | 3,22       | 0,0333 | ** |
|               | [100-110]° | 33 | 64,36   | 9,28       |        |    | 83,82   | 17,52      |        |    |         |            |        |    | 130,61  | 9,66       |        |    | 155,63        | 3,66       |        |    |
|               | [110-120]° | 26 | 63,69   | 12,93      |        |    | 83,54   | 16,09      |        |    |         |            |        |    | 136,85  | 10,87      |        |    | 155,56        | 2,90       |        |    |
|               | [120-130]° | 35 | 73,89   | 10,67      |        |    | 90,00   | 13,81      |        |    |         |            |        |    | 142,80  | 9,41       |        |    | 155,76        | 3,01       |        |    |
|               | [130-140]° | 29 | 82,34   | 10,98      |        |    | 102,21  | 11,28      |        |    |         |            |        |    | 149,79  | 8,71       |        |    | 156,25        | 3,69       |        |    |
|               | >=140      | 13 | 95,54   | 13,74      |        |    | 104,31  | 10,55      |        |    |         |            |        |    | 155,54  | 6,23       |        |    | 156,32        | 2,63       |        |    |
| B10-1         | < 120°     | 10 | 58,80   | 6,20       | 0,0000 | ** | 83,40   | 14,27      | 0,0000 | ** | 88,20   | 14,71      | 0,0000 | ** |         |            |        |    | 157,88        | 4,24       | 0,3557 |    |
|               | [120-130]° | 41 | 63,22   | 9,87       |        |    | 80,49   | 14,07      |        |    | 104,05  | 12,12      |        |    |         |            |        |    | 156,11        | 3,72       |        |    |
|               | [130-140]° | 33 | 66,91   | 11,63      |        |    | 86,91   | 14,55      |        |    | 112,18  | 9,78       |        |    |         |            |        |    | 155,53        | 2,75       |        |    |
|               | [140-150]° | 29 | 73,24   | 16,07      |        |    | 93,10   | 14,49      |        |    | 122,90  | 13,48      |        |    |         |            |        |    | 155,99        | 3,99       |        |    |
|               | [150-160]° | 42 | 81,86   | 13,82      |        |    | 98,57   | 15,63      |        |    | 130,43  | 13,32      |        |    |         |            |        |    | 156,42        | 2,85       |        |    |
|               | >= 160°    | 7  | 87,43   | 14,64      |        |    | 94,29   | 17,90      |        |    | 140,57  | 9,71       |        |    |         |            |        |    | 157,70        | 1,04       |        |    |
| ligne médiane | < 152°     | 18 | 66,33   | 11,55      | 0,0402 | ** | 84,00   | 19,08      | 0,2766 |    | 120,00  | 13,96      | 0,0816 | *  | 135,67  | 13,36      | 0,2015 |    |               |            |        |    |
|               | [152-154]° | 20 | 66,30   | 14,89      |        |    | 87,30   | 15,14      |        |    | 117,30  | 11,92      |        |    | 135,90  | 9,79       |        |    |               |            |        |    |
|               | [154-156]° | 37 | 68,43   | 16,70      |        |    | 87,24   | 15,97      |        |    | 120,49  | 15,12      |        |    | 139,14  | 11,82      |        |    |               |            |        |    |
|               | [156-158]° | 45 | 76,40   | 15,32      |        |    | 93,47   | 15,85      |        |    | 116,67  | 20,85      |        |    | 142,18  | 15,28      |        |    |               |            |        |    |
|               | [158-160]° | 26 | 72,46   | 11,37      |        |    | 89,77   | 15,78      |        |    | 114,92  | 18,64      |        |    | 138,00  | 15,08      |        |    |               |            |        |    |
|               | >= 160°    | 16 | 74,25   | 15,78      |        |    | 92,25   | 15,47      |        |    | 104,63  | 21,57      |        |    | 133,13  | 14,57      |        |    |               |            |        |    |

## C. De la mise en place du modèle

L'annexe 2 récapitule les résultats obtenus grâce à notre modélisation.

**Attention**, le logiciel Epi Info ne nous donne que 3 chiffres significatifs après la virgule, alors que SAS prend en compte la totalité des chiffres quand il estime les angles. Etant donné que les valeurs de hauteur au garrot, de périmètre thoracique ou de l'interaction sont très élevées, les fonctions qui suivent ne peuvent pas être directement utilisées, car elles donneraient des valeurs différentes de la réalité. Il faut donc se reporter aux valeurs de l'annexe 2.

### 1. B2-1

Grâce au logiciel Epi Info V3.5.4, nous trouvons pour les différents coefficients **a, b, c et d**, pour les femelles et les hongres :

$$\begin{aligned} \text{B2-1}_{\text{femelle}} (\text{périmètre\_thoracique}, \text{hauteur\_au\_garrot}) &= -392,6 + 3,715.\text{périmètre\_thoracique} + \\ &\quad 1,980.\text{hauteur\_au\_garrot} - 0,018.\text{périmètre\_thoracique}.\text{hauteur\_au\_garrot} \\ \text{B2-1}_{\text{hongre}} (\text{périmètre\_thoracique}, \text{hauteur\_au\_garrot}) &= 55,900 + 1,004.\text{périmètre\_thoracique} - \\ &\quad 0,778.\text{hauteur\_au\_garrot} - 0,002.\text{périmètre\_thoracique}.\text{hauteur\_au\_garrot} \end{aligned}$$

Dans l'annexe 2, on peut trouver la valeur moyenne ainsi que l'intervalle de confiance à 95% pour plusieurs valeurs de hauteur au garrot et périmètre thoracique par exemple :

Pour une jument mesurant 160 cm avec un périmètre thoracique de 190 cm, on a 95% de chance que B2-1 se situe entre 67° et 75° avec une moyenne de 71°.

Pour un hongre mesurant 160 cm avec un périmètre thoracique de 190 cm, on trouve un intervalle de confiance à 95% de [69°, 75°] et une moyenne de 72°.

### 2. B2-2

Pour B2-2 nous trouvons :

$$\begin{aligned} \text{B2-2}_{\text{femelle}} (\text{périmètre\_thoracique}, \text{hauteur\_au\_garrot}) &= -65,338 + 1,973.\text{périmètre\_thoracique} + \\ &\quad 0,322.\text{hauteur\_au\_garrot} - 0,009.\text{périmètre\_thoracique}.\text{hauteur\_au\_garrot} \\ \text{B2-2}_{\text{hongre}} (\text{périmètre\_thoracique}, \text{hauteur\_au\_garrot}) &= 206,110 + 0,553.\text{périmètre\_thoracique} - \\ &\quad 1,462.\text{hauteur\_au\_garrot} - 0,000.\text{périmètre\_thoracique}.\text{hauteur\_au\_garrot} \end{aligned}$$

D'après l'annexe 2, pour une jument mesurant 160 cm avec un périmètre thoracique de 190 cm, on a 95% de chance que B2-2 se situe entre 85° et 93° avec une moyenne de 89°.

### 3. B6-1

Pour B6-1, nous trouvons :

$$\begin{aligned} B6-1_{\text{femelle}} (\text{périmètre\_thoracique}, \text{hauteur\_au\_garrot}) &= -468,957 + 4,014.\text{périmètre\_thoracique} + \\ & 2,344.\text{hauteur\_au\_garrot} - 0,018.\text{périmètre\_thoracique}.\text{hauteur\_au\_garrot} \\ B6-1_{\text{hongre}} (\text{périmètre\_thoracique}, \text{hauteur\_au\_garrot}) &= 969,566 - 3,434.\text{périmètre\_thoracique} - \\ & 7,073.\text{hauteur\_au\_garrot} + 0,031.\text{périmètre\_thoracique}.\text{hauteur\_au\_garrot} \end{aligned}$$

Pour notre jument mesurant 160 cm avec un périmètre thoracique de 190 cm, on a 95% de chance que B6-1 se situe entre 115° et 125° avec une moyenne de 120°. (Annexe 2)

### 4. B10-1

Pour B10-1 nous trouvons :

$$\begin{aligned} B10-1_{\text{femelle}} (\text{périmètre\_thoracique}, \text{hauteur\_au\_garrot}) &= -110,867 + 1,834.\text{périmètre\_thoracique} \\ & + 0,973.\text{hauteur\_au\_garrot} - 0,008.\text{périmètre\_thoracique}.\text{hauteur\_au\_garrot} \\ B10-1_{\text{hongre}} (\text{périmètre\_thoracique}, \text{hauteur\_au\_garrot}) &= 905,058 - 3,464.\text{périmètre\_thoracique} - \\ & 5,903.\text{hauteur\_au\_garrot} + 0,027.\text{périmètre\_thoracique}.\text{hauteur\_au\_garrot} \end{aligned}$$

Pour notre jument mesurant 160 cm avec un périmètre thoracique de 190 cm, on a 95% de chance que B2-1 se situe entre 138° et 145° avec une moyenne de 142°. (Annexe 2).

## IV. DISCUSSION

Notre discussion portera dans un premier temps sur le protocole que nous avons utilisé puis dans un second temps sur les résultats que nous avons obtenus. Il s'agira d'abord tous les points critiquables et potentiellement perfectibles de notre étude expérimentale, ainsi que les différents biais possibles à prendre en compte dans l'interprétation des résultats statistiques.

### A. Discussion du protocole d'étude

#### 1. Répétabilité et reproductibilité

Un des pré-requis fondamentaux avant d'utiliser un nouvel appareil de mesure est d'évaluer sa répétabilité et sa reproductibilité. Il est à l'origine de notre étude préliminaire.

Les résultats obtenus dans notre étude démontrent que le topographe Equiscan peut être utilisé de façon répétable. En effet, 100% des coefficients de variation sont inférieurs à 10%. Nous remarquons que la répétabilité est particulièrement bonne au niveau des mesures de B10-1 et de la ligne médiane (<5%). Nous remarquons aussi que le coefficient de variation augmente lorsque qu'on se rapproche du garrot, qui apparaît donc comme une zone plus critique et difficile à mesurer.

Lors de la pose du topographe, la localisation exacte de T18 est toujours difficile. Ainsi nous pouvons supposer qu'un léger décalage du topographe vers l'avant ou l'arrière du cheval entraîne une plus grande différence de mesure au niveau du garrot (B2-1 et B2-2) qu'en région thoracique caudale (B10-1) qui est une région beaucoup plus régulière.

Les coefficients de concordance de Lin mettent en évidence une reproductibilité inter-opérateur plutôt bonne au niveau de B6-1 et B10-1, moyennement satisfaisante au niveau de B2-1 et B2-2 et mauvaise au niveau de la ligne médiane. Cependant il est difficile de savoir si ces variations sont liées à une position différente du cheval, à un positionnement différent de l'appareil au niveau de T18 ou à un positionnement différent des segments le long du dos du cheval.

Par exemple nous pouvons penser que l'angle de la ligne médiane est fortement influencé par la position de la tête (cf. figure 24, DENOIX (1986)), qui est un paramètre difficile à contrôler.

De même que pour la répétabilité, le garrot se présente comme une zone moins reproductible du fait de son irrégularité.

Il faut ainsi relativiser la pertinence des résultats statistiques obtenus au cours de notre étude, plus particulièrement au niveau de la ligne médiane, de B2-1 et de B2-2.

Ensuite, le premier critère du coefficient de Bland et Altman est toujours respecté, ainsi les deux opérateurs ne surestiment ou ne sous-estiment pas l'autre de plus de 6°, il n'existe donc pas de biais de classement différentiel entre les deux opérateurs.

Cependant le second critère n'est jamais respecté : il y a moins de 95% des écarts entre les deux opérateurs ayant un écart de moins de 12°. Comme la surestimation ou la sous-estimation est indépendante de l'opérateur qui fait la mesure, **il existe un biais de classement non différentiel diminuant la puissance de l'association statistique.**

## 2. Choix de la population d'étude

Notre travail avait pour objectif d'étudier spécifiquement les chevaux de loisir en France incluant les chevaux de club et les chevaux amateurs. De part l'absence d'échantillonnage aléatoire et le mode de recrutement par le volontariat, la représentativité de l'étude est limitée d'un point de vue statistique. Cependant nous avons essayé de recruter des clubs partout en France afin d'avoir une meilleure représentativité surtout qu'il existe des différences significatives entre les clubs et les régions pour les différents paramètres.

Nous avons également comparé des groupes de chevaux dont aucune comparabilité n'était garantie. C'est pourquoi nous n'avons mis en évidence que des relations statistiques entre différents paramètres et la morphologie du dos.

Nous considérons que l'effectif de l'échantillon est suffisant pour cette étude.

Nos résultats auraient une meilleure validité avec un échantillonnage aléatoire des clubs ainsi que des chevaux au sein des écuries. Une étude plus représentative serait intéressante, mais étant la première étude du genre, sa mise en œuvre semblait trop contraignante.



### 3. Choix des paramètres étudiés et de leur prise de mesure

Une étude de la répétabilité et de la reproductibilité de la mesure de la hauteur au garrot auraient été intéressantes. Une étude (MENAGER (2010)) utilisant le même protocole de toise avait montré que les mesures étaient facilement répétables et reproductibles.

De même, la répétabilité et la reproductibilité de la mesure du périmètre thoracique auraient été intéressantes à évaluer au sein de notre étude. Mais les mesures paraissent facilement répétables et reproductibles (MENAGER (2010)).

Dans la notation de l'état corporel et même si nous nous reportons à une échelle de notation, il est important de souligner la part non négligeable de subjectivité de l'opérateur. En effet elle n'est pas directement mesurable ou quantifiable.

L'évaluation du type d'activité et du niveau d'activité est aussi sujette à la subjectivité du chef d'écurie qui peut sous-estimer ou surestimer certains chevaux.

De plus la détermination du type d'activité a été particulièrement difficile à mettre en œuvre puisqu'un même cheval peut recouper différentes activités. Par exemple, un cheval d'instruction peut avoir une activité de compétition en CSO occasionnellement.

La prise de mesure des angles du dos peut également être variable à cause de certains éléments éventuellement à améliorer ou à préciser. En effet, le placement du topographe n'est parfois pas très précis notamment lorsque le cheval a un état d'embonpoint assez important et que T18 est difficilement perceptible. Dans l'idéal il aurait fallu repérer T18 à l'aide d'un marqueur et d'une radiographie, technique impossible à réaliser pratiquement dans le cadre de cette étude.

Le créateur du topographe proposait également de placer l'appareil en fonction de l'épaule du cheval, en plaçant la deuxième barre au niveau de la scapula et de noter où cela plaçait la partie caudale du scanner par rapport à T18. Mais cela ne nous semblait pas plus aisé de localiser la scapula par rapport à T18, surtout que la position de la scapula dépend largement de la position du membre antérieur.

Il est aussi important de noter, que la prise de mesure est affectée par les mouvements du cheval, maintenir un cheval parfaitement immobile durant 5 à 10 minutes est strictement impossible.

Avant chaque mesure nous vérifions à l'aide du niveau fourni avec le topographe que le sol était horizontal. Cependant ce niveau avait une longueur de seulement 5 cm ne permettant pas d'apprécier avec précision l'horizontalité du sol. Ainsi si le cheval n'était pas sur une surface parfaitement horizontale, cela modifie l'orientation globale de la représentation 3D des dos, mais elle n'a absolument aucune influence sur la mesure des différents angles.

Avec maintenant plus de recul, nous aurions dû prendre en compte la longueur du dos du cheval, car elle ne semble pas toujours corrélée à la taille du cheval. Nos résultats auraient donc été plus pertinents si par exemple nous avions mesuré la longueur entre le point le plus haut du garrot et T18. En effet B2-1, B2-2, B6-1 ou B10-1 correspondent à une distance par rapport au repère de T18 et non à des repères anatomiques. Par exemple, pour un cheval avec un dos très court, B2-1 sera en avant du garrot alors que pour un cheval au dos très long B2-1 sera en arrière du garrot.

Nous aurions aussi dû prendre en compte la musculature du dos du cheval qui joue un rôle primordial dans la morphologie du dos d'un cheval. Cependant ce paramètre nous paraissait trop subjectif et difficile à évaluer pour pouvoir l'inclure dans notre étude.

## **B. Discussion des résultats de l'enquête de terrain**

### **1. Fiabilité des tests statistiques utilisés**

Nous avons créé des groupes au sein de chaque paramètre étudié afin de pouvoir mettre en évidence des associations entre la morphologie du dos et la description d'un cheval. Cependant il existe au sein de chacun des groupes une grande hétérogénéité ne garantissant pas la comparabilité et introduisant de possible biais de confusion. (cf. partie II.B.2. ci-après)

**Il est très important de remarquer que cette étude se contente de mettre en évidence des associations statistiques brutes.** Ce sont donc des associations qui ne prennent en compte aucun facteur de confusion potentiel. Des associations stratifiées élimineraient les biais de confusion et commenceraient alors à se rapprocher de l'association causale.

Il est aussi important de remarquer qu'un possible biais de confusion peut masquer une association existant réellement.

Trois critères sont nécessaires pour que X soit un facteur de confusion, on dira donc que X est un facteur de confusion potentiel. Il faut que X soit associé aux angles mesurés ( $p < 0.2$ ) et aux paramètres étudiés, et que X ne soit ni une conséquence des angles du dos ni une conséquence du paramètre.

### **2. Résultats**

Nous n'avons pas trouvé dans la littérature une étude similaire à la nôtre ou s'intéressant à une population de chevaux de club ou de loisir en France. Nous n'avons donc pas pu confronter nos résultats.

Nos résultats, exprimés dans la partie précédente, nous ont permis d'établir certaines associations entre quelques paramètres que nous avons évalués et les angles mesurés. Cependant, certaines de ces associations sont à moduler notamment par la présence de biais que l'étude statistique que nous avons faite ici ne prend pas en compte.

Ainsi, on observe une association entre l'origine des chevaux (leur club d'appartenance et leur région) et les angles. Cependant, il serait intéressant d'étudier la présence d'un biais de confusion lié à la note d'état, puisqu'il apparaît qu'au sein d'un même centre équestre les notes d'état sont plutôt homogènes, mais qu'elles ne le sont pas entre clubs. L'existence d'au moins une moyenne significativement différente des autres pourrait alors être liée à la note d'état des chevaux présents dans le centre équestre. D'autres biais de confusion potentiels tels que le type d'activité, le niveau d'activité ou encore la hauteur au garrot devraient être pris en compte.

Notre étude met en évidence une association entre les races et les angles au niveau des barres B2 et B6, laissant supposer que les chevaux tels que les PS ou les SF ont des angles plus fermés que des poneys tels que les Connemara ou les PFS. Il ne semble pas y avoir d'association entre B10 ainsi que la ligne médiane avec la race, laissant supposer que la partie caudale du dos est moins variable d'une race à l'autre que les zones plus craniales telle que la zone du garrot par

exemple. A nouveau, nous pouvons nous poser la question de l'éventuelle présence d'un biais de confusion, par exemple issu de la note d'état à nouveau, ou encore de la taille du cheval. Cela reviendrait à répondre à la question : à note d'état égale et à taille égale, existerait-il une différence significative entre le dos d'un pur-sang anglais et d'un Connemara ? Subjectivement, nous pouvons penser que oui...

Aucune association n'a été mise en évidence par l'étude statistique entre le type d'activité et les angles mesurés. Cependant, comme nous l'avons vu précédemment, cela pourrait être lié à la constitution des différentes classes permettant de répartir les chevaux en fonction de leur type d'activité. En effet, un biais pourrait être créé par le recoupement de certaines classes, avec notamment des chevaux d'instruction qui ont également une activité de CSO ou de CCE.

En revanche, une association entre le niveau d'activité et les angles B2, B6 et B10 a été mise en évidence. A nouveau, cette association est à moduler par la présence éventuelle d'un biais de confusion comme la note d'état ou la taille au garrot. En effet, un cheval ayant un faible niveau d'activité va avoir une masse grasseuse plus importante et donc une note d'état plus élevée, pouvant ainsi biaiser l'association entre le niveau d'activité et la valeur des angles mesurés. Il faudrait donc encore une fois prendre en compte les différents biais de confusion potentiels en stratifiant.

Dans l'étude des associations entre les paramètres quantitatifs et les angles, nous avons également étudié l'éventuelle linéarité des associations afin d'en déduire une tendance.

Une association entre les notes d'état et les angles a été mise en évidence, avec une relation linéaire permettant de supposer que les angles augmentent avec la note d'état avec un effet seuil au delà d'une note d'état de 4. Cependant, tout comme certaines associations précédentes semblent être biaisées par le paramètre note d'état, il serait intéressant de stratifier sur le niveau d'activité ou encore le club d'origine afin de préciser l'association.

Il existe une association brute entre âge et morphologie du dos, cependant il existe des biais de confusion potentiel comme la note d'état corporel ou le niveau d'activité. Une stratification serait donc nécessaire.

L'association mise en évidence entre le périmètre thoracique et B2-2 ainsi que celle avec la ligne médiane serait également à stratifier selon les potentiels biais de confusion tels que la note d'état, la hauteur au garrot ou le niveau d'activité. Il ne semble pas y avoir d'association entre ce paramètre et les autres angles, ce qui apporte un certain doute sur la force de l'association avec B2-2.

Nous avons également mis en évidence une association brute entre la hauteur au garrot et les angles B2-1 et B2-2. Encore une fois cette association ne prend pas en compte les potentiels biais de confusion tels que la note d'état, ou le niveau d'activité. Par exemple les poneys de petite taille ont bien souvent tendance à avoir une note d'état corporel supérieur aux chevaux de grande taille.

Ensuite, nous pouvons rappeler ici qu'il est important de remarquer que sur les chevaux de très grande taille, la longueur du dos étant plus longue, B2-1 et B2-2 se trouvaient largement en arrière du garrot. Ainsi entre les chevaux de très grande taille et de petite taille, le topographe mesurait un angle ne correspondant pas à la même localisation anatomique

Nous avons également mis en évidence différentes associations statistiques brutes entre les angles, il est important de remarquer encore une fois que nous n'avons pas pris en compte de biais de confusion potentiel.

## **C. Discussion sur la mise en place du modèle**

### **1. Méthode**

Inclure la note d'état aurait été pertinent puisque selon l'étude précédente elle joue un rôle primordial dans la forme du dos du cheval (partie III.B.3.b.(1)). Cependant la méthode ARNAUD *et al.* (1997) est encore trop subjective pour permettre au cavalier de transmettre une note d'état correcte au sellier.

Ensuite la modélisation par une fonction affine a été choisie par sa simplicité de mise en œuvre, des modèles plus précis mais plus complexes existent et permettraient d'avoir un intervalle de confiance plus petit.

### **2. Résultats**

La précision de l'intervalle de confiance n'est pas satisfaisante lorsque l'on atteint des valeurs extrêmes de périmètre thoracique et de taille au garrot au sein de notre échantillon. Par exemple pour une jument mesurant 179cm avec un périmètre thoracique de 205 cm, on obtient une moyenne de 49° pour B2-1 avec un intervalle de confiance allant de 28° à 69° soit un écart de 41°. Cette différence est beaucoup trop grande pour être pertinente lors de la construction d'un arçon.

Cependant pour les chevaux ayant un périmètre thoracique et une taille au garrot dans la moyenne, la précision nous permet d'avoir un intervalle de confiance exploitable en sellerie. Pour une jument mesurant 160 cm avec un périmètre thoracique de 190 cm, on obtient B2-1 : [67-78]°, B2-2 : [85-93]°, B6-1 : [115-125]°, B10-1 : [138-145]°.

## V. CONCLUSION de la seconde partie

A travers nos différentes prises de mesures au fil des régions, nous avons pu voir au sein des centres équestres français une véritable volonté d'améliorer le confort de leurs chevaux. La mobilisation des centres équestres sollicités en est un excellent exemple, associée à l'intérêt des cavaliers pour notre démarche.

La démarche d'Oxylane repose sur une volonté de mettre à disposition de budgets raisonnables un moyen de fournir à sa monture un équipement lui permettant de subir moins de contraintes et de favoriser son activité sportive. En effet, le topographe Equiscan® permet, notamment en Allemagne, de réaliser des selles sur-mesure, permettant à un cheval et son cavalier d'avoir une adéquation parfaite sur la zone dorsale, mais individuellement. Grâce à cette étude, nous avons maintenant une meilleure connaissance de la morphologie moyenne du dos du cheval de club français :

- L'angle d'ouverture moyen aux environs du garrot, soit au niveau de **B2-1 est de 71,4 +/- 15°** et pour **B2-2 de 89,5 +/- 16,2°**.
- L'angle moyen au niveau du **B6-1**, situé proche du locking point, est de **116,5 +/- 18°**.
- Au niveau de **B10-1**, correspondant généralement au troussequin, l'angle d'ouverture du dos est de **138,4 +/- 13,7°**.
- L'angulation moyenne de la **ligne médiane** est de **156,23 +/- 3,35°**.

Il a été possible de mettre en évidence une association statistique brute entre certains angles clés d'un arçon et certains paramètres associés à un cheval tels que son sexe, sa race, son niveau d'activité, sa taille, son périmètre thoracique, son état d'embonpoint et son âge. Il existe également une association statistique brute entre chacun des quatre angles B2-1, B2-2, B6-1 et B10-1.

Cela permettra, non pas d'établir une selle sur-mesure à chaque cheval de club français, mais d'avoir un modèle permettant de s'en rapprocher, et de fabriquer des selles mieux adaptées pour le plus grand nombre.



# CONCLUSION

L'équitation est un sport qui évolue beaucoup, mais dont le but reste principalement le plaisir et la réalisation de performance sportive. Ce but n'est atteignable que lorsque les deux éléments sont physiquement et mentalement aptes, et cela passe donc par le confort de la monture et l'optimisation du matériel utilisé, afin qu'il ne soit pas un frein à la pratique de l'équitation.

Les douleurs dorsales liées à la selle sont dues à une mauvaise répartition des pressions sur le dos du cheval ou à des contraintes mécaniques limitant le cheval dans son mouvement. Ainsi, pour construire la selle parfaite, plusieurs éléments sont à prendre en compte : le respect de l'anatomie du cheval, le respect de ses mouvements ainsi que le respect de sa morphologie.

L'anatomie du cheval est déjà bien connue et la biomécanique du cheval a fait l'objet de plusieurs études, le nombre d'articles s'intéressant aux pressions exercées par les différentes selles et les différents amortisseurs s'agrandit.

Cette thèse a le mérite d'être la première à décrire la morphologie moyenne du dos du cheval de club français, complétant ainsi les connaissances nécessaires à la fabrication des selles. Toutefois, la route à parcourir est encore longue au vu des nombreux paramètres entrant en compte dans les variations de la morphologie du dos du cheval.





# BIBLIOGRAPHIE

AUDIGIE F., POURCELOT P., DEGUEURCE C., DENOIX J.M., GEIGER D. (1999). Kinematics of the equine back : flexion extension movements in sound trotting horses. *Eq. Vet. J. Suppl.* **30**, 210-213.

AMERICAN FLEX . *Site publicitaire de American Flex*. [en ligne] Mise à jour en 2009 [<http://www.american-flex.com/Prince.htm>], (consulté le 24 mars 2013).

ARNAUD G., DUBROEUCQ H., RIVOT D. (1997) Notation de l'état corporel des chevaux de selle et de sport : Guide pratique. Paris, Institut de l'élevage, 40p.

BARONE R. (1986). Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 1 : ostéologie. Vigot, Paris, 761p.

BARONE R. (1989). Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 2 : arthrologie et myologie. Vigot, Paris, 761p.

BARONE R., (1996). Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 5 : Angiologie. Vigot, Paris, 904p

BENOIT P., (2000) *Adaptation de la selle au dos du cheval. Intérêt de la thermographie*. Congrès AVEF 2000 Strasbourg. [en ligne], [<http://www.equineclinic.fr>] (consultée le 25 juillet 2012)

BONATI L. (2011). Etude de l'effet de différents pads sur l'adéquation de la selle au dos du cheval. Thèse Méd. Vét., Alfort, 121p.

BROUARD M. (2000). Evaluation de l'adéquation selle-dos du cheval par le vétérinaire praticien. Thèse Méd. Vét., Nantes. 139p.

BUDRAS K.D., SACK W.O., ROCK S. (2009). Anatomy of the horse. 5<sup>th</sup> ed. Schlutersche, Hannover (GER), 199p.

DE COCQ P., VAN WEEREN PR, BACK W. (2006). Saddle pressure measuring: validity, reliability and power to discriminate between different saddle-fits. *Vet J.* **172**(2), 265-273.

DENOIX J.M. (1986). Biomécanique de la colonne vertébrale : acquisitions récentes. *In* : Compte-rendu de la 12ème journée d'études, CEREOPA, Paris, 88-106.

DENOIX J.M., (1997) Pathologie thoraco-lombaire chez le cheval. EPU Pathologie du dos chez le cheval, ENVA, 1-13.

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

DENOIX J.M., (1999), Spinal biomechanics and functional anatomy. *Vet. Clin. North Am. Equine practice*, **15**(1), 27-60.

DENOIX J.M., (2000), Pathologie locomotrice et intolérance à l'effort chez les chevaux de sport, *Prat. Vét. Equine*, **32**, n° spécial, 273-280.

DENOIX J.M. (2001). *Extérieur et examen physique du cheval*. ENVA, CIRALE, 249p.

DENOIX J.M., AUDIGIE F. (2001). The neck and back. In : BACK W., CLAYTON H., Equine locomotion. Philadelphia, W.B. Saunders, 167-191.

DESBROSSE F., PIERRAT C. (1985). Chevauchement des apophyses épineuses chez le cheval. *Prat. Vet. Eq.* **17**(1), 15-25.

DESQUILBET L. (2012), *Concordance entre deux séries de mesures*. (Version V5.9). Paris.

DESQUILBET L., MARIOTTI F. (2010). Dose-response analyses using restricted cubic spline functions in public health research, *Statistic in Medecine*, **29**, 1037-1057

DRIVER A., PILSWORTH R. (2009). Traumatic damage to the back and pelvis. In : HENSON F.M.D. Equine back pathology, Diagnosis and treatment. Wiley-Blackwell, Oxford, ch.13, 136-146.

DYCE K.M., SACK W.O., WENSING C.J.G. (2002). Textbook of veterinary anatomy,. 3rd ed. WB Saunders, Philadelphia, 510-524.

DYSON S., MURRAY R., BRANCH M., HARDING E. (2003). The sacroiliac joints: evaluation using nuclear scintigraphy. Part 2: Lamé horses. *Eq. Vet. J.*, **35**., 233-239.

ENDURANCERIDER. *Specialized saddle* [en ligne], [<http://www.enduranceriderblog.com>], (consulté le 18 septembre 2012)

EQUIMEASURE. *Site de Equimeasure Inc – 3D Saddle Fitting Mold*. [en ligne] [<http://www.equimeasure.com>], (consulté le 25 juillet 2012).

EQUIMETRIC. *La mesure au service du cheval et du cavalier*. Site d'Equimetric .[en ligne]. Mise à jour le 5 juillet 2009. [<http://www.equimetric.ch/>] (consulté le 2 aout 2012).

EQUISCAN. Site d'equiscan. [en ligne] , [<http://www.equiscan.de>], (consulté le 17 septembre 2012)

FEDERATION FRANCAISE D'EQUITATION, (1988). Manuel officiel de préparation aux examens fédéraux d'équitation. Examens d'argent. Tome 2. Les examens d'argent. Lavauzelle, Paris.

FABER M., SHAMHARDT H., WEEREN R., JOHNSTON C., ROEPSTORFF L., BARNEVELD A. (2000). Basic three dimensional kinematics of the vertebral column of horses walking on a treadmill. *Am. J. Vet. Res.* **61**(4), 399-406.

FABER M., JOHNSTON C., SCHAMHARDT H., Van WEEREN R., ROEPSTORFF L., BARNEVELD A. (2001a). Basic three-dimensional kinematics of the vertebral column of horses trotting on a treadmill, *Am. J. Vet. Res.* **61**(5), 757-764.

FABER M., JOHNSTON C., SCHAMHARDT H.C., Van WEEREN P.R., ROEPSTORFF L., BARNEVELD A. (2001b). Three-dimensional kinematics of the equine spine during canter. *Eq. vet. J. Suppl.* **33**, 145-149.

FINTL C. (2009). The normal anatomy of the nervous system. *In* : HENSON F.M.D, Equine back pathology. Diagnosis and treatment. Wiley and Blackwell, Cambridge, 266p, 32-38.

FNE SADDLES. *Site publicitaire de FNE Saddles* [en ligne] Mise à jour le 2 février 2010. [[http://www.fnesaddles.com/FnE\\_Adjustable\\_Saddle\\_Tree.shtml](http://www.fnesaddles.com/FnE_Adjustable_Saddle_Tree.shtml)], (Page consultée le 7 janvier 2011)

FRUEHWIRTH B., PEHAM C., SCHEIDL M., SCHOBESBERGER H. (2004). Evaluation of pressure distribution under an English saddle at walk, trot and canter. *Equine Vet J.* **36**(8):754-757.

GILLIS C. (1999). Spinal ligament pathology. *Vet. Clin. North Am. Equine Practice.* **15**, 97-101.

HARMAN J.C. (1994). Practical use of a computerized saddle pressure measuring device to determine the effects of saddle pads on the horse's back. *J. Eq. Vet. Science.* **14**(11), 606-611.

HARMAN J.C. (1995a). Practical saddle Fitting Part 1. *The Equine Athlete.* **8**(2), 12-13.

HARMAN J.C. (1995b). Practical Saddle Fitting Part 2. *The Equine Athlete,* **8**(3). 14-17.

HARMAN J.C. (1995c). Practical Saddle Fitting Part 3. *The Equine Athlete,* **8**(4) 17-19.

HARMAN J.C. (1997) Measurement of the pressures exerted by saddle on the horse's back using a computerized pressure measuring device. *Pferdehailkurde.* **13**(2), 129-134

HARMAN J.C. (1999). Tack and saddle fit. *Vet. Clin. North Am.* **15**(1), 247-261.

HAUSSLER K.K. (1999a). Osseous spinal pathology. *Vet. Clin. North. Am.* **15**(1), 103-112.

HAUSSLER K.K. (1999b) Anatomy of the thoracolumbar vertebral region. *Vet. Clin. North Am. Equine Practice.* **15**(1) 13-26

HAUSSLER K.K., STOVER S.M., and WILLITS N.H. (1999). Pathology of the lumbosacral spine and pelvis in thoroughbred racehorses. *Am. J. Vet. Res.* **60**, 143-153.

HAUSSLER K.K., BERTRAM J., GELLMAN K., HERMANSON J.W. (2001). Segmental in vivo vertebral kinematics at the walk, trot and canter : a preliminary study. *Eq. Vet. J. suppl.* **33**, 160-164.

HAUSSLER K.K. (2003). Diagnosis and management of sacroiliac joint injuries. *In*: ROSS M., DYSON S. (eds), *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*. St Louis, MO Saunders, 501-508.

HENSON F.M.D. (2009). Miscellaneous osseous conditions. *In* : *In* : HENSON F.M.D. Equine back pathology, Diagnosis and treatment. Wiley-Blackwell, Oxford, ch.15, 157-167.

HENSON F.M.D, KIDD J.A. (2009). Overriding dorsal spinous process. *In* : HENSON F.M.D. Equine back pathology, Diagnosis and treatment. Wiley-Blackwell, Oxford, ch.14, 147-156.

- JACK W.O. (1992). Rooney's guide to the dissection of the horse, 2<sup>nd</sup> ed. Ed Veterinary Textbooks, Ithaca, NY, 202p.
- JEFFCOTT L.B. (1978). Disorders of the thoracolumbar spine. *J. Equine Med. and Surg.*, **2**, 9-19.
- JEFFCOTT L.B. (1979). Radiographic examination of the equine vertebral column. *Veterinary Radiology*. **20**:135-139.
- JEFFCOTT L.B. (1980). Disorders of the thoracolumbar spine of the horse – a survey of 443 cases. *Equine Vet. J.*, **12**(4), 197-210.
- JEFFCOTT L.B., (1982). Pelvic lameness in the horse. *Equine Practice*. **4**(3), 21-47
- JEFFCOTT L.B., DALIN G., EKMAN S., and OLSSON S-E. (1985). Sacroiliac lesions as a cause of poor performance in competitive horses. *Eq. Vet. J.* **17**, 111-118.
- JEFFCOTT L.B. (1996) The horse's back-soft tissue and skeletal problems- their diagnosis and management. Presented at the Dubai International Equine Symposium, Dubai.
- JEFFCOTT L.B. (1999). Back problems: historical perspectives and clinical indications. *Vet. Clin. North Am. Equine Practice*. **15**(1). 1-12
- JEFFCOTT L.B., HOLMES M.A., TOWNSEND H.G.G. (1999). Validity of saddle pressure measurements using Force-sensing Array Technology- Preliminary studies. *Vet. J.* **158**, 113-119
- JEFFCOTT L.B. (2000). Back problems in competition horses I. new initiatives in diagnosis In Equine Fitness, The Olympic Way Proceed. 329 of the AT Reid Memorial Refresher Course for Veterinarians, 21-25feb, Bondi NSW, Post-Graduate foundation in veterinary science, University of Sydney, 99-105
- JEFFCOTT L.B. (2009). Sacroiliac dysfunction. In : HENSON F.M.D. Equine back pathology, Diagnosis and treatment. Wiley-Blackwell, Oxford, ch.18, 189-198.
- KIRBERGER R.M., GOTTSCHALK R.D. (1989). Developmental kyphoscoliosis in a foal. *J. of the South African Vet. Association*. **60**, 146-148.
- KOTSCHWAR A.B., BALTAČIS A., PEHAM C. (2010). The effects of different saddle pads on forces and pressure distribution beneath a fitting saddle. *Eq. Vet. J.* **42**(2) 114-118.
- LAMAS L.P. (2009). Supraspinous ligament and dorsal sacroiliac ligament desmitis. In : HENSON F.M.D. Equine back pathology, Diagnosis and treatment. Wiley-Blackwell, Oxford, ch.17, 179-188.
- LAUNOIS T, PERRIN R, DENOIX J.M., DELFINE C. (2012). Guide pratique d'orthopédie et de chirurgie équine, Med'com, Paris, p:85-87, 283p.
- LE K.M., MADSEN B.A., BARTH P.W., KSANDER G.A., ANGE VISTNES L.M. (1984). An in-depth look at pressure sores using monolithic silicon pressure sensors. *Plastic and Reconstructive Surgery*. **74**, 745–754.

- LICKA T., PEHAM C. (1998). An objective method for evaluating the flexibility of the back of standing horses. *Equine Vet. J.* **30**(5) 41-415.
- LICKA T., PEHAM C. et ZOHMANN E. (2001a). Treadmill study of the range of back movement at the walk in horses without back pain. *Am. J. Vet. Res.* **62**(7), 1173-1779.
- LICKA T., PEHAM C., ZOHMANN E. (2001b). Range of back movement at trot in horses without back pain, *Eq. Vet. J. Suppl* **33**, 150-153.
- MARTIN L., GENDRON A. (2004). Méthodes statistiques appliquées à la psychologie : traitement de données avec Excel. Les Editions SMG, Trois Rivières, 904p.
- MC GOWAN C., STUBBS N., HODGES P., JEFFCOTT L., (2007) Back pain in Horses. Epaxial musculature. Australian Government, Rural industries research and Development Corporation, publication n°7/118, 35p.
- McGREGOR J., VON SCHWEINITZ D.G. (2006). Needle electromyographic activity of myofascial triggerpoints and control sites in equine cleido-brachialis muscle-an observational study. *Acupuncture in medicine.* **24**(2), 61-70.
- MENAGER S. (2010). Méthodes d'évaluation du poids chez le cheval d'endurance. Détermination expérimentale du « poids de forme ». Thèse Mèd. Vét., Alfort, 85p.
- MESCHAN E.M., PEHAM C., SCHOBESBERGER H., LICKA T.F. (2007). The influence of the width of the saddle tree on the forces and the pressure distribution under the saddle, *The Veterinary Journal.* **173**, 578-584
- MURDOCH W. (1995). A.J. Foster : A saddle maker that measure up. *Dressage & CT*, July 1995. 38-42
- MOYER W.A., ROONEY J.R. (1971), Vertebral fracture in a horse, *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, **159**(8), 1022-1024.
- PICCOT-CREZOLLET C. (2002). Les dorsalgies du cheval de sport: gestion pratique et approche thérapeutique. Thèse Méd. Vét., Lyon
- PIERRON S. (2008). Approche biomécanique du dos du cheval. Etude des effets d'un enrênements. Thèse Méd. Vét., Lyon, 154p.
- PRACH A. (2011). Etude de la musculature du rachis du cheval par mesures échographiques. Thèse Méd. Vét., Lyon, 152p.
- RANCUREL A. (2011). L'impact du poids du cavalier. *Cheval Savoir.* N°19, mars 2011. In : *CHEVAL SAVOIR - votre mensuel équestre en ligne.* [en ligne], Cheval savoir. [<http://www.cheval-savoir.com/548-impact-poids-cavalier-sur-dos-cheval>]. (Consultée le 7 aout 2012).
- RIEGEL R.J., HAKOLA S.E. (2001). Illustrated atlas of Clinical Equine Anatomy and Common disorders of Horse, Volume One, Musculoskeletal and Lameness Disorder. Marysville, Equistar publication.
- RIESER C. (2008), Gutes für den Pferderücken, der passende sattel für Pferd und Reiter, Cadmos, Germany, 143p.

RIOU A.S., (2009). Etude des pressions exercées par la selle et le cavalier sur le dos du cheval: Etude expérimentale sur simulateur équestre. Thèse Méd. Vét., Nantes, 148p.

ROBERT C., AUDIGIE F., VALETTE J.P., POURCELOT P., DENOIX J.M., (2001), Effects of treadmill speed on the mechanics of the back in the trotting saddlehorse. *Equine Vet. J.* **33**, 154-159.

ROONEY J.R. (1982). The horse's back: biomechanics to lameness. *Equine Practice*, **4**(2) 17-27.

STOHLMAN Al et Ann (1995). The stohlman encyclopedia of saddle making, vol 1, Ed Tandy leather Co., Dallas, Texas, 1995, 214p.

STOKES M., RANKIN G, NEWHAM D.J. (2005). Ultrasound imaging of multifidus muscle : normal reference ranges for measurements and practical guidance on the technique. *Manual therapy*. **10**, 116-126.

STOVER S.M., JOHNSON B.J., DAFT B.M., READ D.H., ANDERSON M., BARR B.C., KINDE H., MOORE J., STOLTZ J., ARDANS A.A., POOL R.,(1992). An association between complete and incomplete stress fractures of the humerus in racehorses. *Equine Vet. J.*, **24**, 260-263.

THOROWGOOD Synthetic saddles made in England. Site publicitaire de Thorowgood [En ligne]. [[http://www.thorowgood.fr/fitting\\_guide.html](http://www.thorowgood.fr/fitting_guide.html)], (consulté le 25 juillet 2012).

TODD B.A., THACKER J.G. (1994) Three dimensional computer model of the human buttock, in vivo. *Journal of rehabilitation Research and Development*. 31. 111-119

TOWNSEND H.G.G., LEACH D.H., FRETZ P.B. (1983). Kinematics of the equine thoracolumbar spine. *Equine Vet. J.* **15**(2), 117-122.

TOWNSEND H.G.G., LEACH D.H. (1984). Relationship between intervertebral joint morphology and mobility in the equine thoracolumbar spine. *Equine Vet. J.* **16**, 461-465.

TOWNSEND H.G.G., LEACH D.H., DOIGE C.E., KIRKALDY-WILLIS W.H. (1986). Relationship between spinal biomechanics and pathological changes in the equine thoracolumbar spine. *Equine Vet. J.* **18**, 107-112.

VALBERG S.J., (1999). Spinal muscle pathology. *Vet. Clin. North Am. Eq.*, **15**(1), 87-96.

VON SCHWEINITZ D.G., (1999). Thermographic diagnostics in equine back. *Vet. Clin. North Am. Equine Practice*. **15**(1), 161-177.

WALLWORK T.L., STANTON W.R., FREKE M., HIDES J.A. (2009). The effect of chronic low back pain on size and contraction of the lumbar multifidus muscle. *Manual therapy*. **14**, 496-500.

WESLEY D., McCULLOUGH E., ECKELS S., DAVIS E. (2007). Performance evaluation of western saddle pads. *The Horse*. 8 avril 2007.

WONG D., MILES K., SPONSELLER B. (2006). Congenital scoliosis in a quarter horse filly. *Veterinary Radiology and Ultrasound*. **47**, 279-282.

ZIMMERMAN M, DYSON S, MURRAY R. (2012). Close, impinging and overriding spinous processes in the thoracolumbar spine: the relationship between radiological and scintigraphic findings and clinical signs. *Equine Vet J.* 2012 Mar;44(2):178-84.





**ANNEXE 1 : Critères d'attribution d'une note d'état. D'après ARNAUD *et al.* (1997).**

| Notes                       | Description                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>0 : Emacié</b>           | <p><b>Garrot très saillant.</b><br/> <b>Croupe très émaciée, fonte musculaire très accentuée : os du bassin saillants, croupe « pointue ».</b><br/> Bord de l'encolure émacié, chignon inexistant, muscles secs plaqués sur l'ossature cervicale apparente.<br/> Forte dépression saillante très sèche en arrière de l'épaule et très forts creux intercostaux. Aucun dépôt adipeux palpable.<br/> Très mauvais poil.<br/> <i>Ligne du dos très marquée avec des processus épineux facilement identifiables, la peau très sèche et collée sur l'épine dorsale.</i><br/> <i>Vertèbres de la queue saillantes, le ligament sacro-tubéral bien dégagé.</i></p>                                                                              |
| <b>1 : Très maigre</b>      | <p><b>Garrot saillant, haut des omoplates visible.</b><br/> Contours de la croupe concaves, pointes des fesses et des hanches apparentes. Chignon à peine apparent, ossature cervicale discernable.<br/> Zone en arrière de l'épaule creuse laissant apparaître nettement le relief de l'épaule. Aucun dépôt adipeux n'est palpable.<br/> Côtes apparentes, creux intercostaux accentués, peau tendue et presque collée aux côtes. Processus épineux marqués avec une peau relativement tendue.<br/> Poil très terne (« piqué »).<br/> <i>Queue détachée nettement de la croupe, creux accentué de chaque côté de sa base. Vertèbres de la queue et ligaments sacro-tubéraux légèrement saillants. Aucun dépôt adipeux palpable.</i></p> |
| <b>2 : Insuffisant</b>      | <p><b>Côtes distinguables et individualisables sous une peau souple et un léger dépôt adipeux.</b><br/> Garrot marqué et sec, ses faces latérales sont plates.<br/> Chignon visible avec un léger sillon à sa base.<br/> Léger dépôt adipeux palpable en arrière de l'épaule mais relief de l'épaule discernable.<br/> Poil plutôt terne.<br/> <i>Ligne du dos marquée avec des processus épineux peu couverts mais à peine individualisables.</i><br/> <i>Pointes des fesses et des hanches discernables.</i><br/> <i>Attache de la queue fine, léger dépôt adipeux à peine décelable autour de la base, les vertèbres et les ligaments sacro-tubéraux sont à peines visibles.</i></p>                                                  |
| <b>3 : Optimum</b>          | <p><b>Côtes non visibles à peine palpables avec un dépôt adipeux sur les processus transverses des vertèbres.</b><br/> Chignon bien dessiné, le garrot ressort légèrement.<br/> Zone en arrière de l'épaule plate avec un dépôt adipeux bien délimité roulant sous la main, individualisation de l'épaule.<br/> <i>Ligne du dos juste apparente, processus épineux non individualisables.</i><br/> <i>Croupe peu arrondie avec des contours convexes, pointes des fesses et des hanches légèrement discernables.</i><br/> <i>Attache de la queue relativement dégagée, léger dépôt adipeux ferme de chaque côté.</i></p>                                                                                                                 |
| <b>4 : Gras</b>             | <p><b>Côtes impalpables, dépôt adipeux continu palpable au niveau des côtes et de la ligne des processus transverses des vertèbres.</b><br/> Bord supérieur de l'encolure préhensible à pleine main, chignon épais.<br/> Zone en arrière de l'épaule légèrement convexe avec un dépôt adipeux épais et mou.<br/> Attache de la queue peu détachée avec un dépôt adipeux épais et mou.<br/> Garrot noyé.<br/> <i>Croupe bien arrondie, pointes des fesses et des hanches difficilement localisables.</i></p>                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>5 : Suiffard / Obèse</b> | <p>Bord supérieur de l'encolure très arrondi et noyé dans la masse de l'encolure, chignon arrondi.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Zone en arrière de l'épaule bombée avec un dépôt adipeux important qui tremble au palper, l'épaule s'efface dans une zone nettement bombée.  
Côtes recouvertes d'un épais « matelas » où la peau et le tissu adipeux roulent sous la main.  
Croupe rebondie, éventuellement « double » (sillon médian).  
Attache de la queue massive entourée d'un dépôt adipeux spongieux au toucher.  
Poil brillant.  
*Garrot noyé, ses faces latérales sont bien rondes.*  
*Ligne du dos noyée dans la masse.*

**ANNEXE 2 : Exemple de formulaire servant au relevé de données sur le terrain.**

| NOM DU CHEVAL | N° | CLUB | SEXE | RACE | NE | TOISE | Per. Thor. | ACTIVITE    | NIVEAU          |
|---------------|----|------|------|------|----|-------|------------|-------------|-----------------|
| SEXPISTOL     | 64 | CHV  | H    | SF   | 3  | 166   | 192        | instruction | 10-12R<br>1 sem |

|       |      |     |       |
|-------|------|-----|-------|
| ANGLE | 18,5 | AGE | 6 ans |
|-------|------|-----|-------|

| 1 | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| 3 | 1,5 | 2,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 4   | 4   | 3,5 | 3,5 | 4  |
| 2 | 2,5 | 1,5 | 2   | 2   | 3   | 3,5 | 2,5 | 3   | 3,5 | 4  |
| 3 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 3   | 2   | 1,5 | 2   | 2,5 | 2,5 | 2  |
| 4 | 2,5 | 2,5 | 6,5 | 5,5 | 5   | 5   | 5   | 4,5 | 4   | 4  |

|   |   |     |   |     |     |     |     |     |     |
|---|---|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5 | 5 | 4,5 | 4 | 3,5 | 3,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
|---|---|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|     |     |     |     |     |     |     |     |   |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|-----|-----|
| 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6   | 5,5 | 4,5 | 5   | 5   | 5 | 5   | 5   |
| 1   | 2   | 2,5 | 2,5 | 2   | 2,5 | 1,5 | 2   | 2 | 2   | 1,5 |
| 3,5 | 2,5 | 2   | 2   | 3   | 4   | 4   | 3   | 3 | 3   | 4   |
| 3,5 | 3   | 2,5 | 4   | 3   | 2,5 | 3   | 3,5 | 3 | 3,5 | 3,5 |



**ANNEXE 3 : Angles (en °) de dos obtenus grâce au modèle linéaire selon le sexe, le périmètre thoracique et la hauteur au garrot du cheval.**

| Hauteur au garrot (en cm) | Périmètre thoracique (en cm) | B2-1    |            |            |        |            |            | B2-2    |            |            |        |            |            | B6-1    |            |            |        |            |            | B10-1   |            |            |        |            |            |
|---------------------------|------------------------------|---------|------------|------------|--------|------------|------------|---------|------------|------------|--------|------------|------------|---------|------------|------------|--------|------------|------------|---------|------------|------------|--------|------------|------------|
|                           |                              | Femelle |            |            | Hongre |            |            | Femelle |            |            | Hongre |            |            | Femelle |            |            | Hongre |            |            | Femelle |            |            | Hongre |            |            |
|                           |                              | M       | IC 95% min | IC 95% max | M      | IC 95% min | IC 95% max | M       | IC 95% min | IC 95% max | M      | IC 95% min | IC 95% max | M       | IC 95% min | IC 95% max | M      | IC 95% min | IC 95% max | M       | IC 95% min | IC 95% max | M      | IC 95% min | IC 95% max |
| 179                       | 208                          | 50      | 27         | 74         | 69     | 49         | 90         | 69      | 49         | 90         | 74     | 60         | 88         | 113     | 86         | 141        | 129    | 114        | 145        | 137     | 116        | 158        | 149    | 137        | 162        |
| 179                       | 207                          | 50      | 27         | 72         | 69     | 49         | 89         | 69      | 49         | 89         | 73     | 60         | 86         | 113     | 86         | 139        | 127    | 113        | 142        | 136     | 116        | 157        | 148    | 136        | 160        |
| 179                       | 206                          | 49      | 28         | 71         | 69     | 50         | 88         | 69      | 50         | 88         | 73     | 60         | 85         | 112     | 87         | 137        | 125    | 111        | 139        | 136     | 117        | 155        | 147    | 135        | 158        |
| 179                       | 205                          | 49      | 28         | 69         | 68     | 50         | 86         | 68      | 50         | 86         | 72     | 60         | 84         | 111     | 87         | 135        | 123    | 110        | 136        | 136     | 117        | 154        | 145    | 135        | 156        |
| 179                       | 204                          | 48      | 29         | 68         | 68     | 51         | 85         | 68      | 51         | 85         | 71     | 60         | 83         | 110     | 87         | 133        | 121    | 109        | 133        | 135     | 118        | 153        | 144    | 134        | 154        |
| 179                       | 203                          | 48      | 29         | 67         | 68     | 51         | 84         | 68      | 51         | 84         | 71     | 60         | 81         | 109     | 88         | 131        | 119    | 107        | 131        | 135     | 118        | 152        | 142    | 133        | 152        |
| 179                       | 202                          | 48      | 30         | 65         | 67     | 52         | 83         | 67      | 52         | 83         | 70     | 60         | 80         | 109     | 88         | 129        | 117    | 106        | 128        | 135     | 119        | 151        | 141    | 132        | 150        |
| 179                       | 201                          | 47      | 30         | 64         | 67     | 52         | 82         | 67      | 52         | 82         | 69     | 60         | 79         | 108     | 88         | 128        | 115    | 104        | 125        | 134     | 119        | 149        | 139    | 131        | 148        |
| 179                       | 200                          | 47      | 31         | 63         | 67     | 52         | 81         | 67      | 52         | 81         | 69     | 60         | 78         | 107     | 88         | 126        | 113    | 103        | 123        | 134     | 119        | 148        | 138    | 130        | 146        |
| 179                       | 199                          | 46      | 31         | 62         | 66     | 53         | 80         | 66      | 53         | 80         | 68     | 60         | 77         | 106     | 88         | 124        | 111    | 101        | 120        | 134     | 120        | 147        | 136    | 129        | 144        |
| 179                       | 198                          | 46      | 31         | 61         | 66     | 53         | 79         | 66      | 53         | 79         | 68     | 59         | 76         | 105     | 88         | 123        | 109    | 99         | 118        | 133     | 120        | 146        | 135    | 128        | 142        |
| 178                       | 207                          | 52      | 30         | 73         | 71     | 52         | 90         | 71      | 52         | 90         | 75     | 62         | 87         | 114     | 89         | 139        | 128    | 114        | 142        | 137     | 118        | 156        | 148    | 137        | 160        |
| 178                       | 206                          | 51      | 31         | 72         | 70     | 52         | 88         | 70      | 52         | 88         | 74     | 62         | 86         | 113     | 89         | 137        | 126    | 113        | 139        | 137     | 118        | 155        | 147    | 136        | 158        |
| 178                       | 205                          | 51      | 31         | 70         | 70     | 53         | 87         | 70      | 53         | 87         | 73     | 62         | 85         | 112     | 90         | 135        | 124    | 111        | 136        | 136     | 119        | 154        | 145    | 135        | 156        |
| 178                       | 204                          | 50      | 31         | 69         | 70     | 53         | 86         | 70      | 53         | 86         | 73     | 62         | 84         | 112     | 90         | 133        | 122    | 110        | 134        | 136     | 119        | 153        | 144    | 134        | 154        |
| 178                       | 203                          | 50      | 32         | 68         | 69     | 53         | 85         | 69      | 53         | 85         | 72     | 62         | 82         | 111     | 90         | 131        | 120    | 109        | 131        | 136     | 120        | 152        | 143    | 134        | 152        |
| 178                       | 202                          | 49      | 32         | 66         | 69     | 54         | 84         | 69      | 54         | 84         | 71     | 62         | 81         | 110     | 90         | 130        | 118    | 107        | 128        | 135     | 120        | 151        | 141    | 133        | 150        |
| 178                       | 201                          | 49      | 33         | 65         | 68     | 54         | 83         | 68      | 54         | 83         | 71     | 62         | 80         | 109     | 90         | 128        | 116    | 106        | 126        | 135     | 120        | 149        | 140    | 132        | 148        |
| 178                       | 200                          | 48      | 33         | 64         | 68     | 54         | 82         | 68      | 54         | 82         | 70     | 62         | 79         | 108     | 90         | 126        | 114    | 104        | 123        | 135     | 121        | 148        | 138    | 131        | 146        |
| 178                       | 199                          | 48      | 33         | 63         | 68     | 55         | 81         | 68      | 55         | 81         | 70     | 61         | 78         | 108     | 90         | 125        | 112    | 103        | 121        | 134     | 121        | 147        | 137    | 130        | 144        |
| 178                       | 198                          | 48      | 33         | 62         | 67     | 55         | 80         | 67      | 55         | 80         | 69     | 61         | 77         | 107     | 90         | 123        | 110    | 101        | 118        | 134     | 121        | 146        | 135    | 128        | 143        |
| 178                       | 197                          | 47      | 34         | 61         | 67     | 55         | 79         | 67      | 55         | 79         | 68     | 61         | 76         | 106     | 90         | 122        | 108    | 99         | 116        | 133     | 121        | 146        | 134    | 127        | 141        |
| 177                       | 206                          | 53      | 33         | 72         | 72     | 55         | 89         | 72      | 55         | 89         | 75     | 64         | 87         | 114     | 92         | 137        | 127    | 114        | 139        | 137     | 120        | 155        | 147    | 137        | 157        |
| 177                       | 205                          | 52      | 34         | 71         | 71     | 55         | 88         | 71      | 55         | 88         | 75     | 64         | 86         | 114     | 92         | 135        | 125    | 113        | 137        | 137     | 120        | 154        | 146    | 136        | 155        |
| 177                       | 204                          | 52      | 34         | 70         | 71     | 55         | 87         | 71      | 55         | 87         | 74     | 64         | 84         | 113     | 92         | 134        | 123    | 111        | 134        | 137     | 121        | 153        | 144    | 135        | 153        |
| 177                       | 203                          | 52      | 35         | 68         | 71     | 56         | 86         | 71      | 56         | 86         | 73     | 64         | 83         | 112     | 92         | 132        | 121    | 110        | 131        | 136     | 121        | 152        | 143    | 134        | 152        |

| Hauteur<br>au garrot<br>(en cm) | Périmètre<br>thoracique<br>(en cm) | B2-1    |                  |                  |        |                  |                  | B2-2    |                  |                  |        |                  |                  | B6-1    |                  |                  |        |                  |                  | B10-1   |                  |                  |        |                  |                  |
|---------------------------------|------------------------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|
|                                 |                                    | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  |
|                                 |                                    | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max |
| 177                             | 202                                | 51      | 35               | 67               | 70     | 56               | 84               | 70      | 56               | 84               | 73     | 64               | 82               | 111     | 92               | 130              | 119    | 109              | 129              | 136     | 122              | 150              | 142    | 133              | 150              |
| 177                             | 201                                | 51      | 35               | 66               | 70     | 56               | 83               | 70      | 56               | 83               | 72     | 64               | 81               | 110     | 93               | 128              | 117    | 107              | 126              | 136     | 122              | 149              | 140    | 132              | 148              |
| 177                             | 200                                | 50      | 36               | 65               | 69     | 57               | 82               | 69      | 57               | 82               | 72     | 63               | 80               | 110     | 93               | 127              | 115    | 106              | 124              | 135     | 122              | 148              | 139    | 131              | 146              |
| 177                             | 199                                | 50      | 36               | 64               | 69     | 57               | 81               | 69      | 57               | 81               | 71     | 63               | 79               | 109     | 93               | 125              | 113    | 104              | 121              | 135     | 122              | 147              | 137    | 130              | 144              |
| 177                             | 198                                | 49      | 36               | 63               | 69     | 57               | 80               | 69      | 57               | 80               | 70     | 63               | 78               | 108     | 92               | 123              | 111    | 102              | 119              | 135     | 123              | 146              | 136    | 129              | 143              |
| 177                             | 197                                | 49      | 36               | 62               | 68     | 57               | 80               | 68      | 57               | 80               | 70     | 62               | 77               | 107     | 92               | 122              | 109    | 101              | 117              | 134     | 123              | 146              | 135    | 128              | 141              |
| 177                             | 196                                | 48      | 36               | 61               | 68     | 57               | 79               | 68      | 57               | 79               | 69     | 62               | 76               | 106     | 92               | 121              | 107    | 99               | 115              | 134     | 123              | 145              | 133    | 127              | 139              |
| 176                             | 205                                | 54      | 36               | 72               | 73     | 57               | 89               | 73      | 57               | 89               | 76     | 66               | 87               | 115     | 94               | 136              | 125    | 114              | 137              | 138     | 122              | 154              | 146    | 137              | 155              |
| 176                             | 204                                | 54      | 37               | 71               | 73     | 58               | 87               | 73      | 58               | 87               | 75     | 66               | 85               | 114     | 95               | 134              | 123    | 113              | 134              | 137     | 122              | 153              | 145    | 136              | 153              |
| 176                             | 203                                | 53      | 37               | 69               | 72     | 58               | 86               | 72      | 58               | 86               | 75     | 66               | 84               | 113     | 95               | 132              | 121    | 111              | 132              | 137     | 123              | 152              | 143    | 135              | 152              |
| 176                             | 202                                | 53      | 37               | 68               | 72     | 58               | 85               | 72      | 58               | 85               | 74     | 65               | 83               | 113     | 95               | 130              | 120    | 110              | 129              | 137     | 123              | 150              | 142    | 134              | 150              |
| 176                             | 201                                | 52      | 38               | 67               | 71     | 59               | 84               | 71      | 59               | 84               | 74     | 65               | 82               | 112     | 95               | 129              | 118    | 109              | 127              | 136     | 123              | 149              | 141    | 133              | 148              |
| 176                             | 200                                | 52      | 38               | 66               | 71     | 59               | 83               | 71      | 59               | 83               | 73     | 65               | 81               | 111     | 95               | 127              | 116    | 107              | 124              | 136     | 124              | 148              | 139    | 132              | 146              |
| 176                             | 199                                | 51      | 38               | 65               | 71     | 59               | 82               | 71      | 59               | 82               | 72     | 65               | 80               | 110     | 95               | 125              | 114    | 106              | 122              | 136     | 124              | 147              | 138    | 131              | 144              |
| 176                             | 198                                | 51      | 38               | 63               | 70     | 59               | 81               | 70      | 59               | 81               | 72     | 65               | 79               | 109     | 95               | 124              | 112    | 104              | 119              | 135     | 124              | 146              | 136    | 130              | 143              |
| 176                             | 197                                | 50      | 38               | 62               | 70     | 59               | 80               | 70      | 59               | 80               | 71     | 64               | 78               | 108     | 94               | 122              | 110    | 102              | 117              | 135     | 124              | 146              | 135    | 129              | 141              |
| 176                             | 196                                | 50      | 38               | 62               | 69     | 59               | 80               | 69      | 59               | 80               | 71     | 64               | 77               | 107     | 94               | 121              | 108    | 100              | 115              | 134     | 124              | 145              | 134    | 128              | 140              |
| 175                             | 205                                | 56      | 39               | 73               | 74     | 60               | 89               | 74      | 60               | 89               | 77     | 67               | 88               | 116     | 97               | 136              | 126    | 115              | 137              | 139     | 123              | 154              | 146    | 137              | 155              |
| 175                             | 204                                | 56      | 39               | 72               | 74     | 60               | 88               | 74      | 60               | 88               | 77     | 67               | 86               | 116     | 97               | 134              | 124    | 114              | 135              | 138     | 124              | 153              | 145    | 137              | 153              |
| 175                             | 203                                | 55      | 40               | 70               | 74     | 60               | 87               | 74      | 60               | 87               | 76     | 67               | 85               | 115     | 97               | 132              | 122    | 113              | 132              | 138     | 124              | 151              | 144    | 136              | 151              |
| 175                             | 202                                | 55      | 40               | 69               | 73     | 60               | 86               | 73      | 60               | 86               | 76     | 67               | 84               | 114     | 97               | 131              | 120    | 111              | 130              | 137     | 124              | 150              | 142    | 135              | 150              |
| 175                             | 201                                | 54      | 40               | 68               | 73     | 61               | 85               | 73      | 61               | 85               | 75     | 67               | 83               | 113     | 97               | 129              | 119    | 110              | 127              | 137     | 125              | 149              | 141    | 134              | 148              |
| 175                             | 200                                | 54      | 40               | 67               | 72     | 61               | 84               | 72      | 61               | 84               | 74     | 67               | 82               | 112     | 97               | 127              | 117    | 108              | 125              | 137     | 125              | 148              | 140    | 133              | 146              |
| 175                             | 199                                | 53      | 41               | 65               | 72     | 61               | 83               | 72      | 61               | 83               | 74     | 67               | 81               | 111     | 97               | 126              | 115    | 107              | 122              | 136     | 125              | 147              | 138    | 132              | 144              |
| 175                             | 198                                | 53      | 41               | 64               | 72     | 61               | 82               | 72      | 61               | 82               | 73     | 66               | 80               | 110     | 97               | 124              | 113    | 105              | 120              | 136     | 125              | 147              | 137    | 131              | 143              |
| 175                             | 197                                | 52      | 41               | 63               | 71     | 61               | 81               | 71      | 61               | 81               | 73     | 66               | 79               | 110     | 96               | 123              | 111    | 104              | 118              | 135     | 125              | 146              | 136    | 130              | 141              |
| 175                             | 196                                | 52      | 41               | 62               | 71     | 61               | 80               | 71      | 61               | 80               | 72     | 66               | 78               | 109     | 96               | 121              | 109    | 102              | 116              | 135     | 125              | 145              | 134    | 129              | 140              |
| 174                             | 204                                | 57      | 42               | 72               | 76     | 62               | 89               | 76      | 62               | 89               | 78     | 69               | 87               | 117     | 99               | 135              | 125    | 115              | 135              | 139     | 125              | 153              | 145    | 137              | 153              |

| Hauteur<br>au garrot<br>(en cm) | Périmètre<br>thoracique<br>(en cm) | B2-1    |                  |                  |        |                  |                  | B2-2    |                  |                  |        |                  |                  | B6-1    |                  |                  |        |                  |                  | B10-1   |                  |                  |        |                  |                  |
|---------------------------------|------------------------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|
|                                 |                                    | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  |
|                                 |                                    | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max |
| 174                             | 203                                | 57      | 42               | 71               | 75     | 62               | 88               | 75      | 62               | 88               | 78     | 69               | 86               | 116     | 99               | 133              | 123    | 114              | 133              | 138     | 126              | 151              | 144    | 136              | 151              |
| 174                             | 202                                | 56      | 43               | 70               | 75     | 63               | 87               | 75      | 63               | 87               | 77     | 69               | 85               | 115     | 99               | 131              | 121    | 113              | 130              | 138     | 126              | 150              | 143    | 136              | 150              |
| 174                             | 201                                | 56      | 43               | 69               | 74     | 63               | 86               | 74      | 63               | 86               | 76     | 69               | 84               | 114     | 99               | 129              | 119    | 111              | 128              | 138     | 126              | 149              | 141    | 135              | 148              |
| 174                             | 200                                | 55      | 43               | 68               | 74     | 63               | 85               | 74      | 63               | 85               | 76     | 69               | 83               | 113     | 99               | 128              | 118    | 110              | 125              | 137     | 126              | 148              | 140    | 134              | 146              |
| 174                             | 199                                | 55      | 43               | 66               | 73     | 63               | 84               | 73      | 63               | 84               | 75     | 69               | 82               | 112     | 99               | 126              | 116    | 108              | 123              | 137     | 126              | 147              | 139    | 133              | 145              |
| 174                             | 198                                | 54      | 43               | 65               | 73     | 63               | 83               | 73      | 63               | 83               | 75     | 68               | 81               | 112     | 99               | 125              | 114    | 107              | 121              | 137     | 126              | 147              | 137    | 132              | 143              |
| 174                             | 197                                | 54      | 43               | 64               | 73     | 63               | 82               | 73      | 63               | 82               | 74     | 68               | 80               | 111     | 98               | 123              | 112    | 105              | 118              | 136     | 127              | 146              | 136    | 131              | 141              |
| 174                             | 196                                | 53      | 43               | 63               | 72     | 63               | 81               | 72      | 63               | 81               | 73     | 67               | 79               | 110     | 98               | 122              | 110    | 104              | 116              | 136     | 126              | 145              | 135    | 130              | 140              |
| 174                             | 195                                | 53      | 43               | 63               | 72     | 63               | 81               | 72      | 63               | 81               | 73     | 67               | 78               | 109     | 97               | 121              | 108    | 102              | 114              | 135     | 126              | 144              | 133    | 128              | 139              |
| 173                             | 203                                | 59      | 45               | 72               | 77     | 65               | 89               | 77      | 65               | 89               | 79     | 71               | 87               | 117     | 101              | 133              | 124    | 115              | 133              | 139     | 127              | 151              | 144    | 137              | 151              |
| 173                             | 202                                | 58      | 45               | 71               | 76     | 65               | 88               | 76      | 65               | 88               | 78     | 71               | 86               | 116     | 101              | 131              | 122    | 114              | 131              | 139     | 127              | 150              | 143    | 136              | 150              |
| 173                             | 201                                | 57      | 45               | 70               | 76     | 65               | 87               | 76      | 65               | 87               | 78     | 71               | 85               | 116     | 101              | 130              | 120    | 113              | 128              | 138     | 127              | 149              | 142    | 135              | 148              |
| 173                             | 200                                | 57      | 45               | 69               | 75     | 65               | 86               | 75      | 65               | 86               | 77     | 70               | 84               | 115     | 101              | 128              | 118    | 111              | 126              | 138     | 128              | 148              | 140    | 134              | 146              |
| 173                             | 199                                | 56      | 45               | 67               | 75     | 65               | 85               | 75      | 65               | 85               | 77     | 70               | 83               | 114     | 101              | 127              | 117    | 110              | 123              | 138     | 128              | 147              | 139    | 134              | 145              |
| 173                             | 198                                | 56      | 45               | 66               | 74     | 65               | 84               | 74      | 65               | 84               | 76     | 70               | 82               | 113     | 101              | 125              | 115    | 108              | 121              | 137     | 128              | 147              | 138    | 133              | 143              |
| 173                             | 197                                | 55      | 45               | 65               | 74     | 65               | 83               | 74      | 65               | 83               | 75     | 70               | 81               | 112     | 100              | 124              | 113    | 107              | 119              | 137     | 128              | 146              | 137    | 132              | 142              |
| 173                             | 196                                | 55      | 45               | 64               | 74     | 65               | 82               | 74      | 65               | 82               | 75     | 69               | 80               | 111     | 100              | 122              | 111    | 105              | 117              | 136     | 128              | 145              | 135    | 130              | 140              |
| 173                             | 195                                | 54      | 45               | 64               | 73     | 65               | 81               | 73      | 65               | 81               | 74     | 69               | 79               | 110     | 99               | 121              | 109    | 103              | 115              | 136     | 128              | 144              | 134    | 129              | 139              |
| 173                             | 194                                | 54      | 45               | 63               | 73     | 65               | 81               | 73      | 65               | 81               | 73     | 68               | 79               | 109     | 99               | 120              | 107    | 101              | 113              | 136     | 127              | 144              | 133    | 128              | 138              |
| 172                             | 202                                | 60      | 48               | 72               | 78     | 67               | 88               | 78      | 67               | 88               | 80     | 72               | 87               | 118     | 104              | 132              | 123    | 115              | 131              | 139     | 129              | 150              | 143    | 137              | 150              |
| 172                             | 201                                | 59      | 48               | 71               | 77     | 67               | 87               | 77      | 67               | 87               | 79     | 72               | 86               | 117     | 103              | 130              | 121    | 114              | 129              | 139     | 129              | 149              | 142    | 136              | 148              |
| 172                             | 200                                | 59      | 48               | 70               | 77     | 67               | 86               | 77      | 67               | 86               | 79     | 72               | 85               | 116     | 103              | 129              | 119    | 112              | 126              | 139     | 129              | 148              | 141    | 135              | 146              |
| 172                             | 199                                | 58      | 48               | 68               | 76     | 67               | 85               | 76      | 67               | 85               | 78     | 72               | 84               | 115     | 103              | 127              | 118    | 111              | 124              | 138     | 129              | 148              | 140    | 134              | 145              |
| 172                             | 198                                | 57      | 48               | 67               | 76     | 67               | 85               | 76      | 67               | 85               | 77     | 72               | 83               | 114     | 103              | 126              | 116    | 110              | 122              | 138     | 129              | 147              | 138    | 133              | 143              |
| 172                             | 197                                | 57      | 48               | 66               | 76     | 67               | 84               | 76      | 67               | 84               | 77     | 71               | 82               | 113     | 102              | 124              | 114    | 108              | 120              | 137     | 129              | 146              | 137    | 132              | 142              |
| 172                             | 196                                | 56      | 47               | 65               | 75     | 67               | 83               | 75      | 67               | 83               | 76     | 71               | 81               | 112     | 102              | 123              | 112    | 106              | 118              | 137     | 129              | 145              | 136    | 131              | 140              |
| 172                             | 195                                | 56      | 47               | 65               | 75     | 67               | 82               | 75      | 67               | 82               | 75     | 70               | 80               | 111     | 101              | 122              | 110    | 105              | 116              | 137     | 129              | 144              | 135    | 130              | 139              |
| 172                             | 194                                | 55      | 47               | 64               | 74     | 67               | 82               | 74      | 67               | 82               | 75     | 70               | 80               | 110     | 101              | 120              | 108    | 103              | 114              | 136     | 129              | 144              | 133    | 129              | 138              |

| Hauteur<br>au garrot<br>(en cm) | Périmètre<br>thoracique<br>(en cm) | B2-1    |                  |                  |        |                  |                  | B2-2    |                  |                  |        |                  |                  | B6-1    |                  |                  |        |                  |                  | B10-1   |                  |                  |        |                  |                  |
|---------------------------------|------------------------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|
|                                 |                                    | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  |
|                                 |                                    | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max |
| 172                             | 193                                | 55      | 46               | 63               | 74     | 66               | 81               | 74      | 66               | 81               | 74     | 69               | 79               | 110     | 100              | 119              | 107    | 101              | 112              | 136     | 128              | 143              | 132    | 127              | 137              |
| 171                             | 201                                | 61      | 50               | 72               | 79     | 69               | 88               | 79      | 69               | 88               | 81     | 74               | 87               | 118     | 106              | 131              | 122    | 115              | 129              | 140     | 130              | 149              | 142    | 137              | 148              |
| 171                             | 200                                | 60      | 50               | 71               | 78     | 69               | 87               | 78      | 69               | 87               | 80     | 74               | 86               | 117     | 105              | 129              | 120    | 114              | 127              | 139     | 130              | 149              | 141    | 136              | 147              |
| 171                             | 199                                | 60      | 50               | 69               | 78     | 69               | 86               | 78      | 69               | 86               | 79     | 74               | 85               | 116     | 105              | 128              | 119    | 112              | 125              | 139     | 130              | 148              | 140    | 135              | 145              |
| 171                             | 198                                | 59      | 50               | 68               | 77     | 69               | 85               | 77      | 69               | 85               | 79     | 73               | 84               | 115     | 105              | 126              | 117    | 111              | 123              | 139     | 130              | 147              | 139    | 134              | 143              |
| 171                             | 197                                | 59      | 50               | 67               | 77     | 69               | 85               | 77      | 69               | 85               | 78     | 73               | 83               | 114     | 104              | 125              | 115    | 109              | 120              | 138     | 130              | 146              | 138    | 133              | 142              |
| 171                             | 196                                | 58      | 50               | 66               | 77     | 69               | 84               | 77      | 69               | 84               | 77     | 73               | 82               | 113     | 104              | 123              | 113    | 108              | 118              | 138     | 130              | 145              | 136    | 132              | 141              |
| 171                             | 195                                | 57      | 49               | 66               | 76     | 69               | 83               | 76      | 69               | 83               | 77     | 72               | 82               | 113     | 103              | 122              | 111    | 106              | 117              | 137     | 130              | 145              | 135    | 131              | 139              |
| 171                             | 194                                | 57      | 49               | 65               | 76     | 69               | 83               | 76      | 69               | 83               | 76     | 71               | 81               | 112     | 102              | 121              | 110    | 104              | 115              | 137     | 130              | 144              | 134    | 130              | 138              |
| 171                             | 193                                | 56      | 48               | 64               | 75     | 68               | 82               | 75      | 68               | 82               | 76     | 71               | 80               | 111     | 102              | 120              | 108    | 102              | 113              | 136     | 129              | 143              | 133    | 128              | 137              |
| 171                             | 192                                | 56      | 48               | 64               | 75     | 68               | 82               | 75      | 68               | 82               | 75     | 70               | 80               | 110     | 101              | 119              | 106    | 100              | 111              | 136     | 129              | 143              | 131    | 127              | 136              |
| 170                             | 201                                | 63      | 52               | 73               | 80     | 71               | 89               | 80      | 71               | 89               | 82     | 76               | 88               | 119     | 108              | 131              | 123    | 116              | 130              | 140     | 131              | 150              | 143    | 137              | 148              |
| 170                             | 200                                | 62      | 52               | 72               | 80     | 71               | 88               | 80      | 71               | 88               | 81     | 75               | 87               | 118     | 107              | 130              | 121    | 115              | 128              | 140     | 131              | 149              | 142    | 136              | 147              |
| 170                             | 199                                | 61      | 52               | 70               | 79     | 71               | 87               | 79      | 71               | 87               | 81     | 75               | 86               | 117     | 107              | 128              | 120    | 114              | 125              | 140     | 131              | 148              | 140    | 136              | 145              |
| 170                             | 198                                | 61      | 52               | 69               | 79     | 71               | 86               | 79      | 71               | 86               | 80     | 75               | 85               | 117     | 107              | 127              | 118    | 112              | 123              | 139     | 131              | 147              | 139    | 135              | 144              |
| 170                             | 197                                | 60      | 52               | 68               | 78     | 71               | 86               | 78      | 71               | 86               | 79     | 75               | 84               | 116     | 106              | 125              | 116    | 111              | 121              | 139     | 131              | 146              | 138    | 134              | 142              |
| 170                             | 196                                | 60      | 52               | 67               | 78     | 71               | 85               | 78      | 71               | 85               | 79     | 74               | 83               | 115     | 106              | 124              | 114    | 109              | 119              | 138     | 131              | 145              | 137    | 133              | 141              |
| 170                             | 195                                | 59      | 51               | 67               | 77     | 71               | 84               | 77      | 71               | 84               | 78     | 74               | 83               | 114     | 105              | 123              | 112    | 108              | 117              | 138     | 131              | 145              | 136    | 132              | 140              |
| 170                             | 194                                | 58      | 51               | 66               | 77     | 71               | 84               | 77      | 71               | 84               | 78     | 73               | 82               | 113     | 104              | 121              | 111    | 106              | 116              | 137     | 131              | 144              | 134    | 131              | 138              |
| 170                             | 193                                | 58      | 51               | 65               | 77     | 70               | 83               | 77      | 70               | 83               | 77     | 72               | 81               | 112     | 103              | 120              | 109    | 104              | 114              | 137     | 130              | 144              | 133    | 129              | 137              |
| 170                             | 192                                | 57      | 50               | 65               | 76     | 70               | 83               | 76      | 70               | 83               | 76     | 72               | 81               | 111     | 102              | 119              | 107    | 102              | 112              | 137     | 130              | 143              | 132    | 128              | 136              |
| 169                             | 200                                | 64      | 55               | 73               | 81     | 73               | 89               | 81      | 73               | 89               | 83     | 77               | 88               | 120     | 109              | 130              | 122    | 116              | 128              | 141     | 133              | 149              | 142    | 137              | 147              |
| 169                             | 199                                | 63      | 55               | 72               | 81     | 73               | 88               | 81      | 73               | 88               | 82     | 77               | 87               | 119     | 109              | 129              | 121    | 115              | 126              | 140     | 133              | 148              | 141    | 136              | 146              |
| 169                             | 198                                | 62      | 54               | 71               | 80     | 73               | 87               | 80      | 73               | 87               | 81     | 77               | 86               | 118     | 108              | 127              | 119    | 113              | 124              | 140     | 133              | 147              | 140    | 135              | 144              |
| 169                             | 197                                | 62      | 54               | 69               | 80     | 73               | 87               | 80      | 73               | 87               | 81     | 76               | 85               | 117     | 108              | 126              | 117    | 112              | 122              | 139     | 133              | 146              | 139    | 135              | 143              |
| 169                             | 196                                | 61      | 54               | 69               | 79     | 73               | 86               | 79      | 73               | 86               | 80     | 76               | 85               | 116     | 107              | 124              | 115    | 111              | 120              | 139     | 132              | 146              | 137    | 134              | 141              |
| 169                             | 195                                | 61      | 54               | 68               | 79     | 73               | 85               | 79      | 73               | 85               | 80     | 75               | 84               | 115     | 107              | 123              | 114    | 109              | 118              | 139     | 132              | 145              | 136    | 133              | 140              |
| 169                             | 194                                | 60      | 53               | 67               | 78     | 72               | 84               | 78      | 72               | 84               | 79     | 75               | 83               | 114     | 106              | 122              | 112    | 107              | 116              | 138     | 132              | 144              | 135    | 131              | 139              |



| Hauteur<br>au garrot<br>(en cm) | Périmètre<br>thoracique<br>(en cm) | B2-1    |                  |                  |        |                  |                  | B2-2    |                  |                  |        |                  |                  | B6-1    |                  |                  |        |                  |                  | B10-1   |                  |                  |        |                  |                  |
|---------------------------------|------------------------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|
|                                 |                                    | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  |
|                                 |                                    | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max |
| 169                             | 193                                | 59      | 53               | 66               | 78     | 72               | 84               | 78      | 72               | 84               | 78     | 74               | 83               | 113     | 105              | 121              | 110    | 105              | 115              | 138     | 132              | 144              | 134    | 130              | 138              |
| 169                             | 192                                | 59      | 52               | 66               | 78     | 72               | 84               | 78      | 72               | 84               | 78     | 73               | 82               | 112     | 104              | 120              | 108    | 104              | 113              | 137     | 131              | 143              | 133    | 129              | 137              |
| 169                             | 191                                | 58      | 51               | 65               | 77     | 71               | 83               | 77      | 71               | 83               | 77     | 73               | 82               | 111     | 103              | 119              | 107    | 102              | 112              | 137     | 131              | 143              | 132    | 127              | 136              |
| 168                             | 199                                | 65      | 57               | 73               | 82     | 75               | 89               | 82      | 75               | 89               | 83     | 78               | 89               | 120     | 111              | 129              | 122    | 116              | 127              | 141     | 134              | 148              | 141    | 137              | 146              |
| 168                             | 198                                | 64      | 57               | 72               | 82     | 75               | 88               | 82      | 75               | 88               | 83     | 78               | 88               | 119     | 110              | 128              | 120    | 115              | 125              | 141     | 134              | 147              | 140    | 136              | 144              |
| 168                             | 197                                | 64      | 56               | 71               | 81     | 75               | 88               | 81      | 75               | 88               | 82     | 78               | 87               | 118     | 110              | 126              | 118    | 113              | 123              | 140     | 134              | 146              | 139    | 135              | 143              |
| 168                             | 196                                | 63      | 56               | 70               | 81     | 75               | 87               | 81      | 75               | 87               | 82     | 77               | 86               | 117     | 109              | 125              | 116    | 112              | 121              | 140     | 134              | 146              | 138    | 134              | 142              |
| 168                             | 195                                | 62      | 56               | 69               | 80     | 75               | 86               | 80      | 75               | 86               | 81     | 77               | 85               | 116     | 108              | 124              | 115    | 110              | 119              | 139     | 133              | 145              | 137    | 133              | 140              |
| 168                             | 194                                | 62      | 55               | 68               | 80     | 74               | 85               | 80      | 74               | 85               | 80     | 76               | 84               | 115     | 108              | 122              | 113    | 109              | 117              | 139     | 133              | 144              | 136    | 132              | 139              |
| 168                             | 193                                | 61      | 55               | 67               | 79     | 74               | 85               | 79      | 74               | 85               | 80     | 76               | 84               | 114     | 107              | 121              | 111    | 107              | 116              | 138     | 133              | 144              | 134    | 131              | 138              |
| 168                             | 192                                | 60      | 54               | 67               | 79     | 73               | 84               | 79      | 73               | 84               | 79     | 75               | 83               | 113     | 106              | 120              | 110    | 105              | 114              | 138     | 132              | 144              | 133    | 130              | 137              |
| 168                             | 191                                | 60      | 53               | 66               | 78     | 73               | 84               | 78      | 73               | 84               | 79     | 74               | 83               | 112     | 105              | 120              | 108    | 103              | 113              | 137     | 132              | 143              | 132    | 128              | 136              |
| 168                             | 190                                | 59      | 52               | 66               | 78     | 72               | 84               | 78      | 72               | 84               | 78     | 73               | 82               | 111     | 103              | 119              | 106    | 101              | 111              | 137     | 131              | 143              | 131    | 127              | 135              |
| 167                             | 198                                | 66      | 59               | 73               | 83     | 77               | 89               | 83      | 77               | 89               | 84     | 80               | 89               | 120     | 112              | 128              | 121    | 116              | 126              | 141     | 135              | 147              | 141    | 137              | 145              |
| 167                             | 197                                | 65      | 59               | 72               | 83     | 77               | 89               | 83      | 77               | 89               | 84     | 79               | 88               | 119     | 112              | 127              | 119    | 114              | 124              | 141     | 135              | 147              | 140    | 136              | 143              |
| 167                             | 196                                | 64      | 58               | 71               | 82     | 77               | 88               | 82      | 77               | 88               | 83     | 79               | 87               | 118     | 111              | 126              | 117    | 113              | 122              | 140     | 135              | 146              | 138    | 135              | 142              |
| 167                             | 195                                | 64      | 58               | 70               | 82     | 76               | 87               | 82      | 76               | 87               | 82     | 79               | 86               | 117     | 110              | 124              | 116    | 112              | 120              | 140     | 134              | 145              | 137    | 134              | 141              |
| 167                             | 194                                | 63      | 57               | 69               | 81     | 76               | 86               | 81      | 76               | 86               | 82     | 78               | 85               | 116     | 109              | 123              | 114    | 110              | 118              | 139     | 134              | 145              | 136    | 133              | 139              |
| 167                             | 193                                | 63      | 57               | 68               | 81     | 76               | 86               | 81      | 76               | 86               | 81     | 77               | 85               | 115     | 108              | 122              | 112    | 108              | 116              | 139     | 134              | 144              | 135    | 132              | 138              |
| 167                             | 192                                | 62      | 56               | 68               | 80     | 75               | 85               | 80      | 75               | 85               | 81     | 77               | 84               | 114     | 107              | 121              | 111    | 107              | 115              | 138     | 133              | 144              | 134    | 131              | 137              |
| 167                             | 191                                | 61      | 55               | 67               | 80     | 75               | 85               | 80      | 75               | 85               | 80     | 76               | 84               | 113     | 106              | 120              | 109    | 105              | 113              | 138     | 133              | 143              | 133    | 129              | 136              |
| 167                             | 190                                | 61      | 54               | 67               | 79     | 74               | 85               | 79      | 74               | 85               | 79     | 75               | 84               | 112     | 105              | 119              | 107    | 103              | 112              | 138     | 132              | 143              | 132    | 128              | 136              |
| 167                             | 189                                | 60      | 54               | 66               | 79     | 73               | 85               | 79      | 73               | 85               | 79     | 74               | 83               | 111     | 104              | 119              | 106    | 101              | 111              | 137     | 131              | 143              | 131    | 126              | 135              |
| 166                             | 197                                | 67      | 61               | 73               | 84     | 79               | 90               | 84      | 79               | 90               | 85     | 81               | 89               | 120     | 113              | 128              | 120    | 116              | 125              | 141     | 136              | 147              | 140    | 136              | 144              |
| 166                             | 196                                | 66      | 60               | 72               | 84     | 78               | 89               | 84      | 78               | 89               | 84     | 80               | 88               | 119     | 113              | 126              | 119    | 114              | 123              | 141     | 136              | 146              | 139    | 135              | 142              |
| 166                             | 195                                | 65      | 60               | 71               | 83     | 78               | 88               | 83      | 78               | 88               | 84     | 80               | 87               | 118     | 112              | 125              | 117    | 113              | 121              | 140     | 135              | 146              | 138    | 135              | 141              |
| 166                             | 194                                | 65      | 59               | 70               | 83     | 78               | 88               | 83      | 78               | 88               | 83     | 80               | 87               | 117     | 111              | 124              | 115    | 111              | 119              | 140     | 135              | 145              | 137    | 134              | 140              |
| 166                             | 193                                | 64      | 59               | 70               | 82     | 77               | 87               | 82      | 77               | 87               | 83     | 79               | 86               | 116     | 110              | 123              | 114    | 110              | 117              | 140     | 135              | 144              | 136    | 133              | 139              |

| Hauteur<br>au garrot<br>(en cm) | Périmètre<br>thoracique<br>(en cm) | B2-1    |                  |                  |        |                  |                  | B2-2    |                  |                  |        |                  |                  | B6-1    |                  |                  |        |                  |                  | B10-1   |                  |                  |        |                  |                  |
|---------------------------------|------------------------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|
|                                 |                                    | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  |
|                                 |                                    | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max |
| 166                             | 192                                | 63      | 58               | 69               | 82     | 77               | 86               | 82      | 77               | 86               | 82     | 78               | 86               | 115     | 109              | 122              | 112    | 108              | 116              | 139     | 134              | 144              | 135    | 131              | 138              |
| 166                             | 191                                | 63      | 57               | 68               | 81     | 76               | 86               | 81      | 76               | 86               | 81     | 78               | 85               | 114     | 108              | 121              | 110    | 106              | 114              | 139     | 134              | 144              | 133    | 130              | 137              |
| 166                             | 190                                | 62      | 56               | 68               | 81     | 76               | 86               | 81      | 76               | 86               | 81     | 77               | 85               | 113     | 107              | 120              | 109    | 104              | 113              | 138     | 133              | 143              | 132    | 129              | 136              |
| 166                             | 189                                | 61      | 55               | 67               | 80     | 75               | 86               | 80      | 75               | 86               | 80     | 76               | 84               | 112     | 105              | 119              | 107    | 102              | 112              | 138     | 132              | 143              | 131    | 127              | 135              |
| 166                             | 188                                | 61      | 54               | 67               | 80     | 74               | 85               | 80      | 74               | 85               | 79     | 75               | 84               | 111     | 104              | 119              | 105    | 100              | 110              | 137     | 132              | 143              | 130    | 126              | 134              |
| 165                             | 197                                | 68      | 63               | 74               | 86     | 80               | 91               | 86      | 80               | 91               | 86     | 82               | 91               | 122     | 115              | 129              | 121    | 117              | 126              | 142     | 137              | 147              | 141    | 137              | 144              |
| 165                             | 196                                | 68      | 62               | 73               | 85     | 80               | 90               | 85      | 80               | 90               | 86     | 82               | 90               | 121     | 114              | 127              | 120    | 115              | 124              | 142     | 137              | 147              | 139    | 136              | 143              |
| 165                             | 195                                | 67      | 62               | 72               | 85     | 80               | 89               | 85      | 80               | 89               | 85     | 81               | 89               | 120     | 113              | 126              | 118    | 114              | 122              | 141     | 136              | 146              | 138    | 135              | 142              |
| 165                             | 194                                | 66      | 61               | 71               | 84     | 80               | 89               | 84      | 80               | 89               | 85     | 81               | 88               | 119     | 113              | 125              | 116    | 113              | 120              | 141     | 136              | 145              | 137    | 134              | 140              |
| 165                             | 193                                | 66      | 61               | 71               | 84     | 79               | 88               | 84      | 79               | 88               | 84     | 80               | 87               | 118     | 112              | 123              | 115    | 111              | 119              | 140     | 136              | 145              | 136    | 133              | 139              |
| 165                             | 192                                | 65      | 60               | 70               | 83     | 79               | 88               | 83      | 79               | 88               | 83     | 80               | 87               | 116     | 111              | 122              | 113    | 109              | 117              | 140     | 135              | 144              | 135    | 132              | 138              |
| 165                             | 191                                | 64      | 59               | 69               | 83     | 78               | 87               | 83      | 78               | 87               | 83     | 79               | 86               | 115     | 110              | 121              | 112    | 108              | 115              | 139     | 135              | 144              | 134    | 131              | 137              |
| 165                             | 190                                | 64      | 58               | 69               | 82     | 77               | 87               | 82      | 77               | 87               | 82     | 78               | 86               | 114     | 108              | 121              | 110    | 106              | 114              | 139     | 134              | 143              | 133    | 130              | 136              |
| 165                             | 189                                | 63      | 57               | 69               | 82     | 77               | 86               | 82      | 77               | 86               | 81     | 77               | 85               | 113     | 107              | 120              | 108    | 104              | 113              | 138     | 133              | 143              | 132    | 128              | 136              |
| 165                             | 188                                | 62      | 56               | 68               | 81     | 76               | 86               | 81      | 76               | 86               | 81     | 76               | 85               | 112     | 106              | 119              | 107    | 102              | 111              | 138     | 133              | 143              | 131    | 127              | 135              |
| 164                             | 196                                | 69      | 64               | 75               | 87     | 82               | 91               | 87      | 82               | 91               | 87     | 83               | 91               | 122     | 116              | 128              | 121    | 116              | 125              | 142     | 137              | 147              | 140    | 136              | 144              |
| 164                             | 195                                | 69      | 64               | 74               | 86     | 82               | 90               | 86      | 82               | 90               | 87     | 83               | 90               | 121     | 115              | 127              | 119    | 115              | 123              | 142     | 137              | 146              | 139    | 136              | 142              |
| 164                             | 194                                | 68      | 63               | 73               | 86     | 81               | 90               | 86      | 81               | 90               | 86     | 82               | 89               | 120     | 114              | 125              | 117    | 114              | 121              | 141     | 137              | 146              | 138    | 135              | 141              |
| 164                             | 193                                | 67      | 63               | 72               | 85     | 81               | 89               | 85      | 81               | 89               | 85     | 82               | 89               | 119     | 113              | 124              | 116    | 112              | 120              | 141     | 137              | 145              | 137    | 134              | 140              |
| 164                             | 192                                | 67      | 62               | 71               | 85     | 80               | 89               | 85      | 80               | 89               | 85     | 81               | 88               | 118     | 112              | 123              | 114    | 111              | 118              | 140     | 136              | 145              | 136    | 133              | 139              |
| 164                             | 191                                | 66      | 61               | 71               | 84     | 80               | 88               | 84      | 80               | 88               | 84     | 81               | 88               | 117     | 111              | 122              | 113    | 109              | 117              | 140     | 136              | 144              | 135    | 132              | 138              |
| 164                             | 190                                | 65      | 60               | 70               | 84     | 79               | 88               | 84      | 79               | 88               | 83     | 80               | 87               | 116     | 110              | 121              | 111    | 107              | 115              | 139     | 135              | 144              | 134    | 131              | 137              |
| 164                             | 189                                | 64      | 59               | 70               | 83     | 78               | 88               | 83      | 78               | 88               | 83     | 79               | 87               | 114     | 108              | 120              | 110    | 105              | 114              | 139     | 134              | 143              | 133    | 129              | 136              |
| 164                             | 188                                | 64      | 58               | 69               | 82     | 78               | 87               | 82      | 78               | 87               | 82     | 78               | 86               | 113     | 107              | 120              | 108    | 103              | 112              | 138     | 134              | 143              | 132    | 128              | 135              |
| 164                             | 187                                | 63      | 57               | 69               | 82     | 77               | 87               | 82      | 77               | 87               | 82     | 77               | 86               | 112     | 106              | 119              | 106    | 101              | 111              | 138     | 133              | 143              | 131    | 127              | 135              |
| 163                             | 195                                | 70      | 65               | 75               | 87     | 83               | 92               | 87      | 83               | 92               | 88     | 84               | 92               | 122     | 116              | 128              | 120    | 116              | 124              | 142     | 138              | 147              | 140    | 136              | 143              |
| 163                             | 194                                | 70      | 65               | 74               | 87     | 83               | 91               | 87      | 83               | 91               | 87     | 84               | 91               | 121     | 115              | 126              | 119    | 115              | 123              | 142     | 138              | 146              | 139    | 135              | 142              |
| 163                             | 193                                | 69      | 64               | 73               | 86     | 82               | 90               | 86      | 82               | 90               | 87     | 83               | 90               | 120     | 115              | 125              | 117    | 113              | 121              | 141     | 137              | 145              | 137    | 134              | 141              |

| Hauteur<br>au garrot<br>(en cm) | Périmètre<br>thoracique<br>(en cm) | B2-1    |                  |                  |        |                  |                  | B2-2    |                  |                  |        |                  |                  | B6-1    |                  |                  |        |                  |                  | B10-1   |                  |                  |        |                  |                  |
|---------------------------------|------------------------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|
|                                 |                                    | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  |
|                                 |                                    | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max |
| 163                             | 192                                | 68      | 64               | 73               | 86     | 82               | 90               | 86      | 82               | 90               | 86     | 83               | 89               | 119     | 114              | 124              | 116    | 112              | 119              | 141     | 137              | 145              | 136    | 133              | 139              |
| 163                             | 191                                | 67      | 63               | 72               | 85     | 81               | 89               | 85      | 81               | 89               | 85     | 82               | 89               | 118     | 112              | 123              | 114    | 110              | 118              | 140     | 136              | 144              | 135    | 132              | 138              |
| 163                             | 190                                | 67      | 62               | 71               | 85     | 81               | 89               | 85      | 81               | 89               | 85     | 81               | 88               | 117     | 111              | 122              | 112    | 109              | 116              | 140     | 136              | 144              | 134    | 131              | 138              |
| 163                             | 189                                | 66      | 61               | 71               | 84     | 80               | 89               | 84      | 80               | 89               | 84     | 81               | 88               | 116     | 110              | 121              | 111    | 107              | 115              | 139     | 135              | 144              | 133    | 130              | 137              |
| 163                             | 188                                | 65      | 60               | 70               | 84     | 79               | 88               | 84      | 79               | 88               | 84     | 80               | 87               | 114     | 109              | 120              | 109    | 105              | 114              | 139     | 134              | 144              | 132    | 129              | 136              |
| 163                             | 187                                | 65      | 59               | 70               | 83     | 79               | 88               | 83      | 79               | 88               | 83     | 79               | 87               | 113     | 107              | 120              | 108    | 103              | 112              | 138     | 134              | 143              | 131    | 128              | 135              |
| 163                             | 186                                | 64      | 58               | 70               | 83     | 78               | 88               | 83      | 78               | 88               | 82     | 78               | 87               | 112     | 106              | 119              | 106    | 101              | 111              | 138     | 133              | 143              | 130    | 126              | 134              |
| 162                             | 194                                | 71      | 67               | 76               | 88     | 84               | 92               | 88      | 84               | 92               | 89     | 85               | 92               | 122     | 117              | 127              | 120    | 116              | 124              | 143     | 138              | 147              | 139    | 136              | 142              |
| 162                             | 193                                | 70      | 66               | 75               | 88     | 84               | 92               | 88      | 84               | 92               | 88     | 85               | 92               | 121     | 116              | 126              | 118    | 114              | 122              | 142     | 138              | 146              | 138    | 135              | 141              |
| 162                             | 192                                | 70      | 65               | 74               | 87     | 84               | 91               | 87      | 84               | 91               | 87     | 84               | 91               | 120     | 115              | 125              | 117    | 113              | 120              | 142     | 138              | 145              | 137    | 134              | 140              |
| 162                             | 191                                | 69      | 65               | 73               | 87     | 83               | 91               | 87      | 83               | 91               | 87     | 83               | 90               | 119     | 114              | 124              | 115    | 111              | 119              | 141     | 137              | 145              | 136    | 133              | 139              |
| 162                             | 190                                | 68      | 64               | 72               | 86     | 82               | 90               | 86      | 82               | 90               | 86     | 83               | 90               | 118     | 113              | 123              | 114    | 110              | 117              | 141     | 137              | 144              | 135    | 132              | 138              |
| 162                             | 189                                | 67      | 63               | 72               | 86     | 82               | 90               | 86      | 82               | 90               | 86     | 82               | 89               | 117     | 111              | 122              | 112    | 108              | 116              | 140     | 136              | 144              | 134    | 131              | 137              |
| 162                             | 188                                | 67      | 62               | 71               | 85     | 81               | 89               | 85      | 81               | 89               | 85     | 81               | 89               | 116     | 110              | 121              | 111    | 107              | 115              | 140     | 135              | 144              | 133    | 130              | 136              |
| 162                             | 187                                | 66      | 61               | 71               | 85     | 80               | 89               | 85      | 80               | 89               | 84     | 80               | 88               | 114     | 109              | 120              | 109    | 105              | 113              | 139     | 135              | 144              | 132    | 129              | 136              |
| 162                             | 186                                | 65      | 60               | 71               | 84     | 79               | 89               | 84      | 79               | 89               | 84     | 80               | 88               | 113     | 107              | 120              | 108    | 103              | 112              | 139     | 134              | 143              | 131    | 127              | 135              |
| 162                             | 185                                | 65      | 59               | 70               | 84     | 79               | 89               | 84      | 79               | 89               | 83     | 79               | 88               | 112     | 106              | 119              | 106    | 101              | 111              | 138     | 133              | 143              | 130    | 126              | 134              |
| 161                             | 195                                | 73      | 69               | 78               | 90     | 86               | 95               | 90      | 86               | 95               | 91     | 86               | 95               | 124     | 119              | 130              | 122    | 118              | 127              | 144     | 139              | 148              | 141    | 137              | 144              |
| 161                             | 194                                | 73      | 68               | 77               | 90     | 86               | 94               | 90      | 86               | 94               | 90     | 86               | 94               | 123     | 118              | 128              | 121    | 117              | 125              | 143     | 139              | 147              | 140    | 136              | 143              |
| 161                             | 193                                | 72      | 68               | 76               | 89     | 85               | 93               | 89      | 85               | 93               | 89     | 86               | 93               | 122     | 117              | 127              | 119    | 115              | 123              | 143     | 139              | 147              | 139    | 135              | 142              |
| 161                             | 192                                | 71      | 67               | 75               | 89     | 85               | 92               | 89      | 85               | 92               | 89     | 85               | 92               | 121     | 116              | 126              | 118    | 114              | 122              | 142     | 138              | 146              | 138    | 135              | 141              |
| 161                             | 191                                | 70      | 66               | 75               | 88     | 85               | 92               | 88      | 85               | 92               | 88     | 85               | 92               | 120     | 115              | 125              | 116    | 113              | 120              | 142     | 138              | 145              | 137    | 134              | 140              |
| 161                             | 190                                | 70      | 66               | 74               | 88     | 84               | 91               | 88      | 84               | 91               | 88     | 84               | 91               | 119     | 114              | 124              | 115    | 111              | 119              | 141     | 137              | 145              | 136    | 133              | 139              |
| 161                             | 189                                | 69      | 65               | 73               | 87     | 83               | 91               | 87      | 83               | 91               | 87     | 84               | 90               | 118     | 113              | 123              | 113    | 110              | 117              | 141     | 137              | 144              | 135    | 132              | 138              |
| 161                             | 188                                | 68      | 64               | 73               | 87     | 83               | 90               | 87      | 83               | 90               | 86     | 83               | 90               | 117     | 111              | 122              | 112    | 108              | 116              | 140     | 136              | 144              | 134    | 131              | 137              |
| 161                             | 187                                | 67      | 63               | 72               | 86     | 82               | 90               | 86      | 82               | 90               | 86     | 82               | 90               | 115     | 110              | 121              | 110    | 106              | 115              | 140     | 135              | 144              | 133    | 130              | 136              |
| 161                             | 186                                | 67      | 62               | 72               | 86     | 81               | 90               | 86      | 81               | 90               | 85     | 81               | 89               | 114     | 109              | 120              | 109    | 105              | 113              | 139     | 135              | 144              | 132    | 128              | 136              |
| 161                             | 185                                | 66      | 61               | 71               | 85     | 80               | 90               | 85      | 80               | 90               | 85     | 80               | 89               | 113     | 107              | 119              | 107    | 103              | 112              | 139     | 134              | 143              | 131    | 127              | 135              |

| Hauteur<br>au garrot<br>(en cm) | Périmètre<br>thoracique<br>(en cm) | B2-1    |                  |                  |        |                  |                  | B2-2    |                  |                  |        |                  |                  | B6-1    |                  |                  |        |                  |                  | B10-1   |                  |                  |        |                  |                  |
|---------------------------------|------------------------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|
|                                 |                                    | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  |
|                                 |                                    | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max |
| 160                             | 194                                | 74      | 70               | 79               | 91     | 87               | 95               | 91      | 87               | 95               | 91     | 87               | 96               | 124     | 119              | 130              | 122    | 117              | 127              | 144     | 140              | 148              | 140    | 137              | 144              |
| 160                             | 193                                | 74      | 69               | 78               | 91     | 87               | 95               | 91      | 87               | 95               | 91     | 87               | 95               | 123     | 118              | 128              | 121    | 116              | 125              | 143     | 139              | 147              | 139    | 136              | 143              |
| 160                             | 192                                | 73      | 69               | 77               | 90     | 86               | 94               | 90      | 86               | 94               | 90     | 87               | 94               | 122     | 117              | 127              | 119    | 115              | 123              | 143     | 139              | 147              | 138    | 135              | 142              |
| 160                             | 191                                | 72      | 68               | 76               | 90     | 86               | 93               | 90      | 86               | 93               | 90     | 86               | 93               | 121     | 116              | 126              | 118    | 114              | 122              | 142     | 139              | 146              | 137    | 134              | 141              |
| 160                             | 190                                | 71      | 67               | 75               | 89     | 85               | 93               | 89      | 85               | 93               | 89     | 86               | 92               | 120     | 115              | 125              | 116    | 112              | 120              | 142     | 138              | 145              | 137    | 133              | 140              |
| 160                             | 189                                | 70      | 66               | 75               | 88     | 85               | 92               | 88      | 85               | 92               | 88     | 85               | 92               | 119     | 114              | 123              | 115    | 111              | 119              | 141     | 138              | 145              | 136    | 133              | 139              |
| 160                             | 188                                | 70      | 65               | 74               | 88     | 84               | 92               | 88      | 84               | 92               | 88     | 84               | 91               | 118     | 113              | 122              | 113    | 109              | 117              | 141     | 137              | 144              | 135    | 132              | 138              |
| 160                             | 187                                | 69      | 65               | 73               | 87     | 84               | 91               | 87      | 84               | 91               | 87     | 84               | 91               | 116     | 111              | 122              | 112    | 108              | 116              | 140     | 136              | 144              | 134    | 131              | 137              |
| 160                             | 186                                | 68      | 63               | 73               | 87     | 83               | 91               | 87      | 83               | 91               | 87     | 83               | 90               | 115     | 110              | 121              | 110    | 106              | 115              | 140     | 136              | 144              | 133    | 129              | 136              |
| 160                             | 185                                | 67      | 62               | 72               | 86     | 82               | 91               | 86      | 82               | 91               | 86     | 82               | 90               | 114     | 108              | 120              | 109    | 104              | 113              | 139     | 135              | 144              | 132    | 128              | 136              |
| 160                             | 184                                | 67      | 61               | 72               | 86     | 81               | 90               | 86      | 81               | 90               | 85     | 81               | 90               | 113     | 107              | 119              | 107    | 103              | 112              | 139     | 134              | 143              | 131    | 127              | 135              |
| 159                             | 192                                | 74      | 70               | 79               | 91     | 88               | 95               | 91      | 88               | 95               | 92     | 88               | 96               | 123     | 118              | 128              | 120    | 116              | 125              | 143     | 139              | 147              | 139    | 136              | 143              |
| 159                             | 191                                | 74      | 69               | 78               | 91     | 87               | 95               | 91      | 87               | 95               | 91     | 87               | 95               | 122     | 117              | 127              | 119    | 115              | 123              | 143     | 139              | 147              | 138    | 135              | 141              |
| 159                             | 190                                | 73      | 69               | 77               | 90     | 87               | 94               | 90      | 87               | 94               | 90     | 87               | 94               | 121     | 116              | 126              | 117    | 113              | 121              | 142     | 139              | 146              | 137    | 134              | 140              |
| 159                             | 189                                | 72      | 68               | 76               | 90     | 86               | 93               | 90      | 86               | 93               | 90     | 86               | 93               | 120     | 115              | 124              | 116    | 112              | 120              | 142     | 138              | 145              | 136    | 133              | 139              |
| 159                             | 188                                | 71      | 67               | 75               | 89     | 86               | 93               | 89      | 86               | 93               | 89     | 86               | 93               | 119     | 114              | 123              | 115    | 111              | 118              | 141     | 138              | 145              | 135    | 132              | 139              |
| 159                             | 187                                | 70      | 66               | 75               | 89     | 85               | 92               | 89      | 85               | 92               | 89     | 85               | 92               | 118     | 113              | 122              | 113    | 109              | 117              | 141     | 137              | 145              | 135    | 131              | 138              |
| 159                             | 186                                | 70      | 65               | 74               | 88     | 84               | 92               | 88      | 84               | 92               | 88     | 84               | 92               | 116     | 111              | 121              | 112    | 108              | 116              | 140     | 136              | 144              | 134    | 130              | 137              |
| 159                             | 185                                | 69      | 64               | 73               | 88     | 84               | 92               | 88      | 84               | 92               | 87     | 83               | 91               | 115     | 110              | 121              | 110    | 106              | 115              | 140     | 136              | 144              | 133    | 129              | 136              |
| 159                             | 184                                | 68      | 63               | 73               | 87     | 83               | 91               | 87      | 83               | 91               | 87     | 83               | 91               | 114     | 108              | 120              | 109    | 104              | 113              | 139     | 135              | 144              | 132    | 128              | 135              |
| 159                             | 183                                | 67      | 62               | 72               | 87     | 82               | 91               | 87      | 82               | 91               | 86     | 82               | 90               | 113     | 107              | 119              | 107    | 103              | 112              | 139     | 134              | 143              | 131    | 127              | 135              |
| 159                             | 182                                | 66      | 61               | 72               | 86     | 81               | 91               | 86      | 81               | 91               | 85     | 81               | 90               | 112     | 105              | 118              | 106    | 101              | 111              | 138     | 133              | 143              | 130    | 126              | 134              |
| 158                             | 190                                | 74      | 70               | 78               | 92     | 88               | 95               | 92      | 88               | 95               | 92     | 88               | 96               | 122     | 117              | 127              | 119    | 114              | 123              | 143     | 139              | 147              | 138    | 135              | 141              |
| 158                             | 189                                | 73      | 69               | 77               | 91     | 88               | 95               | 91      | 88               | 95               | 91     | 87               | 95               | 121     | 116              | 126              | 117    | 113              | 121              | 142     | 139              | 146              | 137    | 134              | 140              |
| 158                             | 188                                | 73      | 69               | 77               | 91     | 87               | 94               | 91      | 87               | 94               | 91     | 87               | 94               | 120     | 115              | 124              | 116    | 112              | 120              | 142     | 138              | 145              | 136    | 133              | 139              |
| 158                             | 187                                | 72      | 68               | 76               | 90     | 87               | 94               | 90      | 87               | 94               | 90     | 86               | 94               | 119     | 114              | 123              | 114    | 111              | 118              | 141     | 138              | 145              | 135    | 132              | 138              |
| 158                             | 186                                | 71      | 67               | 75               | 90     | 86               | 93               | 90      | 86               | 93               | 89     | 86               | 93               | 117     | 113              | 122              | 113    | 109              | 117              | 141     | 137              | 145              | 134    | 131              | 138              |
| 158                             | 185                                | 70      | 66               | 75               | 89     | 85               | 93               | 89      | 85               | 93               | 89     | 85               | 92               | 116     | 111              | 121              | 112    | 108              | 116              | 140     | 136              | 144              | 134    | 130              | 137              |

| Hauteur<br>au garrot<br>(en cm) | Périmètre<br>thoracique<br>(en cm) | B2-1    |                  |                  |        |                  |                  | B2-2    |                  |                  |        |                  |                  | B6-1    |                  |                  |        |                  |                  | B10-1   |                  |                  |        |                  |                  |
|---------------------------------|------------------------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|
|                                 |                                    | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  |
|                                 |                                    | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max |
| 158                             | 184                                | 69      | 65               | 74               | 88     | 84               | 92               | 88      | 84               | 92               | 88     | 84               | 92               | 115     | 110              | 120              | 110    | 106              | 115              | 140     | 136              | 144              | 133    | 129              | 136              |
| 158                             | 183                                | 69      | 64               | 73               | 88     | 84               | 92               | 88      | 84               | 92               | 87     | 83               | 92               | 114     | 108              | 120              | 109    | 104              | 113              | 139     | 135              | 144              | 132    | 128              | 135              |
| 158                             | 182                                | 68      | 63               | 73               | 87     | 83               | 92               | 87      | 83               | 92               | 87     | 82               | 91               | 113     | 107              | 119              | 107    | 103              | 112              | 139     | 134              | 143              | 131    | 127              | 135              |
| 158                             | 181                                | 67      | 61               | 73               | 87     | 82               | 92               | 87      | 82               | 92               | 86     | 82               | 91               | 112     | 105              | 118              | 106    | 101              | 111              | 138     | 133              | 143              | 130    | 126              | 134              |
| 157                             | 194                                | 79      | 74               | 85               | 95     | 91               | 100              | 95      | 91               | 100              | 96     | 90               | 101              | 128     | 121              | 134              | 125    | 120              | 131              | 146     | 141              | 151              | 142    | 137              | 147              |
| 157                             | 193                                | 78      | 73               | 83               | 95     | 90               | 99               | 95      | 90               | 99               | 95     | 90               | 100              | 127     | 121              | 133              | 124    | 119              | 129              | 145     | 140              | 150              | 141    | 137              | 145              |
| 157                             | 192                                | 77      | 73               | 82               | 94     | 90               | 99               | 94      | 90               | 99               | 94     | 90               | 99               | 125     | 120              | 131              | 123    | 118              | 128              | 145     | 140              | 149              | 140    | 136              | 144              |
| 157                             | 191                                | 77      | 72               | 81               | 94     | 90               | 98               | 94      | 90               | 98               | 94     | 89               | 98               | 124     | 119              | 130              | 121    | 117              | 126              | 144     | 140              | 148              | 139    | 136              | 143              |
| 157                             | 190                                | 76      | 71               | 80               | 93     | 89               | 97               | 93      | 89               | 97               | 93     | 89               | 97               | 123     | 118              | 128              | 120    | 115              | 124              | 144     | 140              | 147              | 139    | 135              | 142              |
| 157                             | 189                                | 75      | 71               | 79               | 93     | 89               | 96               | 93      | 89               | 96               | 93     | 89               | 96               | 122     | 117              | 127              | 119    | 114              | 123              | 143     | 139              | 147              | 138    | 134              | 141              |
| 157                             | 188                                | 74      | 70               | 78               | 92     | 88               | 96               | 92      | 88               | 96               | 92     | 88               | 96               | 121     | 116              | 125              | 117    | 113              | 121              | 142     | 139              | 146              | 137    | 134              | 140              |
| 157                             | 187                                | 73      | 69               | 77               | 91     | 88               | 95               | 91      | 88               | 95               | 91     | 88               | 95               | 120     | 115              | 124              | 116    | 112              | 120              | 142     | 138              | 146              | 136    | 133              | 139              |
| 157                             | 186                                | 72      | 68               | 76               | 91     | 87               | 94               | 91      | 87               | 94               | 91     | 87               | 94               | 118     | 114              | 123              | 114    | 110              | 118              | 141     | 138              | 145              | 135    | 132              | 138              |
| 157                             | 185                                | 72      | 67               | 76               | 90     | 87               | 94               | 90      | 87               | 94               | 90     | 86               | 94               | 117     | 112              | 122              | 113    | 109              | 117              | 141     | 137              | 145              | 134    | 131              | 138              |
| 157                             | 184                                | 71      | 66               | 75               | 90     | 86               | 94               | 90      | 86               | 94               | 89     | 86               | 93               | 116     | 111              | 121              | 112    | 108              | 116              | 140     | 136              | 144              | 134    | 130              | 137              |
| 157                             | 183                                | 70      | 65               | 75               | 89     | 85               | 93               | 89      | 85               | 93               | 89     | 85               | 93               | 115     | 110              | 120              | 110    | 106              | 115              | 140     | 136              | 144              | 133    | 129              | 136              |
| 157                             | 182                                | 69      | 64               | 74               | 89     | 84               | 93               | 89      | 84               | 93               | 88     | 84               | 92               | 114     | 108              | 119              | 109    | 104              | 113              | 139     | 135              | 144              | 132    | 128              | 136              |
| 157                             | 181                                | 68      | 63               | 74               | 88     | 83               | 93               | 88      | 83               | 93               | 88     | 83               | 92               | 112     | 106              | 119              | 108    | 103              | 112              | 139     | 134              | 143              | 131    | 127              | 135              |
| 157                             | 180                                | 67      | 62               | 73               | 87     | 83               | 92               | 87      | 83               | 92               | 87     | 82               | 92               | 111     | 105              | 118              | 106    | 101              | 111              | 138     | 133              | 143              | 130    | 126              | 134              |
| 157                             | 179                                | 67      | 61               | 73               | 87     | 82               | 92               | 87      | 82               | 92               | 86     | 81               | 91               | 110     | 103              | 117              | 105    | 99               | 110              | 138     | 132              | 143              | 129    | 125              | 134              |
| 157                             | 178                                | 66      | 59               | 72               | 86     | 81               | 92               | 86      | 81               | 92               | 86     | 81               | 91               | 109     | 101              | 116              | 103    | 98               | 109              | 137     | 131              | 143              | 128    | 124              | 133              |
| 157                             | 177                                | 65      | 58               | 72               | 86     | 80               | 92               | 86      | 80               | 92               | 85     | 80               | 91               | 108     | 100              | 116              | 102    | 96               | 108              | 137     | 130              | 143              | 128    | 123              | 133              |
| 157                             | 176                                | 64      | 57               | 72               | 85     | 79               | 92               | 85      | 79               | 92               | 85     | 79               | 91               | 107     | 98               | 115              | 101    | 94               | 107              | 136     | 129              | 143              | 127    | 121              | 132              |
| 157                             | 175                                | 63      | 55               | 71               | 85     | 78               | 92               | 85      | 78               | 92               | 84     | 78               | 90               | 105     | 96               | 115              | 99     | 92               | 106              | 136     | 128              | 143              | 126    | 120              | 132              |
| 156                             | 190                                | 77      | 73               | 82               | 95     | 91               | 99               | 95      | 91               | 99               | 95     | 90               | 99               | 124     | 119              | 130              | 121    | 116              | 126              | 144     | 140              | 148              | 139    | 135              | 143              |
| 156                             | 189                                | 76      | 72               | 81               | 94     | 90               | 98               | 94      | 90               | 98               | 94     | 90               | 98               | 123     | 118              | 128              | 120    | 115              | 124              | 144     | 140              | 147              | 138    | 135              | 142              |
| 156                             | 188                                | 76      | 71               | 80               | 93     | 90               | 97               | 93      | 90               | 97               | 93     | 89               | 97               | 122     | 117              | 127              | 119    | 114              | 123              | 143     | 139              | 147              | 138    | 134              | 141              |
| 156                             | 187                                | 75      | 71               | 79               | 93     | 89               | 96               | 93      | 89               | 96               | 93     | 89               | 96               | 121     | 116              | 125              | 117    | 113              | 121              | 143     | 139              | 146              | 137    | 133              | 140              |

| Hauteur<br>au garrot<br>(en cm) | Périmètre<br>thoracique<br>(en cm) | B2-1    |                  |                  |        |                  |                  | B2-2    |                  |                  |        |                  |                  | B6-1    |                  |                  |        |                  |                  | B10-1   |                  |                  |        |                  |                  |
|---------------------------------|------------------------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|
|                                 |                                    | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  |
|                                 |                                    | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max |
| 156                             | 186                                | 74      | 70               | 78               | 92     | 89               | 96               | 92      | 89               | 96               | 92     | 88               | 96               | 119     | 115              | 124              | 116    | 112              | 120              | 142     | 138              | 146              | 136    | 133              | 139              |
| 156                             | 185                                | 73      | 69               | 77               | 92     | 88               | 95               | 92      | 88               | 95               | 91     | 88               | 95               | 118     | 113              | 123              | 114    | 110              | 118              | 141     | 138              | 145              | 135    | 132              | 138              |
| 156                             | 184                                | 72      | 68               | 76               | 91     | 87               | 95               | 91      | 87               | 95               | 91     | 87               | 95               | 117     | 112              | 122              | 113    | 109              | 117              | 141     | 137              | 145              | 134    | 131              | 138              |
| 156                             | 183                                | 71      | 67               | 76               | 90     | 87               | 94               | 90      | 87               | 94               | 90     | 86               | 94               | 116     | 111              | 121              | 112    | 108              | 116              | 140     | 136              | 144              | 134    | 130              | 137              |
| 156                             | 182                                | 70      | 66               | 75               | 90     | 86               | 94               | 90      | 86               | 94               | 90     | 86               | 94               | 115     | 109              | 120              | 110    | 106              | 115              | 140     | 136              | 144              | 133    | 129              | 136              |
| 156                             | 181                                | 70      | 65               | 75               | 89     | 85               | 94               | 89      | 85               | 94               | 89     | 85               | 93               | 113     | 108              | 119              | 109    | 105              | 114              | 139     | 135              | 144              | 132    | 128              | 136              |
| 155                             | 190                                | 79      | 74               | 84               | 96     | 92               | 100              | 96      | 92               | 100              | 96     | 91               | 101              | 125     | 120              | 131              | 122    | 117              | 128              | 145     | 140              | 149              | 140    | 136              | 144              |
| 155                             | 189                                | 78      | 73               | 83               | 95     | 91               | 99               | 95      | 91               | 99               | 95     | 91               | 100              | 124     | 119              | 129              | 121    | 116              | 126              | 144     | 140              | 148              | 139    | 135              | 143              |
| 155                             | 188                                | 77      | 73               | 81               | 95     | 91               | 99               | 95      | 91               | 99               | 95     | 91               | 99               | 123     | 118              | 128              | 120    | 115              | 124              | 144     | 140              | 148              | 138    | 135              | 142              |
| 155                             | 187                                | 76      | 72               | 80               | 94     | 90               | 98               | 94      | 90               | 98               | 94     | 90               | 98               | 122     | 117              | 127              | 119    | 114              | 123              | 143     | 139              | 147              | 138    | 134              | 141              |
| 155                             | 186                                | 75      | 71               | 79               | 94     | 90               | 97               | 94      | 90               | 97               | 93     | 90               | 97               | 120     | 116              | 125              | 117    | 113              | 121              | 143     | 139              | 146              | 137    | 133              | 140              |
| 155                             | 185                                | 74      | 70               | 78               | 93     | 89               | 97               | 93      | 89               | 97               | 93     | 89               | 97               | 119     | 115              | 124              | 116    | 112              | 120              | 142     | 138              | 146              | 136    | 133              | 139              |
| 155                             | 184                                | 74      | 69               | 78               | 92     | 89               | 96               | 92      | 89               | 96               | 92     | 89               | 96               | 118     | 113              | 123              | 115    | 111              | 119              | 141     | 138              | 145              | 135    | 132              | 139              |
| 155                             | 183                                | 73      | 69               | 77               | 92     | 88               | 96               | 92      | 88               | 96               | 92     | 88               | 95               | 117     | 112              | 122              | 113    | 109              | 117              | 141     | 137              | 145              | 134    | 131              | 138              |
| 155                             | 182                                | 72      | 67               | 76               | 91     | 87               | 95               | 91      | 87               | 95               | 91     | 87               | 95               | 116     | 110              | 121              | 112    | 108              | 116              | 140     | 136              | 144              | 134    | 130              | 137              |
| 155                             | 181                                | 71      | 66               | 76               | 91     | 87               | 95               | 91      | 87               | 95               | 90     | 87               | 94               | 114     | 109              | 120              | 111    | 106              | 115              | 140     | 136              | 144              | 133    | 129              | 136              |
| 155                             | 180                                | 70      | 65               | 75               | 90     | 86               | 94               | 90      | 86               | 94               | 90     | 86               | 94               | 113     | 107              | 119              | 109    | 105              | 114              | 139     | 135              | 144              | 132    | 128              | 136              |
| 155                             | 179                                | 69      | 64               | 75               | 89     | 85               | 94               | 89      | 85               | 94               | 89     | 85               | 94               | 112     | 106              | 118              | 108    | 103              | 113              | 139     | 134              | 143              | 131    | 127              | 135              |
| 155                             | 178                                | 68      | 63               | 74               | 89     | 84               | 94               | 89      | 84               | 94               | 89     | 84               | 93               | 111     | 104              | 117              | 107    | 102              | 112              | 138     | 133              | 143              | 131    | 126              | 135              |
| 154                             | 199                                | 88      | 79               | 98               | 103    | 94               | 111              | 103     | 94               | 111              | 103    | 95               | 111              | 137     | 126              | 148              | 135    | 126              | 144              | 150     | 142              | 159              | 148    | 140              | 155              |
| 154                             | 198                                | 87      | 78               | 96               | 102    | 94               | 110              | 102     | 94               | 110              | 102    | 94               | 110              | 136     | 126              | 147              | 134    | 125              | 143              | 150     | 142              | 158              | 147    | 140              | 154              |
| 154                             | 197                                | 86      | 78               | 95               | 101    | 94               | 109              | 101     | 94               | 109              | 102    | 94               | 109              | 135     | 125              | 145              | 133    | 124              | 141              | 149     | 142              | 157              | 146    | 139              | 153              |
| 154                             | 196                                | 86      | 78               | 94               | 101    | 94               | 108              | 101     | 94               | 108              | 101    | 94               | 108              | 134     | 125              | 143              | 131    | 124              | 139              | 149     | 142              | 156              | 145    | 139              | 152              |
| 154                             | 195                                | 85      | 77               | 92               | 100    | 94               | 107              | 100     | 94               | 107              | 100    | 94               | 107              | 133     | 124              | 141              | 130    | 123              | 137              | 148     | 141              | 155              | 144    | 139              | 150              |
| 154                             | 194                                | 84      | 77               | 91               | 100    | 94               | 106              | 100     | 94               | 106              | 100    | 93               | 106              | 131     | 123              | 139              | 129    | 122              | 136              | 148     | 141              | 154              | 144    | 138              | 149              |
| 154                             | 193                                | 83      | 76               | 89               | 99     | 93               | 105              | 99      | 93               | 105              | 99     | 93               | 105              | 130     | 122              | 138              | 128    | 121              | 134              | 147     | 141              | 153              | 143    | 138              | 148              |
| 154                             | 192                                | 82      | 76               | 88               | 98     | 93               | 104              | 98      | 93               | 104              | 99     | 93               | 104              | 129     | 122              | 136              | 126    | 120              | 132              | 146     | 141              | 152              | 142    | 137              | 147              |
| 154                             | 191                                | 81      | 75               | 87               | 98     | 93               | 103              | 98      | 93               | 103              | 98     | 93               | 103              | 128     | 121              | 134              | 125    | 119              | 131              | 146     | 141              | 151              | 141    | 137              | 146              |

| Hauteur<br>au garrot<br>(en cm) | Périmètre<br>thoracique<br>(en cm) | B2-1    |                  |                  |        |                  |                  | B2-2    |                  |                  |        |                  |                  | B6-1    |                  |                  |        |                  |                  | B10-1   |                  |                  |        |                  |                  |
|---------------------------------|------------------------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|
|                                 |                                    | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  |
|                                 |                                    | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max |
| 154                             | 190                                | 80      | 75               | 86               | 97     | 93               | 102              | 97      | 93               | 102              | 97     | 92               | 102              | 126     | 120              | 133              | 124    | 118              | 129              | 145     | 141              | 150              | 141    | 136              | 145              |
| 154                             | 189                                | 79      | 74               | 84               | 97     | 92               | 101              | 97      | 92               | 101              | 97     | 92               | 101              | 125     | 119              | 131              | 122    | 117              | 128              | 145     | 140              | 149              | 140    | 136              | 144              |
| 154                             | 188                                | 79      | 74               | 83               | 96     | 92               | 100              | 96      | 92               | 100              | 96     | 92               | 101              | 124     | 118              | 129              | 121    | 116              | 126              | 144     | 140              | 148              | 139    | 135              | 143              |
| 154                             | 187                                | 78      | 73               | 82               | 96     | 92               | 99               | 96      | 92               | 99               | 95     | 91               | 100              | 123     | 118              | 128              | 120    | 115              | 124              | 144     | 140              | 148              | 138    | 135              | 142              |
| 154                             | 186                                | 77      | 73               | 81               | 95     | 91               | 99               | 95      | 91               | 99               | 95     | 91               | 99               | 121     | 117              | 126              | 119    | 114              | 123              | 143     | 139              | 147              | 138    | 134              | 141              |
| 154                             | 185                                | 76      | 72               | 80               | 94     | 91               | 98               | 94      | 91               | 98               | 94     | 90               | 98               | 120     | 115              | 125              | 117    | 113              | 122              | 143     | 139              | 146              | 137    | 133              | 140              |
| 154                             | 184                                | 75      | 71               | 79               | 94     | 90               | 97               | 94      | 90               | 97               | 94     | 90               | 97               | 119     | 114              | 124              | 116    | 112              | 120              | 142     | 138              | 146              | 136    | 133              | 139              |
| 154                             | 183                                | 74      | 70               | 78               | 93     | 89               | 97               | 93      | 89               | 97               | 93     | 89               | 97               | 118     | 113              | 123              | 115    | 111              | 119              | 141     | 138              | 145              | 135    | 132              | 139              |
| 154                             | 182                                | 73      | 69               | 77               | 93     | 89               | 96               | 93      | 89               | 96               | 92     | 89               | 96               | 116     | 112              | 121              | 113    | 109              | 118              | 141     | 137              | 145              | 135    | 131              | 138              |
| 154                             | 181                                | 72      | 68               | 77               | 92     | 88               | 96               | 92      | 88               | 96               | 92     | 88               | 96               | 115     | 110              | 120              | 112    | 108              | 116              | 140     | 136              | 144              | 134    | 130              | 137              |
| 154                             | 180                                | 71      | 67               | 76               | 91     | 87               | 96               | 91      | 87               | 96               | 91     | 87               | 95               | 114     | 109              | 120              | 111    | 107              | 115              | 140     | 135              | 144              | 133    | 130              | 137              |
| 153                             | 200                                | 91      | 80               | 101              | 105    | 95               | 114              | 105     | 95               | 114              | 105    | 96               | 114              | 140     | 128              | 152              | 137    | 127              | 148              | 152     | 142              | 161              | 149    | 141              | 157              |
| 153                             | 199                                | 90      | 80               | 100              | 104    | 95               | 113              | 104     | 95               | 113              | 104    | 95               | 113              | 139     | 127              | 150              | 136    | 127              | 146              | 151     | 142              | 160              | 148    | 140              | 156              |
| 153                             | 198                                | 89      | 79               | 99               | 103    | 95               | 112              | 103     | 95               | 112              | 104    | 95               | 112              | 137     | 126              | 149              | 135    | 126              | 144              | 150     | 142              | 159              | 147    | 140              | 155              |
| 153                             | 197                                | 88      | 79               | 97               | 103    | 95               | 111              | 103     | 95               | 111              | 103    | 95               | 111              | 136     | 126              | 147              | 134    | 125              | 142              | 150     | 142              | 158              | 146    | 139              | 154              |
| 153                             | 196                                | 87      | 79               | 96               | 102    | 95               | 110              | 102     | 95               | 110              | 102    | 95               | 110              | 135     | 125              | 145              | 132    | 124              | 141              | 149     | 142              | 157              | 146    | 139              | 152              |
| 153                             | 195                                | 86      | 78               | 94               | 102    | 95               | 109              | 102     | 95               | 109              | 102    | 95               | 109              | 134     | 124              | 143              | 131    | 123              | 139              | 149     | 142              | 156              | 145    | 139              | 151              |
| 153                             | 194                                | 85      | 78               | 93               | 101    | 94               | 108              | 101     | 94               | 108              | 101    | 94               | 108              | 132     | 124              | 141              | 130    | 123              | 137              | 148     | 141              | 155              | 144    | 138              | 150              |
| 153                             | 193                                | 85      | 77               | 92               | 100    | 94               | 107              | 100     | 94               | 107              | 101    | 94               | 107              | 131     | 123              | 139              | 129    | 122              | 136              | 148     | 141              | 154              | 144    | 138              | 149              |
| 153                             | 192                                | 84      | 77               | 90               | 100    | 94               | 106              | 100     | 94               | 106              | 100    | 94               | 106              | 130     | 122              | 138              | 127    | 121              | 134              | 147     | 141              | 153              | 143    | 137              | 148              |
| 153                             | 191                                | 83      | 77               | 89               | 99     | 94               | 105              | 99      | 94               | 105              | 99     | 94               | 105              | 129     | 122              | 136              | 126    | 120              | 132              | 147     | 141              | 152              | 142    | 137              | 147              |
| 153                             | 190                                | 82      | 76               | 88               | 99     | 94               | 104              | 99      | 94               | 104              | 99     | 93               | 104              | 127     | 121              | 134              | 125    | 119              | 131              | 146     | 141              | 151              | 141    | 137              | 146              |
| 153                             | 189                                | 81      | 76               | 86               | 98     | 93               | 103              | 98      | 93               | 103              | 98     | 93               | 103              | 126     | 120              | 132              | 124    | 118              | 129              | 145     | 141              | 150              | 141    | 136              | 145              |
| 153                             | 188                                | 80      | 75               | 85               | 97     | 93               | 102              | 97      | 93               | 102              | 97     | 93               | 102              | 125     | 119              | 131              | 122    | 117              | 128              | 145     | 140              | 149              | 140    | 136              | 144              |
| 153                             | 187                                | 79      | 74               | 84               | 97     | 93               | 101              | 97      | 93               | 101              | 97     | 92               | 101              | 124     | 118              | 129              | 121    | 116              | 126              | 144     | 140              | 148              | 139    | 135              | 143              |
| 153                             | 186                                | 78      | 74               | 83               | 96     | 92               | 100              | 96      | 92               | 100              | 96     | 92               | 100              | 122     | 117              | 128              | 120    | 115              | 125              | 144     | 140              | 148              | 138    | 135              | 142              |
| 153                             | 185                                | 77      | 73               | 82               | 96     | 92               | 99               | 96      | 92               | 99               | 96     | 92               | 100              | 121     | 116              | 126              | 119    | 114              | 123              | 143     | 139              | 147              | 138    | 134              | 141              |
| 153                             | 184                                | 76      | 72               | 81               | 95     | 91               | 99               | 95      | 91               | 99               | 95     | 91               | 99               | 120     | 115              | 125              | 117    | 113              | 122              | 143     | 139              | 146              | 137    | 134              | 140              |
| 153                             | 183                                | 75      | 71               | 80               | 94     | 91               | 98               | 94      | 91               | 98               | 94     | 91               | 98               | 119     | 114              | 124              | 116    | 112              | 120              | 142     | 138              | 146              | 136    | 133              | 140              |

| Hauteur<br>au garrot<br>(en cm) | Périmètre<br>thoracique<br>(en cm) | B2-1    |                  |                  |        |                  |                  | B2-2    |                  |                  |        |                  |                  | B6-1    |                  |                  |        |                  |                  | B10-1   |                  |                  |        |                  |                  |
|---------------------------------|------------------------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|
|                                 |                                    | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  |
|                                 |                                    | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max |
| 153                             | 182                                | 75      | 70               | 79               | 94     | 90               | 98               | 94      | 90               | 98               | 94     | 90               | 98               | 117     | 112              | 122              | 115    | 111              | 119              | 141     | 138              | 145              | 135    | 132              | 139              |
| 153                             | 181                                | 74      | 69               | 78               | 93     | 89               | 97               | 93      | 89               | 97               | 93     | 89               | 97               | 116     | 111              | 121              | 114    | 110              | 118              | 141     | 137              | 145              | 135    | 131              | 138              |
| 153                             | 180                                | 73      | 68               | 77               | 93     | 89               | 97               | 93      | 89               | 97               | 93     | 89               | 96               | 115     | 110              | 120              | 112    | 108              | 117              | 140     | 136              | 144              | 134    | 131              | 137              |
| 153                             | 179                                | 72      | 67               | 77               | 92     | 88               | 96               | 92      | 88               | 96               | 92     | 88               | 96               | 114     | 108              | 119              | 111    | 107              | 115              | 140     | 135              | 144              | 133    | 130              | 137              |
| 153                             | 178                                | 71      | 66               | 76               | 91     | 87               | 96               | 91      | 87               | 96               | 91     | 87               | 95               | 112     | 106              | 119              | 110    | 105              | 114              | 139     | 134              | 144              | 133    | 129              | 136              |
| 153                             | 177                                | 70      | 64               | 76               | 91     | 86               | 96               | 91      | 86               | 96               | 91     | 86               | 95               | 111     | 105              | 118              | 109    | 104              | 113              | 139     | 134              | 144              | 132    | 128              | 136              |
| 152                             | 196                                | 89      | 80               | 98               | 104    | 96               | 112              | 104     | 96               | 112              | 104    | 96               | 112              | 136     | 126              | 147              | 134    | 125              | 142              | 150     | 142              | 158              | 146    | 139              | 153              |
| 152                             | 195                                | 88      | 79               | 97               | 103    | 96               | 111              | 103     | 96               | 111              | 103    | 96               | 111              | 135     | 125              | 145              | 132    | 124              | 141              | 149     | 142              | 157              | 146    | 139              | 152              |
| 152                             | 194                                | 87      | 79               | 95               | 102    | 95               | 110              | 102     | 95               | 110              | 103    | 95               | 110              | 134     | 124              | 143              | 131    | 123              | 139              | 149     | 142              | 156              | 145    | 138              | 151              |
| 152                             | 193                                | 86      | 78               | 94               | 102    | 95               | 109              | 102     | 95               | 109              | 102    | 95               | 109              | 132     | 124              | 141              | 130    | 122              | 137              | 148     | 141              | 155              | 144    | 138              | 150              |
| 152                             | 192                                | 85      | 78               | 92               | 101    | 95               | 108              | 101     | 95               | 108              | 101    | 95               | 108              | 131     | 123              | 139              | 129    | 122              | 136              | 148     | 141              | 154              | 143    | 138              | 149              |
| 152                             | 191                                | 84      | 78               | 91               | 101    | 95               | 106              | 101     | 95               | 106              | 101    | 95               | 107              | 130     | 122              | 138              | 127    | 121              | 134              | 147     | 141              | 153              | 143    | 137              | 148              |
| 152                             | 190                                | 83      | 77               | 90               | 100    | 95               | 105              | 100     | 95               | 105              | 100    | 94               | 106              | 129     | 121              | 136              | 126    | 120              | 132              | 147     | 141              | 152              | 142    | 137              | 147              |
| 152                             | 189                                | 82      | 77               | 88               | 99     | 94               | 105              | 99      | 94               | 105              | 99     | 94               | 105              | 127     | 121              | 134              | 125    | 119              | 131              | 146     | 141              | 151              | 141    | 137              | 146              |
| 152                             | 188                                | 81      | 76               | 87               | 99     | 94               | 104              | 99      | 94               | 104              | 99     | 94               | 104              | 126     | 120              | 132              | 124    | 118              | 129              | 145     | 141              | 150              | 141    | 136              | 145              |
| 152                             | 187                                | 81      | 75               | 86               | 98     | 94               | 103              | 98      | 94               | 103              | 98     | 93               | 103              | 125     | 119              | 131              | 123    | 117              | 128              | 145     | 140              | 149              | 140    | 136              | 144              |
| 152                             | 186                                | 80      | 75               | 84               | 98     | 93               | 102              | 98      | 93               | 102              | 98     | 93               | 102              | 123     | 118              | 129              | 121    | 116              | 126              | 144     | 140              | 149              | 139    | 135              | 143              |
| 152                             | 185                                | 79      | 74               | 83               | 97     | 93               | 101              | 97      | 93               | 101              | 97     | 93               | 101              | 122     | 117              | 127              | 120    | 115              | 125              | 144     | 140              | 148              | 139    | 135              | 142              |
| 152                             | 184                                | 78      | 73               | 82               | 96     | 93               | 100              | 96      | 93               | 100              | 96     | 92               | 101              | 121     | 116              | 126              | 119    | 114              | 123              | 143     | 139              | 147              | 138    | 134              | 141              |
| 152                             | 183                                | 77      | 73               | 81               | 96     | 92               | 100              | 96      | 92               | 100              | 96     | 92               | 100              | 120     | 115              | 125              | 118    | 113              | 122              | 143     | 139              | 146              | 137    | 134              | 141              |
| 152                             | 182                                | 76      | 72               | 80               | 95     | 91               | 99               | 95      | 91               | 99               | 95     | 91               | 99               | 118     | 113              | 123              | 116    | 112              | 121              | 142     | 138              | 146              | 136    | 133              | 140              |
| 152                             | 181                                | 75      | 71               | 79               | 95     | 91               | 98               | 95      | 91               | 98               | 95     | 91               | 98               | 117     | 112              | 122              | 115    | 111              | 119              | 141     | 137              | 145              | 136    | 132              | 139              |
| 152                             | 180                                | 74      | 69               | 79               | 94     | 90               | 98               | 94      | 90               | 98               | 94     | 90               | 98               | 116     | 110              | 121              | 114    | 110              | 118              | 141     | 137              | 145              | 135    | 132              | 138              |
| 152                             | 179                                | 73      | 68               | 78               | 93     | 89               | 98               | 93      | 89               | 98               | 93     | 90               | 97               | 115     | 109              | 120              | 113    | 109              | 117              | 140     | 136              | 145              | 134    | 131              | 138              |
| 152                             | 178                                | 72      | 67               | 77               | 93     | 88               | 97               | 93      | 88               | 97               | 93     | 89               | 97               | 113     | 107              | 119              | 112    | 107              | 116              | 140     | 135              | 144              | 134    | 130              | 137              |
| 152                             | 177                                | 71      | 66               | 77               | 92     | 87               | 97               | 92      | 87               | 97               | 92     | 88               | 96               | 112     | 106              | 118              | 110    | 106              | 115              | 139     | 134              | 144              | 133    | 129              | 136              |
| 152                             | 176                                | 70      | 65               | 76               | 91     | 86               | 97               | 91      | 86               | 97               | 92     | 87               | 96               | 111     | 104              | 118              | 109    | 104              | 114              | 138     | 133              | 144              | 132    | 128              | 136              |
| 152                             | 175                                | 70      | 63               | 76               | 91     | 85               | 96               | 91      | 85               | 96               | 91     | 86               | 95               | 109     | 102              | 117              | 108    | 103              | 113              | 138     | 132              | 144              | 131    | 127              | 135              |
| 152                             | 174                                | 69      | 62               | 75               | 90     | 84               | 96               | 90      | 84               | 96               | 90     | 86               | 95               | 108     | 100              | 116              | 107    | 101              | 112              | 137     | 131              | 143              | 131    | 126              | 135              |



| Hauteur<br>au garrot<br>(en cm) | Périmètre<br>thoracique<br>(en cm) | B2-1    |                  |                  |        |                  |                  | B2-2    |                  |                  |        |                  |                  | B6-1    |                  |                  |        |                  |                  | B10-1   |                  |                  |        |                  |                  |
|---------------------------------|------------------------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|
|                                 |                                    | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  |
|                                 |                                    | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max |
| 152                             | 173                                | 68      | 60               | 75               | 90     | 83               | 96               | 90      | 83               | 96               | 90     | 85               | 95               | 107     | 99               | 115              | 105    | 100              | 111              | 137     | 130              | 143              | 130    | 126              | 135              |
| 152                             | 172                                | 67      | 59               | 74               | 89     | 82               | 96               | 89      | 82               | 96               | 89     | 84               | 95               | 106     | 97               | 115              | 104    | 98               | 110              | 136     | 129              | 143              | 129    | 125              | 134              |
| 152                             | 171                                | 66      | 58               | 74               | 88     | 81               | 96               | 88      | 81               | 96               | 88     | 83               | 94               | 104     | 95               | 114              | 103    | 97               | 109              | 136     | 128              | 143              | 129    | 124              | 134              |
| 152                             | 170                                | 65      | 56               | 74               | 88     | 80               | 96               | 88      | 80               | 96               | 88     | 82               | 94               | 103     | 93               | 113              | 102    | 95               | 109              | 135     | 127              | 143              | 128    | 123              | 133              |
| 151                             | 190                                | 85      | 78               | 92               | 101    | 96               | 107              | 101     | 96               | 107              | 101    | 95               | 108              | 130     | 122              | 137              | 127    | 121              | 134              | 147     | 141              | 153              | 143    | 137              | 148              |
| 151                             | 189                                | 84      | 78               | 90               | 101    | 95               | 106              | 101     | 95               | 106              | 101    | 95               | 107              | 128     | 121              | 136              | 126    | 120              | 133              | 147     | 141              | 152              | 142    | 137              | 147              |
| 151                             | 188                                | 83      | 77               | 89               | 100    | 95               | 105              | 100     | 95               | 105              | 100    | 95               | 106              | 127     | 120              | 134              | 125    | 119              | 131              | 146     | 141              | 151              | 141    | 137              | 146              |
| 151                             | 187                                | 82      | 77               | 87               | 100    | 95               | 104              | 100     | 95               | 104              | 100    | 95               | 105              | 126     | 119              | 132              | 124    | 118              | 129              | 145     | 140              | 150              | 141    | 136              | 145              |
| 151                             | 186                                | 81      | 76               | 86               | 99     | 94               | 103              | 99      | 94               | 103              | 99     | 94               | 104              | 124     | 119              | 130              | 123    | 117              | 128              | 145     | 140              | 149              | 140    | 136              | 144              |
| 151                             | 185                                | 80      | 75               | 85               | 98     | 94               | 103              | 98      | 94               | 103              | 98     | 94               | 103              | 123     | 118              | 129              | 122    | 117              | 126              | 144     | 140              | 149              | 139    | 135              | 143              |
| 151                             | 184                                | 79      | 75               | 84               | 98     | 94               | 102              | 98      | 94               | 102              | 98     | 94               | 102              | 122     | 116              | 127              | 120    | 116              | 125              | 144     | 139              | 148              | 139    | 135              | 142              |
| 151                             | 183                                | 78      | 74               | 83               | 97     | 93               | 101              | 97      | 93               | 101              | 97     | 93               | 101              | 121     | 115              | 126              | 119    | 115              | 124              | 143     | 139              | 147              | 138    | 134              | 142              |
| 151                             | 182                                | 77      | 73               | 82               | 96     | 92               | 100              | 96      | 92               | 100              | 97     | 93               | 101              | 119     | 114              | 125              | 118    | 114              | 122              | 142     | 138              | 147              | 137    | 134              | 141              |
| 151                             | 181                                | 76      | 72               | 81               | 96     | 92               | 100              | 96      | 92               | 100              | 96     | 92               | 100              | 118     | 113              | 123              | 117    | 113              | 121              | 142     | 138              | 146              | 137    | 133              | 140              |
| 150                             | 185                                | 82      | 76               | 87               | 100    | 95               | 104              | 100     | 95               | 104              | 100    | 95               | 105              | 124     | 118              | 130              | 123    | 118              | 128              | 145     | 140              | 149              | 140    | 136              | 144              |
| 150                             | 184                                | 81      | 76               | 86               | 99     | 95               | 103              | 99      | 95               | 103              | 99     | 95               | 104              | 123     | 117              | 129              | 122    | 117              | 127              | 144     | 140              | 149              | 140    | 135              | 144              |
| 150                             | 183                                | 80      | 75               | 84               | 98     | 94               | 103              | 98      | 94               | 103              | 99     | 94               | 103              | 122     | 116              | 127              | 121    | 116              | 125              | 144     | 139              | 148              | 139    | 135              | 143              |
| 150                             | 182                                | 79      | 74               | 83               | 98     | 94               | 102              | 98      | 94               | 102              | 98     | 94               | 102              | 120     | 115              | 126              | 119    | 115              | 124              | 143     | 139              | 147              | 138    | 135              | 142              |
| 150                             | 181                                | 78      | 73               | 83               | 97     | 93               | 101              | 97      | 93               | 101              | 97     | 93               | 101              | 119     | 113              | 125              | 118    | 114              | 123              | 142     | 138              | 147              | 138    | 134              | 141              |
| 150                             | 180                                | 77      | 72               | 82               | 96     | 92               | 101              | 96      | 92               | 101              | 97     | 93               | 101              | 118     | 112              | 123              | 117    | 113              | 121              | 142     | 137              | 146              | 137    | 133              | 140              |
| 150                             | 179                                | 76      | 71               | 81               | 96     | 91               | 100              | 96      | 91               | 100              | 96     | 92               | 100              | 116     | 110              | 122              | 116    | 112              | 120              | 141     | 137              | 146              | 136    | 133              | 140              |
| 150                             | 178                                | 75      | 70               | 80               | 95     | 91               | 100              | 95      | 91               | 100              | 96     | 92               | 99               | 115     | 109              | 121              | 115    | 111              | 119              | 141     | 136              | 145              | 136    | 132              | 139              |
| 150                             | 177                                | 74      | 68               | 80               | 95     | 90               | 100              | 95      | 90               | 100              | 95     | 91               | 99               | 114     | 107              | 120              | 114    | 109              | 118              | 140     | 135              | 145              | 135    | 131              | 138              |
| 150                             | 176                                | 73      | 67               | 79               | 94     | 89               | 99               | 94      | 89               | 99               | 94     | 90               | 98               | 112     | 105              | 119              | 112    | 108              | 117              | 139     | 134              | 145              | 134    | 131              | 138              |
| 150                             | 175                                | 72      | 66               | 78               | 93     | 88               | 99               | 93      | 88               | 99               | 94     | 89               | 98               | 111     | 104              | 119              | 111    | 107              | 116              | 139     | 133              | 145              | 134    | 130              | 137              |
| 150                             | 174                                | 71      | 64               | 78               | 93     | 87               | 99               | 93      | 87               | 99               | 93     | 89               | 98               | 110     | 102              | 118              | 110    | 105              | 115              | 138     | 132              | 144              | 133    | 129              | 137              |
| 149                             | 190                                | 88      | 80               | 96               | 104    | 97               | 111              | 104     | 97               | 111              | 104    | 97               | 111              | 132     | 123              | 141              | 130    | 122              | 138              | 148     | 141              | 155              | 144    | 138              | 150              |
| 149                             | 189                                | 87      | 80               | 94               | 104    | 97               | 110              | 104     | 97               | 110              | 104    | 97               | 110              | 130     | 122              | 139              | 129    | 122              | 136              | 148     | 141              | 154              | 143    | 138              | 149              |

| Hauteur<br>au garrot<br>(en cm) | Périmètre<br>thoracique<br>(en cm) | B2-1    |                  |                  |        |                  |                  | B2-2    |                  |                  |        |                  |                  | B6-1    |                  |                  |        |                  |                  | B10-1   |                  |                  |        |                  |                  |
|---------------------------------|------------------------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|
|                                 |                                    | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  |
|                                 |                                    | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max |
| 149                             | 188                                | 86      | 79               | 93               | 103    | 97               | 109              | 103     | 97               | 109              | 103    | 97               | 109              | 129     | 121              | 137              | 128    | 121              | 135              | 147     | 141              | 153              | 143    | 137              | 148              |
| 149                             | 187                                | 85      | 79               | 91               | 102    | 97               | 108              | 102     | 97               | 108              | 102    | 97               | 108              | 128     | 120              | 135              | 127    | 120              | 133              | 147     | 141              | 152              | 142    | 137              | 147              |
| 149                             | 186                                | 84      | 78               | 90               | 102    | 96               | 107              | 102     | 96               | 107              | 102    | 96               | 107              | 127     | 120              | 133              | 125    | 119              | 131              | 146     | 141              | 151              | 142    | 137              | 146              |
| 149                             | 185                                | 83      | 77               | 89               | 101    | 96               | 106              | 101     | 96               | 106              | 101    | 96               | 106              | 125     | 119              | 132              | 124    | 119              | 130              | 145     | 140              | 150              | 141    | 136              | 146              |
| 149                             | 184                                | 82      | 77               | 87               | 100    | 96               | 105              | 100     | 96               | 105              | 101    | 96               | 106              | 124     | 118              | 130              | 123    | 118              | 129              | 145     | 140              | 150              | 140    | 136              | 145              |
| 149                             | 183                                | 81      | 76               | 86               | 100    | 95               | 104              | 100     | 95               | 104              | 100    | 95               | 105              | 123     | 116              | 129              | 122    | 117              | 127              | 144     | 139              | 149              | 140    | 136              | 144              |
| 149                             | 182                                | 80      | 75               | 85               | 99     | 95               | 104              | 99      | 95               | 104              | 99     | 95               | 104              | 121     | 115              | 127              | 121    | 116              | 126              | 144     | 139              | 148              | 139    | 135              | 143              |
| 149                             | 181                                | 79      | 74               | 84               | 98     | 94               | 103              | 98      | 94               | 103              | 99     | 95               | 103              | 120     | 114              | 126              | 120    | 115              | 124              | 143     | 138              | 148              | 138    | 135              | 142              |
| 149                             | 180                                | 78      | 73               | 83               | 98     | 93               | 102              | 98      | 93               | 102              | 98     | 94               | 102              | 119     | 113              | 125              | 119    | 114              | 123              | 142     | 138              | 147              | 138    | 134              | 142              |
| 149                             | 179                                | 77      | 72               | 82               | 97     | 92               | 102              | 97      | 92               | 102              | 98     | 94               | 102              | 117     | 111              | 123              | 118    | 113              | 122              | 142     | 137              | 147              | 137    | 134              | 141              |
| 149                             | 178                                | 76      | 71               | 82               | 97     | 92               | 101              | 97      | 92               | 101              | 97     | 93               | 101              | 116     | 109              | 122              | 116    | 112              | 121              | 141     | 136              | 146              | 137    | 133              | 140              |
| 149                             | 177                                | 75      | 69               | 81               | 96     | 91               | 101              | 96      | 91               | 101              | 96     | 92               | 100              | 115     | 108              | 121              | 115    | 111              | 120              | 141     | 135              | 146              | 136    | 132              | 140              |
| 148                             | 183                                | 82      | 77               | 88               | 101    | 96               | 106              | 101     | 96               | 106              | 101    | 96               | 106              | 123     | 117              | 130              | 124    | 118              | 129              | 145     | 140              | 150              | 141    | 136              | 145              |
| 148                             | 182                                | 81      | 76               | 87               | 100    | 96               | 105              | 100     | 96               | 105              | 101    | 96               | 106              | 122     | 116              | 129              | 122    | 117              | 128              | 144     | 139              | 149              | 140    | 136              | 144              |
| 148                             | 181                                | 80      | 75               | 86               | 100    | 95               | 105              | 100     | 95               | 105              | 100    | 96               | 105              | 121     | 114              | 127              | 121    | 116              | 126              | 143     | 139              | 148              | 139    | 135              | 143              |
| 148                             | 180                                | 79      | 74               | 85               | 99     | 94               | 104              | 99      | 94               | 104              | 100    | 95               | 104              | 119     | 113              | 126              | 120    | 115              | 125              | 143     | 138              | 148              | 139    | 135              | 143              |
| 148                             | 179                                | 78      | 73               | 84               | 98     | 93               | 103              | 98      | 93               | 103              | 99     | 95               | 103              | 118     | 112              | 125              | 119    | 114              | 124              | 142     | 137              | 147              | 138    | 134              | 142              |
| 148                             | 178                                | 77      | 72               | 83               | 98     | 93               | 103              | 98      | 93               | 103              | 98     | 94               | 103              | 117     | 110              | 124              | 118    | 113              | 123              | 142     | 136              | 147              | 138    | 134              | 141              |
| 148                             | 177                                | 76      | 70               | 83               | 97     | 92               | 103              | 97      | 92               | 103              | 98     | 94               | 102              | 115     | 108              | 123              | 117    | 112              | 122              | 141     | 135              | 147              | 137    | 133              | 141              |
| 148                             | 176                                | 75      | 69               | 82               | 96     | 91               | 102              | 96      | 91               | 102              | 97     | 93               | 101              | 114     | 106              | 122              | 116    | 111              | 120              | 140     | 135              | 146              | 136    | 133              | 140              |
| 148                             | 175                                | 74      | 67               | 81               | 96     | 90               | 102              | 96      | 90               | 102              | 97     | 92               | 101              | 113     | 105              | 121              | 115    | 110              | 120              | 140     | 134              | 146              | 136    | 132              | 140              |
| 148                             | 174                                | 73      | 66               | 81               | 95     | 89               | 102              | 95      | 89               | 102              | 96     | 91               | 100              | 111     | 103              | 120              | 114    | 109              | 119              | 139     | 133              | 146              | 135    | 131              | 139              |
| 148                             | 173                                | 72      | 65               | 80               | 95     | 88               | 102              | 95      | 88               | 102              | 95     | 91               | 100              | 110     | 101              | 119              | 113    | 107              | 118              | 139     | 131              | 146              | 135    | 131              | 139              |
| 148                             | 172                                | 71      | 63               | 80               | 94     | 86               | 101              | 94      | 86               | 101              | 95     | 90               | 100              | 109     | 99               | 119              | 111    | 106              | 117              | 138     | 130              | 146              | 134    | 130              | 138              |
| 148                             | 171                                | 70      | 61               | 79               | 93     | 85               | 101              | 93      | 85               | 101              | 94     | 89               | 99               | 107     | 97               | 118              | 110    | 105              | 116              | 137     | 129              | 145              | 133    | 129              | 138              |
| 148                             | 170                                | 69      | 60               | 79               | 93     | 84               | 101              | 93      | 84               | 101              | 93     | 88               | 99               | 106     | 95               | 117              | 109    | 103              | 115              | 137     | 128              | 145              | 133    | 128              | 138              |
| 147                             | 182                                | 83      | 77               | 89               | 102    | 96               | 107              | 102     | 96               | 107              | 102    | 97               | 107              | 123     | 116              | 130              | 124    | 118              | 130              | 145     | 139              | 150              | 141    | 136              | 145              |
| 147                             | 181                                | 82      | 76               | 88               | 101    | 96               | 106              | 101     | 96               | 106              | 102    | 97               | 106              | 122     | 115              | 129              | 123    | 118              | 128              | 144     | 139              | 149              | 140    | 136              | 145              |

| Hauteur<br>au garrot<br>(en cm) | Périmètre<br>thoracique<br>(en cm) | B2-1    |                  |                  |        |                  |                  | B2-2    |                  |                  |        |                  |                  | B6-1    |                  |                  |        |                  |                  | B10-1   |                  |                  |        |                  |                  |
|---------------------------------|------------------------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|
|                                 |                                    | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  |
|                                 |                                    | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max |
| 147                             | 180                                | 81      | 75               | 87               | 100    | 95               | 106              | 100     | 95               | 106              | 101    | 96               | 106              | 120     | 113              | 127              | 122    | 117              | 127              | 143     | 138              | 149              | 140    | 136              | 144              |
| 147                             | 179                                | 80      | 74               | 86               | 100    | 94               | 105              | 100     | 94               | 105              | 100    | 96               | 105              | 119     | 112              | 126              | 121    | 116              | 126              | 143     | 137              | 148              | 139    | 135              | 143              |
| 147                             | 178                                | 79      | 72               | 85               | 99     | 94               | 105              | 99      | 94               | 105              | 100    | 95               | 104              | 118     | 110              | 125              | 120    | 115              | 125              | 142     | 136              | 148              | 139    | 135              | 143              |
| 147                             | 177                                | 78      | 71               | 84               | 98     | 93               | 104              | 98      | 93               | 104              | 99     | 95               | 104              | 116     | 109              | 124              | 119    | 114              | 123              | 142     | 136              | 147              | 138    | 134              | 142              |
| 147                             | 176                                | 77      | 70               | 84               | 98     | 92               | 104              | 98      | 92               | 104              | 99     | 94               | 103              | 115     | 107              | 123              | 118    | 113              | 122              | 141     | 135              | 147              | 138    | 134              | 141              |
| 147                             | 175                                | 76      | 68               | 83               | 97     | 91               | 104              | 97      | 91               | 104              | 98     | 93               | 102              | 114     | 105              | 122              | 116    | 112              | 121              | 140     | 134              | 147              | 137    | 133              | 141              |
| 147                             | 174                                | 75      | 67               | 83               | 96     | 90               | 103              | 96      | 90               | 103              | 97     | 93               | 102              | 112     | 103              | 121              | 115    | 110              | 120              | 140     | 133              | 147              | 136    | 132              | 140              |
| 147                             | 173                                | 74      | 65               | 82               | 96     | 88               | 103              | 96      | 88               | 103              | 97     | 92               | 101              | 111     | 101              | 121              | 114    | 109              | 120              | 139     | 132              | 147              | 136    | 132              | 140              |
| 147                             | 172                                | 73      | 64               | 82               | 95     | 87               | 103              | 95      | 87               | 103              | 96     | 91               | 101              | 109     | 99               | 120              | 113    | 108              | 119              | 138     | 130              | 146              | 135    | 131              | 140              |
| 146                             | 185                                | 87      | 80               | 94               | 105    | 99               | 111              | 105     | 99               | 111              | 105    | 99               | 112              | 128     | 120              | 136              | 129    | 122              | 136              | 147     | 141              | 153              | 143    | 138              | 149              |
| 146                             | 184                                | 86      | 79               | 93               | 104    | 98               | 110              | 104     | 98               | 110              | 105    | 99               | 111              | 127     | 119              | 135              | 128    | 121              | 134              | 146     | 140              | 152              | 143    | 138              | 148              |
| 146                             | 183                                | 85      | 79               | 92               | 104    | 98               | 109              | 104     | 98               | 109              | 104    | 98               | 110              | 125     | 118              | 133              | 126    | 120              | 133              | 146     | 140              | 152              | 142    | 137              | 147              |
| 146                             | 182                                | 84      | 78               | 91               | 103    | 97               | 109              | 103     | 97               | 109              | 104    | 98               | 109              | 124     | 117              | 131              | 125    | 119              | 131              | 145     | 139              | 151              | 142    | 137              | 147              |
| 146                             | 181                                | 83      | 77               | 89               | 102    | 97               | 108              | 102     | 97               | 108              | 103    | 98               | 108              | 123     | 115              | 130              | 124    | 119              | 130              | 145     | 139              | 150              | 141    | 137              | 146              |
| 146                             | 180                                | 82      | 76               | 88               | 102    | 96               | 107              | 102     | 96               | 107              | 102    | 97               | 107              | 121     | 114              | 129              | 123    | 118              | 129              | 144     | 138              | 150              | 141    | 136              | 145              |
| 146                             | 179                                | 81      | 74               | 88               | 101    | 95               | 107              | 101     | 95               | 107              | 102    | 97               | 107              | 120     | 112              | 128              | 122    | 117              | 128              | 143     | 137              | 149              | 140    | 136              | 145              |
| 146                             | 178                                | 80      | 73               | 87               | 100    | 94               | 106              | 100     | 94               | 106              | 101    | 96               | 106              | 119     | 111              | 126              | 121    | 116              | 127              | 143     | 137              | 149              | 140    | 135              | 144              |
| 146                             | 177                                | 79      | 72               | 86               | 100    | 93               | 106              | 100     | 93               | 106              | 101    | 96               | 105              | 117     | 109              | 125              | 120    | 115              | 125              | 142     | 136              | 148              | 139    | 135              | 143              |
| 146                             | 176                                | 78      | 71               | 85               | 99     | 92               | 106              | 99      | 92               | 106              | 100    | 95               | 105              | 116     | 107              | 124              | 119    | 114              | 124              | 141     | 135              | 148              | 139    | 134              | 143              |
| 146                             | 175                                | 77      | 69               | 85               | 98     | 91               | 105              | 98      | 91               | 105              | 99     | 95               | 104              | 114     | 105              | 124              | 118    | 113              | 123              | 141     | 134              | 148              | 138    | 134              | 142              |
| 146                             | 174                                | 76      | 68               | 84               | 98     | 90               | 105              | 98      | 90               | 105              | 99     | 94               | 104              | 113     | 103              | 123              | 117    | 112              | 122              | 140     | 133              | 148              | 138    | 133              | 142              |
| 146                             | 173                                | 75      | 66               | 84               | 97     | 89               | 105              | 97      | 89               | 105              | 98     | 93               | 103              | 112     | 101              | 122              | 116    | 111              | 122              | 139     | 132              | 147              | 137    | 133              | 141              |
| 146                             | 172                                | 74      | 64               | 83               | 96     | 88               | 105              | 96      | 88               | 105              | 97     | 92               | 103              | 110     | 99               | 121              | 115    | 109              | 121              | 139     | 130              | 147              | 136    | 132              | 141              |
| 146                             | 171                                | 73      | 63               | 83               | 96     | 87               | 104              | 96      | 87               | 104              | 97     | 91               | 102              | 109     | 97               | 120              | 114    | 108              | 120              | 138     | 129              | 147              | 136    | 131              | 141              |
| 145                             | 181                                | 84      | 78               | 91               | 104    | 98               | 110              | 104     | 98               | 110              | 104    | 99               | 110              | 124     | 116              | 132              | 126    | 120              | 132              | 145     | 139              | 151              | 142    | 137              | 147              |
| 145                             | 180                                | 83      | 76               | 90               | 103    | 97               | 109              | 103     | 97               | 109              | 104    | 98               | 109              | 122     | 114              | 130              | 125    | 119              | 131              | 144     | 138              | 151              | 142    | 137              | 147              |
| 145                             | 179                                | 82      | 75               | 89               | 102    | 96               | 108              | 102     | 96               | 108              | 103    | 98               | 108              | 121     | 113              | 129              | 124    | 118              | 130              | 144     | 137              | 150              | 141    | 137              | 146              |
| 145                             | 178                                | 81      | 74               | 89               | 102    | 95               | 108              | 102     | 95               | 108              | 103    | 97               | 108              | 119     | 111              | 128              | 123    | 117              | 129              | 143     | 137              | 150              | 141    | 136              | 145              |

| Hauteur<br>au garrot<br>(en cm) | Périmètre<br>thoracique<br>(en cm) | B2-1    |                  |                  |        |                  |                  | B2-2    |                  |                  |        |                  |                  | B6-1    |                  |                  |        |                  |                  | B10-1   |                  |                  |        |                  |                  |
|---------------------------------|------------------------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|
|                                 |                                    | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  |
|                                 |                                    | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max |
| 145                             | 177                                | 80      | 73               | 88               | 101    | 94               | 108              | 101     | 94               | 108              | 102    | 97               | 107              | 118     | 109              | 127              | 122    | 116              | 127              | 142     | 136              | 149              | 140    | 136              | 145              |
| 145                             | 176                                | 79      | 71               | 87               | 100    | 93               | 107              | 100     | 93               | 107              | 101    | 96               | 106              | 117     | 107              | 126              | 121    | 115              | 126              | 142     | 135              | 149              | 140    | 135              | 144              |
| 145                             | 175                                | 78      | 70               | 87               | 100    | 92               | 107              | 100     | 92               | 107              | 101    | 96               | 106              | 115     | 105              | 125              | 120    | 114              | 125              | 141     | 134              | 149              | 139    | 135              | 144              |
| 145                             | 174                                | 77      | 68               | 86               | 99     | 91               | 107              | 99      | 91               | 107              | 100    | 95               | 105              | 114     | 104              | 124              | 119    | 113              | 125              | 141     | 133              | 149              | 139    | 134              | 143              |
| 145                             | 173                                | 76      | 67               | 85               | 98     | 90               | 106              | 98      | 90               | 106              | 99     | 94               | 105              | 112     | 101              | 123              | 118    | 112              | 124              | 140     | 132              | 148              | 138    | 133              | 143              |
| 145                             | 172                                | 75      | 65               | 85               | 98     | 89               | 106              | 98      | 89               | 106              | 99     | 93               | 104              | 111     | 99               | 123              | 117    | 111              | 123              | 139     | 130              | 148              | 138    | 133              | 142              |
| 145                             | 171                                | 74      | 63               | 85               | 97     | 88               | 106              | 97      | 88               | 106              | 98     | 93               | 104              | 110     | 97               | 122              | 116    | 110              | 122              | 139     | 129              | 148              | 137    | 132              | 142              |
| 145                             | 170                                | 73      | 62               | 84               | 96     | 86               | 106              | 96      | 86               | 106              | 98     | 92               | 104              | 108     | 95               | 121              | 115    | 108              | 121              | 138     | 128              | 148              | 137    | 131              | 142              |
| 145                             | 169                                | 72      | 60               | 84               | 96     | 85               | 106              | 96      | 85               | 106              | 97     | 91               | 103              | 107     | 93               | 121              | 114    | 107              | 121              | 137     | 127              | 148              | 136    | 131              | 142              |
| 145                             | 168                                | 71      | 58               | 83               | 95     | 84               | 106              | 95      | 84               | 106              | 96     | 90               | 103              | 105     | 91               | 120              | 113    | 106              | 120              | 137     | 126              | 148              | 136    | 130              | 141              |
| 145                             | 167                                | 70      | 57               | 83               | 94     | 83               | 106              | 94      | 83               | 106              | 96     | 89               | 103              | 104     | 89               | 119              | 112    | 104              | 119              | 136     | 124              | 148              | 135    | 129              | 141              |
| 144                             | 184                                | 89      | 81               | 97               | 107    | 100              | 114              | 107     | 100              | 114              | 108    | 101              | 114              | 129     | 120              | 138              | 130    | 123              | 138              | 147     | 140              | 154              | 145    | 139              | 151              |
| 144                             | 183                                | 88      | 80               | 96               | 106    | 100              | 113              | 106     | 100              | 113              | 107    | 100              | 113              | 127     | 119              | 136              | 129    | 122              | 137              | 147     | 140              | 154              | 144    | 138              | 150              |
| 144                             | 182                                | 87      | 79               | 94               | 106    | 99               | 112              | 106     | 99               | 112              | 106    | 100              | 113              | 126     | 117              | 135              | 128    | 122              | 135              | 146     | 140              | 153              | 144    | 138              | 149              |
| 144                             | 181                                | 86      | 78               | 93               | 105    | 98               | 111              | 105     | 98               | 111              | 106    | 100              | 112              | 125     | 116              | 133              | 127    | 121              | 134              | 146     | 139              | 152              | 143    | 138              | 149              |
| 144                             | 180                                | 85      | 77               | 92               | 104    | 98               | 111              | 104     | 98               | 111              | 105    | 99               | 111              | 123     | 114              | 132              | 126    | 120              | 133              | 145     | 138              | 152              | 143    | 138              | 148              |
| 144                             | 179                                | 84      | 76               | 91               | 104    | 97               | 110              | 104     | 97               | 110              | 105    | 99               | 110              | 122     | 113              | 131              | 126    | 119              | 132              | 144     | 137              | 151              | 142    | 137              | 147              |
| 144                             | 178                                | 83      | 75               | 90               | 103    | 96               | 110              | 103     | 96               | 110              | 104    | 98               | 109              | 120     | 111              | 129              | 125    | 118              | 131              | 144     | 137              | 151              | 142    | 137              | 147              |
| 144                             | 177                                | 82      | 73               | 90               | 102    | 95               | 109              | 102     | 95               | 109              | 103    | 98               | 109              | 119     | 109              | 128              | 124    | 118              | 130              | 143     | 136              | 150              | 141    | 136              | 146              |
| 144                             | 176                                | 80      | 72               | 89               | 101    | 94               | 109              | 101     | 94               | 109              | 103    | 97               | 108              | 117     | 108              | 127              | 123    | 117              | 129              | 142     | 135              | 150              | 141    | 136              | 146              |
| 144                             | 175                                | 79      | 70               | 88               | 101    | 93               | 109              | 101     | 93               | 109              | 102    | 97               | 108              | 116     | 106              | 126              | 122    | 116              | 128              | 142     | 134              | 150              | 140    | 135              | 145              |
| 144                             | 174                                | 78      | 69               | 88               | 100    | 92               | 108              | 100     | 92               | 108              | 101    | 96               | 107              | 115     | 104              | 126              | 121    | 115              | 127              | 141     | 133              | 150              | 140    | 135              | 145              |
| 144                             | 173                                | 77      | 67               | 87               | 99     | 91               | 108              | 99      | 91               | 108              | 101    | 95               | 107              | 113     | 102              | 125              | 120    | 113              | 126              | 140     | 131              | 149              | 139    | 134              | 144              |
| 144                             | 172                                | 76      | 66               | 87               | 99     | 89               | 108              | 99      | 89               | 108              | 100    | 94               | 106              | 112     | 99               | 124              | 119    | 112              | 125              | 140     | 130              | 149              | 139    | 134              | 144              |
| 144                             | 171                                | 75      | 64               | 86               | 98     | 88               | 108              | 98      | 88               | 108              | 100    | 94               | 106              | 110     | 97               | 123              | 118    | 111              | 124              | 139     | 129              | 149              | 138    | 133              | 144              |
| 144                             | 170                                | 74      | 62               | 86               | 97     | 87               | 108              | 97      | 87               | 108              | 99     | 93               | 105              | 109     | 95               | 123              | 117    | 110              | 124              | 138     | 128              | 149              | 138    | 132              | 143              |
| 143                             | 180                                | 86      | 78               | 94               | 106    | 98               | 113              | 106     | 98               | 113              | 107    | 100              | 113              | 124     | 115              | 133              | 128    | 121              | 135              | 145     | 138              | 153              | 144    | 138              | 149              |
| 143                             | 179                                | 85      | 77               | 93               | 105    | 98               | 112              | 105     | 98               | 112              | 106    | 100              | 112              | 123     | 113              | 132              | 127    | 120              | 134              | 145     | 137              | 152              | 143    | 138              | 149              |

| Hauteur<br>au garrot<br>(en cm) | Périmètre<br>thoracique<br>(en cm) | B2-1    |                  |                  |        |                  |                  | B2-2    |                  |                  |        |                  |                  | B6-1    |                  |                  |        |                  |                  | B10-1   |                  |                  |        |                  |                  |
|---------------------------------|------------------------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|
|                                 |                                    | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  |
|                                 |                                    | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max |
| 143                             | 178                                | 84      | 75               | 92               | 104    | 97               | 112              | 104     | 97               | 112              | 105    | 99               | 111              | 121     | 111              | 131              | 126    | 120              | 133              | 144     | 137              | 152              | 143    | 137              | 148              |
| 143                             | 177                                | 83      | 74               | 92               | 103    | 96               | 111              | 103     | 96               | 111              | 105    | 99               | 111              | 120     | 110              | 130              | 125    | 119              | 132              | 143     | 136              | 151              | 142    | 137              | 147              |
| 143                             | 176                                | 82      | 73               | 91               | 103    | 95               | 111              | 103     | 95               | 111              | 104    | 98               | 110              | 118     | 108              | 129              | 124    | 118              | 131              | 143     | 135              | 151              | 142    | 137              | 147              |
| 143                             | 175                                | 81      | 71               | 90               | 102    | 94               | 110              | 102     | 94               | 110              | 103    | 98               | 109              | 117     | 106              | 128              | 123    | 117              | 130              | 142     | 134              | 151              | 141    | 136              | 147              |
| 143                             | 174                                | 80      | 69               | 90               | 101    | 92               | 110              | 101     | 92               | 110              | 103    | 97               | 109              | 115     | 104              | 127              | 122    | 116              | 129              | 142     | 132              | 151              | 141    | 136              | 146              |
| 143                             | 173                                | 78      | 68               | 89               | 101    | 91               | 110              | 101     | 91               | 110              | 102    | 96               | 108              | 114     | 102              | 126              | 121    | 115              | 128              | 141     | 131              | 150              | 140    | 135              | 146              |
| 143                             | 172                                | 77      | 66               | 89               | 100    | 90               | 110              | 100     | 90               | 110              | 102    | 95               | 108              | 113     | 99               | 126              | 121    | 114              | 127              | 140     | 130              | 150              | 140    | 134              | 146              |
| 143                             | 171                                | 76      | 64               | 88               | 99     | 89               | 110              | 99      | 89               | 110              | 101    | 95               | 108              | 111     | 97               | 125              | 120    | 112              | 127              | 140     | 129              | 150              | 140    | 134              | 145              |
| 143                             | 170                                | 75      | 63               | 88               | 99     | 88               | 110              | 99      | 88               | 110              | 100    | 94               | 107              | 110     | 95               | 124              | 119    | 111              | 126              | 139     | 128              | 150              | 139    | 133              | 145              |
| 142                             | 189                                | 97      | 86               | 108              | 113    | 103              | 123              | 113     | 103              | 123              | 113    | 104              | 123              | 138     | 125              | 151              | 138    | 127              | 148              | 152     | 142              | 162              | 149    | 140              | 157              |
| 142                             | 188                                | 96      | 86               | 107              | 112    | 103              | 122              | 112     | 103              | 122              | 113    | 104              | 122              | 137     | 124              | 149              | 137    | 127              | 147              | 151     | 142              | 161              | 148    | 140              | 156              |
| 142                             | 187                                | 95      | 85               | 105              | 112    | 103              | 121              | 112     | 103              | 121              | 112    | 103              | 121              | 135     | 123              | 147              | 136    | 126              | 146              | 151     | 142              | 160              | 148    | 140              | 155              |
| 142                             | 186                                | 94      | 84               | 104              | 111    | 103              | 119              | 111     | 103              | 119              | 112    | 103              | 120              | 134     | 122              | 145              | 135    | 126              | 144              | 150     | 141              | 158              | 147    | 140              | 155              |
| 142                             | 185                                | 93      | 84               | 102              | 110    | 102              | 118              | 110     | 102              | 118              | 111    | 103              | 119              | 132     | 121              | 143              | 134    | 125              | 143              | 149     | 141              | 157              | 147    | 140              | 154              |
| 142                             | 184                                | 92      | 83               | 101              | 110    | 102              | 117              | 110     | 102              | 117              | 110    | 103              | 118              | 131     | 120              | 141              | 133    | 125              | 142              | 149     | 141              | 157              | 146    | 140              | 153              |
| 142                             | 183                                | 91      | 82               | 99               | 109    | 101              | 117              | 109     | 101              | 117              | 110    | 102              | 117              | 129     | 119              | 139              | 132    | 124              | 140              | 148     | 140              | 156              | 146    | 139              | 152              |
| 142                             | 182                                | 90      | 81               | 98               | 108    | 101              | 116              | 108     | 101              | 116              | 109    | 102              | 116              | 128     | 118              | 138              | 131    | 124              | 139              | 147     | 140              | 155              | 145    | 139              | 152              |
| 142                             | 181                                | 88      | 80               | 97               | 108    | 100              | 115              | 108     | 100              | 115              | 109    | 102              | 115              | 126     | 116              | 136              | 131    | 123              | 138              | 147     | 139              | 154              | 145    | 139              | 151              |
| 142                             | 180                                | 87      | 79               | 96               | 107    | 99               | 114              | 107     | 99               | 114              | 108    | 101              | 115              | 125     | 115              | 135              | 130    | 122              | 137              | 146     | 138              | 154              | 145    | 139              | 151              |
| 142                             | 179                                | 86      | 78               | 95               | 106    | 98               | 114              | 106     | 98               | 114              | 107    | 101              | 114              | 123     | 113              | 134              | 129    | 122              | 136              | 145     | 137              | 153              | 144    | 138              | 150              |
| 142                             | 178                                | 85      | 76               | 94               | 105    | 97               | 113              | 105     | 97               | 113              | 107    | 100              | 113              | 122     | 112              | 132              | 128    | 121              | 135              | 145     | 137              | 153              | 144    | 138              | 149              |
| 142                             | 177                                | 84      | 75               | 93               | 105    | 96               | 113              | 105     | 96               | 113              | 106    | 100              | 112              | 121     | 110              | 131              | 127    | 120              | 134              | 144     | 136              | 152              | 143    | 138              | 149              |
| 142                             | 176                                | 83      | 73               | 93               | 104    | 95               | 113              | 104     | 95               | 113              | 105    | 99               | 112              | 119     | 108              | 130              | 126    | 119              | 133              | 143     | 135              | 152              | 143    | 137              | 148              |
| 142                             | 175                                | 82      | 72               | 92               | 103    | 94               | 112              | 103     | 94               | 112              | 105    | 99               | 111              | 118     | 106              | 130              | 125    | 118              | 132              | 143     | 133              | 152              | 142    | 137              | 148              |
| 142                             | 174                                | 81      | 70               | 92               | 103    | 93               | 112              | 103     | 93               | 112              | 104    | 98               | 111              | 116     | 104              | 129              | 124    | 117              | 131              | 142     | 132              | 152              | 142    | 136              | 148              |
| 142                             | 173                                | 80      | 68               | 91               | 102    | 92               | 112              | 102     | 92               | 112              | 104    | 97               | 110              | 115     | 102              | 128              | 123    | 116              | 130              | 141     | 131              | 152              | 142    | 136              | 147              |
| 142                             | 172                                | 79      | 67               | 91               | 101    | 91               | 112              | 101     | 91               | 112              | 103    | 96               | 110              | 113     | 99               | 127              | 122    | 115              | 130              | 141     | 130              | 151              | 141    | 135              | 147              |
| 142                             | 171                                | 77      | 65               | 90               | 100    | 89               | 112              | 100     | 89               | 112              | 102    | 96               | 109              | 112     | 97               | 127              | 121    | 114              | 129              | 140     | 129              | 151              | 141    | 135              | 147              |
| 142                             | 170                                | 76      | 63               | 90               | 100    | 88               | 111              | 100     | 88               | 111              | 102    | 95               | 109              | 110     | 95               | 126              | 120    | 113              | 128              | 139     | 127              | 151              | 140    | 134              | 147              |

| Hauteur<br>au garrot<br>(en cm) | Périmètre<br>thoracique<br>(en cm) | B2-1    |                  |                  |        |                  |                  | B2-2    |                  |                  |        |                  |                  | B6-1    |                  |                  |        |                  |                  | B10-1   |                  |                  |        |                  |                  |
|---------------------------------|------------------------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|
|                                 |                                    | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  |
|                                 |                                    | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max |
| 142                             | 169                                | 75      | 61               | 89               | 99     | 87               | 111              | 99      | 87               | 111              | 101    | 94               | 109              | 109     | 93               | 125              | 120    | 111              | 128              | 139     | 126              | 151              | 140    | 133              | 146              |
| 141                             | 178                                | 86      | 77               | 96               | 107    | 98               | 115              | 107     | 98               | 115              | 108    | 101              | 115              | 123     | 112              | 134              | 129    | 122              | 137              | 145     | 136              | 154              | 145    | 139              | 151              |
| 141                             | 177                                | 85      | 75               | 95               | 106    | 97               | 115              | 106     | 97               | 115              | 107    | 101              | 114              | 121     | 110              | 133              | 129    | 121              | 136              | 144     | 135              | 153              | 144    | 138              | 150              |
| 141                             | 176                                | 84      | 74               | 95               | 105    | 96               | 114              | 105     | 96               | 114              | 107    | 100              | 114              | 120     | 108              | 132              | 128    | 120              | 135              | 144     | 134              | 153              | 144    | 138              | 150              |
| 141                             | 175                                | 83      | 72               | 94               | 105    | 95               | 114              | 105     | 95               | 114              | 106    | 99               | 113              | 118     | 106              | 131              | 127    | 119              | 134              | 143     | 133              | 153              | 144    | 137              | 150              |
| 141                             | 174                                | 82      | 71               | 93               | 104    | 94               | 114              | 104     | 94               | 114              | 106    | 99               | 113              | 117     | 104              | 130              | 126    | 118              | 133              | 142     | 132              | 153              | 143    | 137              | 149              |
| 141                             | 173                                | 81      | 69               | 93               | 103    | 93               | 114              | 103     | 93               | 114              | 105    | 98               | 112              | 116     | 102              | 130              | 125    | 117              | 133              | 142     | 131              | 153              | 143    | 137              | 149              |
| 141                             | 172                                | 80      | 67               | 92               | 102    | 91               | 114              | 102     | 91               | 114              | 104    | 97               | 112              | 114     | 99               | 129              | 124    | 116              | 132              | 141     | 130              | 153              | 142    | 136              | 149              |
| 141                             | 171                                | 79      | 65               | 92               | 102    | 90               | 113              | 102     | 90               | 113              | 104    | 96               | 111              | 113     | 97               | 128              | 123    | 115              | 131              | 140     | 128              | 152              | 142    | 135              | 149              |
| 141                             | 170                                | 77      | 63               | 92               | 101    | 89               | 113              | 101     | 89               | 113              | 103    | 96               | 111              | 111     | 95               | 127              | 122    | 114              | 131              | 140     | 127              | 152              | 142    | 135              | 148              |
| 141                             | 169                                | 76      | 62               | 91               | 100    | 87               | 113              | 100     | 87               | 113              | 103    | 95               | 111              | 110     | 92               | 127              | 121    | 113              | 130              | 139     | 126              | 152              | 141    | 134              | 148              |
| 141                             | 168                                | 75      | 60               | 91               | 100    | 86               | 113              | 100     | 86               | 113              | 102    | 94               | 110              | 108     | 90               | 126              | 121    | 112              | 130              | 138     | 124              | 152              | 141    | 133              | 148              |
| 141                             | 167                                | 74      | 58               | 90               | 99     | 84               | 113              | 99      | 84               | 113              | 101    | 93               | 110              | 107     | 88               | 126              | 120    | 110              | 129              | 138     | 123              | 152              | 140    | 133              | 148              |
| 141                             | 166                                | 73      | 56               | 90               | 98     | 83               | 113              | 98      | 83               | 113              | 101    | 92               | 110              | 105     | 85               | 125              | 119    | 109              | 129              | 137     | 122              | 153              | 140    | 132              | 148              |
| 140                             | 180                                | 90      | 80               | 100              | 109    | 101              | 118              | 109     | 101              | 118              | 111    | 103              | 118              | 127     | 115              | 138              | 133    | 124              | 141              | 147     | 138              | 156              | 147    | 140              | 153              |
| 140                             | 179                                | 89      | 79               | 99               | 109    | 100              | 117              | 109     | 100              | 117              | 110    | 103              | 118              | 125     | 114              | 137              | 132    | 124              | 140              | 146     | 137              | 155              | 146    | 140              | 153              |
| 140                             | 178                                | 88      | 77               | 98               | 108    | 99               | 117              | 108     | 99               | 117              | 109    | 102              | 117              | 124     | 112              | 136              | 131    | 123              | 139              | 146     | 136              | 155              | 146    | 139              | 152              |
| 140                             | 177                                | 87      | 76               | 97               | 107    | 98               | 117              | 107     | 98               | 117              | 109    | 102              | 116              | 122     | 110              | 135              | 130    | 122              | 138              | 145     | 135              | 155              | 145    | 139              | 152              |
| 140                             | 176                                | 85      | 74               | 97               | 107    | 97               | 116              | 107     | 97               | 116              | 108    | 101              | 116              | 121     | 108              | 134              | 129    | 121              | 137              | 144     | 134              | 154              | 145    | 139              | 152              |
| 140                             | 175                                | 84      | 73               | 96               | 106    | 96               | 116              | 106     | 96               | 116              | 108    | 100              | 115              | 119     | 106              | 133              | 128    | 120              | 137              | 144     | 133              | 154              | 145    | 138              | 151              |
| 140                             | 174                                | 83      | 71               | 95               | 105    | 94               | 116              | 105     | 94               | 116              | 107    | 100              | 114              | 118     | 104              | 132              | 128    | 119              | 136              | 143     | 132              | 154              | 144    | 138              | 151              |
| 140                             | 173                                | 82      | 69               | 95               | 104    | 93               | 116              | 104     | 93               | 116              | 106    | 99               | 114              | 116     | 101              | 131              | 127    | 118              | 135              | 142     | 131              | 154              | 144    | 137              | 151              |
| 140                             | 172                                | 81      | 67               | 94               | 104    | 92               | 115              | 104     | 92               | 115              | 106    | 98               | 114              | 115     | 99               | 130              | 126    | 117              | 134              | 142     | 129              | 154              | 144    | 137              | 150              |
| 140                             | 171                                | 80      | 66               | 94               | 103    | 90               | 115              | 103     | 90               | 115              | 105    | 97               | 113              | 113     | 97               | 130              | 125    | 116              | 134              | 141     | 128              | 154              | 143    | 136              | 150              |
| 140                             | 170                                | 79      | 64               | 94               | 102    | 89               | 115              | 102     | 89               | 115              | 105    | 96               | 113              | 112     | 95               | 129              | 124    | 115              | 133              | 140     | 127              | 154              | 143    | 136              | 150              |
| 140                             | 169                                | 77      | 62               | 93               | 101    | 88               | 115              | 101     | 88               | 115              | 104    | 96               | 113              | 110     | 92               | 129              | 123    | 114              | 133              | 140     | 125              | 154              | 142    | 135              | 150              |
| 140                             | 168                                | 76      | 60               | 93               | 101    | 86               | 115              | 101     | 86               | 115              | 103    | 95               | 112              | 109     | 90               | 128              | 123    | 113              | 132              | 139     | 124              | 154              | 142    | 134              | 150              |
| 140                             | 167                                | 75      | 58               | 92               | 100    | 85               | 115              | 100     | 85               | 115              | 103    | 94               | 112              | 107     | 87               | 127              | 122    | 112              | 132              | 138     | 123              | 154              | 142    | 134              | 150              |

| Hauteur<br>au garrot<br>(en cm) | Périmètre<br>thoracique<br>(en cm) | B2-1    |                  |                  |        |                  |                  | B2-2    |                  |                  |        |                  |                  | B6-1    |                  |                  |        |                  |                  | B10-1   |                  |                  |        |                  |                  |
|---------------------------------|------------------------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|
|                                 |                                    | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  | Femelle |                  |                  | Hongre |                  |                  |
|                                 |                                    | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M       | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max | M      | IC<br>95%<br>min | IC<br>95%<br>max |
| 140                             | 166                                | 74      | 56               | 92               | 99     | 83               | 115              | 99      | 83               | 115              | 102    | 93               | 112              | 106     | 85               | 127              | 121    | 110              | 131              | 138     | 121              | 154              | 141    | 133              | 150              |
| 140                             | 165                                | 73      | 54               | 92               | 99     | 82               | 115              | 99      | 82               | 115              | 102    | 92               | 111              | 104     | 82               | 126              | 120    | 109              | 131              | 137     | 120              | 154              | 141    | 132              | 150              |





# **ETUDE DE LA MORPHOLOGIE DU DOS DU CHEVAL A L'AIDE DU TOPOGRAPHE PRO EQUISCAN®**

**NOMS et Prénoms :** PETAT Diane, VAUTHIER Constance

## **Résumé :**

La selle est l'outil mettant en lien le cavalier et son cheval, dont l'ergonomie doit être pensée aussi bien pour le cavalier que pour sa monture. En effet, une selle mal adaptée peut engendrer des dorsalgies et une baisse de performance. L'amélioration de l'adéquation entre la selle et le dos du cheval passe par une meilleure connaissance de l'anatomie, de la morphologie et de la biomécanique de son dos, mais aussi par l'évolution de techniques permettant d'évaluer au mieux cette adéquation, en mesurant par exemple précisément la morphologie du dos de chaque cheval.

Dans ce contexte, l'objectif de cette étude était de mesurer sur une population de chevaux de club la morphologie de leur dos afin d'établir : 1- une base de données quantifiées, 2- de déceler des associations entre la morphologie du dos et le club d'origine, l'âge, le sexe, la race, le type et niveau d'activité, la note d'état, la hauteur au garrot et le périmètre thoracique, et 3- d'établir un modèle de dos en fonction de paramètres facilement mesurables par le cavalier. La finalité de ce travail était de pouvoir améliorer la conception et le choix des selles grand public sur un modèle « prêt-à-porter ».

Pour cela, un outil de mesure de la morphologie du dos (Topograph pro d'Equiscan®) a été utilisé sur 162 chevaux de club en France. Après avoir testé la répétabilité et la reproductibilité des mesures, 5 angles nécessaires à la fabrication de la selle ont été relevés et leurs moyennes calculées. Des associations entre ces angles et les différents paramètres ci-dessus ont été recherchées puis un modèle linéaire a été créé avec l'objectif de pouvoir calculer les différents angles mesurés en fonction de paramètres simples (sexe, périmètre thoracique et hauteur au garrot).

Les résultats de cette étude ont permis de quantifier sur une population représentative des chevaux de club en France les angles moyens du dos : au niveau du garrot (B2-1 : 71,4+/-15,0° et B2-2 : 89,5+/-16,2°), du lock-in point (B6-1 : 116,5+/-18,0°), du troussequin (B10-1 : 138,4+/-13,7°), et enfin l'angle formé par la ligne médiane du dos (156,23+/-3,35°). Des différences significatives en fonction du club d'origine, de la race, du niveau d'activité, de la note d'état, de l'âge, du périmètre thoracique et de la hauteur au garrot ont été mises en évidence. Enfin, un modèle linéaire sous la forme :  $\text{angle}_{\text{sexe}} (^{\circ}) = a + b.\text{périmètre thoracique} + c.\text{hauteur au garrot} + d.\text{périmètre thoracique.hauteur au garrot}$  a été établi pour chacun de ces angles.

La reproductibilité et la non prise en compte des éventuels biais de confusion restent les principales limites de cette étude qui se veut cependant être la première à décrire la morphologie moyenne du dos du cheval de club français.

## **Mots Clés :**

EQUITATION / DOS / SELLE / TOPOGRAPHIE / MORPHOLOGIE / RACHIS /  
DORSALGIE / ADEQUATION SELLE - DOS / EQUIDE / CHEVAL

## **Jury :**

Président :

Directeur : Dr Céline MESPOULHES RIVIERE

Assesseur : Dr Henry CHATEAU

# **STUDY OF THE HORSE'S BACK MORPHOLOGY WITH THE EQUISCAN® TOPOGRAPH PRO.**

**SURNAMES and Given Names :** PETAT Diane, VAUTHIER Constance

## **Summary :**

The saddle is the fundamental piece of equipment between the rider and his horse. The connection between the two is tremendously complex impelling the saddler to meet new expectations; he now has to guarantee not only the rider's comfort but also the horse's. Indeed, a poorly fitted saddle can lead to back pain and performance degradation. The way saddles are adjusted to the rider has recently evolved due to a better understanding of the anatomy, morphology and the horse's back biomechanics as well as newly acquired techniques to better assess the fitting, for instance by measuring precisely the back morphology of each horse.

Therefore, the aim of the study was to measure the back morphology of a population of french stable horses, in order to : 1- establish a quantified data base, 2- highlight significant correlation between the back morphology and the riding club, age, sexe, breed, level and type of activity, body condition, size and the thoracic perimeter, and 3- establish a linear modelisation relating the back angles to some factors easily measurable by the rider. The main goal of this study was to be able to improve the design and the saddle fitting of a general public saddle based on a « off the rack » model. An ingenious tool, the Topograph pro of Equiscan®, allowed us to list the back morphology of 162 horses from several stables across France. First, the reapeatability and the reproducibility have been verified. Then five angles on the horse's back were identified as crucial to conceive a comfortable saddle and were measured and the means were calculated. Those five angles were then correlated to the previous factors and a linear modelisation was created relating back angles to the thoracic perimeter, the horse's size and sexe.

These study results allowed us to quantify the mean of the back angles in a population representing the french instruction horses : at the wither (B2-1 : 71.4+/-15.0° and B2-2 : 89.5+/-16.2°), of the lock-in point (B6-1 : 116.5+/-18.0°), of the cantle (B10-1 : 138.4+/-13.7°), and the angle matching the back median line (156.23+/-3.35°). Significant divergences have been highlighted with the breed, age, riding club, level of activity, body condition, size, and the thoracic perimeter. Lastly, a linear modelisation was created for each angle :  $\text{angle sexe } (^\circ) = a + b.\text{thoracic perimeter} + c.\text{size} + d.\text{thoracic perimeter.size}$ .

The main limits of this study are the reproducibility and the fact that some confusion biases have not been accounted for. Nevertheless, this study is at this day the first one which describe the mean back morphology of the french instruction horse.

## **Keywords :**

HORSE RIDING / BACK / SADDLE / TOPOGRAPHY / MORPHOLOGY / RACHIS / BACK PAIN / SADDLE FITTING / EQUINE / HORSE

## **Jury :**

Président :

Directeur : Dr Céline MESPOULHES RIVIERE

Assesseur : Dr Henry CHATEAU