

Arthropathie interphalangienne dégénérative juvénile chez le cheval ardennais : protocole d'évaluation morphométrique (partie I)

LEJEUNE J.P.*, SCHNEIDER N.*, DUVIVIER D.H.*, MICHAUX C.**,
LEROY P.***, CAUDRON I.*, SERTEYN D.*

* Service d'Anesthésiologie générale et de Pathologies chirurgicales des grands animaux.

** Département des productions animales

Faculté de Médecine Vétérinaire, Université de Liège, B41, B-4000 Sart-Tilman

Correspondance : Jean-Philippe LEJEUNE
Centre Européen du Cheval
Mont-le-Soie, 1
6698 Grand-Halleux
jph.lejeune@student.ulg.ac.be

RESUME : Suite à la constatation d'une prévalence élevée d'arthropathie interphalangienne dégénérative juvénile au niveau des antérieurs du cheval Ardennais, un projet de recherche a été initié au Centre Européen du Cheval de Mont-le-Soie (Belgique). Son but est d'étudier la morphologie du cheval Ardennais, ses aplombs et sa conformation parallèlement à l'apparition et l'évolution éventuelles de lésions ostéoarthrosiques. Afin d'atteindre l'objectif fixé, un outil d'investigation a été établi sous la forme de protocoles d'évaluation morphométrique et radiologique. Le protocole d'évaluation morphométrique présenté ici permet de caractériser d'une part la morphologie générale du cheval et d'autre part le pied, ses asymétries et ses rapports avec le sol. Il est appliqué à un lot de 32 poulains Ardennais âgés de 250 ± 21 jours. Cet échantillon, stationné au Centre dans des conditions standardisées, représente 9,3 % des naissances recensées au cours de l'année 2000. Une diversité de valeurs des paramètres de la morphologie générale est observée au sein du groupe. En complément, les deux sexes ne diffèrent l'un de l'autre, pour la morphométrie générale, que par une hauteur au garrot, à la croupe et une longueur d'antérieurs significativement plus élevées en faveur des mâles. L'étude de morphométrie du pied met en évidence un évitement de la partie externe du sabot et un angle pied/sol de profil trop droit en comparaison avec les normes établies. Des asymétries dans les hauteurs des quartiers externe et interne sont également observées.

INTRODUCTION

Dans le courant de ce siècle, les effectifs du cheval de Trait Ardennais ont chuté de manière dramatique suite à l'influence inéluctable de la mécanisation agricole. En Belgique, la population est passée de 15.000 individus en 1955 à 1.600 en 1996 (Laurant, 1996). Le standard actuel de l'Ardennais, inchangé depuis 1948, décrit un petit cheval (1,62 m pour les étalons et 1,60 m pour les juments au maximum). "Il est d'aspect général trapu, avec un dos court, des membres forts (suffisamment gros

mais sans excès). Les articulations doivent être larges et sèches. Les pieds présentent une corne saine et dure. Il s'agit d'un cheval puissant, à allures lentes, adapté à un travail de traction comme le travail agricole et le débardage" (Duckerts et Hachez, 1996). Si la diminution de l'utilisation professionnelle du cheval s'est nettement ressentie, il serait excessif d'affirmer que tous les chevaux Ardennais ont arrêté le travail. Certains ont continué à remplir leur rôle d'auxiliaires indispensables dans des activités spécifiques comme le

débardage. Un système locomoteur sain est une base nécessaire à l'accomplissement d'un travail efficace. L'examen des jeunes étalons du stud-book en 1995 et 1996 à la Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège a révélé la présence de lésions sévères d'arthropathie interphalangienne dégénérative juvénile (AIDj) au niveau des membres antérieurs. Sur 30 étalons évalués, 9 (30%) ne présentaient aucune lésion d'arthropathie dégénérative, 10 (33%) présentaient des lésions légères, et 11 (37%) présentaient des

lésions modérées à sévères (résultats non publiés). Il est important de préciser que ces animaux, âgés à l'époque de 2 à 3 ans n'avaient jamais encore été mis au travail. L'arthropathie dégénérative juvénile, encore appelée maladie articulaire dégénérative juvénile (Knight *et al.*, 1985), fait partie des pathologies orthopédiques liées au développement. Ce groupe inclut toute maladie congénitale ou acquise affectant la structure, la fonction de l'os et de l'articulation ainsi que des attaches du squelette (Pool, 1987 ; Alvarado *et al.*, 1993). L'arthropathie dégénérative, aussi connue sous le nom d'ostéoartrrose (OA), est une pathologie des articulations synoviales comprenant une destruction du cartilage articulaire. Cette pathologie est caractérisée de plus par une sclérose de l'os sous-chondral et la formation d'ostéophytes au niveau des marges articulaires (McIlwraith, 1982). Des facteurs de risque fréquemment cités pour l'arthropathie dégénérative sont : l'âge, le sexe, la race, le poids, l'alimentation et les facteurs biomécaniques soit lors de trauma direct soit lors de stress mécaniques répétitifs (McIlwraith, 1982 ; Alvarado *et al.*, 1993 ; Cantley *et al.*, 1999). Dans le cas qui nous intéresse, les facteurs habituellement mis en cause pour expliquer les lésions situées au niveau des articulations peu mobiles, à savoir le travail excessif et les traumatismes, ne peuvent être invoqués. Par contre, des stress mécaniques répétés peuvent être provoqués par des contraintes articulaires anormales, induites notamment par des anomalies de parage et de conformation (Caudron *et al.*, 1995 ; Caudron, 1997). C'est à ce niveau qu'intervient la notion de "pied équilibré" correspondant à un parage idéal pour le cheval. Il est donc essentiel de s'intéresser à cette pathologie qui risque d'entraîner une réforme prématurée et de provoquer un désintérêt des utilisateurs du cheval de trait vis-à-vis de la race (Serteyn *et al.*, 1996). Suite à la mise en évidence d'une AIDj chez l'Ardennais et au vu des facteurs de risque pointés, plusieurs questions se sont posées : premièrement, au sein même de la race Ardennaise, la variabilité de la morphologie des chevaux exerce-t-elle une influence sur les phénomènes de type ostéoartrrosique ? Deuxièmement, au niveau des membres antérieurs, les anomalies

d'aplombs sont-elles associées à une AIDj ? Pour y répondre, des protocoles d'évaluation morphométrique et radiologique bien définis sont nécessaires afin de collecter les données de manière rigoureuse et efficace. Dans le cadre de cette étude globale, le présent article rapporte la mise au point du protocole d'évaluation morphométrique et son application à un lot de 32 poulains Ardennais.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Effectifs

Trente-deux poulains Ardennais (14 pouliches et 18 poulains), inscrits au studbook belge, ont été sélectionnés et regroupés au Centre Européen du Cheval de Mont-le-Soie dès le sevrage. Ce groupe expérimental représente 9,3 % des naissances recensées pour l'année 2000. Ces animaux sont nés entre le 17/04/00 et le 22/08/00, principalement dans le courant des mois de mai et juin (Figure 1). Ils ont été sélectionnés parmi 70 poulains (17 femelles et 53 mâles), provenant des divers élevages, sur base d'une visite préliminaire et d'un film vidéo réalisés tous deux du 27/10/01 au 15/11/01. Leur arrivée au Centre s'est déroulée dans le courant du mois de décembre, vers l'âge de six mois.

Méthode et principes de mesure du protocole de morphométrie générale

Après une tonte des antérieurs du sabot jusqu'au carpe, les mesures ont été réalisées dans l'ordre où elles sont décrites. L'instrument utilisé est également renseigné.

1. Morphométrie générale

Différents paramètres de la morpho-

logie générale du cheval, inspirés d'une étude morphométrique de Habe et Szabara en 2000, sont utilisés. Le poids est exprimé en kilos et les autres mesures en centimètres.

1.1. Poids : le poulain est placé à l'arrêt sur une balance électronique à plateau ;

1.2. Taille ou Hauteur au garrot : il s'agit de la distance du sol au point le plus haut des processus épineux des vertèbres thoraciques (sommets du garrot). Cette mesure est réalisée, à l'aide d'une toise classique, lorsque le cheval est "au carré", c'est-à-dire que les quatre pieds sont à l'appui et constituent approximativement les quatre coins d'un rectangle. Le cheval doit également ne prendre une position ni campée ni sous lui : pour les membres antérieurs, la verticale abaissée de la pointe de l'épaule doit rencontrer le sol un peu en avant de la pince. Pour les postérieurs, la verticale abaissée de la pointe de la fesse doit tomber sur la pointe du jarret, suivre à peu près le bord postérieur du tendon et rencontrer le sol à une certaine distance des talons (Nicks, 1996) ;

1.3. Hauteur à la croupe : la distance du sol au point le plus haut de la croupe est mesurée à l'aide d'une toise classique, le cheval étant "au carré" ;

1.4. Longueur de l'encolure : il s'agit de la distance depuis la protubérance occipitale externe jusqu'au sommet du garrot. Cette mesure est réalisée, à l'aide d'un mètre-ruban, lors de position normale de la tête qui forme avec l'encolure un angle approximatif de 90 degrés (Nicks, 1996), dans le prolongement de l'axe du corps ;

1.5. Longueur des antérieurs : la distance séparant la pointe du coude (de l'ulna) et la naissance de l'ergot est mesurée avec un mètre-ruban ;

1.6. Circonférence des canons antérieurs : la plus petite circonférence du



Figure 1 : Répartition des naissances du lot de 32 poulains Ardennais. La majorité des poulains (25 sur 32) est née aux mois de mai et juin 2000.

canon sur un membre tondu est mesurée à l'aide d'un mètre-ruban ;

1.7. Longueur des paturons antérieurs : sur la face dorsale du membre, la distance entre l'interligne articulaire du boulet (déterminé par palpation) et le bord coronaire est mesurée au moyen d'un mètre-ruban. Le bord coronaire du sabot correspond à la naissance des poils au niveau du bord supérieur de la boîte cornée ;

1.8. Périmètre thoracique : cette mesure est réalisée juste en arrière du garrot, au niveau du passage de sangle à l'aide d'un double mètre-ruban ;

1.9. Largeur du poitrail : la distance séparant les deux pointes de l'épaule est mesurée avec un vernier de grande taille, le cheval étant " au carré ". Cet instrument est constitué d'un axe principal millimétré, d'une première branche fixe perpendiculaire à cet axe et d'une seconde branche perpendiculaire mais mobile, coulissant le long de l'axe principal. Il permet de mesurer la distance séparant les deux branches perpendiculaires à l'axe principal ;

1.10. Longueur du corps : la distance du point le plus crânial du sternum ou de la pointe de l'épaule (suivant lequel des deux est le plus en avant) jusqu'à la pointe de la fesse est mesurée avec le vernier, le cheval étant " au carré ".

Dans le but d'évaluer les proportions de la morphologie, des rapports à la taille au garrot sont calculés pour l'ensemble des paramètres. Ces rapports sont obtenus en divisant la valeur de chaque paramètre de morphométrie générale par la taille au garrot.

2. Morphométrie du pied

Cette partie du protocole caractérise la conformation, les asymétries du pied ainsi que ses rapports avec le sol. Après un parage des fourchettes, sans modifier les aplombs originaux, différentes mesures du pied sont réalisées. Les angles sont exprimés en degrés et les autres paramètres en millimètres.

2.1. L'angle paturon-pied de profil lors d'appui bipodal : le poulain est stationné " au carré ". La tête et l'encolure doivent se trouver dans le prolongement de l'axe du corps pour minimiser toute surcharge asymétrique de l'un ou l'autre antérieur.

L'angle formé par l'axe paturon-pied est alors mesuré au moyen d'un rapporteur d'angle constitué de deux branches articulées. Une des deux branches est placée sur la ligne médiane du paturon, l'autre est positionnée sur la face dorsale de la boîte cornée, dans le prolongement de la ligne médiane du paturon. Le point d'articulation entre les deux côtés est situé au niveau du bord coronaire du sabot ;

2.2. L'angle paturon-pied de profil lors d'appui unipodal : le poulain est stationné " au carré ". Un aide soulève un des deux antérieurs. La tête et l'encolure doivent se trouver dans le prolongement de l'axe du corps pour ne pas induire un appui excessif sur l'antérieur en charge mais plutôt se rapprocher du moment d'appui maximum observé lors du mouvement. L'angle est mesuré en suivant la même méthode qu'au point 2.1. ;

2.3. L'angle pied/sol de profil : le poulain est stationné " au carré ". L'angle aigu que le sabot forme avec le sol au niveau de sa face antérieure est mesuré avec le rapporteur d'angle.

Les mesures suivantes nécessitent la détermination des repères décrits ci-après et illustrés dans la figure 2. :

- La position exacte de la pince : elle est identifiée soit par référence à une marque plus foncée dans la ligne blanche correspondant à la crena de la troisième phalange (Delpérier, 1898) soit en traçant une droite (droite tp) qui joint le milieu des talons, la lacune médiane de la fourchette, la pointe de la fourchette et la ligne blanche ;
- Le point F : il est situé sur la droite tp, au milieu de la longueur du corps de la fourchette. Il correspond, à l'arrêt, sur un sabot bien conformé, à la projection sur la fourchette de la perpendiculaire au sol issue du centre de rotation de l'articulation interphalangienne

distale et divise en deux parties égales la longueur pince-bord proximal des talons (Wright et Douglas, 1993 ; Back, 2001). Il porte alors le nom de centre de figure palmaire (cfp) (Liénaux, 1912 ; Caudron *et al.*, 1995). Si le pied est mal conformé (pince trop longue, talons trop haut, évasement interne ou externe), le point F ne correspond plus au centre de figure palmaire qui s'est déplacé en fonction de la géométrie du pied. La détermination de la position de F reste identique. Dans la suite, tous les paramètres mesurés à partir de la fourchette le sont à partir du point F ;

- Une perpendiculaire à la droite tp passant par le point F détermine de part et d'autre du sabot les points de référence pour la position des quartiers interne et externe.

Les distances suivantes, mesurées à l'aide d'un pied à coulisse peuvent maintenant être répertoriées :

2.4. La longueur fourchette à pince ou Lg F/P : il s'agit de la distance entre le point F et la pince ;

2.5. La différence Lg F/Qe – Lg F/Qi : la longueur fourchette-quartier externe (Lg F/Qe) ou interne (Lg F/Qi) est la distance entre le point F et le point déterminant la position des quartiers externe ou interne. Pour objectiver l'asymétrie du pied, on réalise la différence entre ces deux valeurs. On soustrait la Lg F/Qi à la Lg F/Qe ;

2.6. La différence H Qe- H Qi : la hauteur (H) du quartier externe est mesurée, à l'aide d'un pied à coulisse, entre le point du bord distal du sabot déterminant la position du quartier externe (Qe) et un point du bord coronaire situé sur le trajet d'une perpendiculaire au sol passant par le point Qe. Cette dernière droite est tracée à l'aide d'une équerre-rapporteur qui est placée selon un axe parallèle à la

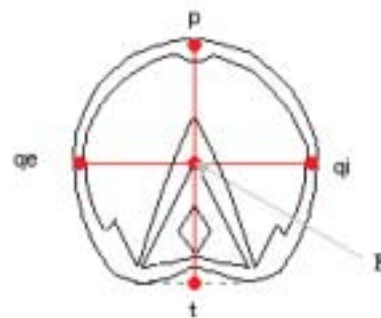


Figure 2 : Schéma du pied a.d.. Les positions de la pince (p), du milieu du bord proximal des talons (t), des quartiers externe (qe) et interne (qi) ainsi que du point F sont représentées.

droite tp et appliquée sur la boîte cornée. La hauteur du quartier interne se mesure de manière similaire. Pour objectiver l'asymétrie du pied, on effectue la différence suivante : $H_{Qe} - H_{Qi}$.

Méthodes statistiques

1. Mise au point des protocoles

La mise au point des protocoles de morphométrie passe par l'évaluation de la répétabilité et de la reproductibilité des mesures. En ce qui concerne la morphométrie générale, 7 poulains ont été chacun mesurés 6 fois par le même observateur pour évaluer la répétabilité. De même, 10 poulains ont été mesurés chacun 1 fois par 3 observateurs différents dans le but d'évaluer la reproductibilité. Enfin, pour la morphométrie du pied, 5 poulains ont été mesurés chacun 4 fois par le même observateur. Les coefficients de répétabilité et de reproductibilité représentent le pourcentage de la variation totale qui est due à la variation entre les chevaux et non à l'erreur de mesure. Ils sont obtenus comme suit : variance entre chevaux / (variance entre chevaux + variance erreur).

2. Analyse des données relatives au lot de 32 poulains

La première partie de l'analyse statistique se rapporte à l'étude de la morphométrie générale. L'effet de l'âge à la mesure est testé sur chacun des paramètres pour les mâles et les femelles séparément par une régression linéaire. Lorsque cette régression est significative, les données sont corrigées pour l'âge. Lorsque la régression n'est pas significative, les données traitées sont les données originales non corrigées. La normalité des deux sous-populations (mâles et femelles) est testée pour chacun des paramètres par le test de Shapiro-Wilk. En absence de normalité, le coefficient d'asymétrie de la distribution est renseigné. Les moyennes et les déviations standard sont calculées. Les différences entre les moyennes des deux sexes sont testées à l'aide de la statistique t lorsque les données sont normales et par un test non-paramétrique de Mann-Whitney lorsque les données ne sont pas normales. Le seuil de signification est de 5 %. Les rapports à la taille au garrot sont effectués ; les moyennes et déviations standard de ces derniers sont calculées.

La seconde partie de l'analyse statistique se rapporte à l'étude de la morphométrie du pied. Les moyennes et les déviations standard sont calculées. Les différences entre les moyennes des deux antérieurs sont testées à l'aide de la statistique t. La différence entre l'angle paturon-pied lors d'appui bipodal et lors d'appui unipodal est testée par un test t de Student pour données paires. Pour les paramètres ($Lg F/Qe - Lg F/Qi$) et ($H_{Qe} - H_{Qi}$), la différence par rapport à 0 est testée à l'aide de la statistique t. Le seuil de signification est de 5 %. Pour ces deux témoins de l'asymétrie du pied, le minimum et le maximum observés sont également mentionnés.

RÉSULTATS

Mise au point des protocoles

En ce qui concerne la morphométrie générale, la répétabilité de l'ensemble des paramètres mesurés est supérieure à 0,9 sauf pour les longueurs de paturons (0,83) et la longueur du corps (0,6). La reproductibilité est supérieure à 0,9 sauf pour les longueurs des paturons et des anté-

Tableau I: Morphométrie générale.

Paramètres	Répétabilité	Reproductibilité	Shapiro-Wilk et asymétrie (femelles)	Shapiro-Wilk et asymétrie (mâles)	Moyenne femelles	Moyenne mâles	Diff. fem./mâles	Rapport à la taille femelles	Rapport à la taille mâles
Poids	0,98	0,98	NS	-1,19	359 ± 57	382 ± 47	NS	2,73 ± 0,37	2,83 ± 0,28
Hauteur au garrot	0,98	0,97	NS	NS	129,5 ± 4,4	132,5 ± 4,2	p < 0,05	1	1
Hauteur croupe	0,99	0,99	NS	NS	135,5 ± 5,6	138,7 ± 5,0	p < 0,05	1,05 ± 0,01	1,05 ± 0,01
Longueur encolure	0,98	0,92	NS	NS	64,3 ± 6,3	67,4 ± 5,8	NS	0,5 ± 0,04	0,5 ± 0,03
Long. A.G.	0,91	0,71	NS	NS	68,25 ± 1,84	70,28 ± 2,82	p < 0,05	0,53 ± 0,01	0,53 ± 0,01
Long. A.D.	0,92	0,74	NS	NS	68,29 ± 1,86	70,25 ± 2,9	p < 0,05	0,53 ± 0,01	0,53 ± 0,01
Circ. canon A.G.	0,99	0,98	NS	NS	20,64 ± 1,5	21,11 ± 0,67	NS	0,16 ± 0,008	0,16 ± 0,004
Circ. canon A.D.	0,99	0,99	NS	NS	20,6 ± 1,47	21,14 ± 0,8	NS	0,16 ± 0,007	0,16 ± 0,004
Longueur paturon A.G.	0,84	0,86	+1,12	NS	12,04 ± 0,72	12,29 ± 0,76	NS	0,09 ± 0,005	0,09 ± 0,005
Longueur paturon A.D.	0,83	0,70	+1,12	NS	12,04 ± 0,72	12,2 ± 0,78	NS	0,09 ± 0,005	0,09 ± 0,005
Périmètre thoracique	0,99	0,98	NS	NS	151,89 ± 8,4	154,2 ± 6,27	NS	1,17 ± 0,03	1,16 ± 0,04
Largeur poitrail	0,97	0,89	NS	NS	39,58 ± 2,8	38,16 ± 3,1	NS	0,29 ± 0,02	0,3 ± 0,02
Longueur corps	0,6	0,92	NS	NS	131 ± 9,1	132,9 ± 6,8	NS	1,01 ± 0,04	1,00 ± 0,02

Les deux premières colonnes reprennent les coefficients de répétabilité et de reproductibilité des paramètres du protocole de morphométrie générale. Les colonnes suivantes présentent les résultats de l'application de ce protocole à un lot de 32 poulains Ardennais de 250 ± 21 jours. L'effet de l'âge sur les données originales a été corrigé si nécessaire (régression linéaire significative). Le coefficient d'asymétrie (coef. asym.) est donné quand l'hypothèse de normalité de la population doit être rejetée (Shapiro-Wilk significatif à p < 0,05). Les moyennes des mesures sont calculées (poids en kg et autres en cm) sur un effectif de 14 pouliches et 18 poulains. La signification de la différence entre les moyennes des deux sexes (Diff. fem./mâles) est évaluée à l'aide de la statistique t pour les données normales et par un test non-paramétrique de Mann-Whitney pour les données non normales. Les rapports de chaque paramètre à la taille au garrot sont présentés dans les deux dernières colonnes. Les abréviations utilisées sont les suivantes : antérieur gauche (a.g.) et droit (a.d.), circonférence du canon (circ. canon), et non-significatif (NS).

rieurs (0,7). Les résultats sont donnés au tableau I. De même, pour la morphométrie du pied, la répétabilité est supérieure à 0,9 sauf pour l'angle paturon-pied lors d'appui unipodal (0,86) et pour l'angle pied-sol de profil à l'antérieur droit (0,67).

Application du protocole d'évaluation morphométrique à un lot de 32 poulains

Toutes les données concernant la morphométrie ont été récoltées à un âge moyen de 250 ± 21 jours excepté le poids (292 ± 21 jours).

1. Morphométrie générale

La régression linéaire de l'ensemble des paramètres de la morphologie générale sur l'âge n'est jamais significative sauf pour la sous-population des mâles en ce qui concerne la circonférence du canon ($p < 0,05$) et le périmètre thoracique ($p < 0,05$). Dans ces deux derniers cas, les données sont corrigées pour un âge moyen de 251,6 jours.

La normalité des deux sous-populations est respectée sauf dans deux cas ($p < 0,05$) : premièrement, en ce qui concerne le poids, la sous-population des mâles est asymétrique (coefficient d'asymétrie de $-1,19$) et deuxièmement, pour la longueur du paturon antérieur, la sous-population des femelles est également asymétrique (coefficient d'asymétrie de $+1,12$).

Des différences significatives ($p < 0,05$) entre les mâles et les femelles ont été observées pour les moyennes de trois paramètres. Premièrement, la moyenne de la hauteur au garrot des mâles ($132,5 \pm 4,2$ cm) est plus grande que celle des femelles ($129,5 \pm 4,4$ cm). Deuxièmement, la moyenne de la hauteur à la croupe des mâles ($138,7 \pm 5,0$ cm) est supérieure à celle des femelles ($135,5 \pm 5,6$ cm). Troisièmement, la moyenne de la longueur de l'antérieur des mâles (a.g. : $70,28 \pm 2,82$ cm ; a.d. : $70,25 \pm 2,9$) est plus grande que celle des femelles (a.g. : $68,25 \pm 1,84$ cm ; a.d. : $68,29 \pm 1,86$). Les moyennes des autres paramètres ne présentent pas de différence significative en fonction du sexe.

Le tableau I reprend les valeurs principales du protocole d'évaluation de morphométrie générale, en ce compris les moyennes et les rapports à la taille au garrot. La figure 3 illustre

une encolure proportionnellement plus petite que la moyenne (rapport encolure/taille au garrot inférieur à la moyenne), la figure 4 illustre le phénomène inverse. La figure 5 illustre une longueur du corps proportionnellement plus courte que la moyenne (rapport longueur du corps/taille inférieur à la moyenne), la figure 6 illustre le phénomène inverse.

2. Morphométrie du pied

Le tableau II reprend les valeurs principales de la morphométrie du pied. Pour les deux antérieurs, les moyennes de l'angle paturon-pied

lors d'appui unipodal sont significativement ($p < 0,001$) plus importantes que lors d'appui bipodal. Les moyennes des différences $Lg F/Que - Lg F/Qi$ sont significativement ($p < 0,001$) différentes de 0 à la fois pour l'antérieur gauche ($2,5 \pm 2,2$ mm) et pour l'antérieur droit ($3,6 \pm 3,5$ mm). L'amplitude de variation de ce paramètre va de -2 à $+7,5$ mm pour l'a.g. et de $-5,5$ à $+11,5$ mm pour l'a.d. Les moyennes des différences $H Qe - H Qi$ ne sont pas significativement différentes de 0 mais on observe une amplitude de variation qui va de -7 à $+11$ pour l'a.g. et de -6 à $+8,5$ pour l'a.d.

Tableau II: Morphométrie du pied

Paramètres	Répétabilité a.g.	Répétabilité a.d.	Moyenne a.g.	Moyenne a.d.	Signification de la différence a.g. et a.d.	Signification de la différence par rapport à 0
Angle paturon-pied bipodal	0,93	0,93	$14,14 \pm 5,57^\circ$	$15 \pm 5,9^\circ$	NS	/
Angle paturon-pied unipodal	0,88	0,86	$20,14 \pm 4,63^\circ$	$21,19 \pm 4,83^\circ$	NS	/
Ag pied/sol de profil	0,83	0,67	$60,69 \pm 4,48^\circ$	$61,77 \pm 4,28^\circ$	NS	/
Lg F/P	0,96	0,98	$75,3 \pm 6,8$ mm	$74,8 \pm 6,5$ mm	/	/
Lg F/Que - Lg F/Qi	0,98	0,98	$2,5 \pm 2,2$ mm	$3,6 \pm 3,5$ mm	/	$p < 0,001$
H Qe - H Qi	0,94	0,89	$-0,19 \pm 3,4$ mm	$1,0 \pm 3,1$ mm	/	NS



Figure 3: Poulaine Ardennaise de 231 jours avec une encolure plus courte que la moyenne. Le rapport encolure/taille est de 0,44. Il est moins élevé que la moyenne des femelles qui est de $0,5 \pm 0,04$.



Figure 4: Poulaine Ardennaise de 246 jours avec une encolure plus longue que la moyenne. Le rapport encolure/taille est de 0,53. Il est plus élevé que la moyenne des mâles qui est de $0,5 \pm 0,03$.



Figure 5: Poulaine Ardennaise de 291 jours, de modèle court, avec un rapport longueur du corps/taille de 0,98 qui est moins élevé que la moyenne ($1,01 \pm 0,04$).



Figure 6: Poulaine Ardennaise de 287 jours, de modèle long, avec un rapport longueur du corps/taille de 1,08 qui est plus élevé que la moyenne ($1,01 \pm 0,04$).

DISCUSSION

Mise au point des protocoles

Le protocole d'évaluation morphométrique paraît être un outil fiable comme en témoignent la répétabilité et la reproductibilité élevées de la majorité des paramètres. Quelques précisions doivent néanmoins être apportées. Pour des paramètres morphométriques, des valeurs supérieures à 0,9 sont considérées comme élevées (Habe et Szabara, 2000). La répétabilité de la mesure de la longueur du corps est plus faible (0,6) dans cette évaluation. La bonne reproductibilité de cette mesure est néanmoins établie. La longueur des antérieurs ainsi que celle des paturons est une mesure fiable dans sa répétabilité mais dépend de l'observateur. L'évaluation de la reproductibilité du protocole de morphométrie du pied n'a pu être réalisée dans cette étude.

Application du protocole d'évaluation morphométrique à un lot de 32 poulains Ardennais

1. La sélection des effectifs

La sélection des effectifs avait pour objectif d'obtenir un éventail d'origines et de types morphologiques de poulains. L'achat des poulains ou, suivant les cas, leur mise à disposition comprenant des clauses intéressantes à la fois les éleveurs et les chercheurs a permis d'éviter l'écueil d'une sélection d'une population de second choix. En effet, il est évident que les élevages ne peuvent se séparer de leurs meilleures femelles, ni de leurs candidats étalons prometteurs. Ce fait s'est confirmé plus fréquemment pour les femelles, proposées en plus faible nombre que les mâles. La solution d'une mise à disposition avec récupération lors de la fin des études a néanmoins convaincu beaucoup d'éleveurs de nous confier des poulains et des pouliches de qualité. Ce point a été soulevé par Denoix et collaborateurs (1997). Dans leur étude radiologique sur des chevaux de races françaises de 3 ans, la fréquence des lésions était plus élevée chez les femelles. Les auteurs ont alors invoqué la sélection empirique des éleveurs conservant leurs meilleures femelles et mettant sur le marché les autres. Le second risque à éviter était de tomber dans l'excès

contraire en sélectionnant une population "d'élite".

2. Standardisation des conditions d'élevage

Le regroupement des poulains au sein du Centre a permis de standardiser leur environnement dès le sevrage et donc d'en réduire l'influence. La création d'un groupe "témoin" permettra par la suite la comparaison avec les divers produits des élevages traditionnels.

3. Morphométrie générale

Le protocole d'évaluation de morphométrie générale regroupe des paramètres quantifiables relatifs au type morphologique du cheval examiné. La normalité de la sous-population des femelles au niveau de tous les paramètres excepté les longueurs de paturons est établie. Une courbe étirée à droite (coefficient d'asymétrie positif) est observée pour les longueurs de paturons. En ce qui concerne les mâles, une courbe étirée à gauche (coefficient d'asymétrie négatif) est observée pour le poids.

Le fait d'avoir au Centre 9,3% du total des effectifs des naissances de l'année 2000 associé à une distribution normale de la grande majorité des paramètres morphométriques amène à penser que l'échantillon étudié représente valablement la population totale si celle-ci est distribuée normalement.

L'effet du sexe n'est pas significatif pour la majorité des paramètres de l'étude de morphométrie générale. Les seules observations significativement différentes concernent la taille, tant au garrot qu'à la croupe, et la longueur d'antérieurs qui sont un peu plus élevées chez les mâles. L'écart entre les deux sous-populations (mâles et femelles) risque néanmoins d'évoluer avec la croissance et la puberté.

Outre l'analyse des valeurs absolues, l'étude des proportions des modèles est envisagée par l'intermédiaire des rapports à la taille au garrot. Si on prend l'exemple de la longueur de l'encolure, le rapport encolure/taille au garrot permet de classer les poulains selon qu'ils ont une encolure, proportionnellement plus grande ou plus petite que la moyenne. Ce système permet de pointer chez un poulain donné des disproportions du modèle comme par exemple une

encolure plus longue ou une circonférence de canons moins importante que la moyenne. Ces moyennes des rapports constituent des références qui peuvent être utilisées pour comparer des poulains Ardennais d'âge similaire. Les figures 3 à 6 illustrent divers types de modèles de poulains.

L'étude des paramètres de "morphométrie générale" a suggéré l'aspect assez diversifié de la population de chevaux Ardennais au niveau du modèle. Une étude plus approfondie sera néanmoins nécessaire pour globaliser l'ensemble des informations et quantifier la fréquence des différents modèles alors établis au sein de la population.

4. Morphométrie du pied

L'angle paturon-pied est une donnée difficile à mesurer de manière standardisée. Le moindre mouvement du cheval la modifie. Le but est de quantifier la rupture de l'axe paturon-pied observée chez plusieurs individus. Malgré une reproductibilité et une répétabilité suffisante, la mesure de cette rupture n'est pas parfaite. En effet, le bourrelet cutidural influence la valeur de l'angle mesuré : plus son épaisseur est importante, plus la valeur augmente. Un cheval avec un axe paturon-pied rectiligne et un bourrelet cutidural prononcé aura une valeur différente de zéro. Pour éviter l'influence de la conformation de la couronne sur la mesure, une modification du rapporteur d'angle sera nécessaire : une épaisseur aux bras de l'instrument devra être ajoutée afin d'éloigner son point d'articulation du bourrelet cutidural. Malgré cette imprécision, une flexion significativement plus importante lors d'appui

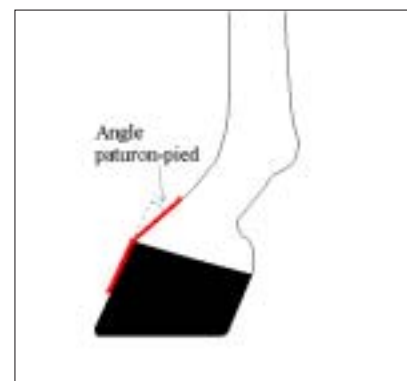


Figure 7: Schéma de profil d'un antérieur gauche. L'angle pied/sol de profil est supérieur à 60 degrés et une rupture de l'axe paturon-pied dans le sens d'une flexion interphalangienne est observée. La rupture de cet axe est objectivée par la mesure de l'angle paturon-pied.

unipodal que lors d'appui bipodal est observée.

En ce qui concerne l'angle pied/sol de profil, chaque cheval possède une conformation unique qui ne permet pas de fixer de valeurs idéales. Néanmoins, lorsqu'un angle trop droit est observé, il risque d'engendrer une rupture de l'axe paturon-pied dans le sens d'une flexion des articulations interphalangiennes (cheval bas-jointé) tandis qu'un angle trop faible risque de provoquer une rupture dans le sens opposé (cheval droit-jointé). Les valeurs moyennes observées sont supérieures à 60 degrés. On considère que de tels angles pied/sol sont fort élevés (Balch *et al.*, 1995). Dans le lot, les aplombs des poulains risquent donc d'engendrer des flexions interphalangiennes. Le parage en talons est nécessaire pour diminuer cet angle. La figure 7 illustre un angle pied/sol de profil trop élevé et une rupture de l'axe paturon-pied dans le sens d'une flexion interphalangienne. La longueur de la pince est un paramètre qui n'a pas été étudié dans ce travail. La différence $Lg F/Qe - Lg F/Qi$ mesurée à partir de la fourchette et donc du point F permet de mettre en évidence une asymétrie du sabot dans la largeur. Une différence positive traduit une $Lg F/Qe$ plus grande que la $Lg F/Qi$ tandis qu'une différence négative traduit le phénomène inverse. Malgré l'amplitude de variation de ce paramètre, une tendance globale à un évasement significatif ($p = 0,0001$) de la partie externe du pied ($Lg F/Qe > Lg F/Qi$) peut être dégagée. En ce qui concerne les pieds antérieurs, les avis divergent quant à la normalité. Pour certains, la symétrie des parties solaires interne et externe doit être respectée (Snow et Birdsall, 1991 ;



Figure 8: Face solaire d'un antérieur droit. On observe une asymétrie dans la largeur du pied, la partie externe est plus large que la partie interne.

Vanschepdael, 1994). Pour d'autres, une partie solaire externe légèrement évasée est normale (d'Autheville et Fromond, 1982). Le développement plus important de ce côté du pied est peut-être à mettre en rapport avec la conformation de ce type de chevaux qui sont serrés du devant et ont donc tendance à surcharger la partie externe des pieds. La figure 8 illustre une asymétrie de la largeur du pied dans le sens d'un évasement de la partie externe. La différence $H Qe - H Qi$ est le second témoin de l'asymétrie du pied mais au niveau de la hauteur des quartiers. Une hauteur de quartier externe plus importante que la hauteur du quartier interne sera donc signifiée par un résultat positif et inversement. La différence moyenne non significativement différente de 0 ne signifie pas que les pieds sont équilibrés. En effet, des asymétries contraires individuelles peuvent se compenser. La variance élevée de ce paramètre confirme les asymétries dans la hauteur des quartiers observées individuellement durant la prise des mesures. La normalité quant à la hauteur des quartiers des antérieurs est également un sujet de discussion. Certains recommandent une parfaite symétrie (Vanschepdael, 1994) tandis que d'autres considèrent un quartier interne plus haut comme normal (d'Autheville et Fromond, 1982).

En conclusion, la première partie du travail a permis la mise au point d'un outil d'investigation précieux. Le protocole d'évaluation morphométrique peut être appliqué à tout poulain examiné. Il permet de réaliser un bilan morphométrique du modèle général et de l'extrémité digitale. En complément, ce protocole autorise un suivi à long-terme aisé et systématique. La deuxième partie de ce travail a appliqué le protocole établi à un lot de 32 poulains d'âge semblable. Cela représente le bilan d'un échantillon de la population Ardennaise. Dans cet échantillon, la majorité des paramètres morphologiques est distribuée selon une loi normale et différents modèles de poulains sont observés. Cela assure l'intérêt d'un suivi morphométrique et radiologique à long terme dans le cadre de l'étude de l'AIDj. La poursuite des travaux passe tout d'abord par la mise au point du protocole d'évaluation radiologique de l'extrémité digitale. Ensuite, l'évaluation régulière du

groupe de poulains au cours du temps constitue la suite logique du projet. L'utilisation des deux protocoles sera la base de l'étude sur l'arthropathie dégénérative juvénile. Ils devront permettre d'une part de suivre la croissance, le modèle des poulains et d'autre part d'observer attentivement l'apparition et l'évolution des lésions radiologiques. Le parallélisme des deux types d'observations autorisera alors l'étude de l'impact des diverses observations morphométriques sur la pathologie.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans les installations de l'ASBL "Le Centre Européen du Cheval de Mont-le-Soie" grâce au soutien du Ministère de l'Agriculture et de la Ruralité de la Région Wallonne.

SUMMARY

Juvenile interphalangeal degenerative joint disease in the ardenner horse: morphometrical evaluation's protocol

(part I)

The observation of a high incidence of juvenile interphalangeal degenerative joint disease in ardenner horses motivated the constitution of a research project at the "Centre Européen du Cheval de Mont-le-Soie" (Belgium). Its aim is to study the morphology of the horse, the conformation of its limbs as well as the potential outbreak and evolution of osteoarthritic lesions. Therefore an investigation method composed of morphometric and radiographic evaluation's protocols has been established. The morphometric evaluation's protocol presented here enables to characterise first the general morphology of the horse and second the foot, his asymmetries and his connections with the ground. This protocol is applied to 32 ardenner foals of 250 ± 21 days of age. This group represents

9.3 % of the births registered during the year 2000. For general morphometry, different values of the parameters are observed in this group. Only the higher size of the males makes the difference between the two populations (males and females) at this

age. The morphometric study of the foot points out a widening of the external part of the hoof and an angle foot/ground too high in comparison with the established standards. Asymmetrical heights of hoof's quarters are also observed.

BIBLIOGRAPHIE

- ALVARADO A., MARCOUX M, BRETON L. Manifestations radiologiques de maladie articulaire dégénérative juvénile chez de jeunes chevaux Standardbreds avant l'entraînement. *Prat. Vet. Equine*, 1993, **25**, 11-18.
- AUTHEVILLE (d') P., FROMOND P. Précis de maréchalerie. Maloine : Paris, 1982, 341 p.
- BACK W. The role of the hoof and shoeing. In : Back W., Clayton H., Equine locomotion. W.B. Saunders : Philadelphie, 2001, 135-166.
- BALCH O., BUTLER D., METCALF S., WHITE K. Hoof balance and lameness : improper toe length, hoof angle, and mediolateral balance. *Compend. Contin. Educ. Prat. Vet.*, 1995, **17**, 1275-1283.
- CANTLEY C.E., FIRTH E.C., DELAHUNT J.W., PFEIFFER D.U., THOMPSON K.G. Naturally occurring osteoarthritis in the metacarpophalangeal joints of wild horses. *Eq. Vet. J.*, 1999, **31**, 73-81.
- CAUDRON I. Approche orthopédique des affections ostéo-articulaires dégénératives de l'extrémité digitale du cheval. Prévention et traitement (PhD Thesis). Université de Liège : Sart-Tilman, 1997, 229 p.
- CAUDRON I., VANSCHPDAEL P., MIESEM M., GRULKE S., STAQUEZ S., SERTEYN D. Implications cliniques des anomalies de conformation de l'extrémité digitée du cheval. *Ann. Méd. Vét.*, 1995, **139**, 379-384.
- DELPERIER J.B. Etude spéciale du sabot du cheval et des altérations unguéales. Ed. Asselin et Houzeau, Librairies de la Société Centrale de Médecine Vétérinaire : Paris, 1898, 256 p.
- DENOIX J.M., VALETTE J.P., ROBERT C., BOUSSEAU B., PERROT P., HEILES P., HOULIEZ D., AUDIGIE F., MOREAU H., BLANCHARD L., NEIMAN L., TOUZOT G., BUSONI V., GUTTON E., TAVERNIER L. Etude radiographique des affections ostéo-articulaires juvéniles (AOAJ) chez des chevaux de races françaises âgés de 3 ans : présentation globale des résultats sur 761 sujets. *Bull. Soc. Vét. Prat. France*, 1997, **81**, 53-70.
- DUCKERTS A., HACHEZ J.P. Evolution, sélection et concours. In : Pastoret P.P., Laurant P., Courtois R., Collard A., Tinch F., Hachez J.P., Le cheval Ardennais. Les Editions du Point Vétérinaire : Maisons-Alfort, 1996, 147-166.
- HABE F., SZABARA L. Final Report INCO-COPERNICUS IC15CT96-0904 Biotechnical methods in the maintenance of genetic diversity in the Lipizzan horse breed. University of Ljubljana, Biotechnical Faculty : Dom_ale, 2000, 44p.
- KNIGHT D.A., GABEL A.A., REED S.M., EMBERTSON R.M., TYZNIK W.J., BRAMLAGE L.R. Correlation of dietary mineral to incidence and severity of metabolic bone disease in Ohio and Kentucky. *Proc. Am. Assoc. Equine Pract.*, 1985, **31**, 445-461.
- LAURANT P. Cheval Ardennais en Belgique. In : Pastoret P.P., Laurant P., Courtois R., Collard A., Tinch F., Hachez J.P., Le cheval Ardennais. Les Editions du Point Vétérinaire : Maisons-Alfort, 1996, 41-68.
- LIENAU E. Précis du cours de maréchalerie. Imprimerie-lithographie G. Bothy : Bruxelles, 1912, 117 p.
- MCILWRAITH C.W. Current concepts in equine degenerative joint disease. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1982, **180**, 239-250.
- NICKS B. Appréciation des animaux domestiques (Notes de cours). Université de Liège : Sart-Tilman, 1996, 136 p.
- POOL R.R. Developmental orthopedic disease in the horse: normal and abnormal bone formation. *Proc. Am. Assoc. Equine Pract.*, 1987, **33**, 143-158.
- SERTEYN D., CAUDRON I., VAN SCHEPDAEL P., LAURANT P. Appareil locomoteur. In : Pastoret P.P., Laurant P., Courtois R., Collard A., Tinch F., Hachez J.P., Le cheval Ardennais. Les Editions du Point Vétérinaire : Maisons-Alfort, 1996, 301-313.
- SNOW V.E., BIRDSALL D.P. Specific parameters used to evaluate hoof balance and support. *Proc. Am. Assoc. Equine Pract.*, 1991, **36**, 299-311.
- VANSCHPDAEL P. Relations réciproques entre l'aplomb du membre et celui de la boîte cornée. *Infor Maréch.*, 1994, **5**, 17-33.
- WRIGHT I.M., DOUGLAS J. Biomechanical considerations in the treatment of navicular disease. *Vet. Rec.*, 1993, **31**, 109-114.