



HAL
open science

Étude rétrospective des chevaux présentant un pied asymétrique examinés au Cirale

Sécolène Peyronnet

► **To cite this version:**

Sécolène Peyronnet. Étude rétrospective des chevaux présentant un pied asymétrique examinés au Cirale. Médecine vétérinaire et santé animale. 2023. dumas-04302374

HAL Id: dumas-04302374

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04302374v1>

Submitted on 23 Nov 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Année 2023

ÉTUDE RÉTROSPECTIVE DES CHEVAUX PRÉSENTANT UN PIED ASYMÉTRIQUE EXAMINÉS AU CIRALE

THÈSE

pour obtenir le diplôme d'État de
DOCTEUR VÉTÉRINAIRE
présentée et soutenue publiquement devant
la Faculté de Médecine de Créteil (UPEC)
le 16 octobre 2023

par

Sékolène, Clothilde, Marie PEYRONNET

Sous la direction de

Lélia BERTONI

JURY

Président du jury :	M. Henry CHATEAU	Professeur à l'ENVA
Directrice de thèse :	Mme Lélia BERTONI	Maître de Conférences à l'ENVA
Examinatrice :	Mme Céline MESPOULHÈS-RIVIÈRE	Ingénieur de recherche (DMV)

Liste des enseignants intervenant dans l'encadrement des thèses de Doctorat vétérinaire



Version juillet 2023

Liste des Professeurs et Maîtres de conférences titulaires de l'HDR

M	Adjou	Karim	Professeur	DPASP
M	Audigé	Fabrice	Professeur	DEPEC
M	Bellier	Sylvain	Professeur	DSBP
M	Blaga	Radu	Professeur	DSBP
M	Blot	Stéphane	Professeur	DEPEC
M	Boulouis	Henri-Jean	Professeur émérite	DSBP
Mme	Chahory	Sabine	Professeur	DEPEC
M	Chateau	Henry	Professeur	DSBP
Mme	Chetboul	Valérie	Professeur	DEPEC
Mme	Crevier-Denoix	Nathalie	Professeur	DSBP
M	Degueurce	Christophe	Professeur	DSBP
M	Denoix	Jean-Marie	Professeur	DEPEC
M	Desquilbet	Loïc	Professeur	DSBP
Mme	Dufour	Barbara	Professeur émérite	DPASP
M	Eloit	Marc	Professeur	DSBP
M	Fayolle	Pascal	Professeur émérite	DEPEC
M	Federighi	Michel	Professeur	DPASP
M	Fontbonne	Alain	Professeur	DEPEC
Mme	Gilbert	Caroline	Professeur	DSBP
M	Grandjean	Dominique	Professeur	DEPEC
Mme	Grimard-Ballif	Bénédictie	Professeur	DPASP
Mme	Haddad-Hoang Xuan	Nadia	Professeur	DPASP
M	Jouvion	Gregory	Professeur	DSBP
M	Kohlhauer	Matthias	Professeur	DSBP
Mme	Le Poder	Sophie	Professeur	DSBP
Mme	Le Roux	Delphine	Maître de conférences HDR	DSBP
M	Manassero	Mathieu	Professeur	DEPEC
Mme	Maurey-Guénec	Christelle	Professeur	DEPEC
M	Millemann	Yves	Professeur	DPASP
Mme	Pilot-Storck	Fanny	Professeur	DSBP
M	Ponter	Andrew	Professeur	DPASP
Mme	Risco-Castillo	Véronica	Maître de conférences HDR	DSBP
Mme	Rivière	Julie	Maître de conférences HDR	DPASP
Mme	Robert	Céline	Professeur	DSBP
M	Tiret	Laurent	Professeur	DSBP
M	Tissier	Renaud	Professeur	DSBP
M	Verwaerde	Patrick	Professeur	DEPEC
Mme	Viateau	Véronique	Professeur	DEPEC

Liste des Maîtres de conférences et Ingénieurs de recherche DMV

M	Arné	Pascal	Maître de conférences	DPASP
Mme	Barassin	Isabelle	Maître de conférences	DPASP
Mme	Barbarino	Alix	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Benckekroun	Ghita	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Bertoni	Lelia	Maître de conférences	DEPEC
M	Bolnot	Francois	Maître de conférences	DPASP
Mme	Canonne-Guibert	Morgane	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Chevallier	Lucie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Cochet-Faivre	Noëlle	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Cordonnier-Lefort	Nathalie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Coudry	Virginie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Crepeaux	Guillemette	Maître de conférences	DSBP
M	Crozet	Guillaume	Maître de conférences	DPASP
Mme	De Paula Reis	Alline	Maître de conférences	DPASP
M	Delsart	Maxime	Maître de conférences	DPASP
Mme	Denis	Marine	Ingénieur de recherche (DMV)	DPASP
M	Deshuillers	Pierre	Maître de conférences	DSBP
M	Gauthier	Michel	Maître de conférences associé	DPASP
Mme	Guérin	Virginie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Guétin-Poirier	Valentine	Maître de conférences	DPASP
Mme	Jacquet	Sandrine	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Kurtz	Maxime	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Lagrée	Anne-Claire	Maître de conférences	DSBP
Mme	Le Dudal	Marine	Ingénieur de recherche (DMV)	DSBP
Mme	Legrand	Chantal	Maître de conférences associé	DSBP
M	Mammeri	Mohamed	Maître de conférences	DSBP
Mme	Manguin	Estelle	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Marignac	Genevieve	Maître de conférences	DSBP
Mme	Marotto	Stéphanie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Maurice	Emeline	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Mespoules-Rivière	Céline	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Mtmet	Narjès	Maître de conférences	DPASP
M	Mortier	Jérémy	Maître de conférences associé	DEPEC
M	Nudelmann	Nicolas	Maître de conférences	DEPEC
M	Pignon	Charly	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Polack	Bruno	Maître de conférences	DSBP
Mme	Quéré	Émilie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Ravary-Plumioën	Bérangère	Ingénieur de recherche (DMV)	DPASP
M	Reyes-Gomez	Edouard	Maître de conférences	DSBP
Mme	Rose	Hélène	Maître de conférences associé	DSBP
M	Tanquerel	Ludovic	Maître de conférences	DEPEC

Remerciements

Au Président du Jury de cette thèse, M. Henry Chateau, Professeur à l'EnvA, qui nous fait l'honneur de présider le jury de cette thèse.

Hommage respectueux.

À la directrice de cette thèse, Mme Lélia Bertoni, Maître de conférences et praticienne hospitalière à l'EnvA, pour m'avoir confié ce projet et m'avoir aidé et consacré aimablement son temps.

Sincères remerciements.

À Mme Céline Mespouhès-Rivière, Ingénieur de recherche et praticienne hospitalière à l'EnvA, pour avoir accepté de faire partie du jury de cette thèse.

Merci.

Table des matières

Liste des figures	5
Liste des tableaux	7
Liste des abréviations.....	9
Introduction.....	11
Première partie : Rappels anatomiques et revue bibliographique.....	13
1. Rappels anatomiques de la région du pied	13
A. Anatomie du pied du cheval	13
a. Le sabot.....	13
i. La boîte cornée	13
(1) La paroi	13
(2) La sole	15
(3) La fourchette.....	16
ii. La membrane kératogène	16
(1) Le bourrelet coronal	17
(2) Le podophylle.....	17
(3) Le tissu velouté	18
b. Le contenu du sabot	18
i. Les tissus mous	18
(1) Le coussinet digital	19
(2) Les cartilages unguulaires.....	19
ii. Le système vasculaire et nerveux.....	19
iii. L'articulation interphalangienne distale	19
B. Le pied sain	21
C. Notion de biomécanique du pied	26
a. Sollicitations mécaniques du pied au cours de la phase d'appui	27
i. Phase antérieure, crâniale de la foulée et phase intermédiaire	28
ii. Phase postérieure, caudale de la foulée	29
b. Rôle de la boîte cornée dans l'amortissement.....	29
c. Contraintes ostéoarticulaires	30
2. Physiopathologie des pieds asymétriques	32
A. Qu'est-ce qu'une asymétrie de pied ?	32
B. Étiologie du pied asymétrique	34
a. Pied asymétrique d'origine congénitale.....	34
b. Pied asymétrique d'origine acquise	35
C. Conformation et gradation des pieds asymétriques	37
D. Conséquences sur la locomotion du cheval	39
E. Diagnostic et thérapeutique	40
a. Diagnostic	40
b. Thérapeutique	43
i. Traitement des pieds asymétriques d'origine congénitale	44

ii.	Traitement des pieds asymétriques d'origine acquise.....	46
(1)	Chez un poulain d'un an	47
(2)	Chez un cheval adulte.....	48
(3)	Traitement chirurgical du pied asymétrique	50
Deuxième partie : Étude rétrospective des chevaux présentant un pied asymétrique examinés au CIRALE		55
1.	Introduction.....	55
2.	Matériels et méthodes	56
A.	Sélection des cas	56
B.	Recueil des données	56
C.	Traitement des données	57
3.	Résultats.....	58
A.	Statistiques descriptives	58
a.	Motif de consultation	58
b.	Description de la population	59
c.	Description du niveau initial de performances	61
d.	Description du pied asymétrique et de la boiterie.....	62
i.	Côté du membre présentant le pied asymétrique.....	62
ii.	Côté du membre boiteux.....	62
iii.	Description de la boiterie	64
(1)	Grade de la boiterie	64
D'après Denoix J.M., (1992)	64	
(2)	Étude des phases de la foulée	65
(3)	Comparaison de l'intensité de la boiterie en fonction de la main (main correspondante ou main opposée)	66
e.	Identification des causes de la boiterie et des lésions associées.....	67
i.	Localisation du site douloureux identifiée avec certitude	67
ii.	Identification de la région majoritairement atteinte	67
iii.	Identification du type de lésion.....	68
f.	Analyse du niveau de performances des chevaux de l'étude	71
B.	Statistiques analytiques	72
a.	Comparaison du pronostic sportif en fonction de la localisation de la boiterie	72
b.	Comparaison du pronostic sportif selon le grade de la boiterie	73
c.	Comparaison du pronostic sportif selon le type lésionnel.....	74
i.	Comparaison du pronostic sportif des chevaux présentant une neuropathie cervicale avec les chevaux de l'étude présentant un autre type lésionnel	74
ii.	Comparaison du pronostic sportif des chevaux présentant un syndrome podotrochléaire avec les autres chevaux de l'étude	75
iii.	Comparaison du pronostic sportif des chevaux présentant une arthropathie dégénérative ou une douleur osseuse articulaire basse avec les autres chevaux de l'étude	76
iv.	Comparaison du pronostic sportif des chevaux présentant une douleur podale avec les autres chevaux de l'étude.....	77
v.	Comparaison du pronostic sportif des chevaux présentant une tendinopathie ou une desmopathie en région métacarpienne / métatarsienne avec les autres chevaux de l'étude	78
d.	Comparaison du pronostic sportif selon l'âge.....	80
4.	Discussion	81
A.	Intérêt de l'étude et bilan des principaux résultats	81

B.	Échantillon d'étude	83
a.	Recrutement.....	83
b.	Diagnostic de pied asymétrique	83
c.	Identification de la cause du pied asymétrique	84
C.	Méthode d'évaluation de la reprise d'activité après le diagnostic	85
D.	Résultats.....	86
a.	Données épidémiologiques concernant la pathologie du pied asymétrique chez le cheval	86
b.	Pronostic sportif	88
E.	Limites de l'étude.....	89
a.	L'effectif des chevaux inclus dans l'étude	89
b.	Le biais de sélection des chevaux inclus dans l'étude.....	90
c.	Le manque d'informations concernant la chronologie des lésions	90
d.	Le manque d'informations concernant la carrière sportive des chevaux.....	90
e.	Les lésions concomitantes	91
F.	Perspectives	91
	Conclusion	95
	Liste des références bibliographiques	97

Liste des figures

Figure 1 : Vue latérale de la boîte cornée du sabot du cheval.....	14
Figure 2 : Coupe sagittale de la boîte cornée (face interne de la paroi)	15
Figure 3 : Face solaire (distale) de la boîte cornée	16
Figure 4 : Vue latérale de la membrane kératogène (après retrait de la boîte cornée).....	17
Figure 5 : Coupe anatomique parasagittale d'un pied de cheval.....	18
Figure 6 : Les moyens d'union de l'articulation interphalangienne distale.....	21
Figure 7 : Conformation normale du pied antérieur du cheval.....	22
Figure 8 : Pied antérieur du cheval vu de face	23
Figure 9 : Vue postéro-externe (pied levé) – Appréciation de la concavité de la sole	23
Figure 10 : Comparaison de la conformation des pieds antérieur et postérieur.....	24
Figure 11 : Schéma d'un pied fonctionnel	25
Figure 12 : Les critères d'évaluation du pied sain	26
Figure 13 : Représentation des différentes phases de la foulée chez un cheval au trot.....	27
Figure 14 : Les différentes étapes au cours de la phase d'appui et anatomie fonctionnelle des tendons fléchisseurs et de l'appareil suspenseur du membre antérieur.....	28
Figure 15 : Diagramme des forces agissant sur la phalange distale lors de l'appui	31
Figure 16 : Évolution de l'angle de flexion/extension de l'articulation interphalangienne distale exprimée en fonction du temps (en pourcentage de l'appui) (moyenne des données mesurées sur 3 chevaux se déplaçant au trot à 4 m/sec sur un tapis roulant).....	32
Figure 17 : Comparaison entre un pied antérieur avec une orientation normale de la ligne de pince (à gauche) et un pied bot (à droite)	33
Figure 18 : Classification du degré de défaut d'extension interphalangienne distale chez le poulain	36
Figure 19 : Dessins représentant les quatre grades de pied bot	38
Figure 20 : Radiographies comparatives d'un pied bot à droite et d'un pied dont les phalanges sont alignées à gauche ; incidence latéro-médiale avec le pied sur une cale.....	42
Figure 21 : Radiographies de pied (incidences latéro-médiale (A) et dorso-palmaire (B)) chez un poulain de cinq mois atteint de défaut d'extension interphalangienne distale chronique.....	43

Figure 22 : Évolution d'une déformation en flexion d'origine congénitale de l'articulation métacarpo-phalangienne (bouleture) chez un poulain à T0 à gauche et à T0 + 48 h à droite après deux injections d'Oxytétracycline et la mise en place d'une attelle.....	45
Figure 23 : Pied bot de bas grade, avant (a) et après (b) parage.....	47
Figure 24 : Dessins d'un fer à la florentine	48
Figure 25 : Les étapes du traitement d'un pied bot chez un cheval adulte présentant des talons hauts et un axe pince-pâturon brisé	49
Figure 26 : Fer en aluminium à charnières utilisé dans l'étude de Tanaka et effet de cette ferrure sur un cheval mâle de treize mois présentant un pied antérieur gauche contracté	50
Figure 27 : Radiographie de pied (incidence latéro-médiale) chez un cheval après traitement chirurgical de son pied bot	52
Figure 28 : Photographie d'une ferrure kinésithérapique avec un fer partiel recouvrant uniquement la pince	52
Figure 29 : Motifs de consultation au sein de l'échantillon (effectif, %)	59
Figure 30 : Côté du membre présentant le pied asymétrique au sein de l'échantillon (effectif, %)	62
Figure 31 : Côté du membre présentant le membre boiteux au sein de l'échantillon (effectif, %).....	63
Figure 32 : Histogramme représentant la répartition des grades de boiterie au sein de l'échantillon	65
Figure 33 : Réduction de phase de la foulée au sein de l'échantillon (effectif, %)	66
Figure 34 : Aggravation de la boiterie à main correspondante/opposée chez les chevaux boiteux (grade supérieur à 0/5) de l'échantillon (effectif/35, %).....	66
Figure 35 : Région majoritairement atteinte d'après le compte-rendu lésionnel sur les chevaux de l'échantillon (effectif, %)	68
Figure 36 : Répartition en classe de « types lésionnels » présentés par les chevaux de l'échantillon (effectif, %)	71

Liste des tableaux

Tableau 1 : Système de gradation des pieds bots	37
Tableau 2 : Conséquences des modifications de l'appui du pied lors d'une augmentation de la hauteur des talons.....	39
Tableau 3 : Tableau décisionnel du traitement d'un pied bot chez le poulain d'un an	48
Tableau 4 : Recommandations pour le traitement chirurgical du pied bot en fonction de la mesure de l'angle formé entre la paroi du sabot et le sol.....	51
Tableau 5 : Description de la population d'étude	59
Tableau 6 : Niveau initial de performances des chevaux de l'étude.....	61
Tableau 7 : Classification des degrés de boiterie selon l'American Association of Equine Practitioners	64
Tableau 8 : Types de lésions présentées par les chevaux de l'échantillon en fonction de la région atteinte.....	68
Tableau 9 : Niveau de performance des chevaux de l'étude en comparaison avec leur niveau initial, après le diagnostic de pied asymétrique (effectif, %).....	72
Tableau 10 : Comparaison du pronostic sportif en fonction de la localisation de la boiterie.....	73
Tableau 11 : Comparaison du pronostic sportif selon le grade de la boiterie.....	74
Tableau 12 : Comparaison du pronostic sportif des chevaux présentant une neuropathie cervicale avec les chevaux de l'étude présentant un autre type lésionnel.....	75
Tableau 13 : Comparaison du pronostic sportif des chevaux présentant un syndrome podotrochléaire avec les chevaux de l'étude présentant un autre type lésionnel.....	76
Tableau 14 : Comparaison du pronostic sportif des chevaux présentant une arthropathie dégénérative ou une douleur osseuse articulaire basse avec les chevaux de l'étude présentant un autre type lésionnel.....	77
Tableau 15 : Comparaison du pronostic sportif des chevaux présentant une douleur podale avec les chevaux de l'étude présentant un autre type lésionnel	78
Tableau 16 : Comparaison du pronostic sportif des chevaux présentant une tendinopathie ou une desmopathie en région métacarpienne/métatarsienne avec les chevaux de l'étude présentant un autre type lésionnel.....	79
Tableau 17 : Comparaison du pronostic sportif selon l'âge (< 4 ans ou ≥ 4 ans).....	80

Liste des abréviations

AD : Arthropathie dégénérative
AIPD : Articulation interphalangienne distale
ARNm : Acide ribonucléique messager
CCE : Concours Complet d'Équitation
CSO : Concours de Sauts d'Obstacles
DOAB : Douleur Osseuse Articulaire Basse
FFE : Fédération Française d'Équitation
IC : Intervalle de Confiance
IFCE : Institut Français du Cheval et de l'Équitation
IQ : Interquartile
IRM : Imagerie par résonance magnétique
MIO3 : Muscle interosseux III = Ligament suspenseur du boulet
MMP-1 : Métalloprotéinases de la matrice
OSD : Os Sésamoïde distal
P1 : Phalange proximale
P2 : Phalange moyenne
P3 : Phalange distale
SPT : Syndrome Podotrochléaire
TFPD : Tendon Fléchisseur Profond du Doigt

Introduction

Les affections du pied chez le cheval sont un enjeu majeur, comme le dit l'adage : « Pas de pied, pas de cheval » énoncé par Philippe-Etienne Lafosse dans son *Cours d'hippiatrique ou traité complet de la médecine des chevaux* en 1772 (Lafosse, 1772). Dans ce contexte, les vétérinaires équins ont pour responsabilité de prêter une attention particulière à la conformation du pied du cheval, ayant des conséquences directes sur la biomécanique du pied et donc sur la locomotion du cheval (Denoix et al., 1990).

Le pied asymétrique du cheval, défini par les différents auteurs comme un pied plus haut et plus étroit que le pied controlatéral, avec des parois plus verticales, une sole plus concave et une fourchette plus étroite (Denoix, 2001 ; Ross et Dyson, 2011 ; O'Grady, 2012), est à l'origine d'une baisse de performances et d'une boiterie chronique chez les chevaux atteints (O'Grady, 2012). Ce pied asymétrique peut avoir différentes origines : congénitale ou acquise (Ross et Dyson, 2011 ; O'Grady, 2012 ; Caldwell, 2017). Dans les cas de pieds asymétriques d'origine acquise, les précédentes publications décrivent essentiellement une origine podale (O'Grady, 2012 ; Caldwell, 2017). Cependant, le professeur Jean-Marie Denoix évoque le fait qu'une lésion podale n'est pas toujours associée aux pieds asymétriques et qu'il peut s'agir uniquement d'un soulagement chronique du membre quelle que soit la localisation de la lésion initiale (Denoix, 2001).

Ce projet de thèse vise ainsi à améliorer les connaissances sur cette affection en réalisant une étude rétrospective des chevaux présentant un pied asymétrique, d'origine à priori acquise, présentés au CIRALE, afin de dresser le « portrait » des chevaux présentant cette anomalie, de déterminer les lésions associées à ces pieds asymétriques et de connaître le pronostic sportif des chevaux atteints. Ce travail a été mené sur 45 chevaux venus en consultation au CIRALE entre février 2010 et août 2022.

Dans un premier temps, nous rappellerons l'anatomie du pied du cheval et présenterons une revue bibliographique sur les pieds asymétriques. La deuxième partie sera consacrée à l'étude rétrospective des chevaux présentant un pied asymétrique examinés au CIRALE. Elle visera à décrire les caractéristiques de la population de chevaux présentant un pied asymétrique, les conséquences de ce pied asymétrique sur la locomotion, les lésions associées à cette anomalie et enfin le pronostic sportif des chevaux atteints.

Première partie : Rappels anatomiques et revue bibliographique

1. Rappels anatomiques de la région du pied

A. Anatomie du pied du cheval

Le pied du cheval correspond au sabot et à son contenu (Robert, 2022).

a. Le sabot

Le sabot est constitué de la boîte cornée et de la membrane kératogène ou kéraphylle. La boîte cornée est l'analogue de l'épiderme tandis que la membrane kératogène est l'analogue du derme et de la couche germinative de l'épiderme. La boîte cornée est moulée sur la membrane kératogène et y adhère fermement (Chateau, 2017).

i. La boîte cornée

La boîte cornée est formée de la paroi, de la sole et de la fourchette.

(1) La paroi

La paroi (appelée anciennement « muraille ») correspond à la partie visible du sabot. Il s'agit d'un ongle modifié très épais et solide, lisse et finement strié en long, produit par le bourrelet coronal de la membrane kératogène. La paroi n'est constituée qu'à 25 % d'eau, d'où sa consistance très dure. Sa croissance est continue, d'un à deux centimètres par mois en pince, et son usure est assurée par son contact avec le sol lorsque le pied est non ferré. Sa partie proximale est couverte d'une couche épidermique sur une hauteur de deux centimètres, dont le bord distal desquame : il s'agit du périople qui fait le tour de la paroi jusque derrière les talons pour se raccorder à la fourchette. En conformation normale, les lignes de pince, c'est-à-dire le bord dorsal de la paroi, et de talons, c'est-à-dire le bord palmaire de la paroi, sont presque parallèles entre elles, avec la ligne de pince dans le prolongement de l'axe du paturon (Figure 1).

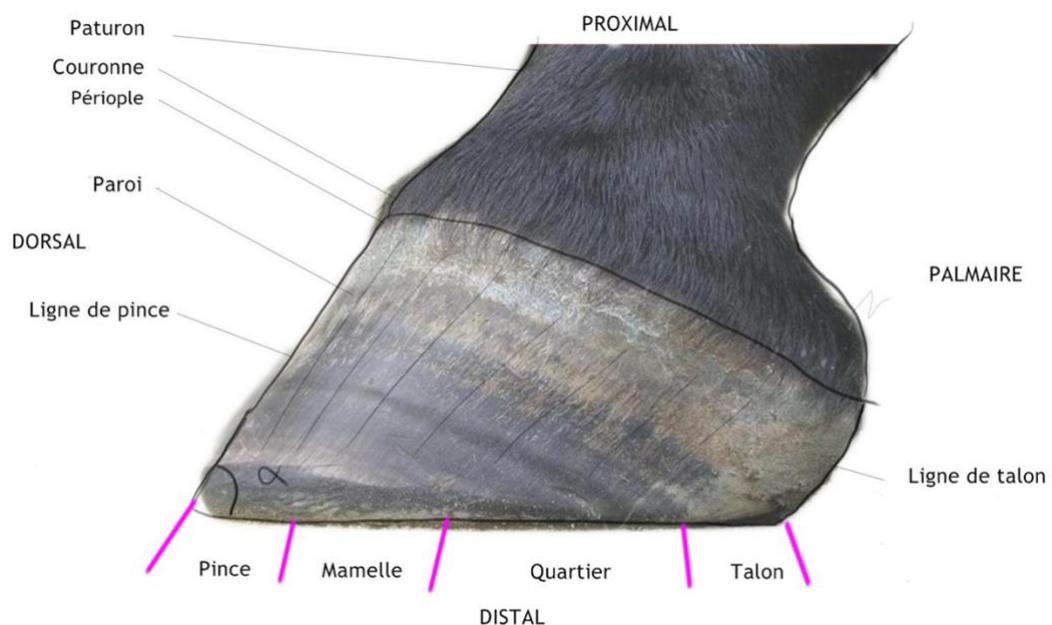
La paroi est divisée en plusieurs parties : la pince, qui correspond à la partie dorsale de la paroi, puis les mamelles et les quartiers sur les parties latérales et médiales de la paroi, et enfin les talons plus caudalement (Figure 1). En regard des talons, la paroi se réfléchit pour former les barres, de part et d'autre de la fourchette.

La face interne de la paroi est constituée du kéraphylle, formé de nombreuses lamelles épidermales, orientées du bord coronal au bord solaire et parallèles entre elles. Ces lamelles épidermales sont engrenées au podophylle, permettant ainsi le soutien de la boîte cornée. De plus, le bord proximal de la paroi, appelé bord coronal, loge le bourrelet coronal qui produit la corne de la paroi.

Enfin, la paroi est constituée de trois couches (Figure 2) :

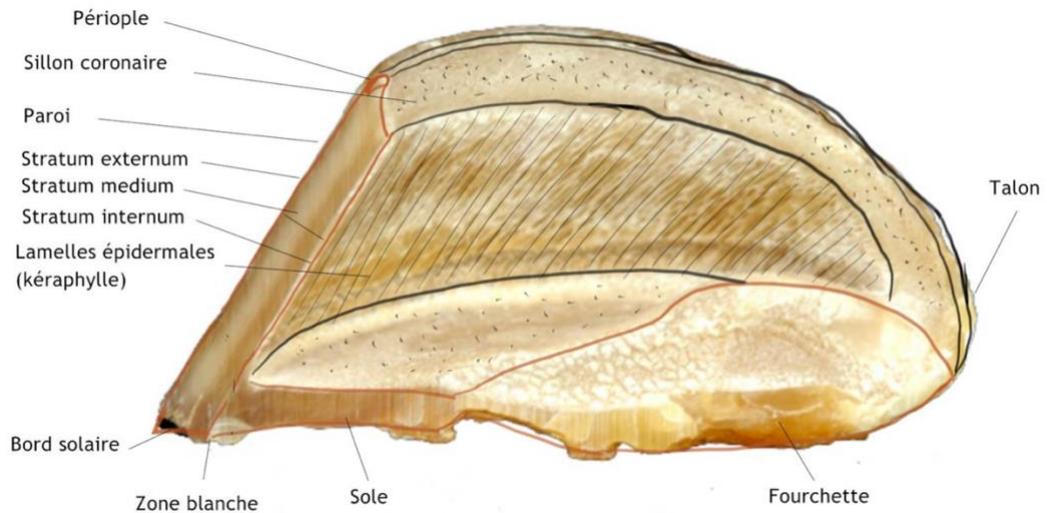
- *Stratum externum* : corne tubulaire souple couvrant la paroi ; correspond au périople dans sa partie proximale ;
- *Stratum medium* : couche la plus épaisse et la plus résistante de la paroi. Cette couche est formée de nombreux tubules cornés parallèles connectés entre eux par de la corne ;
- *Stratum internum* : le kéraphylle dont la corne molle est produite par le podophylle.

Figure 1 : Vue latérale de la boîte cornée du sabot du cheval



D'après Chateau H. (2017)

Figure 2 : Coupe sagittale de la boîte cornée (face interne de la paroi)

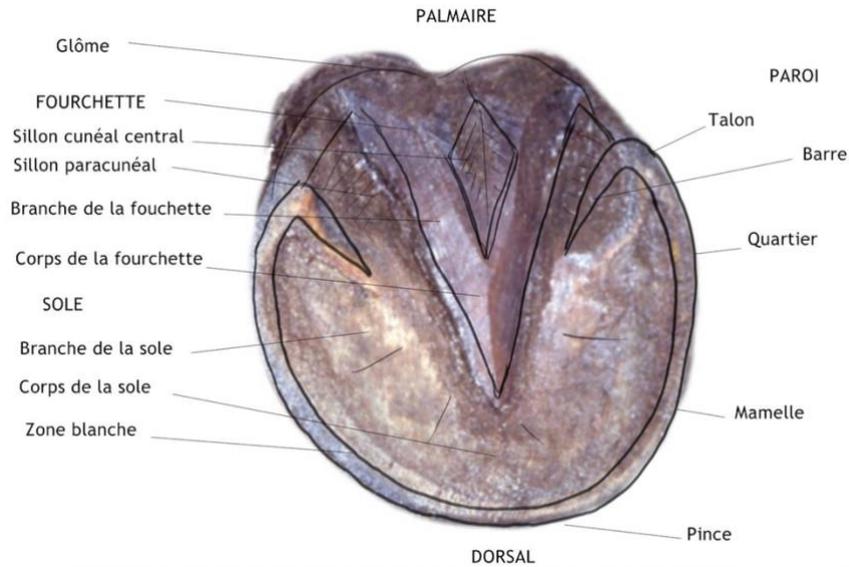


D'après Château H. (2017)

(2) La sole

La sole est la partie visible du pied lorsque celui-ci est au soutien. La sole est légèrement concave, avec une corne plus souple que celle de la paroi (elle contient 33 % d'eau). Elle est délimitée par le bord solaire de la paroi, avec laquelle elle est unie par la zone blanche. Elle est divisée en un corps, en forme de croissant, dans sa partie moyenne, et en deux branches égales, une médiale et une latérale (Figure 3). La face interne de la sole est au contraire convexe et est constituée des tubules cornés dont chacun reçoit une papille dermique issue du tissu velouté solaire.

Figure 3 : Face solaire (distale) de la boîte cornée



D'après Chateau H. (2017)

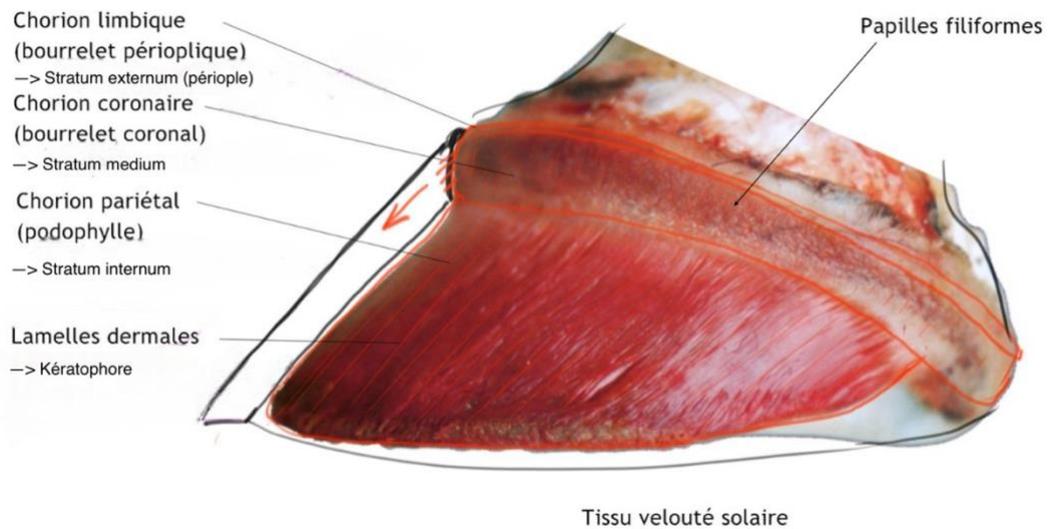
(3) La fourchette

La fourchette est située à la face palmaire ou plantaire du pied. En forme de triangle, elle s'étend en pointe dans sa partie dorsale, s'épaissit en direction caudale pour former le corps de la fourchette puis se divise en deux branches, latérale et médiale. Elle recouvre le coussinet digital par sa corne souple et élastique, dont la structure est uniquement tubulaire. Sa souplesse et son élasticité participent à l'amortissement du pied au cours de la foulée. Comme la sole, la face interne de la fourchette est constituée de tubules cornés dont chacun reçoit une papille dermique issue du tissu velouté solaire.

ii. La membrane kératogène

La membrane kératogène ou kéraphylle correspond au derme et à la couche germinative de l'épiderme. C'est la partie du tégument découverte lorsque l'on retire la boîte cornée. Elle est constituée de trois éléments : le bourrelet coronal, le podophylle et le tissu velouté solaire (Figure 4).

Figure 4 : Vue latérale de la membrane kératogène (après retrait de la boîte cornée)



D'après Château H. (2017)

(1)Le bourrelet coronal

Le bourrelet coronal est responsable de la production de la corne de la paroi. Il est situé au niveau du bord coronal de la paroi et comporte deux parties :

- Le *chorion limbique* ou bourrelet périopléique, large de deux à trois millimètres. Il constitue le premier relief du bourrelet coronal, à la base de la peau. Il produit le périople et la couche externe de la paroi (*stratum externum*).
- Le *chorion coronaire* ou bourrelet coronal, distalement au chorion limbique, beaucoup plus volumineux, qui produit la couche intermédiaire (*stratum medium*) de la paroi. Il est couvert de papilles filiformes qui s'enfoncent dans le sillon coronal de la paroi cornée.

(2)Le podophylle

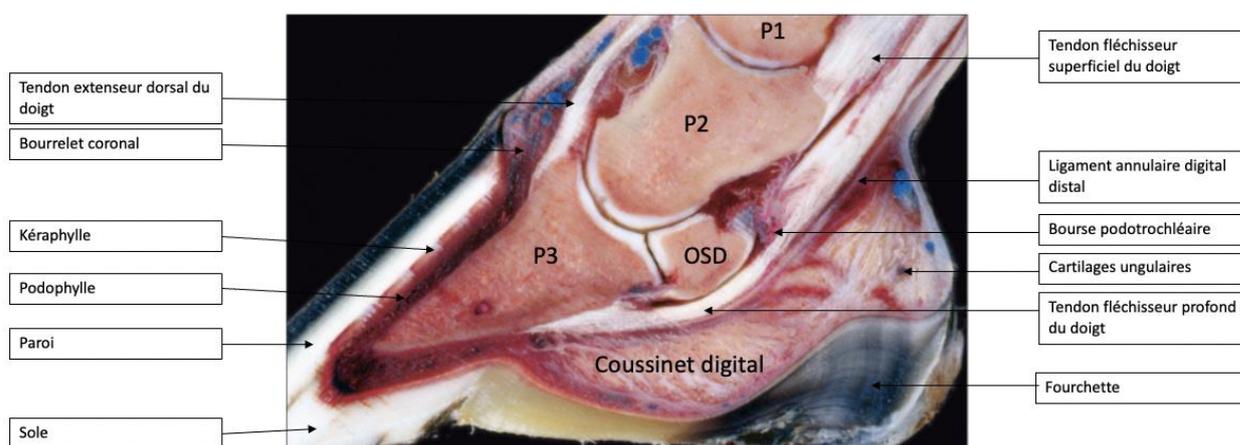
Le podophylle ou chorion pariétal est le support de la boîte cornée. Il couvre toute la face pariétale de la phalange distale à laquelle il est très solidement uni ainsi qu'aux cartilages ungulaires. Il est constitué de lamelles dermales au nombre de 550 à 600 qui s'engrènent dans les lamelles épidermales du kératophylle permettant ainsi la suspension de la phalange distale dans la boîte cornée (Figure 4). De plus, le podophylle assure la production de la corne molle et souple du kératophylle.

(3) Le tissu velouté

Le tissu velouté recouvre la face solaire de la phalange distale ainsi que le coussinet digital. Il est responsable de la production de la sole et de la fourchette. Il est divisé en deux parties : la première partie, le tissu velouté solaire (Figure 4), recouvre la face solaire de la phalange distale et porte la sole ; la deuxième partie, le tissu velouté cunéal ou furcal, correspond à la fourchette. Le tissu velouté est recouvert de papilles dont chacune d'elles répond à l'origine d'un tubule corné de la sole ou de la fourchette. Le tissu velouté est richement innervé ce qui permet d'assurer les fonctions tactiles du pied.

b. Le contenu du sabot

Figure 5 : Coupe anatomique parasagittale d'un pied de cheval



P1 : phalange proximale ; P2 : phalange moyenne ; P3 : phalange distale ; OSD : Os sésamoïde distal.

D'après Denoix J.M. (2000)

i. Les tissus mous

Les tissus mous du sabot correspondant à l'appareil complémentaire, constitué du coussinet digital et des cartilages unguulaires (Figure 5).

(1)Le coussinet digital

Le coussinet digital est un tissu conjonctif fibreux situé entre la terminaison du tendon fléchisseur profond du doigt, sur la surface semi-lunaire à la phase palmaire de la phalange distale, et la fourchette. Il est renflé à sa base pour former les bulbes des talons ou glômes. L'innervation du coussinet digital assure les fonctions tactiles et de proprioception.

(2)Les cartilages unguaires

Les deux cartilages unguaires, un médial et un latéral, sont des lames aplaties qui s'attachent sur le processus palmaire de la phalange distale et couvrent le côté de l'articulation interphalangienne distale.

ii. Le système vasculaire et nerveux

La vascularisation du pied est assurée par les rameaux transversaux de deux artères palmaires, une latérale et une médiale, qui s'anastomosent en regard de la partie moyenne de chaque phalange pour former un cercle artériel. Chaque artère digitale se termine par un rameau pour la phalange distale et un rameau pour le coussinet digital.

Dans le pied, les veines sont organisées en deux systèmes : un réseau superficiel dans le derme de la membrane kératogène et un réseau profond qui suit les rameaux de l'artère digitale propre palmaire.

L'innervation du pied est assurée par le rameau palmaire du nerf digital propre qui se distribue à tous les organes profonds du pied et à la membrane kératogène, le rameau intermédiaire qui se termine dans les cartilages unguaires, le bourrelet coronal et le podophylle et enfin le rameau dorsal qui innerve la peau de la face dorsale du doigt et le bourrelet coronal (Robert, 2022).

iii. L'articulation interphalangienne distale

L'articulation interphalangienne distale est une articulation condyloïde constituée des phalanges moyenne et distale, de l'os sésamoïde distal, des cartilages articulaires et des synoviales qui les recouvrent, et de moyens d'union et complémentaires d'union (Robert, 2022) (Figure 6).

En ce qui concerne les surfaces articulaires, la phalange moyenne porte une trochlée formée par deux reliefs condyloïdes et la phalange distale est constituée de deux cavités

glénoïdales séparées par un relief dorso-palmaire prolongé dorsalement par le processus extensorius. Cette surface articulaire est complétée palmairement par l'os sésamoïde distal (Barone, 1999a).

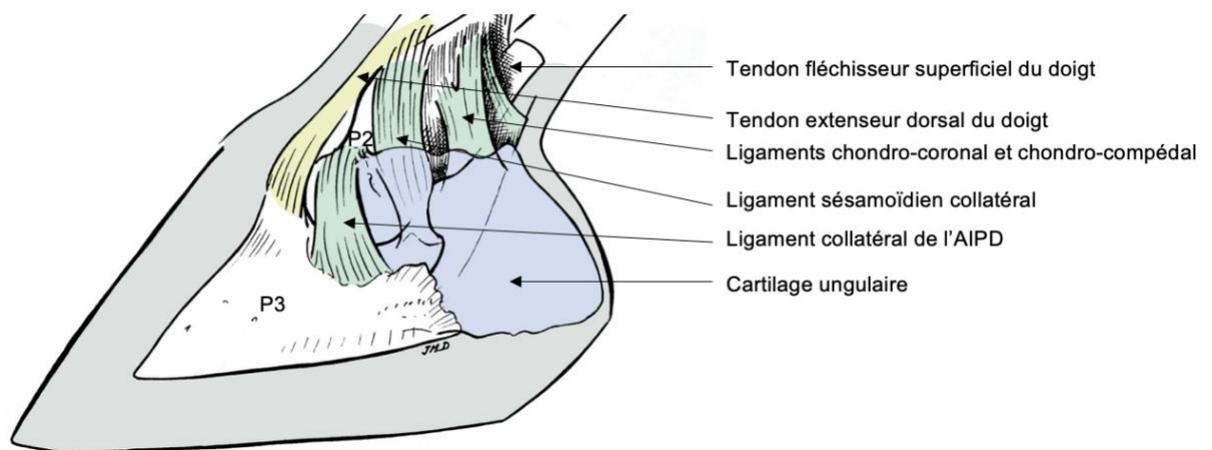
Les moyens d'union de l'articulation interphalangienne distale sont développés chez les chevaux avec une capsule articulaire vaste formée de deux ligaments, les ligaments palmaires ou sésamoïdiens et collatéraux. Les ligaments palmaires ou sésamoïdiens unissent l'os sésamoïde distal à la phalange moyenne d'une part par les ligaments sésamoïdiens collatéraux, et à la phalange distale d'autre part par le ligament sésamoïdien distal. Les ligaments collatéraux sont situés de part et d'autre de l'articulation et assure la contention de celle-ci.

Les moyens complémentaires d'union de l'articulation interphalangienne distale sont (Barone, 1999b) :

- Du côté dorsal, le tendon extenseur dorsal du doigt qui vient s'insérer sur le processus extensorius de la phalange distale ;
- À la face palmaire, le tendon fléchisseur profond du doigt qui vient s'attacher sur la surface semi-lunaire de la phalange distale après avoir glissé sur le scutum distal (os sésamoïde distal) ;
- Les cartilages ungulaires, qui sont des lames fibro-cartilagineuses aplaties, qui viennent recouvrir l'articulation interphalangienne distale de chaque côté et qui participe à l'amortissement du pied.

La synoviale de l'articulation interphalangienne distale forme deux récessus, un dorsal sous le tendon extenseur dorsal du doigt, et un palmaire, qui remonte à la face palmaire de la phalange moyenne, proximale à l'os sésamoïde distal. Elle présente également un diverticule entre l'os sésamoïde distal et la phalange distale : le récessus palmaire distal, ainsi que des récessus collatéraux à la face profonde de chaque cartilage ungulaire.

Figure 6 : Les moyens d'union de l'articulation interphalangienne distale



AIPD : Articulation interphalangienne distale ; P3 : phalange distale ; P2 : phalange moyenne

D'après Denoix J.M. (2000)

B. Le pied sain

Un pied « sain » est défini comme un pied gardant un rapport structure/fonction équilibré, quel que soit l'aplomb ou la conformation (Caure et al., 2016). Le pied du cheval est essentiel pour la locomotion. Il doit pouvoir répondre à de nombreuses contraintes mécaniques au cours de la foulée. Les affections du pied sont une cause majeure de boiterie antérieure et de défaut de performances chez les chevaux de sport (Adams, 1990).

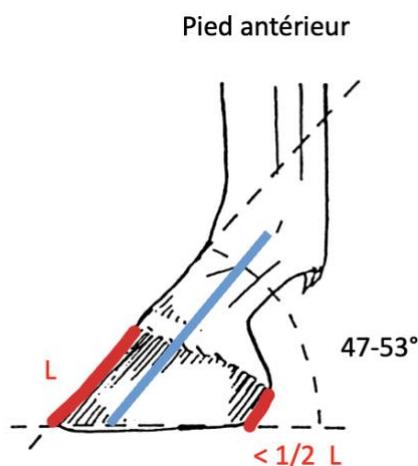
Il a d'abord été défini le pied « idéal », répondant à certaines caractéristiques conformationnelles. Tout d'abord, en ce qui concerne le sabot, la paroi doit être suffisamment épaisse pour pouvoir supporter le poids du cheval sans s'user de manière excessive. Elle doit par ailleurs résister à la dessiccation et avoir une pousse normale. La sole doit être suffisamment épaisse pour résister aux contusions, les barres bien développées et la fourchette large et épaisse (Denoix, 2001). De plus, des règles d'aplomb définissant un pied correctement conformé et en bon état ont été définies. A l'appui, le pied antérieur examiné de profil présente (Figure 7) :

- Une ligne de pince, ou bord dorsal de la paroi, oblique dans le prolongement de l'axe du paturon. L'axe du paturon correspond à une ligne fictive qui le traverse dans sa partie médiane et divise les phalanges proximale et moyenne en deux parties égales ;
- Une ligne de talons, ou profil palmaire, quasi parallèle à la ligne de pince (Jean-Marie Denoix décrit que la ligne de talons est à 45° par rapport à l'horizontale tandis que la ligne de pince

fait un angle de 50° avec l'horizontale) (Denoix, 2013) et de longueur inférieure à la moitié de la longueur de la ligne de pince ;

- L'axe du pied, ligne fictive qui traverse la pince de la paroi dans sa partie médiane et s'étend de la couronne à la surface d'appui de la pince, fait un angle avec le sol de 47-53° ;
- Une rectilignité phalangienne, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de brisure de l'axe phalangien ;
- Le bord dorsal de la paroi mesure trois fois la hauteur du talon ;
- Une paroi dure, lisse et unie ;
- La ligne du bord solaire mesure trois fois la hauteur du talon.

Figure 7 : Conformation normale du pied antérieur du cheval

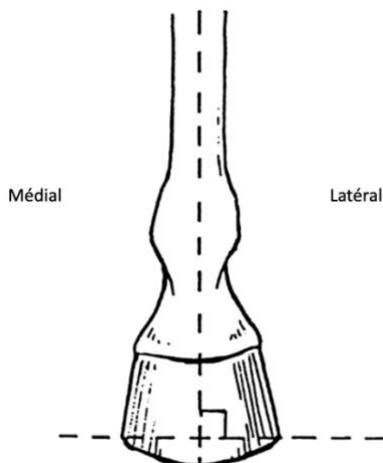


L = longueur du bord dorsal de la paroi ; Les deux lignes rouges (ligne de pince et ligne de talons) sont parallèles entre elles et avec la ligne bleue (axe du paturon)

D'après Denoix J.M. (2001)

Vu de face, le sabot du cheval est plus évasé distalement et plus oblique latéralement. La ligne de pince est légèrement tournée vers l'extérieur (Figure 8).

Figure 8 : Pied antérieur du cheval vu de face

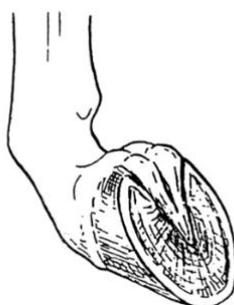


D'après Denoix J.M. (2001)

Au lever, le pied présente (Figure 9) :

- Une sole suffisamment concave pour être préservée des chocs. Une sole normale ne vient pas au contact du sol. Un pied plat est exposé aux traumatismes ;
- Une fourchette assez volumineuse, ferme et sèche.

Figure 9 : Vue postéro-externe (pied levé) – Appréciation de la concavité de la sole

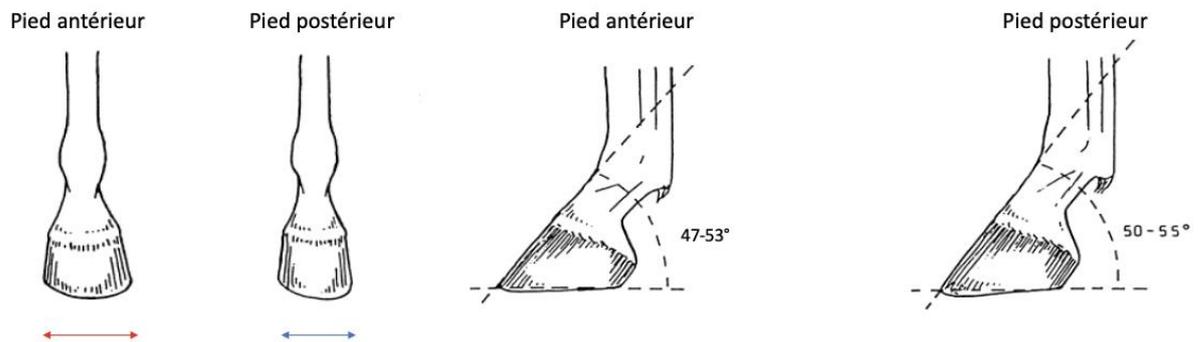


D'après Denoix J.M. (2001)

Le pied postérieur présente quelques particularités (Figure 10) :

- L'axe du pied fait un angle avec le sol de 50-55°. Il est plus vertical ;
- La sole est nettement plus concave sur les membres pelviens. Le contour de la face solaire est plus étroit et allongé sur le membre pelvien tandis qu'il représente trois-quarts de cercle sur le membre thoracique.

Figure 10 : Comparaison de la conformation des pieds antérieur et postérieur

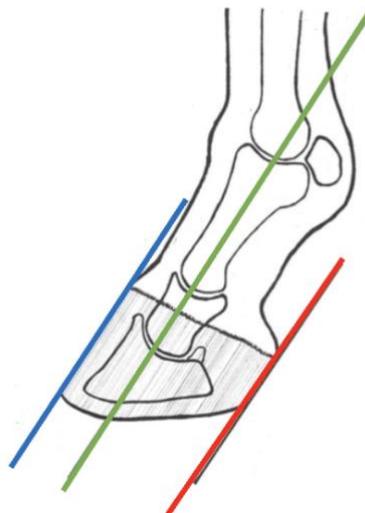


Le pied postérieur (flèche bleue) est plus étroit que le pied antérieur (flèche rouge).

D'après Denoix J.M. (2001)

Une bonne conformation des pieds repose sur des pieds symétriques. Ainsi, il est important de rechercher des asymétries lors de l'examen des pieds (Denoix, 2001). Cependant, d'autres auteurs, tels que O'Grady et Poupard (2003) pensent que le pied idéal ne peut être défini par des valeurs chiffrées prédéfinies de mesures d'angles mais qu'il faut prendre en compte les spécificités individuelles. En effet, le pied idéal tel qu'il est défini précédemment ne prend pas en compte la génétique, la race, l'âge, la conformation des membres, l'influence de l'environnement et de la discipline du cheval (Caure et al. 2016). Ainsi, O'Grady et Poupard (2003) définissent le pied « fonctionnel » comme le pied dont la ligne passant par la paroi du sabot et la ligne des talons sont parallèles à une ligne passant par les phalanges proximale, moyenne et distale (Figure 11).

Figure 11 : Schéma d'un pied fonctionnel



La ligne de pince (bleue), la ligne de talons (rouge) et l'axe passant par les trois phalanges (vert) sont parallèles.

D'après O'Grady S.E. et Poupard D.A. (2003)

Enfin, une grille d'évaluation de la santé du pied du cheval basée sur huit critères d'évaluation a été développée afin de reconnaître des pieds sains, en souffrance ou à surveillance et de faciliter la communication entre propriétaire, maréchaux-ferrants et vétérinaires (Caure et al. 2016) (Figure 12).

Figure 12 : Les critères d'évaluation du pied sain

Les critères d'évaluation du pied sain

- 1) *La couronne est plane, légèrement bombée et sans déformation palpable en faisant le tour de la couronne au doigt.*
- 2) *La corne de la paroi est lisse, non abîmée sur sa partie basse sur plus d'un quart de sa hauteur totale, et indemne de seimes.*
- 3) *Les lignes de pousse et de contrainte sont régulières, peu profondes, et parallèles entre elles et à la couronne. Une surcharge localisée induit une ligne de contrainte qui ne fait pas le tour du pied. Un changement de l'état général du cheval modifie les lignes de pousse, sur les quatre pieds, et à la même hauteur de paroi.*
- 4) *Des tubules rectilignes ou légèrement convexes, donc sans évasement, sont notés.*
- 5) *Les cartilages unguulaires dépassent de la boîte cornée d'une hauteur au moins égale à la moitié de la hauteur des talons. Les cartilages internes et externes sont de même hauteur.*
- 6) *La ligne blanche est régulière et compacte, la sole non convexe et non déformable au pouce, et indemne de bleimes, de seimes et d'abcès.*
- 7) *Les barres du pied sain sont visibles, symétriques, relativement droites et forment une arête avec la sole.*
- 8) *La fourchette est saine, avec une largeur maximale supérieure au tiers de la largeur maximale du pied, et avec une lacune médiane de profondeur inférieure à 1 cm (ongle du pouce).*

D'après Caure S., Leveillard D. et HAVARD D. et al. (2016)

C. Notion de biomécanique du pied

Le pied du cheval a trois grandes fonctions : absorber les chocs au contact du sol, supporter le poids du cheval et assurer la propulsion lors de la foulée (Ross et Dyson, 2011).

La foulée est composée de deux grandes phases, une phase d'appui au cours de laquelle le membre est au contact du sol et supporte le poids du cheval, et une phase de soutien au cours de laquelle le membre subit un mouvement de balancier (traction puis protraction) pour préparer la prochaine phase d'appui. Le pied est donc particulièrement sollicité au cours de la phase d'appui (Chateau et al., 2009) (Figure 13).

Figure 13 : Représentation des différentes phases de la foulée chez un cheval au trot



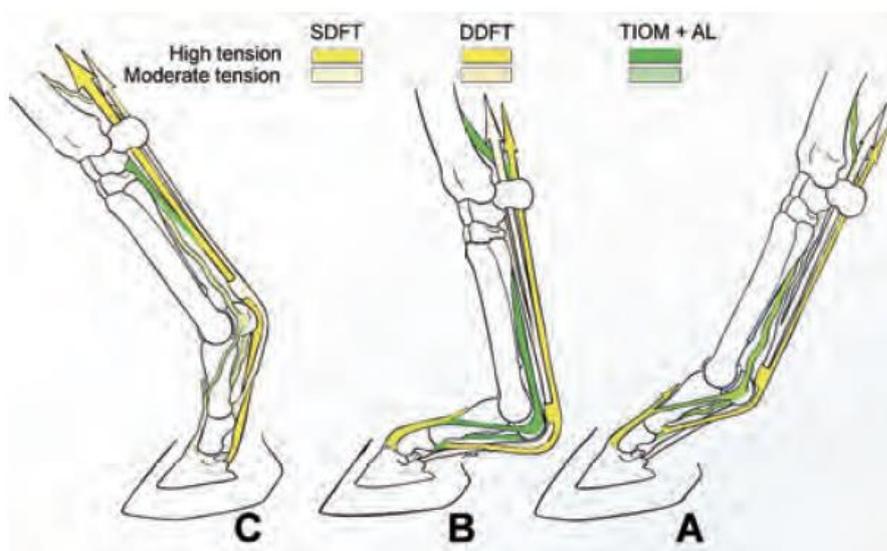
- 1) Phase crâniale de la phase de soutien : protraction ; 2) Phase crâniale de la phase d'appui ; 3) Phase caudale de la phase d'appui : propulsion ; 4) Phase caudale de la phase de soutien : traction

D'après Denoix J.M. (2021)

a. Sollicitations mécaniques du pied au cours de la phase d'appui

La phase d'appui correspond au moment de la foulée où le pied rencontre le sol et supporte le poids du corps. Cette phase d'appui peut être décomposée en trois étapes. Tout d'abord une étape antérieure, dit « crâniale » qui correspond à une phase d'amortissement, puis une étape intermédiaire au cours de laquelle le membre est à la verticale et supporte tout le poids du corps et enfin une étape postérieure, dite « caudale » correspondant à la fin de la phase d'appui (Figure 14).

Figure 14 : Les différentes étapes au cours de la phase d'appui et anatomie fonctionnelle des tendons fléchisseurs et de l'appareil suspenseur du membre antérieur



A : Phase crâniale de la phase d'appui ; B : phase intermédiaire de la phase d'appui ; C : phase caudale de la phase d'appui ; SDFT : tendon fléchisseur superficiel du doigt ; DDFT : tendon fléchisseur profond du doigt ; TIOM : muscle interosseux 3 ; AL : ligaments accessoires des tendons fléchisseurs.

D'après Denoix J.M. (2021)

i. Phase antérieure, crâniale de la foulée et phase intermédiaire

Au cours de la phase antérieure de la foulée, il y a d'abord un contact initial entre le pied et le sol. Cette première phase est passive. À grande vitesse, le pied touche le sol le plus souvent par les talons ou à plats et plus rarement par la pince. De plus, le contact initial se fait le plus souvent par le côté latéral du pied, ou alors par les deux côtés en même temps, mais rarement par le côté médial (Ross et Dyson, 2011). Cependant, le contact initial du pied avec le sol dépend de différents paramètres : la vitesse, l'allure mais également la conformation du pied induite par le parage et la ferrure, le type de sol, etc. (Crevier-Denoix et al., 2009). Ainsi Clayton (1990) a démontré que sur des chevaux parés de manière standard à une vitesse de quatre mètres par seconde, le pied touche le sol le plus souvent à plat (57 %) ou par les talons (43 %). Mais un pied avec une pince longue et des talons bas se posera davantage par la pince (Eliashar, 2007). De même, un membre panard aura tendance à se poser par le côté latéral tandis qu'un membre cagneux aura tendance à se poser par le côté médial (Durham et al., 2021).

Au cours du contact initial, le pied est apparenté à une masse entrant en contact avec le sol à grande vitesse. À la suite du contact initial, le pied décélère rapidement du fait de forces verticales liées au poser du pied contre le sol et de forces horizontales dues au freinage du pied qui frotte contre le sol. Il s'agit alors d'une phase active au cours de laquelle le membre est mis en charge progressivement. Les forces de frottement entre le pied et le sol augmentent alors au fur et à mesure jusqu'à l'arrêt complet du pied.

ii. Phase postérieure, caudale de la foulée

La troisième étape de la phase d'appui est la phase postérieure, caudale de la foulée au cours de laquelle, le membre est propulsé en arrière de la verticale, c'est le « breakover ». Le breakover correspond à la phase de la foulée entre le moment où les talons se soulèvent du sol et le moment où la pince se soulève du sol. Ainsi au cours de cette étape de propulsion, la force de réaction au sol, verticale, augmente progressivement jusqu'à la moitié de l'appui puis diminue jusqu'au décollement du pied. La force de freinage, longitudinale, est positive pendant la moitié de l'appui, atteint son maximum à la fin de la phase de glissement à 60 % de l'appui quand le pied s'arrête, puis s'inverse et devient non plus une force de freinage mais une force propulsive (Chateau et al., 2009).

b. Rôle de la boîte cornée dans l'amortissement

Lors de l'appui, la paroi subit trois types de contraintes mécaniques (Denoix et al., 1990) :

- Une *force longitudinale* exercée par la tension des lamelles dermales qui soutiennent la phalange distale ;
- Une *compression par le sol* ; les pressions maximales liées à l'appui au sol s'exercent au niveau du bord distal de la paroi, essentiellement en pince et en talons (Denoix et al., 1990) ;
- Des *contraintes en cisaillement* dues aux modifications de la forme de la paroi. En effet, le choc initial et les frottements créent des vibrations de la boîte cornée. Ces vibrations sont absorbées au niveau de la boîte cornée, à la jonction entre le kéraphylle et le podophylle, au niveau de l'engrènement entre les lamelles épidermales et dermales (*stratum lamellatum*), permettant ainsi de limiter leur propagation aux parties plus proximales du membre (Chateau et al., 2009).

Par ailleurs, lors de la phase d'appui, la boîte cornée subit des déformations. La mise en charge du pied provoque l'écartement des talons. Il en résulte une diminution de la pression entre les talons et une expansion du coussinet digital à l'origine d'une expansion

de la fourchette (Dyhre-Poulsen et al., 1994 ; Chateau et al., 2009). Cet écartement des talons entraîne en parallèle l'ouverture des trois lacunes de la fourchette qui se comporte alors comme un soufflet (Chateau, 2017). Les barres limitent cet écartement des talons et aident leur rapprochement à la fin de la phase d'appui (Chateau et al., 2009). De plus, le bord coronaire de la pince, des mamelles et des quartiers s'infléchit vers l'intérieur. Enfin, lors de la mise en charge du membre, sous l'effet de la descente et de la bascule de la phalange distale, la pince s'horizontalise et la concavité de la sole diminue (Denoix et al., 1990).

c. Contraintes ostéoarticulaires

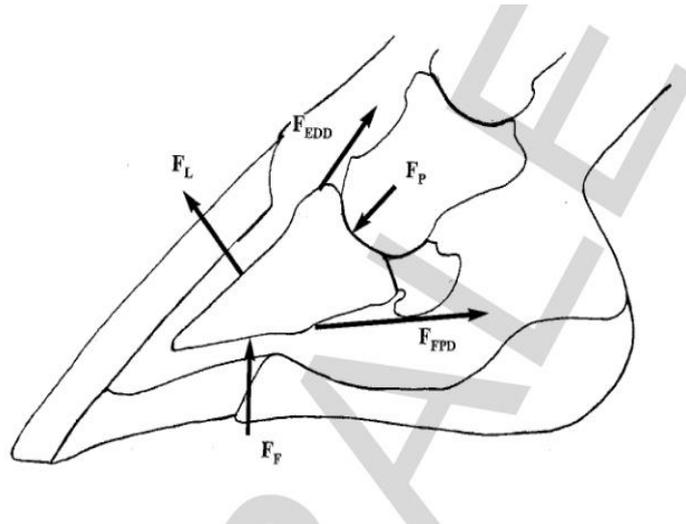
Au cours de la phase d'appui, lors de la phase crâniale de la foulée, l'articulation interphalangienne distale fléchit d'environ 15° au moment de l'impact du pied avec le sol. Cette flexion est maximale juste avant que le membre soit à la verticale (Chateau et al., 2009). La phalange distale descend alors légèrement dans la boîte cornée et subit un mouvement de rotation autour de la partie la plus dorsale de son bord solaire (Denoix et al., 1990). En effet, celle-ci subit alors différentes forces (Figure 15) :

- Une *force de compression* exercée par la phalange moyenne ;
- Une *force de tension exercée sur le processus extensorius* par le tendon extenseur dorsal du doigt ;
- Une *force de tension exercée par le tendon fléchisseur profond du doigt* ;
- Une *force de tension exercée par les lamelles dermales* ;
- Une *force ascendante exercée par la sole*.

La résultante de ces forces est déviée vers la paroi. Effectivement, l'engrènement podophylle – kéraphylle assure le soutien de la phalange distale dans la boîte cornée. Ainsi, la phalange distale ne descend que très légèrement dans la boîte cornée lors de la mise en charge.

De plus, l'articulation interphalangienne distale subit des mouvements passifs de latéralité et de rotation permettant au pied de s'adapter aux irrégularités du sol (Chateau et al., 2009).

Figure 15 : Diagramme des forces agissant sur la phalange distale lors de l'appui



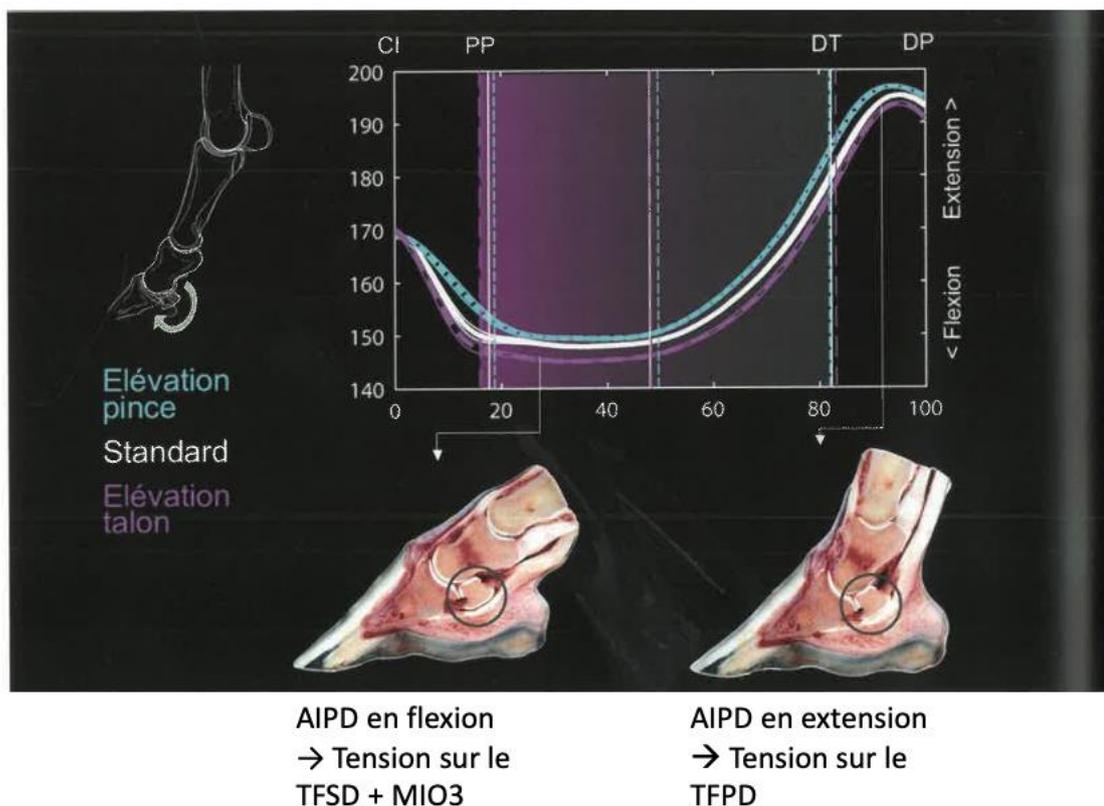
F_L : force exercée par les lamelles dermales ; F_{FPD} : force exercée par le tendon fléchisseur profond du doigt ; F_P : force exercée par la phalange moyenne ; F_F : force exercée par la fourchette ; F_{EDD} : force exercée par le tendon extenseur dorsal du doigt.

D'après Denoix J.M., Brochet J.L., Houliez D. et al. (1990)

Puis lors de la phase caudale de la foulée, l'articulation interphalangienne distale s'étend, provoquant la mise en tension du tendon fléchisseur profond du doigt, des ligaments sésamoïdiens collatéraux et du ligament sésamoïdien distal. Il en résulte une compression de l'os sésamoïde distal contre la face palmaire de la phalange moyenne (Chateau et al., 2009) (Figure 16).

Il a été démontré qu'une élévation des talons de six degrés entraîne une augmentation de l'angle de flexion maximale de l'articulation interphalangienne distale au cours de la phase d'appui de deux degrés et une diminution de l'extension maximale de cette articulation de deux degrés également (Chateau et al. 2009).

Figure 16 : Évolution de l'angle de flexion/extension de l'articulation interphalangienne distale exprimée en fonction du temps (en pourcentage de l'appui) (moyenne des données mesurées sur 3 chevaux se déplaçant au trot à 4 m/sec sur un tapis roulant)



Courbe blanche : ferrure standard ; Courbe bleue : la pince des trois chevaux est élevée de 6° par une cale ; Courbe mauve : les talons des trois chevaux est élevée de 6° par une cale ; CI : Contact initial ; PP : Poser à plat ; DT : Décollement des talons ; DP : Décollement de la pince ; AIPD : Articulation interphalangienne distale ; TFSP : Tendon fléchisseur profond du doigt ; MIO3 : Muscle interosseux trois ; TFPD : Tendon fléchisseur profond du doigt.

D'après Chateau H., Robin D., Pourcelot P. et al. (2009)

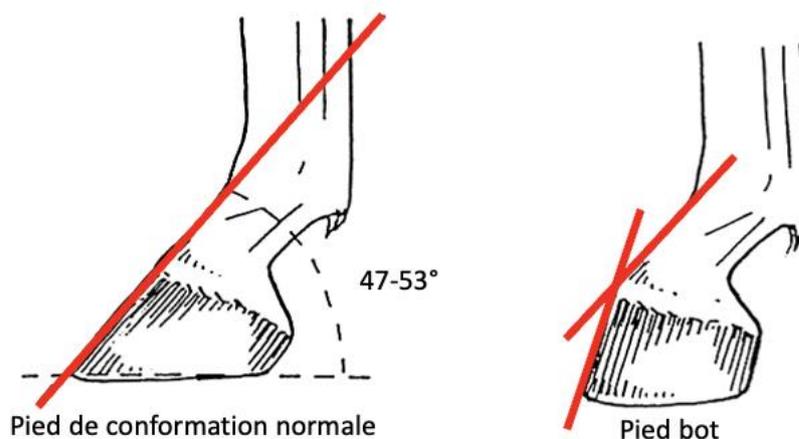
2. Physiopathologie des pieds asymétriques

A. Qu'est-ce qu'une asymétrie de pied ?

On parle de pieds asymétriques lorsqu'un cheval présente sur un même bipède antérieur ou postérieur un pied plus haut et plus étroit que le pied controlatéral, avec des parois plus verticales, une sole plus concave et une fourchette plus étroite (Figure 17).

Parmi les pieds asymétriques, les plus fréquemment décrits sont les pieds bots, caractérisés par un défaut d'extension interphalangienne distale avec un raccourcissement de l'unité musculotendineuse du tendon fléchisseur profond du doigt. Celle-ci tire la phalange distale palmairement. Ainsi, l'articulation interphalangienne distale est en flexion dans le sabot et la phalange distale ne peut être alignée avec la phalange moyenne (O'Grady, 2012).

Figure 17 : Comparaison entre un pied antérieur avec une orientation normale de la ligne de pince (à gauche) et un pied bot (à droite)



D'après Denoix J.M. (2001)

D'autres termes sont utilisés pour parler des pieds asymétriques tels que : pied défectueux, pied atrophié, pied encastelé ou encore pied contracté. Certains auteurs font quelques distinctions entre ces termes (Denoix, 2001) :

- *Pied atrophié* : anomalie morphologique concernant tout le pied ; le diamètre transversal est rétréci (le pied est plus long que large). Ainsi le pied est plus étroit, la paroi est plus verticale, les talons sont plus hauts et plus rapprochés, la pince est plus verticale, la fourchette est plus étroite, atrophiée, altérée, plus remontée, la sole est plus concave, les barres sont hautes et verticales.
- *Pied encastelé* : les talons sont serrés et la fourchette est étroite et encastée.
- *Pied pinçard* : le pied se pose essentiellement en pince, les talons ne touchent pas toujours le sol, la sole est fortement concave et la paroi dorsale du sabot est de faible obliquité.
- *Pied rampin* : la flexion de l'articulation interphalangienne distale est marquée, provoquant une usure de la pince lorsque celle-ci frotte le sol et les talons s'allongent progressivement.

- *Pied bot* : défaut d'extension interphalangienne distale. La pince est courte et les talons sont hauts du fait d'un défaut de longueur du système fléchisseur profond du doigt. L'angle entre la pince et l'horizontale est supérieur à 60°.

On utilisera le terme « pied asymétrique » d'une manière générale pour la suite de la présentation et dans notre étude.

B. Étiologie du pied asymétrique

L'asymétrie de pied et plus particulièrement du pied bot a été rapportée dans la littérature comme pouvant avoir une origine congénitale ou acquise. Dans les cas de pieds bots d'origine acquise, une lésion podale n'est pas toujours associée. Il peut s'agir uniquement d'un soulagement chronique du membre quelle que soit la localisation de la lésion initiale (Denoix, 2001).

a. Pied asymétrique d'origine congénitale

Bien que la plupart des poulains naissent avec des pieds symétriques, certains peuvent présenter un pied bot dès la naissance. Ils vont alors présenter un défaut d'extension de l'articulation interphalangienne distale, qui peut être associé ou non à d'autres défauts d'extension articulaire. Les articulations métacarpo-phalangienne, métatarso-phalangienne, du carpe et du tarse sont les articulations les plus communément atteintes. Généralement, les deux membres antérieurs sont atteints et cette anomalie de conformation peut être associée à d'autres anomalies du squelette telles que des déformations des membres postérieurs, de la colonne vertébrale, un Wry nose syndrome, c'est-à-dire une déviation de la mâchoire supérieure et du nez, ou encore une fente palatine (Ross et Dyson, 2011). Il a été démontré que ces défauts d'extension articulaire sont généralement dus à la combinaison de différents facteurs : malposition fœtale, malformations osseuses et/ou articulaires, ingestion de plantes toxiques ou de substances tératogènes par la mère, mère atteinte de maladies (influenza par exemple) durant la phase de développement du fœtus au cours de la gestation, facteurs génétiques et autres. De plus, il a été montré que certaines juments ne donnent naissance qu'à des poulains présentant un défaut d'extension interphalangienne distale (O Grady, 2012). Les tendons et ligaments ne se développeraient alors pas à la même vitesse que les os ou bien les capacités d'allongement des ligaments seraient différentes des capacités de croissance des os (Caldwell, 2017).

Ce défaut d'extension de l'articulation interphalangienne distale du poulain est à l'origine d'une contracture de l'unité musculotendineuse du tendon fléchisseur profond du doigt pouvant aller jusqu'à la fibrose. Ainsi, les poulains marchent sur la pince et sont incapables de poser le talon au sol (O Grady, 2012). Cette étiologie ne concerne pas directement les cas de notre étude qui concerne les pieds bots asymétriques d'origine acquise.

b. Pied asymétrique d'origine acquise

Le pied bot peut également se développer après la naissance et être d'origine acquise. Plusieurs hypothèses ont été émises afin d'expliquer le développement d'un pied bot ou plus généralement d'un pied asymétrique après la naissance.

Tout d'abord, il peut s'agir d'un problème nutritionnel. Effectivement, une suralimentation (Caldwell, 2017), un excès en glucides dans la ration ou un déséquilibre en minéraux (O Grady, 2012) peuvent être à l'origine d'une disharmonie entre la croissance en longueur des os et la croissance de l'unité musculotendineuse. Dans ce cas-ci, le jeune cheval présente, dans la plupart des cas, des pieds bots sur les deux antérieurs, mais la lésion peut également atteindre uniquement un seul membre.

Il peut également s'agir d'un défaut de positionnement en station : il a été montré que les poulains présentant des membres longs et une encolure courte ont tendance à brouter toujours avec le même membre en protraction (Van Heel, 2006), ce qui entraîne un écart de chargement entre les deux membres antérieurs et donc un écart d'usure entre les deux sabots, d'où le développement d'une asymétrie de pied.

Par ailleurs, lors de boiterie chronique d'un membre, le cheval se décharge sur le membre sain et ainsi le sabot du membre boiteux s'use moins (Caldwell, 2017). La réduction d'appui en talons entraîne une pousse excessive de corne en talons, comparativement à la pince qui est davantage mise en charge (O Grady et Poupard, 2003). Ainsi, toute lésion entraînant de la douleur et/ou le soulagement d'un membre (parage excessif en pince, fourbure chronique, douleur chronique des pieds) (O Grady et Poupard, 2003) peut être à l'origine d'un pied bot (Denoix, 2001), y compris des lésions à distance telles que des lésions du squelette axial (Stone, 2009). De plus, du fait de la douleur, il y a contraction des muscles fléchisseurs entraînant une flexion de l'articulation interphalangienne distale. L'appui est donc déplacé dorsalement (O Grady, 2012).

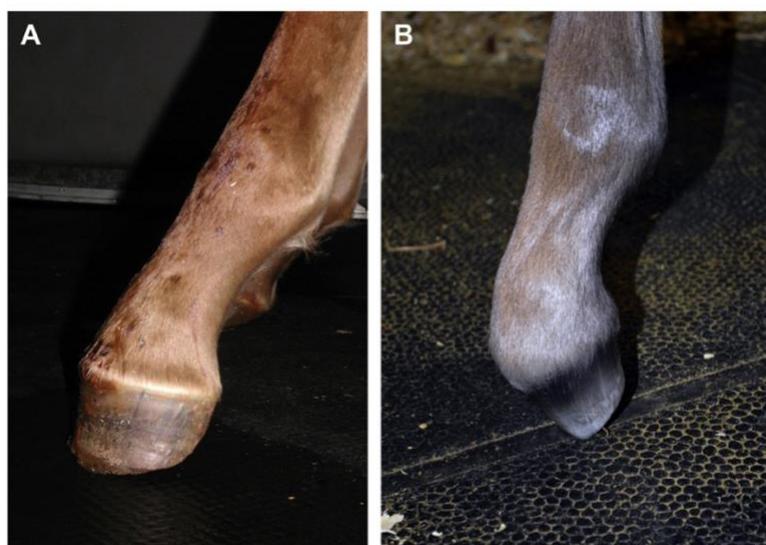
Enfin, une potentielle origine neuromusculaire a été rapportée (Caldwell, 2017).

Le pied bot ou pied asymétrique d'origine acquise se développe le plus souvent au cours de la croissance, entre un mois et six mois d'âge, mais des chevaux plus âgés peuvent également développer un pied asymétrique (Caldwell, 2017). Chez les poulains d'un à six mois, l'atteinte des membres antérieurs est le plus souvent bilatérale, même si un membre est souvent plus atteint que l'autre, et fait partie d'un ensemble de maladies du développement avec l'ostéochondrose, la physite et les malformations vertébrales cervicales (Caldwell, 2017). Les poulains atteints sont essentiellement ceux présentant une croissance rapide (Adams, 2000). Caldwell a défini deux degrés pour décrire le défaut d'extension interphalangienne distale chez le poulain (Figure 18) :

- Le *degré I* correspond à un pied dont la paroi du sabot fait un angle $\leq 90^\circ$ avec le sol ;
- Le *degré II* correspond à un pied dont la paroi du sabot fait un angle $> 90^\circ$ avec le sol.

Cette classification permet d'avoir une idée du choix thérapeutique, du pronostic de résolution ainsi que du pronostic sportif.

Figure 18 : Classification du degré de défaut d'extension interphalangienne distale chez le poulain



A : degré I de défaut d'extension interphalangienne distale ; B : degré II de défaut d'extension interphalangienne distale

D'après Caldwell F.J. (2017)

Adams (2000) décrit deux modes de développement du pied bot d'origine acquise chez le poulain :

- Un développement rapide en trois à cinq jours au cours duquel les talons se soulèvent du sol. Le poulain marche alors uniquement sur la pince ;
- Un développement plus lent en deux à trois mois au cours duquel les talons restent au contact du sol mais s'élèvent pour atteindre une longueur égale à celle de la pince.

Chez les chevaux plus âgés, l'origine du pied asymétrique rapportée dans les précédentes publications est bien souvent une boiterie chronique (Caldwell, 2017), sans mise en charge du membre atteint, un parage excessif en pince à l'origine d'une douleur solaire, une fourbure chronique de bas grade ou encore une douleur chronique en talons (O Grady, 2012). Ces rapports décrivent ainsi essentiellement une origine podale.

C. Conformation et gradation des pieds asymétriques

Les premiers signes d'appel de pied bot asymétrique sont un port de pied en pince, une augmentation de l'angle formé entre la paroi dorsale du sabot et le sol de sorte que l'axe sabot-pâturon soit brisé, une possible proéminence du bourrelet coronaire et si on pare les talons à une longueur dite « normale » (pour un parage classique), alors ceux-ci ne touchent plus le sol. De plus, le pied atteint peut présenter de la chaleur, un pouls digité frappé et de la douleur à la pince exploratrice à la face dorsale du sabot (O'Grady 2003).

Redden (2003) a décrit des grades afin de classer les pieds bots asymétriques et ainsi permettre d'identifier la sévérité des lésions et d'adapter le traitement (Tableau 1, Figure 19) :

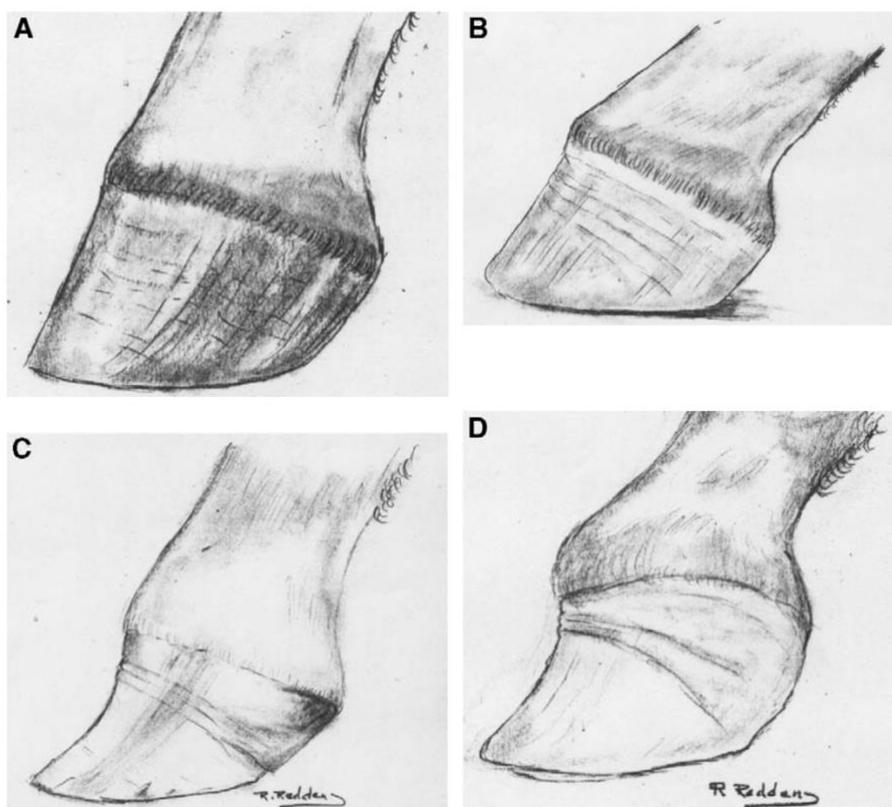
Tableau 1 : Système de gradation des pieds bots

Grade	Description
Grade I	Correspond à un pied dont la paroi dorsale du sabot fait un angle supérieur de 3-5° avec le sol par rapport au sabot controlatéral. De plus, il y a une luxation partielle entre la phalange moyenne et la phalange distale pouvant entraîner une proéminence du bourrelet coronaire.
Grade II	Correspond à un pied dont la paroi dorsale du sabot fait un angle supérieur de 5-8° avec le sol par rapport au sabot controlatéral. De plus, le pied atteint présente d'autres anomalies : les anneaux de croissance sont compressés dorsalement et les talons ne sont pas en contact avec le sol lorsqu'ils sont parés dans le même plan que la fourchette.

Grade III	Correspond à un pied dont la paroi dorsale du sabot est bombée et les anneaux de croissance sont deux fois plus espacés en talons qu'en pince. De plus, à la radiographie, la phalange distale présente des signes de résorption osseuse et/ou de remodelage à son bord distal.
Grade IV	Correspond à un pied dont la paroi dorsale du sabot fait un angle $\geq 80^\circ$ avec le sol. De plus, la paroi est bombée et la distance entre le bourrelet coronaire et le sol est la même en pince et en talons. A la radiographie, la phalange distale présente une déminéralisation étendue et peut être en rotation.

D'après Redden R.F. (2003)

Figure 19 : Dessins représentant les quatre grades de pied bot



A : Grade I; B : Grade II; C : Grade III; D : Grade IV.

D'après Redden R.F. (2003)

Ainsi, au fur et à mesure, le sabot prend une forme cubique voire tubulaire puis la paroi dorsale devient concave et il y a une séparation entre la paroi et la sole en pince (O Grady, 2012).

D. Conséquences sur la locomotion du cheval

Lors de pied bot asymétrique, le défaut d'extension interphalangien distal associé au raccourcissement de l'unité musculotendineuse du tendon fléchisseur profond du doigt entraîne une mise en charge anormale du pied avec un déplacement dorsal du centre de pression. Le pied entre en contact avec le sol par les talons avec des forces de pression verticalisées. Il en résulte, au cours de la phase postérieure de la foulée, une compression du tissu velouté solaire à l'apex de la phalange distale, un ralentissement de la croissance de la paroi en pince et une sole en pince plus fragile et plus fine, d'où le risque de développement d'ecchymoses. Dans les cas chroniques, la phalange distale peut présenter des remodelages voire des zones de déminéralisation lors de pressions excessives (Redden, 2003).

A contrario, la croissance de la paroi en talons est augmentée pour compenser l'atrophie des tissus mous due à la mise en charge anormale du pied. Cette atrophie des tissus mous engendre un transfert direct de l'énergie aux formations anatomiques osseuses lors du contact du pied avec le sol (O'Grady, 2012) (Tableau 2).

Tableau 2 : Conséquences des modifications de l'appui du pied lors d'une augmentation de la hauteur des talons

Modifications d'appui	Augmentation de la hauteur des talons	Diminution de la hauteur des talons
Os/tendons	↑ contraintes tendineuses	↑ contraintes articulaires
MIO3	↑ Tension	↓ Tension
Ligaments sésamoïdiens distaux	↑ Tension	↓ Tension
TFPD	↓ Tension	↑ Tension
Os sésamoïde distal	↓ Contraintes	↑ Contraintes
Processus extensorius	↑ Traction	↓ Traction
Répartitions des pressions articulaires	↑ En région dorsale (phalange distale)	↑ En région palmaire (OSD)
Membrane dorsale des articulations interphalangiennes	Tension	Relâchement
Ligaments sésamoïdiens collatéraux	Relâchement	Tension

↑ = *augmentation* ; ↓ = *diminution* ; MIO3 = *muscle interosseux III* ; TFPD = *Tendon Fléchisseur Profond du Doigt* ; OSD = *Os Sésamoïde Distal*

D'après Denoix J.M., Brochet J.L., Houliez D. et al. (1990)

O'Grady et Poupard (2003) ont mis en évidence d'autres anomalies du pied associées à un pied bot : une consistance inappropriée de la paroi, une séparation entre la paroi et la sole, une maladie de la ligne blanche ou encore une inflammation de l'articulation interphalangienne distale.

La locomotion du cheval est impactée. Effectivement, le contact initial entre le pied du cheval et le sol se fera essentiellement par la pince. Il en résulte une baisse des performances sportives et une boiterie chronique de bas grade (O Grady, 2012). Les chevaux de race Pur-sang semblent mieux tolérer les pieds bots que les chevaux de course de trot de type Standardbred (Ross and Dyson, 2011).

E. Diagnostic et thérapeutique

a. Diagnostic

Le diagnostic de pied asymétrique repose avant tout sur l'observation de la conformation du pied et sa comparaison avec le pied controlatéral lorsque l'atteinte est unilatérale. L'anamnèse peut également apporter des informations très importantes notamment sur d'éventuelles lésions anciennes ayant pu être à l'origine du développement d'un pied asymétrique. Chez le cheval adulte, le pied asymétrique est généralement mis en évidence au moment de la mise à l'entraînement. Le défaut d'extension interphalangien distal est alors exacerbé par l'exercice, une ferrure inappropriée, un parage inadéquat ou encore une lésion sous-jacente (O Grady, 2012). Pour caractériser une anomalie de conformation de pied, il est important de connaître au préalable les caractéristiques d'un pied sain. Cependant, il s'agit d'un exercice difficile car il existe de grandes variabilités d'un individu à l'autre en fonction de la race, de l'âge, de l'environnement mais aussi du type d'activité

(Redden, 2003). Ainsi, un pied asymétrique peut être caractérisé selon cinq critères relativement au pied controlatéral, associés ou non (Denoix, 2001) :

- Plus haut ;
- Plus étroit ;
- Parois plus verticales ;
- Sole plus concave ;
- Fourchette plus étroite.

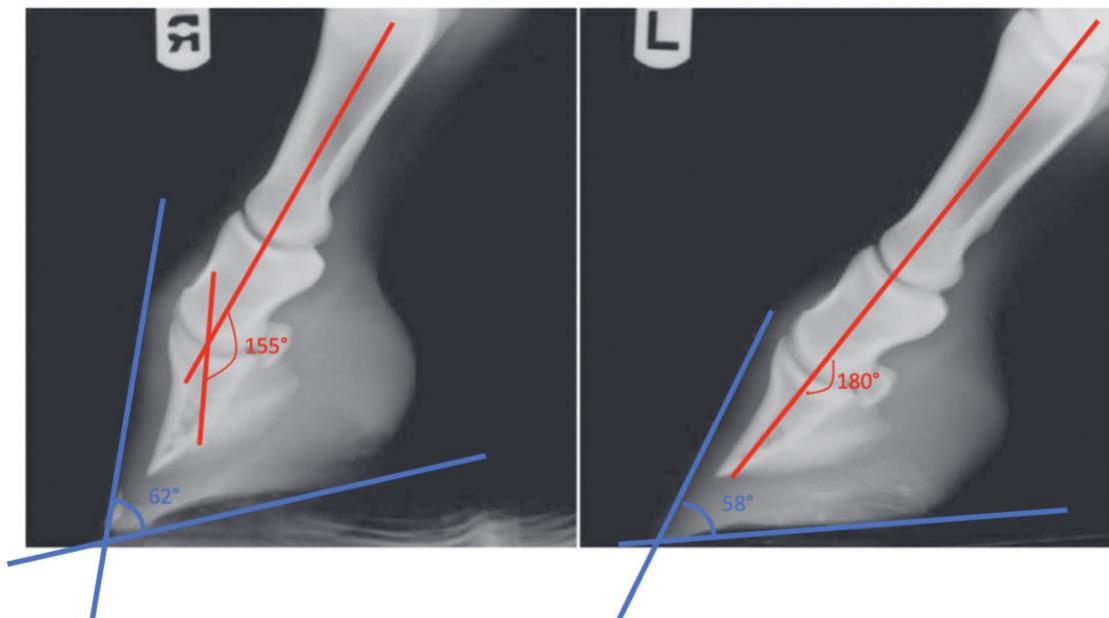
Les trois premiers critères sont évalués à l'appui et les deux derniers lors de l'examen des pieds au soutien.

À la suite de l'observation à distance de la conformation du pied, un examen rapproché est réalisé avec une palpation du pied à la recherche d'une déformation, de chaleur, de douleur, d'un pouls digité frappé, afin de localiser une potentielle région inflammatoire ou douloureuse à son origine. L'examen est complété par la mobilisation de l'articulation interphalangienne distale. Les poulains dont le pied bot a entraîné une rétraction du tendon fléchisseur profond du doigt présenteront une extension très restreinte de l'articulation interphalangienne distale (Caldwell, 2017). La palpation des tendons fléchisseurs au cours de la mobilisation passive peut permettre de déterminer les formations anatomiques impliquées (Auer, 2006). Le test à la pince exploratrice peut également être réalisé afin de compléter le diagnostic. En effet, celui-ci peut être positif en pince au niveau de la paroi dorsale du sabot car le pied bot entraîne une pression augmentée sur la pince pouvant être à l'origine d'ecchymoses ou de bleimes. Enfin, le parage peut être un outil diagnostique : chez les chevaux d'âge mûr, le diagnostic de pied asymétrique peut être une découverte fortuite lors d'une visite du maréchal-ferrant. En parant les talons, ceux-ci ne toucheront alors plus le sol (O Grady, 2012). Dans la littérature, il n'est pas rapporté de porter une attention particulière au reste du membre ou au membre controlatéral.

L'imagerie et plus particulièrement la radiographie peut compléter le diagnostic de pied bot asymétrique. En effet, celle-ci n'est certes pas nécessaire pour le diagnostic à proprement parlé mais elle est utile d'un point de vue pronostic et permet d'adapter le traitement (Auer, 2006) et de réaliser un suivi de la lésion dans le temps. Les incidences réalisées sont les incidences latéro-médiale avec le pied sur une cale et le membre controlatéral au soutien et dorso-palmaire à l'appui. Les incidences dorso-palmaire sur une cale à 60° et proximo-distale peuvent permettre d'identifier d'éventuelles lésions

supplémentaires. Ces radiographies permettent d'objectiver l'alignement des phalanges, le degré de flexion de l'articulation interphalangienne distale, l'épaisseur de la sole, l'angle entre la paroi dorsale du sabot et le sol, la position de la phalange distale dans la boîte cornée, des anomalies ostéoarticulaires et d'éventuelles autres lésions associées (O Grady, 2012) (Figure 20). Adams a montré que lors de pied bot, le coussinet digital s'atrophie et perd de son élasticité (Adams, 2000).

Figure 20 : Radiographies comparatives d'un pied bot à droite et d'un pied dont les phalanges sont alignées à gauche ; incidence latéro-médiale avec le pied sur une cale

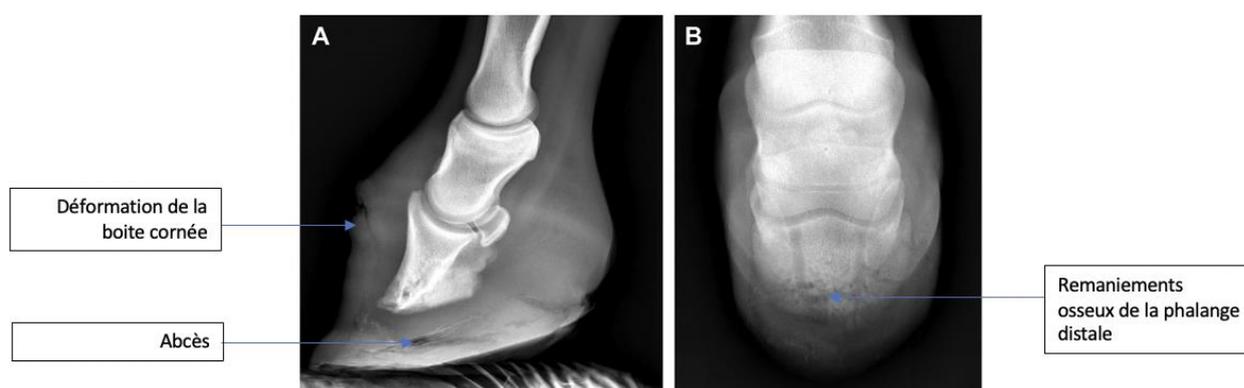


Le pied droit présente un angle entre la face dorsale du sabot et le sol supérieur de 4° par rapport au pied controlatéral. D'après la classification de Redden (2003), il s'agit donc d'un pied bot asymétrique de grade I.

D'après O'Grady S.E. (2012)

Par ailleurs, dans les cas chroniques de pied bot asymétrique, la radiographie peut mettre en évidence une rotation de la phalange distale dans la boîte cornée associée à une déformation de la paroi du sabot, une arthropathie dégénérative de l'articulation interphalangienne distale, une déminéralisation et un remodelage de la phalange distale et parfois une ostéite septique de celle-ci (Figure 21). Tous ces éléments ont un pronostic négatif à long terme (Caldwell, 2017).

Figure 21 : Radiographies de pied (incidences latéro-médiale (A) et dorso-palmaire (B)) chez un poulain de cinq mois atteint de défaut d'extension interphalangienne distale chronique



La boîte cornée est déformée, un abcès est visible et la phalange distale présente des lésions de remaniements osseux de type ostéolyse/déminéralisation.

D'après Caldwell F.J. (2017)

b. Thérapeutique

L'objectif du traitement du pied asymétrique est de revenir à un pied fonctionnel, c'est-à-dire un pied avec une ligne de pince dans le prolongement de l'axe du paturon, une paroi du sabot épaisse, une épaisseur de sole appropriée, une base en talons solide et des anneaux de croissance régulièrement espacés depuis le périople.

Le traitement du pied asymétrique dépend non seulement de la sévérité mais également de l'étiologie. Il sera d'autant plus efficace que sa mise en place est précoce. Cependant, pour que le traitement fonctionne durablement, il faut pouvoir déterminer l'origine de ce pied asymétrique et la traiter. En effet, le traitement est inefficace si la lésion sous-jacente à l'origine de l'asymétrie n'est pas clairement identifiée et prise en charge (Stone, 2009). Par exemple, un pied asymétrique pouvant être dû à de la douleur, il conviendra de déterminer l'origine de cette douleur (O Grady, 2012). Il est donc important de réaliser un examen locomoteur détaillé et complet, des anesthésies diagnostiques et des examens d'imagerie pour identifier son origine. Parfois, l'origine du pied asymétrique peut ne pas être facile à déterminer. En effet chez des chevaux adultes, une lésion ancienne aiguë a pu provoquer le développement d'un pied asymétrique. Puis cette lésion a cicatrisé et est devenue invisible. En revanche, l'asymétrie des pieds a persisté (Ross et Dyson, 2011). Dans la suite de cette partie, les stratégies thérapeutiques dédiées aux pieds bots seront présentées, car ce sont les seules rapportées dans la littérature.

i. Traitement des pieds asymétriques d'origine congénitale

Pour une meilleure compréhension des possibilités thérapeutiques de gestion de ces aplombs défectueux, la gestion des pieds bots congénitaux est décrite ici même si elle concerne principalement des pieds symétriques avec une atteinte bilatérale. Le traitement des pieds bots d'origine congénitale dépend de la sévérité de l'atteinte.

Lors de déformation en flexion faible à modérée, une résolution spontanée peut être espérée sur un poulain qui se met rapidement debout (O Grady, 2012). Cette résolution spontanée peut être accélérée en faisant faire de l'exercice au poulain dans un paddock avec un sol dur une à deux fois par jour, pendant les premiers jours de vie. De la kinésithérapie peut également être réalisée : il a été montré que des sessions de dix minutes de mouvements passifs de l'articulation interphalangienne distale quatre à six fois par jour étaient bénéfiques (Caldwell, 2017).

Lors de déformation en flexion sévère ou lorsqu'il n'y a pas d'amélioration de la déformation en flexion au bout de quelques jours de vie, un traitement médical peut être envisagé. Des anti-inflammatoires non stéroïdiens peuvent être administrés afin de prendre en charge la douleur (Caldwell, 2017). Il faut cependant faire attention aux éventuels effets secondaires tels que les ulcères gastro-intestinaux et la néphrotoxicité. On administrera donc un protecteur gastrique en parallèle et on surveillera les paramètres rénaux. Les protocoles les plus couramment utilisés sont de la Phénylbutazone à 1,1 mg/kg par voie intraveineuse une fois par jour associée à de la Ranitidine à 6,6 mg/kg par voie orale ou à 1,5 mg/kg par voie intraveineuse trois fois par jour. L'Oméprazole peut également être utilisé comme protecteur gastrique ou la Cimétidine (Auer, 2006). De plus, il a été démontré que l'injection intraveineuse d'Oxytétracycline pouvait avoir un effet bénéfique sur les déformations en flexion d'origine congénitale (Figure 22). L'Oxytétracycline inhibe la contraction des fibres de collagène par les fibroblastes (Coury et Leroy, 2020) par inhibition de l'ARNm des métalloprotéinases de la matrice (MMP-1). Ainsi, l'Oxytétracycline favorise l'élongation des tendons et ligaments lors de la mise en charge du membre, entraînant une correction de la déformation en flexion en 24-48 heures (Auer, 2006). Il est donc recommandé d'administrer deux à trois grammes d'Oxytétracycline diluée dans 250 à 500 mL de solution physiologique saline en perfusion intraveineuse. Il est possible de répéter cette administration une à deux fois dans les premières semaines de vie du poulain si nécessaire. Cependant, les effets de l'Oxytétracycline sont limités lors de défaut d'extension de l'articulation interphalangienne distale : certains poulains ne répondent pas au traitement

et d'autres présentent des rechutes à l'arrêt du traitement (Caldwell, 2017). En outre, l'Oxytétracycline semble mieux fonctionner sur les jeunes poulains pour lesquels la réticulation du collagène et la rigidité des tendons est moins marquée que chez les chevaux adultes (Wintz et al. 2012). Par ailleurs, l'Oxytétracycline a de rares effets secondaires tels qu'une hyperextension intermittente du carpe, un effondrement brutal ou encore une insuffisance rénale (Caldwell, 2017).

Figure 22 : Évolution d'une déformation en flexion d'origine congénitale de l'articulation métacarpo-phalangienne (bouleture) chez un poulain à T0 à gauche et à T0 + 48 h à droite après deux injections d'Oxytétracycline et la mise en place d'une attelle



T0

T0 + 48h après deux injections
d'oxytétracycline et la mise en place d'une
attelle

D'après Adams S.B. et Santschi E.M. (2000)

Si le poulain ne tient pas debout seul ou que la déformation en flexion est sévère, des attelles rigides ou bandages ou plâtres peuvent être mis en place. En effet, ils permettent alors au poulain de se mettre debout et la mise en charge du membre va permettre d'étirer et d'appliquer une tension sur les tendons et les tissus mous palmaires et caudaux (Adams et Santschi, 2000). La mise en place d'un plâtre ou d'une attelle implique de réaliser des changements et contrôles réguliers pour s'adapter aux changements d'angulation de l'articulation et pour éviter escarres et excoriations de la peau auxquels les poulains sont particulièrement sensibles (Caldwell, 2012).

Une extension de la pince par une résine peut également être mise en place mais cette technique est controversée. Certains auteurs sont en défaveur car une extension de la pince gênerait le déplacement du poulain (Ross et Dyson, 2011). D'autres pensent qu'une extension de la pince pourrait être bénéfique. En effet, celle-ci protège la pince d'une usure excessive d'une part et augmente la tension exercée sur le tendon fléchisseur profond du

doigt, favorable à son élongation, d'autre part (Adams et Santschi, 2000). Enfin, certains auteurs préconisent l'extension de la pince pour les pieds bots chez les jeunes chevaux mais la contre-indiquent pour les pieds bots chez les chevaux plus âgés du fait d'une moindre compliance du tendon fléchisseur profond du doigt et des formations laminaires du pied chez le cheval âgé (Stone, 2009).

Le traitement chirurgical (décrit plus loin) n'est en général pas nécessaire pour les pieds bots d'origine congénitale sauf dans les cas sévères.

ii. Traitement des pieds asymétriques d'origine acquise

Comme pour les pieds asymétriques d'origine congénitale, le traitement des pieds asymétriques d'origine acquise dépend de la sévérité du défaut d'extension interphalangienne distale (Tableau 3).

Pour les pieds asymétriques dont le défaut d'extension interphalangienne distale est discret, un traitement conservateur suffit. Ce traitement consiste en :

- Une restriction alimentaire, pouvant passer par le sevrage des poulains, afin de limiter la vitesse de croissance et permettre aux muscles et tendons de suivre la croissance des os ;
- Une restriction de l'activité physique pour éviter les traumatismes et le risque de blessures ;
- Une gestion de la douleur avec des anti-inflammatoires non stéroïdiens associés à un protecteur gastrique ;
- Un parage progressif des talons, en commençant au centre du pied et en parant progressivement les talons jusqu'à ce qu'ils soient à la même hauteur que la fourchette (O'Grady, 2012). Cependant, ce parage des talons est controversé. En effet, il peut augmenter la tension sur le tendon fléchisseur profond du doigt ce qui accroît la douleur et peut être à l'origine d'une bouleture dans certaines circonstances (Denoix et al., 1990) ;
- Les barres sont amincies afin d'élargir les lacunes latérales de la fourchette, permettant ainsi d'augmenter la souplesse des talons et de la partie postérieure du pied (Denoix et al., inconnue). De plus, les talons sont parés à 45° latéralement de manière à favoriser leur expansion (O, Grady, 2012) et la pince est biseautée depuis l'apex de la fourchette pour favoriser le roulement du pied. Ce parage doit être contrôlé. Effectivement, il peut causer des bleimes ou des abcès en pince nécessitant la mise en place de protection placée en pince, sur la paroi et la sole (Figure 23).

Figure 23 : Pied bot de bas grade, avant (a) et après (b) parage



D'après O'Grady S.E. (2012)

Pour les pieds asymétriques dont le défaut d'extension interphalangienne distale est modéré à sévère, le traitement conservateur ne suffit pas en général et il doit être complété par une ferrure kinésithérapique voire un traitement chirurgical.

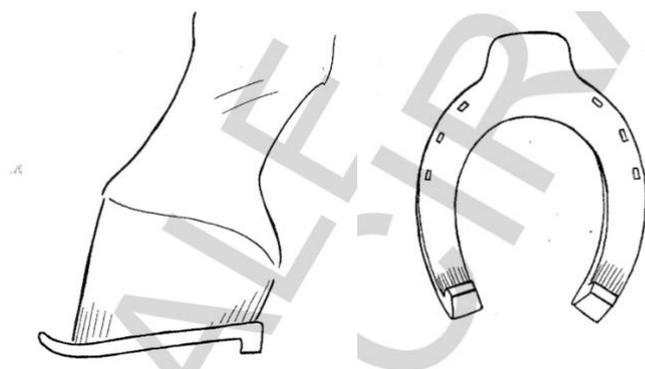
La ferrure kinésithérapique dépend également de la sévérité du défaut d'extension interphalangienne (Denoix et al., 1990). Par ailleurs, les traitements proposés sont différents chez un poulain d'un an et chez un cheval adulte.

(1) Chez un poulain d'un an

Dans les cas modérés de pied bot (la pince n'est pas verticale), un demi-fer en pince peut être mis en place. Il permet que la pince ne s'use pas tandis que les talons s'usent progressivement. Le parage des talons est contre-indiqué si le paturon n'est pas horizontalisé car il peut induire une douleur avec un effet inverse par contraction antalgique des fléchisseurs menant à une bouleture, du fait de la tension exercée sur le tendon fléchisseur profond du doigt (Denoix et al., 1990).

Dans les cas sérieux (la pince est à la verticale), un fer à la florentine (Figure 24), présentant une extension incurvée de la pince, peut être mis en place. Des crampons ou une cale peuvent être mis en place en talons si ceux-ci ne touchent pas le sol. Ils sont réduits progressivement par la suite. Ce soutien en talons permet de diminuer la tension exercée sur le tendon fléchisseur profond du doigt ce qui apporte confort au cheval et permet de réaligner le pied avec l'axe du paturon (Denoix et al., 1990). Un retrait trop rapide de ce support peut être problématique car il risque d'entraîner une bouleture (O Grady, 2012).

Figure 24 : Dessins d'un fer à la florentine



D'après Denoix J.M., Brochet J.L., Houliez D. et al. (1990)

Dans les cas sévères où la pince est en arrière de la verticale, un traitement chirurgical est nécessaire (Tableau 3).

Tableau 3 : Tableau décisionnel du traitement d'un pied bot chez le poulain d'un an

Critères décisionnels	Paturon vertical	Paturon normal	Paturon horizontal
Talons non à l'appui	Chirurgie LA FPD (+ LA FSD si bouleture associée)	Talonnette + pince longue	Talonnette + pince longue
Talons à l'appui	Élever talons +/- chirurgie LA FPD	Demi-fer	Parer les talons

LA FPD : ligament accessoire du tendon fléchisseur profond du doigt ; LA FSD : ligament accessoire du tendon fléchisseur superficiel du doigt

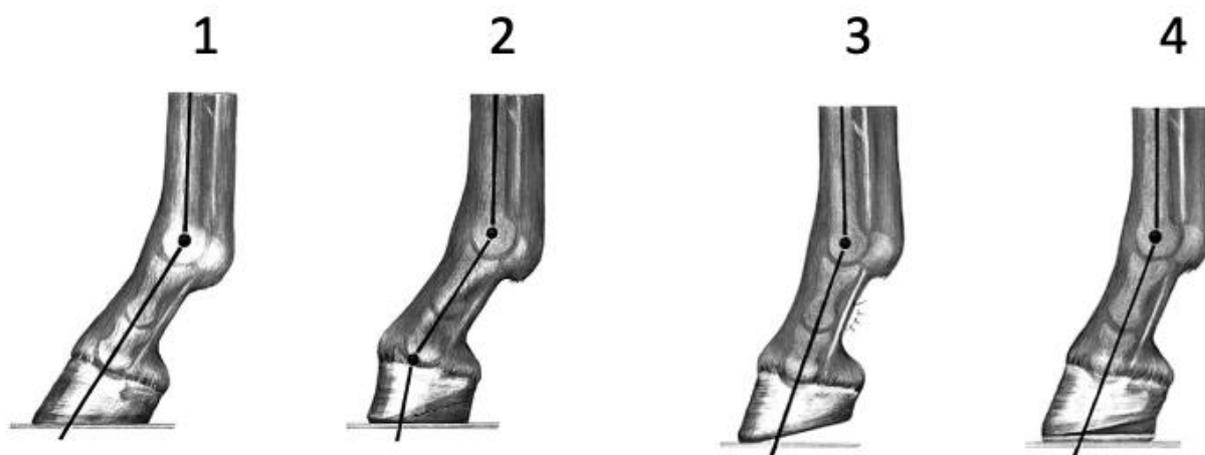
D'après Denoix J.M., Brochet J.L., Houliez D. et al. (1990)

(2) Chez un cheval adulte

Chez les chevaux adultes, il faut distinguer les chevaux présentant des talons hauts mais dont l'alignement entre les phalanges est conservé, des chevaux présentant un pied bot avec des talons hauts et un axe pince-pâture brisé.

Chez les chevaux adultes présentant des talons hauts associés à un axe pince-pâturon brisé (pied bot), un parage des talons, permettant de réaligner les phalanges, associé à une ferrure réhaussant les talons ou des talonnettes est préconisé. En effet, le parage des talons engendre une tension accrue sur le tendon fléchisseur profond du doigt avec des talons pouvant ne plus toucher le sol, d'où de la douleur et un raccourcissement de l'unité musculotendineuse augmenté (Figure 25) (O'Grady et Poupard, 2003).

Figure 25 : Les étapes du traitement d'un pied bot chez un cheval adulte présentant des talons hauts et un axe pince-pâturon brisé



1) Pied de conformation recherchée ; 2) Pied présentant des talons hauts et un axe pince-pâturon brisé ; 3) Parage des talons permettant le réalignement des phalanges ; 4) Mise en place d'une ferrure avec un soutien en talons.

D'après O'Grady S.E. et Poupard D.A. (2003)

Chez les chevaux présentant uniquement des talons hauts mais dont l'alignement entre les phalanges est conservé le traitement varie selon les auteurs. O'Grady (2012) préconise un parage progressif en talons associé à un parage en pince favorisant le roulement antérieur du pied tandis que le Professeur Denoix contre-indique le parage des talons car celui-ci pourrait provoquer une bouleture. Ainsi il préconise un fer ordinaire à plat associé à une plaque amortissante et à des éponges compensées si l'angle de la pince avec le sol est inférieur à 60° (Denoix, 2020).

Au Japon, des fers en aluminium à charnières ont été développés pour les pieds contractés, c'est-à-dire des pieds asymétriques avec un rapprochement des barres. Ces fers se fixent au pied avec de la résine et permettent un écartement progressif des talons.

Ainsi, sur les onze poulains de l'étude, huit ont montré une amélioration du grade de leur asymétrie après trois mois avec cette ferrure (Tanaka, 2015) (Figure 26).

Figure 26 : Fer en aluminium à charnières utilisé dans l'étude de Tanaka et effet de cette ferrure sur un cheval mâle de treize mois présentant un pied antérieur gauche contracté



a) Vue macroscopique frontale du pied antérieur gauche du cheval de l'étude avant l'application de la ferrure ; b) Radiographie correspondante (incidence dorso-palmaire) au pied antérieur gauche du cheval avant l'application de la ferrure ; c) Vue macroscopique frontale du pied antérieur gauche du cheval de l'étude trois mois après l'application de la ferrure. Les angles entre la paroi médiale et latérale du sabot avec la phalange distale sont diminués ; d) Radiographie correspondante.

D'après Tanaka K. Hiraga A. Takahashi T. et al. (2015)

(3) Traitement chirurgical du pied asymétrique

Le traitement chirurgical est mis en place lorsque la déformation est marquée et qu'elle entraîne une déformation majeure de la boîte cornée (Floyd, 2007). Il consiste en une desmotomie de la bride carpienne du tendon fléchisseur profond du doigt ou en une ténotomie du tendon fléchisseur profond du doigt en fonction de la mesure de l'angle formé entre la paroi du sabot et le sol (Tableau 4). La chirurgie consiste en l'identification de la structure (tendon fléchisseur profond ou bride carpienne), en son isolement puis en sa section complète (Caldwell, 2017).

Tableau 4 : Recommandations pour le traitement chirurgical du pied bot en fonction de la mesure de l'angle formé entre la paroi du sabot et le sol

Mesure de l'angle entre la paroi du sabot et le sol	Traitement chirurgical recommandé
Angle plus élevé que la normale* mais inférieur à 90° (Stade I)	Desmotomie du ligament accessoire du tendon fléchisseur profond du doigt
Angle compris entre 90 et 115° (Stade II)	Desmotomie du ligament accessoire du tendon fléchisseur profond du doigt ou ténotomie du tendon fléchisseur profond du doigt
Angle supérieur à 115° (Stade II sévère)	Ténotomie du tendon fléchisseur profond du doigt

* Supérieur à 53° pour un pied antérieur et supérieur à 55° pour un pied postérieur (Denoix, 2001) ou supérieur à 60° si on se réfère à la définition du pied bot de Jean-Marie Denoix (Denoix, 2001).

D'après Caldwell F.J., (2017)

Lorsque le pied bot est associé à une bouleture, la section de la bride carpienne peut être associée à une section de la bride radiale du tendon fléchisseur superficiel du doigt (Denoix et al., 1990).

Cette chirurgie est systématiquement associée à une ferrure kinésithérapique. En premier lieu, les talons sont parés jusqu'à ce que l'angle formé par la surface palmaire de la phalange distale avec le sol soit nul. Des mesures radiographiques préalables permettent de déterminer la hauteur de talons à retirer. La pince est ensuite parée, après avoir localisé l'apex de la phalange distale à la radiographie. Une résine à base d'uréthane est mise alors en place au niveau de la sole et de la paroi dorsale du sabot en pince. L'épaisseur de la résine est calculée afin que l'angle de la surface palmaire de la phalange distale avec le sol diminue de 5°. A ce stade, la majorité des chevaux sont incapables de poser les talons au sol du fait de la tension excessive du tendon fléchisseur profond du doigt, d'où la nécessité d'avoir recours à la chirurgie (Stone, 2009) (Figure 27).

Figure 27 : Radiographie de pied (incidence latéro-médiale) chez un cheval après traitement chirurgical de son pied bot



D'après Stone W.C., (2009)

La prise en charge post-opératoire consiste en un repos au box avec marche en main pendant 15-30 minutes deux fois par jour pendant trois semaines puis un exercice restreint dans un petit paddock les trois semaines suivantes. Après six semaines post-chirurgie, la résine est retirée et le cheval peut reprendre une activité physique contrôlée. Les chevaux qui ne sont pas en âge d'être montés ont des parages réguliers des sabots au maximum toutes les quatre semaines afin de vérifier que la paroi du sabot pousse avec une bonne orientation et cela pendant quatre mois. Chez les chevaux en âge d'être montés, une ferrure kinésithérapique avec un fer partiel recouvrant uniquement la pince (et les mamelles) associée à une plaque recouvrant la fourchette pour fournir un soutien et faciliter l'expansion des talons est mise en place. Cette ferrure doit être changée toutes les quatre semaines et ce rythme doit être maintenu pendant quatorze mois (Stone, 2009) (Figure 28).

Figure 28 : Photographie d'une ferrure kinésithérapique avec un fer partiel recouvrant uniquement la pince



D'après Stone W.C., (2009)

En ce qui concerne le pronostic à la suite du traitement chirurgical, dans une étude, Wagner et al. (1985) ont étudié 40 chevaux présentant une déformation en flexion de l'articulation interphalangienne distale chez lesquels un traitement chirurgical a été réalisé. Ainsi, ils ont suivi les chevaux dans le temps et ont étudié leur retour à l'exercice, leur locomotion ainsi que l'aspect esthétique du membre. Chez 26 chevaux, une desmotomie du tendon fléchisseur profond du doigt avait été réalisée avant l'âge d'un an et chez 14 chevaux, elle avait été réalisée chez des chevaux de plus d'un an d'âge. Sur ces 40 chevaux, 35 n'étaient plus boiteux après la chirurgie (neuf mois à quatre ans après la chirurgie) et 33 étaient utilisés pour l'activité souhaitée par le propriétaire avant le développement du pied bot. De même, une étude a été réalisée par Walmsley et al. en 2011 sur des poulains présentant un pied bot de classe une selon la classification de Caldwell (2017) (c'est-à-dire que la paroi du sabot fait un angle $\leq 90^\circ$ avec le sol), traités par desmotomie de la bride carpienne. Sur les 46 poulains de l'étude, 48 % sont sortis en course après le traitement contre 77 % parmi les cas témoins, correspondant à des poulains issus des mêmes juments. Ainsi, le pronostic sportif des chevaux présentant un pied asymétrique semble être réservé.

Deuxième partie : Étude rétrospective des chevaux présentant un pied asymétrique examinés au CIRALE

1. Introduction

La conformation des pieds du cheval est un élément majeur de sa locomotion. Dans cette étude, nous allons nous intéresser aux pieds asymétriques unilatéraux diagnostiqués sur des chevaux présentés au CIRALE de l'EnvA.

L'objectif de cette étude est d'améliorer les connaissances relatives à cette anomalie morphologique qu'est le pied asymétrique en décrivant la population des chevaux atteints dans un échantillon de chevaux référés dans un centre spécialisé en pathologie locomotrice, leur présentation clinique, les lésions présentées par ces chevaux en rapport avec cette anomalie ou en conséquence, et de décrire leur devenir sportif. En effet, la présence d'un pied asymétrique peut constituer un frein à l'acquisition d'un cheval, car l'asymétrie morphologique rend généralement les allures asymétriques ce qui peut poser des problèmes dans la commercialisation des chevaux, ou lors de contrôles vétérinaires ou de notation par un jury en compétition. La surcharge chronique du membre opposé pourrait également prédisposer à l'apparition de lésions de fatigue secondaire.

Dans l'étude, nous faisons les hypothèses suivantes, basées sur l'expérience des cliniciens du CIRALE, spécialisés en pathologie locomotrice :

- Qu'il n'y a pas de prédisposition de race, âge, sexe, discipline, niveau d'activité chez les chevaux présentant un pied asymétrique ;
- Que le motif de consultation des chevaux de l'échantillon de cas référés en clinique spécialisée, était plus souvent pour investiguer une boiterie du membre correspondant qu'un autre problème ;
- Que les chevaux présentant un pied asymétrique ont plutôt une boiterie discrète ou un soulagement du membre atteint (grade inférieur ou égal à 1/5), avec un défaut de protraction du membre atteint, et plus visible à main opposée ;
- Que la région à l'origine de la boiterie sur le pied asymétrique n'est pas le plus souvent le pied, contrairement aux données rapportées dans la littérature ;
- Que le pronostic sportif pour les chevaux présentant un pied asymétrique est plutôt favorable pour une carrière sportive, mais qu'il dépend de l'affection à l'origine de la boiterie.

2. Matériels et méthodes

A. Sélection des cas

Le système d'archives informatisé du CIRALE a permis de rechercher par mots clés les comptes-rendus des chevaux présentés au CIRALE entre février 2010 et août 2022 chez qui au moins un pied asymétrique avait été diagnostiqué au cours de leur consultation.

Sur ces comptes-rendus, en première page est indiqué le motif de consultation ainsi que le bilan lésionnel du cheval, c'est-à-dire la liste des lésions identifiées au cours de l'examen, pouvant contribuer aux troubles du cheval, classées par ordre d'importance corrélativement à la clinique du cheval. Ainsi les chevaux de l'étude ont été classés en quatre groupes :

- *Groupe 1* : Cheval présenté au CIRALE pour une boiterie du membre concerné par le pied asymétrique ;
- *Groupe 2* : Cheval présenté au CIRALE pour une boiterie du membre opposé au membre concerné par le pied asymétrique ;
- *Groupe 3* : Cheval présenté au CIRALE pour un trouble à l'exploitation (irrégularité antérieure, tendance à se désunir, refus d'obstacles) ;
- *Groupe 4* : Cheval présenté au CIRALE pour un motif de consultation sans lien apparent avec un problème de pied asymétrique (bilan locomoteur pour conseils sur la carrière sportive, visite d'achat, bilan locomoteur général associé ou non à des examens d'imagerie comme de la scintigraphie, un examen d'IRM ou des clichés radiographiques, détermination de l'aptitude à se reproduire).

B. Recueil des données

Afin de recueillir de la manière la plus objective possible les différentes informations concernant les chevaux de l'étude, le compte-rendu d'examen locomoteur du CIRALE a été utilisé. En effet, celui-ci est standardisé et permet de recueillir les mêmes informations pour tous les individus de l'étude. Ainsi, ont pu être recueillis :

- L'âge au moment de la consultation au CIRALE ;
- La race ;
- Le sexe ;

- La discipline ;
- Le motif de consultation, permettant de classer les chevaux de l'étude en quatre groupes (cf. classification ci-dessus) ;
- Le côté du membre présentant le pied asymétrique ;
- Le côté du membre boiteux et si celui-ci correspond au membre présentant un pied asymétrique ;
- Le grade de la boiterie (de 0 à 5) ;
- La description du type de boiterie :
 - S'il s'agit plutôt d'une boiterie avec une réduction de phase antérieure de la foulée ou une boiterie avec une réduction de la phase postérieure de la foulée ;
 - Si la boiterie est aggravée à main correspondante ou à main opposée ou si elle est similaire ;
- La confirmation ou non par des anesthésies diagnostiques de la cause de la boiterie ;
- La région majoritairement atteinte ;
- Les lésions diagnostiquées ;
- Le diagnostic final.

Par ailleurs, afin d'évaluer le pronostic sportif des chevaux, des informations ont été recueillies sur différents sites internet : IFCE (Institut Français du Cheval et de l'Équitation, 2022), FFE (Fédération Française d'Équitation, 2022), LeTROT (SETF, 2022) afin d'évaluer le retour aux performances après le diagnostic de ce pied asymétrique.

C. Traitement des données

En ce qui concerne les analyses statistiques, pour la description de notre population, les variables quantitatives ont été décrites à l'aide de médianes associées à leur paramètre de dispersion (écart-type, 25^{ème}-75^{ème} percentiles). Les variables qualitatives ont été décrites en effectifs et en pourcentages associés à leur intervalle de confiance (IC) à 95 %.

Les chevaux ont ensuite été répartis en deux groupes en fonction de leur pronostic sportif :

- *Groupe 1* : Pronostic sportif favorable à plutôt favorable ; Ainsi, dans ce groupe étaient inclus les chevaux retournant en compétition après la consultation, à un niveau similaire, supérieur ou inférieur à la consultation ;
- *Groupe 2* : Pronostic sportif défavorable (réforme) ou inconnu ; Dans ce groupe étaient inclus les chevaux réformés à l'issue de la consultation ainsi que les chevaux dont le pronostic sportif n'a pu être évalué à l'aide des sites internet cités précédemment.

Les caractéristiques de la boiterie, des lésions associées et de la population ont été comparées entre les deux groupes en analyse univariée avec des tests exacts de Fischer. Le seuil de p-value < 0,05 a été retenu pour la significativité.

3. Résultats

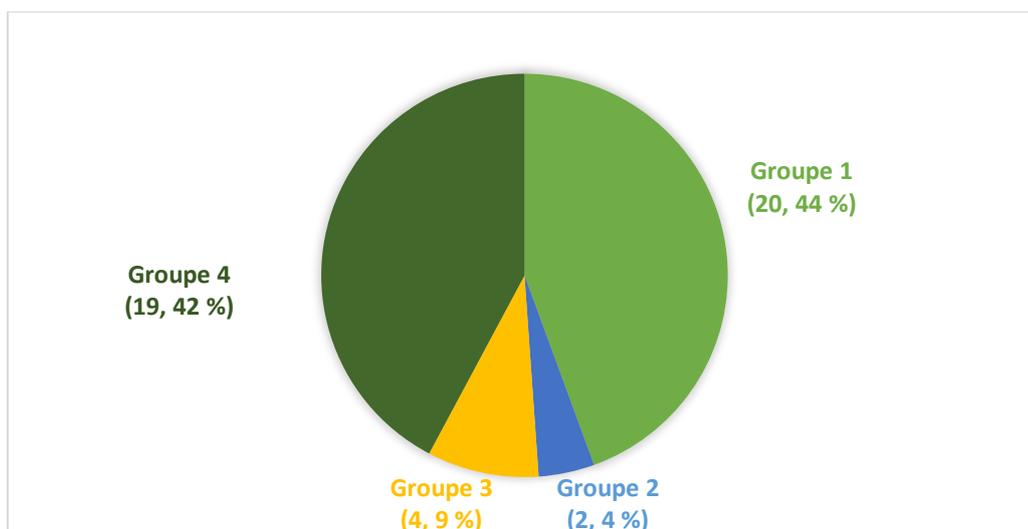
A. Statistiques descriptives

a. Motif de consultation

Les chevaux recueillis pour notre étude à l'aide de la recherche par mots clés dans la base de données informatisée du CIRALE étaient au nombre de 48. A ce stade de l'étude, trois chevaux ont été exclus car ils présentaient des pieds asymétriques bilatéraux.

Les chevaux de l'étude ont été classés en quatre groupes en fonction du motif de consultation, décrits précédemment dans la partie *Matériels et méthodes*. Ce regroupement nous a permis de rassembler 45 chevaux dont la répartition en fonction des motifs de consultation est présentée dans la figure 29.

Figure 29 : Motifs de consultation au sein de l'échantillon (effectif, %)



Groupe 1 : Cheval présenté au CIRALE pour une boiterie du membre concerné par le pied asymétrique ; **Groupe 2** : Cheval présenté au CIRALE pour une boiterie du membre opposé au membre concerné par le pied asymétrique ; **Groupe 3** : Cheval présenté au CIRALE pour un trouble à l'exploitation (irrégularité antérieure, tendance à se désunir, refus d'obstacles) ; **Groupe 4** : Cheval présenté au CIRALE pour un motif de consultation sans lien apparent avec un problème de pied asymétrique (bilan locomoteur pour conseils sur la carrière sportive, visite d'achat, bilan locomoteur général associé ou non à des examens d'imagerie comme de la scintigraphie, un examen d'IRM ou des clichés radiographiques, détermination de l'aptitude à se reproduire).

b. Description de la population

La description des chevaux de l'étude selon leur âge, leur race, leur activité et leur sexe est décrit dans le tableau 5 suivant :

Tableau 5 : Description de la population d'étude

Critères de description	Valeurs
<u>Age</u> (année, médiane [IQ 25-75])	7 [5-10]
<u>Race</u> : effectif (%)	
• BWP	1 (2 %)
• Cheval de selle italien	1 (2 %)
• Demi-sang arabe	1 (2 %)

<ul style="list-style-type: none"> • KWPN • Oldenbourg • Poney • Quarter Horse • Selle-français • Selle-italien • Trotteur français • Zangershide 	<p>3 (7 %)</p> <p>2 (4 %)</p> <p>4 (9 %)</p> <p>1 (2 %)</p> <p>25 (56 %)</p> <p>2 (4 %)</p> <p>1 (2 %)</p> <p>4 (9 %)</p>
<p><u>Activité</u> : effectif (%)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Attelage à 4 • CCE • CSO • Dressage • Endurance • Loisir • Poulain • Reining • Trot 	<p>2 (4 %)</p> <p>2 (4 %)</p> <p>27 (60 %)</p> <p>4 (9 %)</p> <p>1 (2 %)</p> <p>6 (13 %)</p> <p>1 (2 %)</p> <p>1 (2 %)</p> <p>1 (2 %)</p>
<p><u>Sexe</u> : effectif (%)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hongres • Mâles entiers • Juments 	<p>15 (33 %)</p> <p>2 (4 %)</p> <p>26 (58 %)</p>

Les chevaux de l'étude étaient âgés de quatre mois à 19 ans. Il s'agissait de chevaux de différentes races, sexes et disciplines. Ainsi, la population de l'étude est majoritairement constituée de **chevaux âgés de cinq à dix ans**, avec une majorité de femelles (58 %) de la **race Selle-français** (56 %) et pratiquant le CSO (60 %).

c. Description du niveau initial de performances

Les chevaux de l'étude sont issus de **secteurs d'activité** variés et au sein de leur discipline, ceux-ci ont des **niveaux de performances variés** allant de l'activité de loisir à des épreuves de 160 cm en CSO par exemple (Tableau 6).

Tableau 6 : Niveau initial de performances des chevaux de l'étude

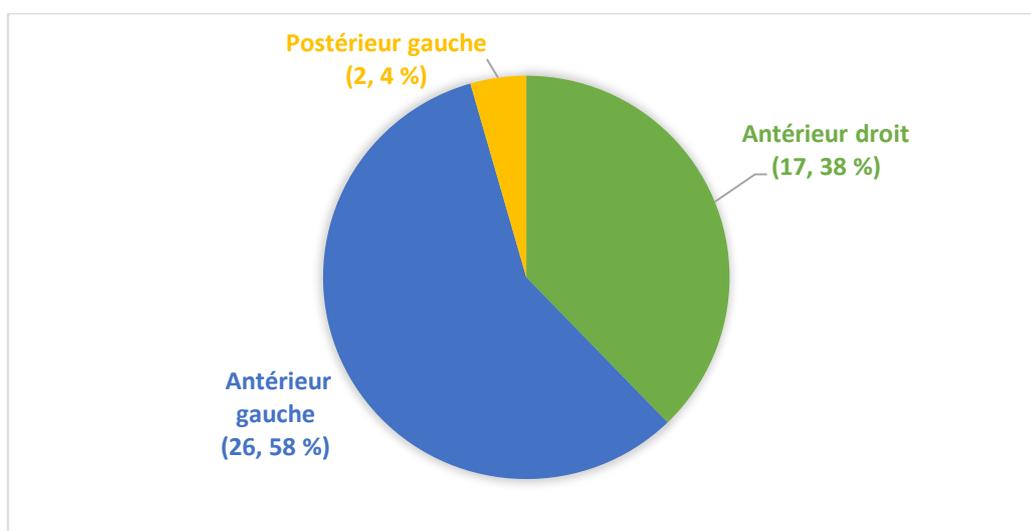
Niveau initial de performances : effectif (%)	Valeurs
<u>CSO :</u>	
• [100-110[cm	1 (2 %)
• [110-120[cm	8 (18 %)
• [120-130[cm	6 (13 %)
• [130-140[cm	1 (2 %)
• [140-150[cm	2 (4 %)
• [150-160]cm	4 (9 %)
• Jeunes chevaux	5 (11 %)
<u>Loisir :</u>	6 (13 %)
<u>Endurance :</u> 20-30km	1 (2 %)
<u>Trot :</u> 50 000€ de gains	1 (2 %)
<u>Attelage :</u> Niveau concours international	1 (2 %)
<u>CCE :</u> Jeune cheval	1 (2 %)
<u>Dressage :</u>	
• Pro 2 :	1 (2 %)
• Jeune cheval	1 (2 %)
<u>Niveau initial inconnu :</u>	6 (13 %)

d. Description du pied asymétrique et de la boiterie

i. Côté du membre présentant le pied asymétrique

La répartition du côté du membre avec un pied asymétrique est représentée dans la Figure 30. Ainsi, au sein de la population, 17 chevaux (38 %) (IC = [24 ; 57] %) présentaient un pied asymétrique sur l'antérieur droit, 26 chevaux (58 %) (IC = [43 ; 72] %) sur l'antérieur gauche et deux chevaux (4 %) présentaient un pied asymétrique sur le postérieur gauche. Ainsi, si ces pourcentages ne sont pas biaisés par du biais d'estimation, il y a 95 % de chance pour que la valeur réelle du pourcentage de chevaux présentant un pied asymétrique sur l'antérieur gauche dans l'ensemble des chevaux présentant cette anomalie soit comprise entre 43 % et 72 %. De même, si ces pourcentages ne sont pas biaisés par du biais d'estimation, il y a 95 % de chance pour que le pourcentage de chevaux présentant un pied asymétrique sur l'antérieur droit soit compris entre 24 % et 57 %.

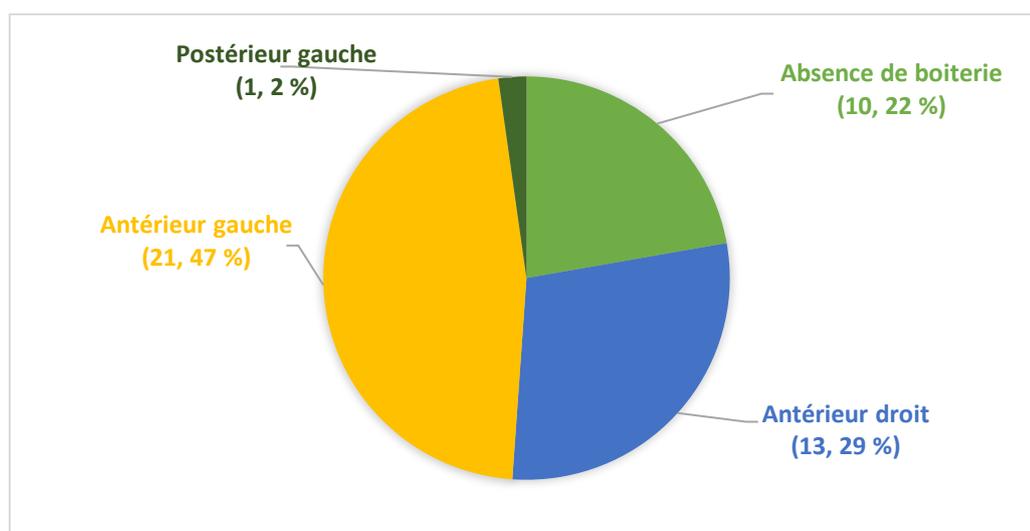
Figure 30 : Côté du membre présentant le pied asymétrique au sein de l'échantillon (effectif, %)



ii. Côté du membre boiteux

La répartition du côté du membre boiteux est représentée dans la Figure 31. Ainsi, au sein de la population, 21 chevaux (47 %) boitaient de l'antérieur gauche, 13 chevaux (29 %) boitaient de l'antérieur droit, un cheval (2 %) boitait du postérieur gauche et enfin dix chevaux (22 %) ne présentaient aucune boiterie au cours de leur examen au CIRALE.

Figure 31 : Côté du membre présentant le membre boiteux au sein de l'échantillon (effectif, %)



Le côté du membre présentant le pied asymétrique a été comparé au côté du membre boiteux. Ainsi, dix chevaux (22 %) (IC = [10 ; 34] %) ne présentaient pas de boiterie malgré la présence d'un pied asymétrique, 33 chevaux (73 %) (IC = [60 ; 86] %) présentaient une boiterie sur le même membre que celui présentant un pied asymétrique et seulement deux chevaux (4 %) (IC = [1 ; 15] %) présentaient une boiterie sur le membre controlatéral à celui présentant un pied asymétrique. Ainsi, si ces pourcentages ne sont pas biaisés par du biais d'estimation, il y a 95 % de chance pour que :

- La valeur réelle du pourcentage de chevaux boiteux du membre présentant le pied asymétrique dans l'ensemble des chevaux présentant cette anomalie soit comprise entre 60 % et 86 % ;
- La valeur réelle du pourcentage de chevaux non boiteux dans l'ensemble des chevaux présentant cette anomalie soit comprise entre 10 % et 34 % ;
- La valeur réelle du pourcentage de chevaux boiteux du membre controlatéral à celui présentant un pied asymétrique dans l'ensemble des chevaux présentant cette anomalie soit comprise entre 1 % et 15 %.

iii. Description de la boiterie

(1) Grade de la boiterie

Pour rappels, l'American Association of Equine Practitioners décrit les boiteries en fonction de leur intensité et a ainsi défini six grades (Denoix, 1992) (Tableau 7) :

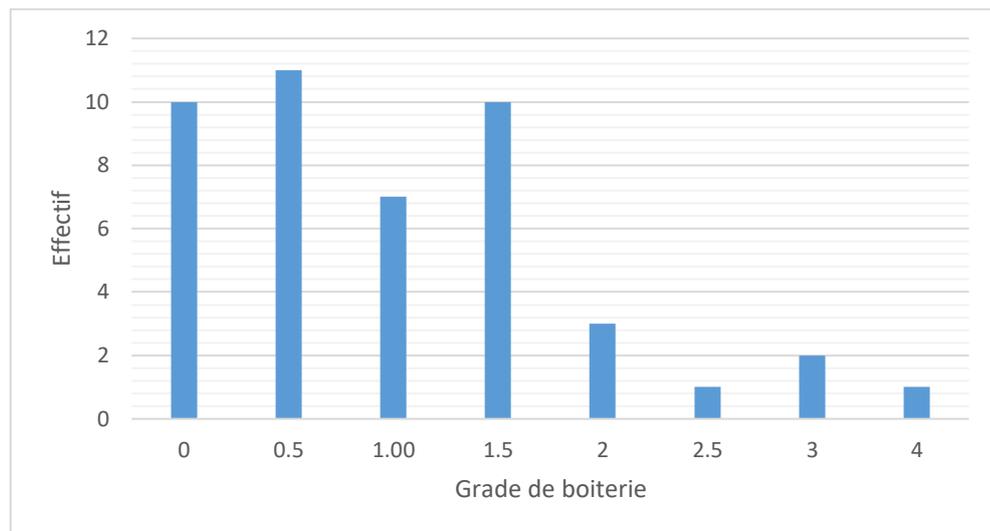
Tableau 7 : Classification des degrés de boiterie selon l'American Association of Equine Practitioners

Grade	Description
0	Absence de boiterie
1	Cheval « normal » : boiterie difficile à observer quelles que soient les circonstances de l'examen
2	Boiterie légère : difficile à observer au pas ou au trot en ligne droite ; apparente dans certaines circonstances
3	Boiterie modérée : boiterie visible au trot dans toutes les circonstances de l'examen
4	Boiterie sévère, évidente avec importantes oscillations du balancier cervico-céphalique, de la croupe, ou raccourcissement de la foulée
5	Suppression d'appui : appui minimal en mouvement et/ou au repos ; inapte à se déplacer

D'après Denoix J.M., (1992)

La répartition des grades de boiterie de 0 à 5 parmi les chevaux de l'étude a été étudié et est présenté dans la Figure 32.

Figure 32 : Histogramme représentant la répartition des grades de boiterie au sein de l'échantillon



Ainsi, la **médiane du grade de boiterie** est de **1/5** [0,5-1,5] (IQ [25-75]).

Pour la suite de l'analyse, on a regroupé les chevaux de l'étude en deux classes :

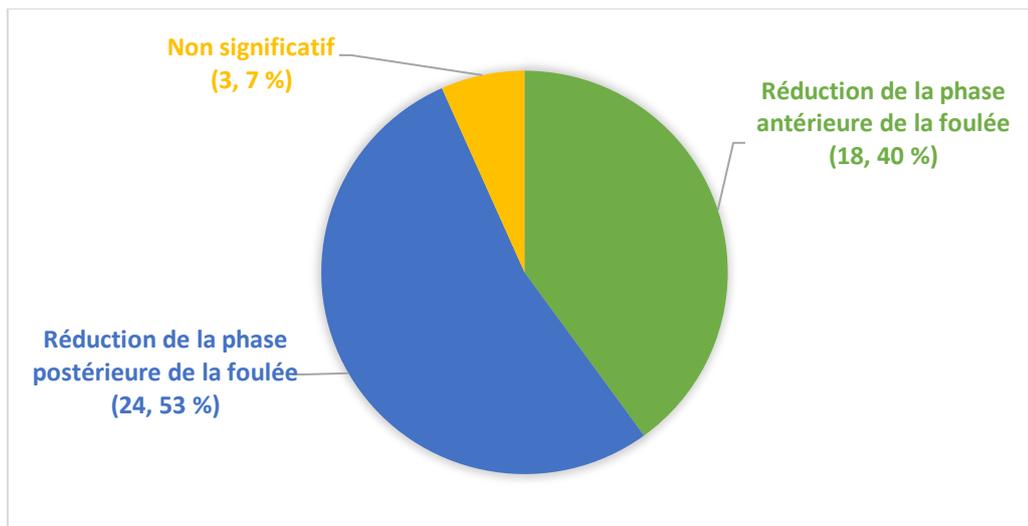
- *Classe 1* : Chevaux présentant une boiterie de grade inférieur ou égal à 1 sur 5 ;
- *Classe 2* : Chevaux présentant une boiterie de grade strictement supérieur à 1 sur 5.

Il y a donc 28 chevaux (62 %) présentant une boiterie de grade inférieur ou égal à 1 sur 5 et 17 chevaux (38 %) présentant une boiterie de grade strictement supérieur à 1 sur 5.

(2) Étude des phases de la foulée

On étudie également les différentes phases de la foulée chez ces chevaux présentant un pied asymétrique et notamment s'il existe une réduction de phase antérieure ou de phase postérieure de la foulée. Dans notre échantillon, 18 chevaux (40 %) présentent une réduction de la phase antérieure de la foulée, 24 chevaux (53 %) présentent une réduction de la phase postérieure de la foulée et trois chevaux (7 %) ne présentent pas de réduction significative d'une phase de la foulée lors de leur locomotion (Figure 33).

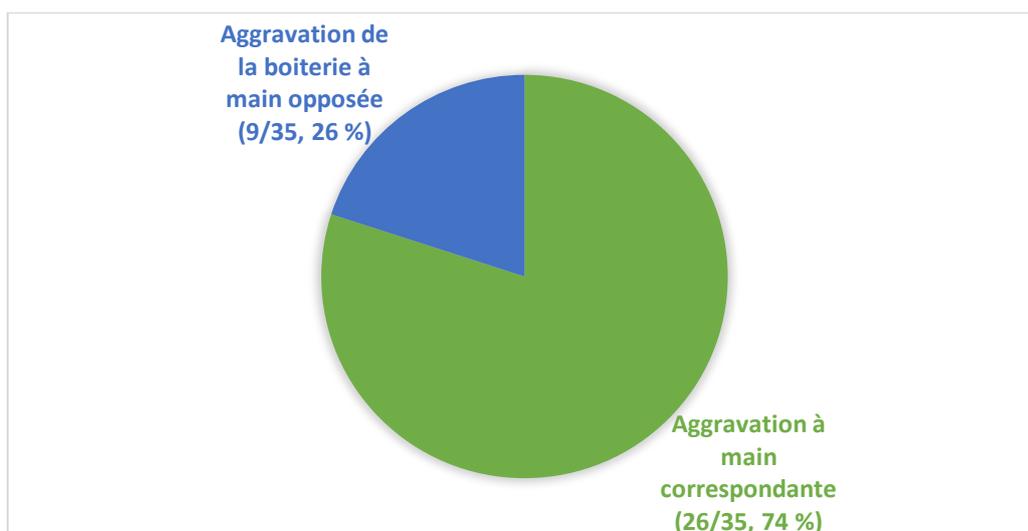
Figure 33 : Réduction de phase de la foulée au sein de l'échantillon (effectif, %)



(3) Comparaison de l'intensité de la boiterie en fonction de la main (main correspondante ou main opposée)

Enfin, on étudie l'aggravation de la boiterie à main correspondante (c'est-à-dire du côté du membre boiteux) ou à main opposée. Ainsi, parmi les 35 chevaux avec une boiterie de grade supérieur à 0/5, 26 (74 %) présentaient une boiterie aggravée à main correspondante et neuf chevaux (26 %) présentaient une boiterie aggravée à main opposée (Figure 34).

Figure 34 : Aggravation de la boiterie à main correspondante/opposée chez les chevaux boiteux (grade supérieur à 0/5) de l'échantillon (effectif/35, %)



e. Identification des causes de la boiterie et des lésions associées

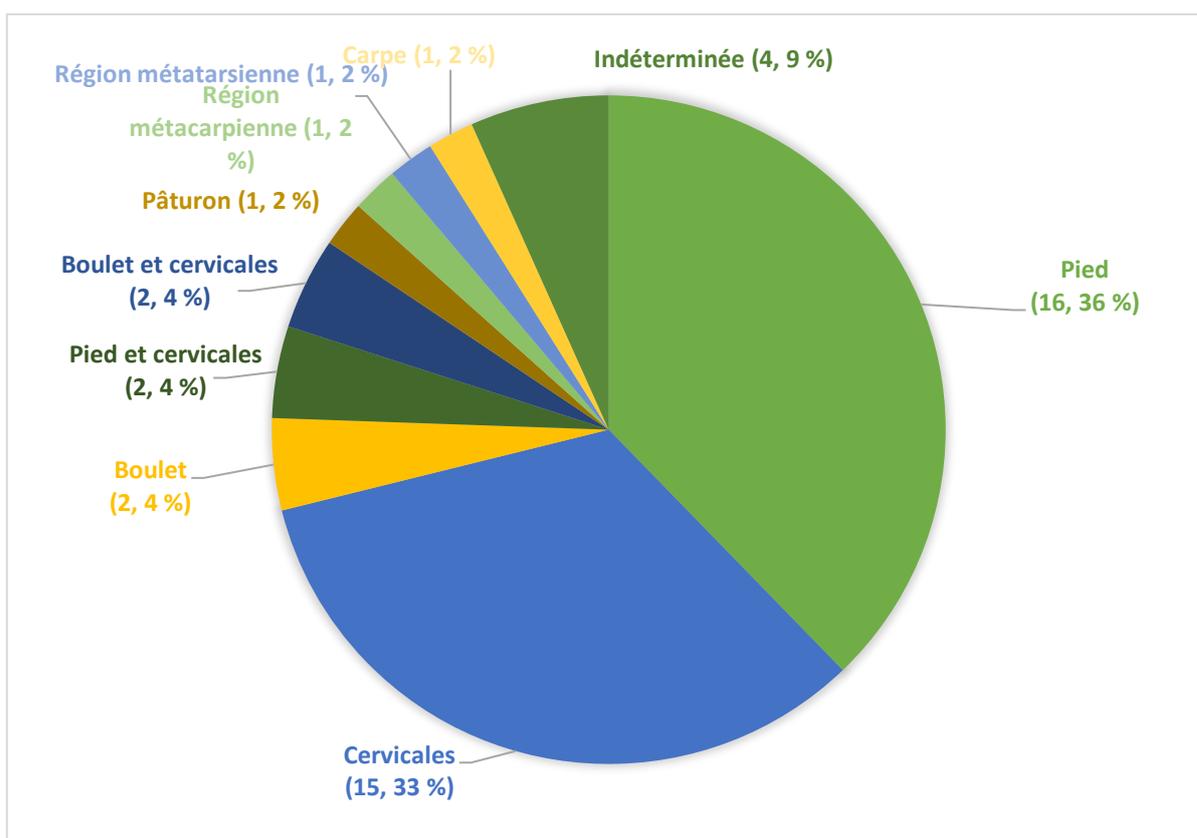
i. Localisation du site douloureux identifiée avec certitude

Dans cette partie, est étudiée si le site douloureux à l'origine de la boiterie a été localisée avec certitude ou non au moyen d'anesthésies diagnostiques. Dans seulement 13 % des cas (6/45 chevaux), le site douloureux a été localisé avec certitude avec ces anesthésies diagnostiques. Et dans 87 % des cas (39/45 chevaux), le siège de la douleur n'a pas été identifié avec certitude au moyen d'anesthésies diagnostiques, c'est-à-dire qu'aucune anesthésie diagnostique ne permettant de réduire le grade de boiterie ou bien d'annuler celle-ci n'a été réalisée ou a révélé des résultats positifs. En effet, pour des boiteries discrètes, les anesthésies diagnostiques ne sont pas toujours envisageables (Denoix, 1995). Dans ce cas, un dépistage complet par imagerie était réalisé de manière systématique sur les chevaux de l'étude, permettant ainsi de dresser la liste des lésions. La lésion considérée la plus significative cliniquement relativement à l'examen locomoteur du cheval était alors classée en premier dans le bilan lésionnel et supposée la cause de la douleur à l'origine de la gêne ou de la boiterie chez le cheval.

ii. Identification de la région majoritairement atteinte

Par l'étude du compte-rendu d'examen locomoteur du CIRALE, il a été possible d'identifier la région majoritairement atteinte chez les différents chevaux de l'étude. En effet, le compte-rendu fait un bilan des lésions présentes sur le cheval en les classant par ordre de priorité. Ainsi, la région sélectionnée comme région « majoritairement atteinte » était, ici, celle classée en numéro un dans la liste des lésions du compte-rendu (pour quatre chevaux, deux régions étaient classées au même niveau, elles ont été prises en compte toutes les deux). Les régions majoritairement atteintes sur les chevaux de l'étude sont présentées dans la figure 35 :

Figure 35 : Région majoritairement atteinte d'après le compte-rendu lésionnel sur les chevaux de l'échantillon (effectif, %)



iii. Identification du type de lésion

Après avoir étudié les régions majoritairement atteintes chez les chevaux de l'étude présentant un pied asymétrique, nous nous sommes intéressés aux types de lésions présentées (Tableau 8) :

Tableau 8 : Types de lésions présentées par les chevaux de l'échantillon en fonction de la région atteinte

Régions atteintes	Types de lésions	Effectif, (pourcentages)
Pied	- Syndrome podotrochléaire	6/16, (38 %)
	- Syndrome podotrochléaire et arthropathie	1/16, (6 %)
	- Arthropathie	1/16, (6 %)
	- Fourbure chronique	1/16, (6 %)

	<ul style="list-style-type: none"> - Podophyllite - Synovite - Clou de rue - Ossification des cartilages unguulaires 	<p>3/16, (19 %)</p> <p>1/16, (6 %)</p> <p>1/16, (6 %)</p> <p>2/16, (13 %)</p>
Cervicales	<ul style="list-style-type: none"> - Arthropathie - Arthropathie et malalignement - Synovite - Neuropathie périphérique suspectée 	<p>11/15, (73 %)</p> <p>2/15, (13 %)</p> <p>1/15 (7 %)</p> <p>1/15 (7 %)</p>
Boulet	<ul style="list-style-type: none"> - Arthropathie - Kyste osseux sous-chondral 	<p>2/3, (67 %)</p> <p>1/3, (33 %)</p>
Pied et cervicales	<ul style="list-style-type: none"> - Arthropathies - Syndrome podotrochléaire et arthropathie cervicale 	<p>1/2, (50 %)</p> <p>1/2, (50 %)</p>
Boulet et cervicales	<ul style="list-style-type: none"> - Tendinopathie du fléchisseur superficiel du doigt et arthropathie cervicale 	<p>1/1, (100 %)</p>
Pâturon	<ul style="list-style-type: none"> - Kyste osseux sous-chondral 	<p>1/1, (100 %)</p>
Région métacarpienne	<ul style="list-style-type: none"> - Enthésopathie proximale du ligament suspenseur du boulet 	<p>1/1, (100 %)</p>
Région métatarsienne	<ul style="list-style-type: none"> - Desmopathie de la bride tarsienne 	<p>1/1, (100 %)</p>
Carpe	<ul style="list-style-type: none"> - Arthropathie 	<p>1/1, (100 %)</p>

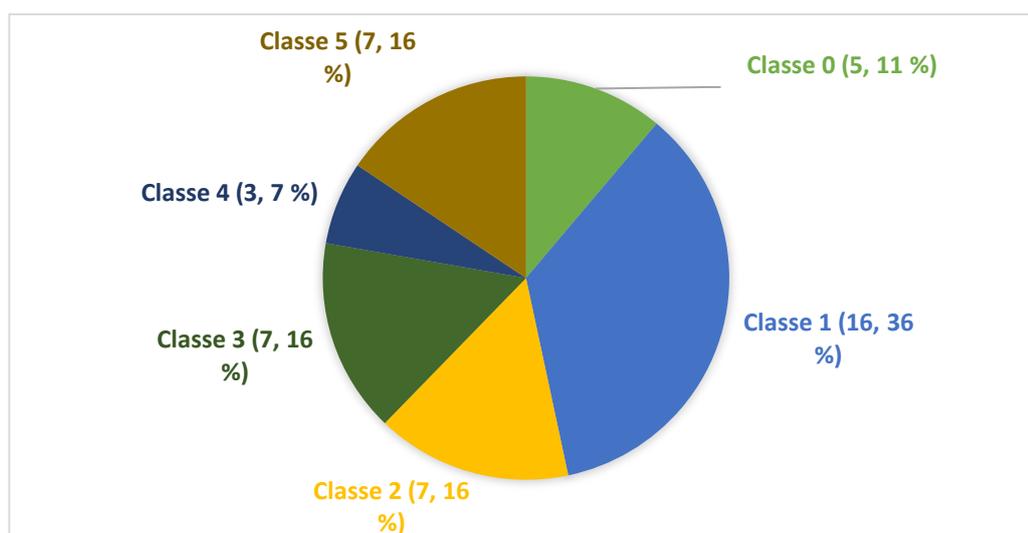
Du fait de la pluralité des lésions présentées par les chevaux de l'étude, nous avons choisi de définir des classes afin de dresser des tableaux lésionnels « types » pour les chevaux de l'étude. Ainsi, nous avons défini six classes (Figure 36) :

- *Classe 0* : Chevaux dont le diagnostic lésionnel reste inconnu (5/45 chevaux).
- *Classe 1* : Chevaux présentant une neuropathie cervicale (16/45 chevaux), incluant les arthropathies cervicales, les malalignements des vertèbres cervicales, les synovites cervicales et les neuropathies périphériques suspectées. *Pour simplifier les analyses*

statistiques, le cheval de l'étude présentant à la fois de l'arthropathie cervicale et un syndrome podotrochléaire a été trié dans cette classe, l'arthropathie cervicale semblant être prédominante sur le syndrome podotrochléaire d'après l'analyse du compte-rendu du CIRALE.

- *Classe 2 : Chevaux présentant un syndrome podotrochléaire (7/45 chevaux). Pour simplifier les analyses statistiques, le cheval de l'étude présentant à la fois de l'arthropathie du pied et un syndrome podotrochléaire a été trié dans cette classe, le syndrome podotrochléaire semblant être prédominant sur l'arthropathie d'après l'analyse du compte-rendu du CIRALE.*
- *Classe 3 : Chevaux présentant une douleur podale (7/45 chevaux), incluant les podophyllites, fourbures chroniques, clous de rue et les ossifications des cartilages unguulaires.*
- *Classe 4 : Chevaux présentant une tendinopathie en région métacarpienne ou métatarsienne (3/45 chevaux), incluant les enthésopathies proximales du ligament suspenseur du boulet et les lésions de la bride tarsienne. Pour simplifier les analyses statistiques, le cheval de l'étude présentant à la fois de l'arthropathie cervicale et une lésion du tendon fléchisseur superficiel du doigt a été trié dans cette classe, la lésion du tendon fléchisseur superficiel du doigt semblant être prédominante sur l'arthropathie cervicale d'après l'analyse du compte-rendu du CIRALE.*
- *Classe 5 : Chevaux présentant une arthropathie dégénérative ou une douleur osseuse articulaire basse (7/45 chevaux), incluant les arthropathies de pied, de boulet et de carpe ainsi que les kystes osseux sous-chondraux. Pour simplifier les analyses statistiques, le cheval de l'étude présentant à la fois de l'arthropathie cervicale et une arthropathie de pied a été trié dans cette classe, l'arthropathie de pied semblant être prédominante sur l'arthropathie cervicale d'après l'analyse du compte-rendu du CIRALE.*

Figure 36 : Répartition en classe de « types lésionnels » présentés par les chevaux de l'échantillon (effectif, %)



Ainsi, si les pourcentages ne sont pas biaisés par du biais d'estimation, il y a 95 % de chance pour que, dans l'ensemble des chevaux présentant un pied asymétrique, la valeur réelle du pourcentage de chevaux présentant :

- Une neuropathie cervicale soit comprise entre 22 % et 50 % ;
- Un syndrome podotrochléaire soit comprise entre 5 % et 26 % ;
- Une douleur podale soit comprise entre 5 % et 26 % ;
- Une tendinopathie ou une desmopathie en région métacarpienne ou métatarsienne soit comprise entre 1 % et 18 % ;
- Une arthropathie dégénérative ou une douleur osseuse articulaire basse soit comprise entre 5 % et 26 %.

f. Analyse du niveau de performances des chevaux de l'étude

Enfin, au sein de la population étudiée, nous nous sommes intéressés aux performances des chevaux de l'étude. Nous avons recherché leurs performances antérieures au diagnostic de pied asymétrique (Tableau 4) et nous avons étudié leurs performances après ce diagnostic (dans un délai d'un an). Ainsi, nous avons classé les chevaux de l'étude en deux catégories (Tableau 9). Pour rappel, les deux catégories sont les suivantes :

- *Catégorie 1* : Chevaux de l'étude retournant en compétition après le diagnostic de pied asymétrique (niveau inférieur, égal ou supérieur au niveau antérieur), c'est-à-dire les chevaux de l'étude dont le pronostic sportif est favorable à plutôt favorable ;
- *Catégorie 2* : Chevaux de l'étude dont le niveau de performances après le diagnostic de pied asymétrique est inconnu ou nul (cheval réformé), c'est-à-dire les chevaux réformés ou de pronostic sportif inconnu.

Tableau 9 : Niveau de performance des chevaux de l'étude en comparaison avec leur niveau initial, après le diagnostic de pied asymétrique (effectif, %)

Catégorie	Effectif, (pourcentage)
Catégorie 1 : Retour en compétition	29/45, (64 %)
- Retour à un niveau inférieur	- 5/29, (17 %)
- Retour à un niveau égal ou supérieur	- 24/29, (83 %)
Catégorie 2 : Réforme ou niveau de performances inconnu	16/45, (36 %)
- Réforme	- 8/16, (50 %)
- Inconnu	- 8/16, (50 %)

B. Statistiques analytiques

Dans la suite de l'analyse statistique, nous avons comparé le pronostic sportif des chevaux de l'étude : de favorable à plutôt favorable, c'est-à-dire la catégorie une (Tableau 9) *versus* défavorable (réforme) ou inconnue, c'est-à-dire la catégorie deux, en fonction de différents critères énumérés ci-dessous grâce à des tests exacts de Fischer.

a. Comparaison du pronostic sportif en fonction de la localisation de la boiterie

Dans cette partie, on a regroupé les chevaux de l'étude en fonction du côté du membre boiteux. Ainsi, on a comparé deux groupes : les chevaux qui boitent du côté du membre présentant le pied asymétrique d'une part, et les chevaux non boiteux ou boitant du membre controlatéral d'autre part. Le test exact de Fisher est utilisé pour comparer le pourcentage de chevaux boiteux du membre présentant le pied asymétrique ayant un pronostic favorable à plutôt favorable au pourcentage de chevaux non boiteux ou boitant du membre controlatéral ayant un pronostic favorable à plutôt favorable.

Parmi les chevaux de l'échantillon ayant un pronostic favorable à plutôt favorable, le pourcentage de chevaux boiteux du membre présentant le pied asymétrique (76 %) était **non significativement différent** du pourcentage de chevaux non boiteux ou boitant du membre controlatéral (24 %) ($p = 0,73$). Sur les 33 chevaux boiteux du membre présentant le pied asymétrique, 22 chevaux (67 %) avaient un pronostic favorable à plutôt favorable et onze chevaux (33 %) avaient un pronostic inconnu ou défavorable (Tableau 10).

Dans notre échantillon de 45 chevaux, le pronostic sportif n'était pas significativement différent si le cheval était boiteux du membre présentant le pied asymétrique ou s'il était non boiteux ou boitant du membre controlatéral.

Tableau 10 : Comparaison du pronostic sportif en fonction de la localisation de la boiterie

		Réforme ou pronostic inconnu	Pronostic favorable à plutôt favorable	Total
Boiterie du membre présentant le pied asymétrique	<i>Effectif</i>	11	22	33
	<i>Pourcentage sur effectif total</i>	69 %	76 %	-
Non boiteux ou boiterie du membre controlatéral	<i>Effectif</i>	5	7	12
	<i>Pourcentage sur effectif total</i>	31 %	24 %	-
Total	<i>Effectif total</i>	16	29	45

b. Comparaison du pronostic sportif selon le grade de la boiterie

Dans cette partie, ont été regroupés les chevaux de l'étude selon leur grade de boiterie. Ainsi, on a comparé les chevaux présentant une boiterie de grade inférieur ou égal à un, aux chevaux présentant une boiterie de grade strictement supérieur à un. Le test exact de Fisher est utilisé pour comparer le pourcentage de chevaux présentant une boiterie de grade inférieur ou égal à un ayant un pronostic favorable à plutôt favorable au pourcentage de chevaux présentant une boiterie de grade strictement supérieur à un ayant un pronostic favorable à plutôt favorable.

Parmi les chevaux de l'échantillon ayant un pronostic favorable à plutôt favorable, le pourcentage de chevaux présentant une boiterie de grade inférieur ou égal à un (62 %) était **non significativement différent** du pourcentage de chevaux présentant une boiterie de grade strictement supérieur à un (38 %) ($p = 1,0$). Sur les 17 chevaux présentant une boiterie de grade strictement supérieur à un, six chevaux (36 %) avaient un pronostic inconnu ou défavorable et onze chevaux (65 %) avaient un pronostic sportif favorable à plutôt favorable (Tableau 11).

Dans notre échantillon, le pronostic sportif des chevaux présentant un pied asymétrique n'était pas significativement différent si le cheval présentait une boiterie de grade inférieur ou égal à un ou une boiterie de grade strictement supérieur à un.

Tableau 11 : Comparaison du pronostic sportif selon le grade de la boiterie

		Réforme ou pronostic inconnu	Pronostic favorable à plutôt favorable	Total
Boiterie de grade ≤ 1	<i>Effectif</i>	10	18	28
	<i>Pourcentage sur effectif total</i>	63 %	62 %	-
Boiterie de grade > 1	<i>Effectif</i>	6	11	17
	<i>Pourcentage sur effectif total</i>	38 %	38 %	-
Total	<i>Effectif total</i>	16	29	45

c. Comparaison du pronostic sportif selon le type lésionnel

Dans cette partie de l'analyse statistique, nous nous sommes intéressés au pronostic sportif des chevaux de l'échantillon selon le type lésionnel présenté.

i. Comparaison du pronostic sportif des chevaux présentant une neuropathie cervicale avec les chevaux de l'étude présentant un autre type lésionnel

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés à la neuropathie cervicale. Le test exact de Fisher est utilisé pour comparer le pourcentage de chevaux de l'échantillon

présentant une neuropathie cervicale ayant un pronostic sportif favorable à plutôt favorable au pourcentage de chevaux de l'échantillon présentant un autre type lésionnel ayant un pronostic sportif favorable à plutôt favorable.

Parmi les chevaux de l'échantillon ayant un pronostic favorable à plutôt favorable, le pourcentage de chevaux présentant une neuropathie cervicale (38 %) était **non significativement différent** du pourcentage de chevaux présentant un autre type lésionnel (62 %) ($p = 0,75$). Sur les 16 chevaux présentant une neuropathie cervicale, onze chevaux (69 %) avait un pronostic favorable à plutôt favorable contre cinq chevaux (31 %) qui étaient réformés ou de pronostic inconnu (Tableau 12).

Dans notre échantillon, le pronostic sportif des chevaux présentant un pied asymétrique n'était pas significativement différent si le cheval présentait une neuropathie cervicale ou un autre type lésionnel.

Tableau 12 : Comparaison du pronostic sportif des chevaux présentant une neuropathie cervicale avec les chevaux de l'étude présentant un autre type lésionnel

		Réforme ou pronostic inconnu	Pronostic favorable à plutôt favorable	Total
Neuropathie cervicale	<i>Effectif</i>	5	11	16
	<i>Pourcentage sur effectif total</i>	31 %	38 %	-
Autre type lésionnel	<i>Effectif</i>	11	18	29
	<i>Pourcentage sur effectif total</i>	69 %	62 %	-
Total	<i>Effectif total</i>	16	29	45

ii. Comparaison du pronostic sportif des chevaux présentant un syndrome podotrochléaire avec les autres chevaux de l'étude

Par la suite, nous nous sommes intéressés aux chevaux de l'échantillon présentant un syndrome podotrochléaire. Le test exact de Fisher est utilisé pour comparer le pourcentage de chevaux de l'échantillon présentant un syndrome podotrochléaire ayant un pronostic

favorable à plutôt favorable au pourcentage de chevaux de l'échantillon présentant un autre type lésionnel ayant un pronostic sportif favorable à plutôt favorable.

Parmi les chevaux de l'échantillon ayant un pronostic favorable à plutôt favorable, le pourcentage de chevaux présentant un syndrome podotrochléaire (24 %) **était significativement différent** du pourcentage de chevaux présentant un autre type lésionnel (76 %) ($p = 0,04$). L'ensemble des chevaux de l'échantillon présentant un syndrome podotrochléaire avait un pronostic sportif favorable à plutôt favorable (Tableau 13).

Il semble donc que le pronostic sportif des chevaux présentant un pied asymétrique soit meilleur pour les chevaux présentant également un syndrome podotrochléaire plutôt qu'un autre type lésionnel associé.

Tableau 13 : Comparaison du pronostic sportif des chevaux présentant un syndrome podotrochléaire avec les chevaux de l'étude présentant un autre type lésionnel

		Réforme ou pronostic inconnu	Pronostic favorable à plutôt favorable	Total
SPT	<i>Effectif</i>	0	7	7
	<i>Pourcentage sur effectif total</i>	0 %	24 % *	-
Autre type lésionnel	<i>Effectif</i>	16	22	38
	<i>Pourcentage sur effectif total</i>	100 %	76 % **	-
Total	<i>Effectif total</i>	16	29	45

* ; ** résultats significativement différents ($p = 0,04$)

iii. Comparaison du pronostic sportif des chevaux présentant une arthropathie dégénérative ou une douleur osseuse articulaire basse avec les autres chevaux de l'étude

Nous sommes intéressés aux chevaux de l'échantillon présentant une arthropathie dégénérative ou une douleur osseuse articulaire basse (AD ou DOAB). Le test exact de Fisher est utilisé pour comparer le pourcentage de chevaux de l'échantillon présentant une

AD ou DOAB ayant un pronostic favorable à plutôt favorable au pourcentage de chevaux de l'échantillon présentant un autre type lésionnel ayant un pronostic sportif favorable à plutôt favorable.

Parmi les chevaux de l'échantillon ayant un pronostic favorable à plutôt favorable, le pourcentage de chevaux présentant une arthropathie dégénérative ou une douleur osseuse articulaire basse (14 %) **n'était pas significativement différent** du pourcentage de chevaux présentant un autre type lésionnel (86 %) ($p = 0,69$). Sur les sept chevaux présentant une arthropathie dégénérative ou une douleur osseuse articulaire basse, quatre chevaux (57 %) avaient un pronostic favorable à plutôt favorable contre trois chevaux (43 %) qui étaient réformés ou de pronostic inconnu (Tableau 14).

Dans notre échantillon, le pronostic sportif des chevaux n'était pas significativement différent selon si le cheval présentait une arthropathie dégénérative ou une douleur osseuse articulaire basse ou un autre type lésionnel.

Tableau 14 : Comparaison du pronostic sportif des chevaux présentant une arthropathie dégénérative ou une douleur osseuse articulaire basse avec les chevaux de l'étude présentant un autre type lésionnel

		Réforme ou pronostic inconnu	Pronostic favorable à plutôt favorable	Total
AD ou DOAB	<i>Effectif</i>	3	4	7
	<i>Pourcentage sur effectif total</i>	19 %	14 %	-
Autre type lésionnel	<i>Effectif</i>	13	25	38
	<i>Pourcentage sur effectif total</i>	81 %	86 %	-
Total	<i>Effectif total</i>	16	29	45

iv. Comparaison du pronostic sportif des chevaux présentant une douleur podale avec les autres chevaux de l'étude

Nous nous sommes intéressés aux chevaux de l'échantillon présentant une douleur podale (fourbure, podophyllite, clou de rue, ossification des cartilages ungulaires). Le test exact de

Fisher est utilisé pour comparer le pourcentage de chevaux de l'échantillon présentant une douleur podale ayant un pronostic favorable à plutôt favorable au pourcentage de chevaux de l'échantillon présentant un autre type lésionnel ayant un pronostic sportif favorable à plutôt favorable.

Parmi les chevaux de l'échantillon ayant un pronostic favorable à plutôt favorable, le pourcentage de chevaux présentant une douleur podale (7 %) n'était **pas significativement différent** du pourcentage de chevaux présentant un autre type lésionnel (93 %) ($p = 0,08$). Sur les sept chevaux de l'étude présentant une douleur podale, cinq chevaux (71 %) avait un pronostic sportif défavorable ou inconnu et deux chevaux (29 %) avait un pronostic favorable à plutôt favorable (Tableau 15).

Dans notre échantillon de 45 chevaux, le pronostic sportif n'était pas significativement différent si le cheval présentait une douleur podale ou un autre type lésionnel.

Tableau 15 : Comparaison du pronostic sportif des chevaux présentant une douleur podale avec les chevaux de l'étude présentant un autre type lésionnel

		Réforme ou pronostic inconnu	Pronostic favorable à plutôt favorable	Total
AD ou DOAB	<i>Effectif</i>	5	2	7
	<i>Pourcentage sur effectif total</i>	31 %	7 %	-
Autre type lésionnel	<i>Effectif</i>	11	27	38
	<i>Pourcentage sur effectif total</i>	69 %	93 %	-
Total	<i>Effectif total</i>	16	29	45

v. Comparaison du pronostic sportif des chevaux présentant une tendinopathie ou une desmopathie en région métacarpienne / métatarsienne avec les autres chevaux de l'étude

Nous nous sommes intéressés aux chevaux de l'échantillon présentant une tendinopathie ou une desmopathie en région métacarpienne / métatarsienne. Le test exact de Fisher est utilisé pour comparer le pourcentage de chevaux de l'échantillon présentant une

tendinopathie ou une desmopathie en région métacarpienne / métatarsienne ayant un pronostic favorable à plutôt favorable au pourcentage de chevaux de l'échantillon présentant un autre type lésionnel ayant un pronostic sportif favorable à plutôt favorable.

Parmi les chevaux de l'échantillon ayant un pronostic favorable à plutôt favorable, le pourcentage de chevaux présent une tendinopathie ou une desmopathie en région métacarpienne / métatarsienne (4 %) n'était **pas significativement différent** du pourcentage de chevaux présentant un autre type lésionnel (97 %) ($p = 0,29$). Sur les trois chevaux de l'étude présentant une tendinopathie ou une desmopathie en région métacarpienne/métatarsienne, deux chevaux (67 %) avaient un pronostic sportif défavorable ou inconnu et un cheval (33 %) avait un pronostic favorable à plutôt favorable (Tableau 16).

Dans notre échantillon, le pronostic sportif des chevaux présentant un pied asymétrique n'était pas significativement différent si le cheval présentait une tendinopathie ou une desmopathie en région métacarpienne / métatarsienne ou s'il présentait un autre type lésionnel.

Tableau 16 : Comparaison du pronostic sportif des chevaux présentant une tendinopathie ou une desmopathie en région métacarpienne/métatarsienne avec les chevaux de l'étude présentant un autre type lésionnel

		Réforme ou pronostic inconnu	Pronostic favorable à plutôt favorable	Total
Tendinopathie ou desmopathie en région métacarpienne/ métatarsienne	<i>Effectif</i>	2	1	3
	<i>Pourcentage sur effectif total</i>	13 %	4 %	-
Autre type lésionnel	<i>Effectif</i>	14	28	42
	<i>Pourcentage sur effectif total</i>	88 %	97 %	-
Total	<i>Effectif total</i>	16	29	45

d. Comparaison du pronostic sportif selon l'âge

Nous avons également essayé de déterminer s'il existait une association entre le pronostic sportif et l'âge chez les chevaux présentant un pied asymétrique. Tout d'abord, il a été décidé de séparer les chevaux de l'échantillon en deux groupes : les chevaux âgés de strictement moins de quatre ans d'une part, et les chevaux âgés de quatre ans et plus d'autre part pour discriminer les jeunes chevaux des chevaux plus matures. Le test exact de Fisher est utilisé pour comparer le pourcentage de chevaux présentant un pronostic favorable à plutôt favorable dans ces deux groupes.

Parmi les chevaux de l'échantillon âgés de strictement moins de quatre ans, le pourcentage de chevaux présentant un pronostic favorable à plutôt favorable était de 25 %. Ce pourcentage **n'était pas significativement différent** du pourcentage de chevaux âgés de quatre ans et plus présentant un pronostic favorable à plutôt favorable (68 %) (**p = 0,12**) (Tableau 17).

Dans notre échantillon, le pronostic sportif des chevaux présentant un pied asymétrique n'était pas significativement différent si le cheval avait plus ou moins de quatre ans d'âge.

Tableau 17 : Comparaison du pronostic sportif selon l'âge (< 4 ans ou ≥ 4 ans)

		Réforme ou pronostic inconnu	Pronostic favorable à plutôt favorable	Total
Age < 4 ans	<i>Effectif</i>	3	1	4
	<i>Pourcentage sur effectif total des chevaux < 4 ans</i>	75 %	25 %	-
Age ≥ 4 ans	<i>Effectif</i>	13	28	41
	<i>Pourcentage sur effectif total des chevaux ≥ 4 ans</i>	32 %	68 %	-
Total	<i>Effectif total</i>	16	29	45

4. Discussion

A. Intérêt de l'étude et bilan des principaux résultats

Dans cette étude, nous nous sommes intéressés aux cas de pieds asymétriques unilatéraux et d'origine acquise. Le pied asymétrique d'origine acquise chez le cheval est une anomalie encore peu décrite. Dans les précédentes publications, l'origine acquise rapportée du pied asymétrique est bien souvent une boiterie chronique sans mise en charge du membre atteint avec essentiellement une atteinte podale (O Grady, 2012 ; Caldwell, 2017). Cependant, dans l'expérience des cliniciens du CIRALE et notamment comme le rapporte le professeur Jean-Marie Denoix (Denoix, 2001), le pied asymétrique pourrait se développer et serait le témoin d'un soulagement chronique du membre quelle que soit la localisation de la lésion initiale. L'objectif de l'étude était donc de vérifier cette impression clinique par une étude rétrospective, de préciser les caractéristiques de la population, de l'examen locomoteur et les résultats des investigations lésionnelles par imagerie menées sur des chevaux présentant un pied asymétrique et présentés en consultation au CIRALE. Par ailleurs, l'objectif de l'étude était de déterminer s'il existe des facteurs pronostiques positifs ou négatifs de cette anomalie en ce qui concerne le retour aux performances initiales dans l'objectif d'aiguiller les propriétaires et vétérinaires praticiens sur le pronostic de leur cheval ou d'une future acquisition.

Ainsi, les résultats de l'étude rétrospective mettent en évidence que :

- La population de l'étude est majoritairement constituée de **chevaux âgés de cinq à dix ans**, avec une majorité de femelles (58 %) de la **race Selle-français** (56 %) et pratiquant le CSO (60 %). Or notre première hypothèse d'étude était qu'il n'y avait pas de prédisposition de race, d'âge, de sexe, de discipline ni de niveau d'activité chez les chevaux présentant un pied asymétrique. Nous n'avons pu vérifier cette hypothèse dans notre étude. En effet, ces résultats n'ont pas été vérifiés dans une population de chevaux avec un pied asymétrique dans une clientèle de vétérinaires équins sur le terrain. De plus, ces données épidémiologiques sur les chevaux présentant un pied asymétrique vus en consultation au CIRALE n'ont pas été comparées aux données épidémiologiques de l'ensemble des chevaux présentés en consultation au CIRALE.
- Les chevaux de notre échantillon étaient présentés en consultation au CIRALE pour **deux motifs principaux**, soit une boiterie du membre concerné par le pied asymétrique (44 %), soit un motif de consultation sans lien apparent avec un problème de pied asymétrique (44 %). Or notre deuxième hypothèse d'étude était que le motif de consultation des chevaux

présentant un pied asymétrique était le plus souvent l'investigation d'une boiterie du membre correspondant. Cet écart peut s'expliquer par le fait que les chevaux avec un pied asymétrique présentent en général une boiterie de bas grade (O'Grady, 2012), pouvant passer inaperçue (Serra Braganca et al. 2020, Hardeman et al. 2021).

- Dans notre échantillon de 45 chevaux, 35 étaient boiteux (boiterie de grade > 0/5) et 62% avaient une boiterie de grade inférieur ou égal à 1/5. Cela est conforme à notre troisième hypothèse d'étude qui suggérait que les chevaux présentant un pied asymétrique présentaient une **boiterie discrète (grade \leq 1/5) ou un soulagement du membre atteint**. En revanche, nous n'avons pas montré que cette boiterie était caractérisée par un défaut de protraction. En effet, 40 % des chevaux de notre échantillon présentaient un défaut de protraction contre 53 % avec un défaut de rétraction (7 % des chevaux ne présentaient pas de réduction significative d'une phase de la foulée lors de leur locomotion). Enfin, les résultats de notre étude étaient non conformes avec l'hypothèse selon laquelle la boiterie chez les chevaux présentant un pied asymétrique était **plus visible à main opposée**. Effectivement, 74 % des chevaux de l'échantillon présentaient une boiterie aggravée à main correspondante.
- Les régions majoritairement atteintes chez les chevaux de notre échantillon étaient le **pied** (36 %) et les **cervicales** (33 %). Par ailleurs, nous avons dressé des « types lésionnels » présentés par les chevaux de l'étude : le premier type lésionnel représenté était les **neuropathies cervicales**. En deuxième position, on retrouvait le syndrome podotrochléaire, les douleurs podales, les arthropathies dégénératives et les douleurs articulaires basses. Cependant, nous n'avons pas déterminé avec certitude si ces lésions étaient la cause du pied asymétrique ou seulement une conséquence ou une lésion associée. En revanche, il semble que ces lésions soient à l'origine des boiteries observées. Ainsi, cette étude rétrospective a permis de mettre en évidence une large diversité de régions à l'origine de boiterie sur des membres présentant un pied asymétrique, contrairement aux données issues de la littérature qui rapportaient essentiellement une origine podale.
- Sur les 45 chevaux de l'échantillon, 64 % avaient un **pronostic favorable à plutôt favorable** contre 36 % des chevaux qui étaient réformés ou de pronostic inconnu. Ce résultat est en accord avec notre dernière hypothèse d'étude selon laquelle le pronostic des chevaux présentant un pied asymétrique était plutôt favorable. Cependant, ce pronostic semble dépendre de l'affection à l'origine de la boiterie. En effet, notre étude a permis de montrer que lorsque le type lésionnel prédominant présenté est un **syndrome podotrochléaire** plutôt qu'un autre type lésionnel, le **pronostic** semble être **meilleur** ($p = 0,04$).

B. Échantillon d'étude

a. Recrutement

La population source de notre échantillon concerne des chevaux présentés au CIRALE, entre février 2010 et août 2022, chez qui l'on a diagnostiqué un pied asymétrique, afin de recueillir un nombre minimal de cas pour notre étude. Ce recrutement nous a permis de rassembler 48 chevaux, cependant trois chevaux présentaient des pieds asymétriques bilatéraux et ont donc été retirés de l'étude. Le choix de ne pas inclure les chevaux présentant des pieds asymétriques bilatéraux était d'une part, justifié par le fait que cela ne représentait que trois des cas recrutés et que d'autre part, les pieds asymétriques bilatéraux ont, dans la majorité des cas, soit une origine congénitale (Ross et Dyson, 2011), soit une origine acquise due à un problème nutritionnel (O'Grady, 2012 ; Caldwell, 2017), ce qui n'était pas l'objet de notre étude ciblant des affections musculosquelettiques.

Le plus jeune cheval inclus dans l'étude est âgé de quatre mois. Une origine acquise de son pied asymétrique est fortement suspectée du fait d'un clou de rue qui aurait entraîné une arthrite septique à l'origine d'une contracture tendineuse. Il a donc bien été inclus dans l'étude, une origine congénitale étant écartée.

b. Diagnostic de pied asymétrique

Le diagnostic de pied asymétrique reposait essentiellement sur l'examen physique des chevaux, par comparaison au pied controlatéral. Le pied asymétrique était plus haut, plus étroit, avec des parois plus verticales, une sole plus concave et une fourchette plus étroite. Les trois premiers critères étaient essentiellement évalués, visualisables membre à l'appui contrairement aux deux derniers critères qui s'examinent lorsque le pied est au soutien.

O'Grady (2012) avait mentionné que le test à la pince exploratrice pouvait également être réalisé afin de compléter le diagnostic, le pied asymétrique entraînant une pression augmentée sur la pince au niveau de la paroi dorsale. Cependant, sur les 45 chevaux de l'étude, seuls trois chevaux ont présenté une sensibilité à la pince exploratrice lors de l'examen physique et sur ces trois chevaux, deux ont présenté une sensibilité augmentée en talons plutôt qu'en pince.

Aucune radiographie en vue de grader le pied asymétrique selon les grades décrits précédemment (Redden, 2003) n'a été réalisée pour compléter le diagnostic. Seules des radiographies dans le but de déterminer les lésions associées ou concomitantes ont été réalisées. De même, aucune mesure physique n'a été réalisée, et seuls les chevaux présentant une asymétrie de pied évidente ont été inclus (type pied « bot »). De nombreux cas de chevaux présentant une discrète asymétrie de pied n'ont pas été inclus dans cette étude.

Le diagnostic de pied asymétrique ayant été posé uniquement de manière subjective sur de l'observation, cela peut conduire à du biais de classement. En effet, certains cliniciens du CIRALE vont peut-être être plus vigilants sur cette anomalie et le remarquer plus souvent que d'autres, qui ne le notifieront pas dans le compte-rendu. De plus, certains chevaux consultaient pour ce motif de consultation ou pour une boiterie alors que d'autres consultaient pour un tout autre motif de consultation (visite d'achat par exemple) et le pied asymétrique était une découverte fortuite au cours de l'examen. L'avis du clinicien a pu être biaisé par ce motif de consultation. De même, lorsque le pied asymétrique n'était pas en rapport avec le motif de consultation, celui-ci n'était, selon le contexte, pas forcément listé sur la première page du compte-rendu. Il est donc possible que certains de ces cas n'aient pas été trouvés par l'outil de recherche.

c. Identification de la cause du pied asymétrique

A l'issue de la consultation au CIRALE, un compte-rendu faisant le bilan de toutes les investigations lésionnelles réalisées était rédigé. Dans celui-ci, était toujours mentionné, dans les éléments dominants, le pied asymétrique. En revanche, la cause de ce pied asymétrique n'a pas été explorée chez tous les chevaux. Nous sommes partis de l'hypothèse que tous les chevaux de l'étude présentaient un pied asymétrique d'origine acquise, du fait de leur anamnèse, de leur âge et de l'unilatéralité du pied asymétrique (Ross et Dyson, 2011 ; O'Grady, 2012 ; Caldwell, 2017). Cette hypothèse peut constituer un biais à notre étude.

Au cours de l'examen, certains chevaux ont reçu des anesthésies diagnostiques visant à améliorer le grade de boiterie et nous avons fait alors une deuxième hypothèse : la cause de boiterie chez ces chevaux présentant un pied asymétrique serait la cause de ce pied asymétrique, basée sur le fait que l'origine du pied asymétrique rapportée dans les précédentes publications est bien souvent une boiterie chronique (Caldwell, 2017), sans

mise en charge du membre atteint. Cependant dans l'étude, sur 39 chevaux, l'origine de la boiterie n'a pas été identifiée avec certitude au moyen d'anesthésies diagnostiques, et seulement six chevaux sur 45 ont reçu des anesthésies diagnostiques permettant d'identifier avec certitude la cause du pied asymétrique, selon l'hypothèse énoncée ci-dessus. Ainsi, les lésions majoritaires mises en évidence chez les chevaux de l'étude et les types lésionnels présentés pourraient être à la fois l'origine des pieds asymétriques chez ces chevaux mais aussi des conséquences de ces pieds asymétriques ou bien des lésions sans lien direct.

Les anesthésies diagnostiques permettent d'insensibiliser sélectivement certains territoires, et ainsi localiser le site douloureux responsable d'une boiterie (Denoix, 1995). Cependant, ces anesthésies ne sont pas toujours envisageables, notamment lors de boiteries de bas grade car celles-ci sont alors peu informatives. Dans notre étude, les boiteries présentées par les chevaux de l'échantillon étaient essentiellement de bas grade (62% des chevaux présentaient une boiterie de grade inférieur ou égal à 1/5), ce qui peut justifier ce faible pourcentage d'anesthésies diagnostiques réalisées. En revanche, un dépistage complet par imagerie était réalisé de manière systématique sur les chevaux de l'étude, permettant ainsi de dresser la liste des lésions. La lésion considérée la plus significative cliniquement relativement à l'examen locomoteur du cheval était alors classée en premier dans le bilan lésionnel et supposée la cause de la douleur à l'origine de la gêne ou de la boiterie chez le cheval.

C. Méthode d'évaluation de la reprise d'activité après le diagnostic

Les chevaux de notre étude sont issus de secteurs d'activité variés et au sein de leur discipline, ceux-ci ont des niveaux de performances variés allant de l'activité de loisir à des épreuves de haut niveau (160 cm en CSO par exemple). Pour évaluer les performances après le diagnostic de pied asymétrique, cela n'a pas toujours été simple, le pronostic sportif des chevaux de loisirs étant d'emblée inconnu par exemple. Les performances sportives après le diagnostic de pied asymétrique et ainsi le pronostic sportif ont réellement pu être évalués uniquement pour les chevaux de CSO, CCE, dressage et endurance ; les autres chevaux étant directement classés dans la catégorie « réforme ou pronostic sportif inconnu ». Il s'agit d'un biais de classement différentiel à prendre en compte dans l'interprétation des résultats. Il a été décidé de conserver les chevaux dont le niveau de performances ne pouvait pas être évalué dans l'étude car l'objectif de l'étude était dans un

premier temps de faire une description de la pathologie du pied asymétrique et notamment en termes épidémiologiques. Ainsi, conserver ces chevaux permettait de montrer les différentes catégories de chevaux atteints, notamment en fonction de leur activité (mais aussi de leur race, leur âge, etc.), et ce d'autant plus que le CIRALE étant un centre de référé, la majorité des chevaux en consultation sont des chevaux de compétitions (courses et sport).

Pour évaluer le pronostic sportif après le diagnostic de pied asymétrique, nous avons divisé les chevaux de l'étude en deux groupes :

- Le *premier groupe* correspond aux chevaux avec un pronostic sportif favorable à plutôt favorable. Cela correspond aux chevaux étant revenu en compétition dans l'année suivant le diagnostic de pied asymétrique, à un niveau inférieur, égal ou supérieur au niveau antérieur de performances ;
- Le *deuxième groupe* correspond aux chevaux réformés ou de pronostic sportif inconnu car aucune donnée concernant leurs performances sportives n'a été retrouvée sur les sites officiels de compétition. Il aurait pu être envisagé de contacter les propriétaires de chevaux dont le pronostic sportif était inconnu afin de connaître leur niveau de performances un an après le diagnostic. Cependant, certains chevaux ont consulté le CIRALE en 2010, ainsi certains chevaux ont pu changer de propriétaire ou décéder entre le diagnostic et notre étude, ce qui rend le questionnaire destiné aux propriétaires délicat. Par ailleurs, le recueil des performances des chevaux par questionnaire peut apporter du biais de classement, dû à la subjectivité du propriétaire qui peut sous- ou sur-évaluer les performances de son cheval, notamment en fonction de son niveau de satisfaction à l'issue de la consultation au CIRALE. Ainsi nous avons choisi de mettre les chevaux au devenir inconnu avec ceux présentant un pronostic défavorable, pour éviter de surestimer le pronostic sportif des chevaux avec un pied asymétrique, ce qui serait plus dommageable que l'inverse à notre sens.

D. Résultats

a. Données épidémiologiques concernant la pathologie du pied asymétrique chez le cheval

Dans un premier temps, nous avons cherché à décrire la population de chevaux présentant un pied asymétrique. Dans notre étude, nous avons montré que les chevaux présentés au CIRALE et présentant un pied asymétrique étaient dans la majorité des cas des chevaux

âgés de sept ans (médiane = 7 ans, [IQ 25-75] = [5-10] ans), de race Selle Français (56 %) et pratiquant une activité de CSO (60 %). Ces résultats ne sont pas représentatifs de la population globale de chevaux présentant un pied asymétrique. Effectivement, il existe un biais de sélection lié au fait que l'ensemble des chevaux de l'étude sont des chevaux qui ont été présentés en consultation au CIRALE, qui est un centre de référés et qui donc reçoit une catégorie spécifique de chevaux.

Dans un second temps, nous nous sommes intéressés plus spécifiquement au pied asymétrique, au membre atteint et aux caractéristiques de la boiterie. La boiterie était de grade 1/5 (médiane, [IQ 25-75] = [0,5-1,5]), il s'agissait donc d'une boiterie de bas grade, ce qui est en accord avec les publications précédentes (O'Grady, 2012). Il est à noter que certaines publications ne prennent pas en compte les boiteries de grade inférieur à 1,5/5 (Serra Braganca et al., 2020, Hardeman et al., 2021), ce qui peut notamment expliquer le fait que cette anomalie de pied asymétrique puisse parfois passer inaperçu lors de l'examen dynamique.

La boiterie semblait avoir pour conséquence tantôt une réduction de la phase postérieure de la foulée (53 %) tantôt une réduction de la phase antérieure de la foulée (40 %). Cette caractéristique de la boiterie est à relier aux lésions associées au pied asymétrique. En effet, par exemple en cas de syndrome podotrochléaire, la boiterie est caractérisée par une réduction de la phase postérieure de la foulée (Bertoni, 2022). Enfin, dans notre étude, dans 74 % des cas, la boiterie était aggravée à main correspondante. De même, cette caractéristique de la boiterie est à relier aux lésions associées au pied asymétrique. En effet, par exemple en cas de syndrome podotrochléaire, la boiterie est aggravée à main correspondante (Bertoni, 2022).

Enfin, nous nous sommes intéressés aux différentes régions atteintes et lésions présentées par les chevaux de l'étude, en rapport avec cette anomalie ou en conséquence. Les régions majoritairement atteintes chez les chevaux de l'étude étaient le pied dans 36 % des cas et les cervicales dans 33 % des cas. Ces résultats sont partiellement en accord avec les données de la littérature qui décrivent essentiellement des lésions podales (O'Grady, 2012 ; Caldwell, 2017). De plus, la grande proportion de chevaux présentant une lésion en région cervicale conforte l'idée du Professeur Jean-Marie Denoix selon laquelle une lésion podale n'est pas toujours associée aux pieds asymétriques et qu'il peut s'agir d'un soulagement chronique du membre dû à une lésion située dans une autre région, plus proximale par exemple (Denoix, 2001). Par ailleurs, nous avons dressé des « types

lésionnels » présentés par les chevaux de l'étude. Ainsi, 36 % des chevaux de l'étude présentaient une neuropathie cervicale, 16 % présentaient un syndrome podotrochléaire, 16 % présentaient une douleur podale, 16 % présentaient une arthropathie dégénérative ou une douleur osseuse articulaire basse et 7 % présentaient une tendinopathie en région métacarpienne ou métatarsienne. Le reste des chevaux de l'échantillon (11 %) présentaient un type lésionnel « inconnu ».

b. Pronostic sportif

Dans notre étude, nous avons étudié différents critères afin de déterminer s'il existait des facteurs positifs ou négatifs sur le pronostic sportif des chevaux présentant un pied asymétrique. Dans notre échantillon :

- la latéralisation de la boiterie, c'est-à-dire si le cheval boitait du membre présentant le pied asymétrique ou non ;
- le grade de la boiterie (≤ 1 ou > 1) ;
- la présence d'une neuropathie cervicale comme lésion prédominante ;
- la présence d'une arthropathie dégénérative ou d'une douleur osseuse articulaire basse comme lésion prédominante ;
- la présence d'une douleur podale comme lésion prédominante ;
- la présence d'une tendinopathie ou d'une desmopathie en région métacarpienne/métatarsienne comme lésion prédominante ;
- l'âge ;

ne permettaient pas de prédire le pronostic sportif du cheval présentant un pied asymétrique. En revanche, il est possible que le pronostic sportif des chevaux présentant un pied asymétrique soit meilleur lorsque le type lésionnel prédominant présenté est un syndrome podotrochléaire plutôt qu'un autre type lésionnel ($p = 0,04$).

Il a été démontré que le pronostic lors de syndrome podotrochléaire est variable : certains auteurs parlent de résolution clinique dans 40 à 50 % des cas lorsque le traitement est approprié (Baxter, 2022). Effectivement, le pronostic dépend notamment des anomalies associées, du stade évolutif, de la réponse à la ferrure mais aussi de la conformation du pied (Bertoni, 2022). Ainsi, le pronostic est très réservé à défavorable en général chez les chevaux présentant une ulcération de la face flexoria et cela ne concerne qu'un seul

cheval de notre étude sur les sept présentant un syndrome podotrochléaire. De plus, le pronostic est moins bon chez les chevaux avec des pieds plats, or dans notre étude, tous les chevaux ont une conformation inverse, avec des talons hauts. Cet aplomb pourrait s'avérer protecteur puisque la flexion interphalangienne distale associée est propice à l'allègement des contraintes sur l'appareil podotrochléaire.

Dans notre étude, 64 % des chevaux avaient un pronostic sportif favorable à plutôt favorable contre 36 % des chevaux qui étaient réformés ou de pronostic inconnu. Peu d'informations sont disponibles dans la littérature concernant le pronostic des chevaux matures présentant un pied asymétrique mais il semblerait que ce pronostic soit relativement bon si l'origine de ce pied asymétrique est prise en charge (Stone, 2009). Certains auteurs mentionnent cependant que les chevaux avec cette anomalie présentent une boiterie chronique de bas grade persistante associée à une baisse de performances (O'Grady, 2012).

En ce qui concerne le pronostic vital des chevaux matures présentant un pied asymétrique, celui-ci ne semble pas engagé d'après les publications précédentes avec des chevaux globalement en bonne santé (O'Grady, 2012).

E. Limites de l'étude

a. L'effectif des chevaux inclus dans l'étude

Au total, 45 chevaux ont été inclus dans cette étude. Or il s'agit dans ce travail d'une étude transversale, qui nécessite un nombre de cas suffisants pour obtenir des résultats statistiquement significatifs dans l'échantillon. Le nombre restreint de cas dans notre étude pourrait être à l'origine d'un manque de puissance statistique. On peut émettre l'hypothèse que la prévalence de cette anomalie est relativement faible mais pour explorer cette hypothèse, il serait intéressant de comparer le nombre de chevaux présentant un pied asymétrique présentés au CIRALE pendant une période d'un an par rapport au nombre de chevaux présentant un pied asymétrique présentés à un vétérinaire équin de terrain faisant de la locomotion sur une période d'un an également, avec des critères diagnostiques décrits au préalable. Ainsi, nous pourrions déterminer la prévalence de chevaux présentant un pied asymétrique en France et d'autre part si le CIRALE reçoit davantage de chevaux avec cette affection en comparaison avec un vétérinaire équin de terrain.

b. Le biais de sélection des chevaux inclus dans l'étude

Les chevaux inclus dans l'étude sont des chevaux présentés en consultation au CIRALE, qui est un centre de référés. Il s'agit majoritairement de chevaux de sport ou de course, qui y sont référés par leur vétérinaire traitant. Par conséquent, il s'agit bien souvent de chevaux d'âge moyen, avec une valeur économique et/ou sentimentale non négligeable et qui sont donc régulièrement suivis. Cela constitue un biais d'échantillonnage, ne permettant pas d'étendre nos résultats à l'ensemble des chevaux présentant un pied asymétrique, celui-ci pouvant être d'origine congénitale mais non détecté par exemple.

c. Le manque d'informations concernant la chronologie des lésions

Le diagnostic de pied asymétrique chez les chevaux de l'étude a été posé au cours de leur consultation au CIRALE. Cependant, la chronologie des lésions, c'est-à-dire quand est apparu exactement ce pied asymétrique, les anomalies présentes lors de son apparition et qui pourraient donc en être l'origine et les anomalies apparues à postériori et qui pourraient donc potentiellement en être une conséquence, est inconnue. Il est donc difficile de déterminer l'origine de ce pied asymétrique avec certitude sur les chevaux de l'étude. Des anesthésies diagnostiques peuvent être réalisées dans l'objectif de localiser l'origine de la boiterie et par hypothèse, l'origine du pied asymétrique mais ceci n'a été que très peu réalisé sur les chevaux de l'étude. Il faudrait avoir une anamnèse complète pour chaque cheval mais malheureusement, la présence d'un pied asymétrique passe parfois inaperçu pour quelqu'un de peu expérimenté ou de non averti sur le sujet.

d. Le manque d'informations concernant la carrière sportive des chevaux

Dans l'étude, nous avons fait le choix d'évaluer le pronostic sportif des chevaux et leur niveau de performances à l'aide des résultats présents sur les sites officiels nationaux et internationaux de compétition. Cependant, certains chevaux de l'étude n'étaient pas référencés sur ces sites et d'autres, ayant une activité de loisir, leur pronostic sportif ne pouvait pas être évalué de cette manière. Par conséquent, ces chevaux ont été classés dans la catégorie « réforme ou pronostic inconnu ». Cela peut être à l'origine d'un biais de classement, certains chevaux ayant peut-être eu un pronostic sportif favorable à plutôt favorable, dans leur catégorie.

Par ailleurs, nous avons décidé d'évaluer le pronostic sportif des chevaux de l'étude en comparant leur niveau de performances juste avant le diagnostic de pied asymétrique et dans l'année suivant ce diagnostic. Cependant, en un an, le cheval a pu développer d'autres anomalies, a pu être vendu, avoir un nouveau cavalier, changer d'environnement et tous ces facteurs peuvent influencer en bien ou en mal les résultats sportifs d'un cheval, sans que cela soit détectable sur les sites officiels de compétition et sans que cela soit lié au pied asymétrique.

e. Les lésions concomitantes

Les chevaux de l'étude sont des chevaux présentés au CIRALE qui est un centre de référés doté de nombreux examens d'imagerie permettant aux cliniciens d'effectuer un bilan lésionnel complet. Pour chaque cheval, les différents examens d'imagerie révèlent un certain nombre de lésions concomitantes, hiérarchisées dans le compte-rendu. Les chevaux de l'étude, présentant tous un pied asymétrique d'après le compte-rendu, présentaient également tous d'autres lésions concomitantes et parmi ces lésions, nous avons fait le choix de nous focaliser uniquement sur celles classées en premières positions dans le compte-rendu. Ces lésions concomitantes pouvaient avoir un lien avec le pied asymétrique ou être d'autres lésions non associées qui peuvent également avoir un impact sur le pronostic sportif du cheval.

F. Perspectives

Afin de renforcer la valeur des résultats de notre étude et notamment la description de la population de chevaux présentant un pied asymétrique, il pourrait être intéressant de construire un groupe témoin constitué de chevaux présentés au CIRALE, sur un an. Ainsi, on pourrait comparer la population globale de chevaux présentés au CIRALE à la population de chevaux présentant spécifiquement un pied asymétrique. De même, il pourrait être intéressant de construire un groupe témoin de chevaux présentant un pied asymétrique, non présentés au CIRALE, pour, de-même, comparer les caractéristiques de ces populations, notamment sur l'âge, la race, l'activité, le côté du membre atteint, etc.

Afin d'être plus précis quant au pronostic des chevaux, notre étude pourrait être complétée par un questionnaire ou un appel téléphonique aux propriétaires des chevaux dont le pronostic sportif est inconnu.

Enfin, un questionnaire plus détaillé à destination des propriétaires des chevaux afin de connaître de manière plus précise l'historique du cheval pourrait être bénéfique.

Conclusion

Les anomalies conformationnelles du pied sont un enjeu majeur chez le cheval. Le pied asymétrique, un pied plus haut et plus étroit que le pied controlatéral, avec des parois plus verticales, une sole plus concave et une fourchette plus étroite (Denoix, 2001 ; Ross et Dyson, 2011 ; O'Grady, 2012) est à l'origine d'une baisse de performances et d'une boiterie chronique chez les chevaux atteints (O'Grady, 2012). Les précédentes publications relatives au pied asymétrique d'origine acquise chez le cheval mature décrivent essentiellement une origine podale (O'Grady, 2012 ; Caldwell, 2017). Cependant, le professeur Jean-Marie Denoix (Denoix, 2001) évoque le fait que ce pied asymétrique pourrait résulter d'un soulagement chronique du membre dû à une lésion plus proximale.

Notre étude avait pour objectif d'améliorer les connaissances sur cette anomalie morphologique qu'est le pied asymétrique en décrivant la population des chevaux atteints dans un échantillon de chevaux référés dans un centre spécialisé en pathologie locomotrice, leur présentation clinique, les lésions présentées par ces chevaux en rapport avec cette anomalie ou en conséquence, et de décrire leur devenir sportif.

Les résultats ont montré que les chevaux présentant cette anomalie conformationnelle étaient majoritairement présentés au CIRALE, soit pour l'exploration d'une boiterie du membre concerné par le pied asymétrique (44 %), soit pour un motif de consultation sans lien apparent (44 %). En effet, la majorité des chevaux présentaient une boiterie de bas grade ($\leq 1/5$) ou un soulagement du membre atteint (62 %), ce qui est conforme avec les données de la littérature. Cette boiterie était plus visible à main correspondante (74 %) mais n'était pas toujours caractérisée par un défaut de protraction (40 % de défaut de protraction et 53 % de défaut de rétraction). Notre étude a par ailleurs permis de mettre en évidence que les chevaux avec un pied asymétrique présentaient majoritairement des lésions podales (36 %) et cervicales (33 %) avec des « types lésionnels » dont le premier présenté par les chevaux de l'étude était les neuropathies cervicales (36 %). Cependant, nous n'avons pas déterminé avec certitude si ces lésions étaient la cause du pied asymétrique ou seulement une conséquence ou une lésion associée. Enfin, notre étude a permis de confirmer que le pronostic sportif des chevaux présentant un pied asymétrique était plutôt favorable (64 % des chevaux de l'étude retournaient en compétition l'année suivant la consultation) et que celui-ci était dépendant

des lésions associées au pied asymétrique. Ainsi, il semblerait que lorsque le type lésionnel prédominant présenté est un syndrome podotrochléaire plutôt qu'un autre type lésionnel, le pronostic semble être meilleur ($p = 0,04$).

Afin de décrire avec plus de précisions cette anomalie conformationnelle, d'autres travaux pourraient être entrepris notamment en comparant les données obtenues dans cette étude aux données obtenues sur un groupe témoin de chevaux du CIRALE ne présentant pas de pied asymétrique. En attendant, l'extrapolation des résultats obtenus est une première étape pour conseiller et aiguiller les propriétaires et vétérinaires praticiens sur le pronostic de leur cheval.

Liste des références bibliographiques

- ADAMS, O.R. (1990) Les boiteries du cheval, 3e éd. Paris, Maloine.
- ADAMS, S.B., SANTSCHI, E.M. (2000) Management of Congenital and Acquired Flexural Limb Deformities. *AAEP Proceedings* vol. 46, p. 26-29.
- AUER, J.A. (2006) Diagnosis and Treatment of Flexural Deformities in Foals. *Clinical Techniques in Equine Practice* vol. 5, n° 4, p. 282-295.
[\[https://doi.org/10.1053/j.ctep.2006.09.003\]](https://doi.org/10.1053/j.ctep.2006.09.003)
- BARONE, R. (1999a) Anatomie comparée des mammifères domestiques : Tome 1 Ostéologie, 4e éd. Paris, Vigot.
- BARONE, R. (1999b) Anatomie comparée des mammifères domestiques : Tome 2 Arthrologie et myologie, 4e éd. Paris, Vigot.
- BAXTER, G.M. (2022) Manual of Equine Lameness, 2e éd. New-Jersey (USA), Wiley-Blackwell.
- BERTONI, L. (2022) Affections du pied et maréchalerie. École Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité Pédagogique de Pathologie locomotrice.
- CALDWELL, F.J. (2017) Flexural Deformity of the Distal Interphalangeal Joint. *Veterinary Clinics of North American Equine Practice* vol. 33, n° 2, p. 315-330.
[\[https://doi.org/10.1016/j.cveq.2017.03.003\]](https://doi.org/10.1016/j.cveq.2017.03.003)
- CAURE, S., LEVEILLARD, D., HAVARD, D., *et al.* (2016) Evaluation clinique de la santé du pied du cheval : proposition d'une grille. *Pratique Vétérinaire Equine* vol. 48, n° 192, p. 40-49.
- CHATEAU, H. (2017) Productions cornées. Polycopié. Maisons-Alfort, École nationale vétérinaire d'Alfort, Unité Pédagogique d'Anatomie.
- CHATEAU, H., ROBIN, D., POURCELOT, P., *et al.* (2009) La biomécanique du pied du cheval. *Pratique Vétérinaire Equine* vol. 41, n° 163, p. 7-15.
- CLAYTON, H.M. (1990) The effect of an acute hoof wall angulation on the stride kinematics of trotting horses. *Equine Veterinary Journal* vol. 22, n° 9, p. 86-90.
[\[https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1990.tb04742.x\]](https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1990.tb04742.x)
- CREVIER-DENOIX, N., ROBIN, D., POURCELOT, P. (2009) Le projet SEQUISOL: évaluation biomécanique de l'effet des sols équestres sur l'appareil locomoteur du cheval. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France* vol. 162, n° 2, p. 133-143.

- DENOIX, J.M. (2021) A Look at Lameness Through the Eyes of Functional Anatomy (and Biomechanics). *AAEP Proceedings* n° 67, p. 106-133.
- DENOIX, J.M. (2020) Enseignement Post-Universitaire de Maréchalerie. École Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité Pédagogique de Pathologie locomotrice.
- DENOIX, J.M. (2013) Enseignement Post-Universitaire sur l'Examen physique du cheval boiteux. École Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité Pédagogique de Pathologie locomotrice.
- DENOIX, J.M. (2001) Extérieur et examen physique du cheval. Polycopié. École Nationale vétérinaire d'Alfort, Unité Pédagogique de Pathologie locomotrice.
- DENOIX J.M. (2000) The Equine Distal Limb - An Atlas of clinical anatomy and comparative imaging. London, Manson Publishing.
- DENOIX, J.M. (1995) Anesthésies nerveuses tronculaires dans le diagnostic des boiteries chez le cheval. *Recueil de Médecine Vétérinaire* n° 171, p. 701-706.
- DENOIX, J.M. (1992) Sémiologie et propédeutique de l'appareil locomoteur du cheval. *Le Point Vétérinaire* vol. 23, n° 142, p. 25.
- DENOIX, J.M., BROCHET, J.L., HOULIEZ, D., *et al.* (1990) Notes de Maréchalerie. Polycopié. École Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité Pédagogique de Pathologie locomotrice.
- DURHAM, A.E., BERTIN, F.R., LUSSOT-KERVERN, I., *et al.* (2021) Compte-rendu : Ateliers et journées annuelles AVEF. Congrès les 3, 4 et 5 novembre, Marseille, p. 19-35.
- DYHRE-POULSEN, P., SMEDEGAARD, H.H., ROED, J., *et al.* (1994) Equine hoof function investigated by pressure transducers inside the hoof and accelerometers mounted on the first phalanx. *Equine Veterinary Journal* vol. 26, n° 5, p. 362-366. [<https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1994.tb04404.x>]
- ELIASHAR, E. (2007) An Evidence-Based Assessment of the Biomechanical Effects of the Common Shoeing and Farriery Techniques. *Veterinary Clinics of North America Equine Practice* vol. 23, n° 2, p. 425-442. [<https://doi.org/10.1016/j.cveq.2007.03.010>]
- FÉDÉRATION FRANÇAISE D'ÉQUITATION (2022) FFE Compet. In *ffecompet*. [<https://ffecompet.ffe.com/cheval>] (consulté le 01/01/2023).
- FLOYD, A.E (2007) Deformities of the limb and their relevance on the foot. *Equine Podiatry*. St Louis, Saunders-Elsevier, p. 205-223.

- HARDEMAN, A.M., EGENVALL, A., SERRA BRAGANCA, F.M., *et al.* (2021) Movement asymmetries in horses presented for prepurchase or lameness examination. *Equine Veterinary Journal* vol. 54, p. 334-346.
- INSTITUT FRANÇAIS DU CHEVAL ET DE L'ÉQUITATION (2022) Info chevaux. *In ifce.fr*. [<https://infochevaux.ifce.fr/fr/info-chevaux/>] (consulté le 01/01/2023).
- LAFOSSE, P.E. (1772) Cours d'hippiatrique ou traité complet de la médecine des chevaux. Paris, EDME.
- O'GRADY, S.E. (2012) Flexural deformities of the distal interphalangeal joint (clubfeet). *Equine Veterinary Education* vol. 24, n° 5, p. 260-268. [<https://doi.org/10.1111/j.2042-3292.2011.00375.x>]
- O'GRADY, S.E., POUPARD, D.A. (2003) Proper physiologic horseshoeing. *Veterinary Clinics of North America Equine Practice* vol. 19, n° 2, p. 333-351. [[https://doi.org/10.1016/S0749-0739\(03\)00020-8](https://doi.org/10.1016/S0749-0739(03)00020-8)]
- REDDEN, R.F. (2003) Hoof capsule distortion: understanding the mechanisms as a basis for rational management. *Veterinary Clinics of North America Equine Practice* vol. 19, n° 2, p. 443-462. [[https://doi.org/10.1016/S0749-0739\(03\)00027-0](https://doi.org/10.1016/S0749-0739(03)00027-0)]
- ROBERT, C. (2022) Dissection de la main du cheval. Polycopié. Maisons-Alfort, École nationale vétérinaire d'Alfort, Unité Pédagogique d'Anatomie.
- ROSS, W.M., DYSON, S.J. (2011) Diagnosis and management of Lameness in the horse, 2e éd. St Louis (USA), Elsevier Saunders.
- SERRA BRAGANCA, F.M., BROMMER, H., VAN DEN BELT, A.J.M., *et al.* (2020) Subjective and objective evaluations of horses for fit-to-compete or unfit-to-compete judgment. *The Veterinary Journal* vol. 257. [<https://doi-org.vet-alfort.idm.oclc.org/10.1016/j.tvjl.2020.105454>]
- SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT À L'ÉLEVAGE DU TROTTEUR FRANÇAIS (SETF) (2022) Chevaux. *In LeTrot*. [<https://www.letrot.com/>] (consulté le 01/01/2023).
- STONE, W.C. (2009) Review of the Etiology, Treatment, and New Approach to Club Feet. AAEP Proceedings - Focus on the foot, Columbus, Ohio (USA). 21 July 2009.
- TANAKA, K., HIRAGA, A., TAKAHASHI, T., *et al.* (2015) Effets of aluminium hinged shoes on the structure of contracted feet in Thoroughbred yearlings. *Journal Equine Science* vol. 26, n° 2, p. 67-71.
- VAN HEEL, M.C.V., KROEKENSTOEL, A.M., VAN DIERENDONCK, M.C., *et al.* (2006) Uneven feet in a foal may develop as a consequence of lateral grazing behaviour induced by conformational traits. *Equine Veterinary Journal* vol. 38, n° 7, p. 646-651.

- WAGNER, P.C., GRANT, B.D., KANEPS, A.J. (1985) Long-term results of desmotomy of the accessory ligament of the deep digital flexor tendon (distal check ligament) in horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association* vol. 12, n° 187, p. 1351-1353.
- WALMSLEY, E., ANDERSON, G., ADKINS, A. (2011) Retrospective study of outcome following desmotomy of the accessory ligament of the deep digital flexor tendon for type 1 flexural deformity in Thoroughbreds. *Australian Veterinary Journal* vol. 89, n° 7, p. 265-268. [<https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2011.00788.x>]
- WINTZ, L.R., LAVAGNINO, M., GARDNER, K.L., *et al.* (2012) Age-dependent effects of systemic administration of oxytetracycline on the viscoelastic properties of rat tail tendons as a mechanistic basis for pharmacological treatment of flexural limb deformities in foals. *American Journal of Veterinary Research* vol. 73, n° 12, p. 1951-1956. [<https://doi.org/10.2460/ajvr.73.12.1951>]

ÉTUDE RÉTROSPECTIVE DES CHEVAUX PRÉSENTANT UN PIED ASYMÉTRIQUE EXAMINÉS AU CIRALE

AUTEUR : Ségolène PEYRONNET

RÉSUMÉ :

Les anomalies conformationnelles du pied sont un enjeu majeur chez le cheval. Le pied asymétrique, un pied plus haut et plus étroit que le pied controlatéral, avec des parois plus verticales, une sole plus concave et une fourchette plus étroite est à l'origine d'une baisse de performances et d'une boiterie chronique chez les chevaux atteints. Notre étude avait pour objectif d'améliorer les connaissances sur cette anomalie morphologique en décrivant la population des chevaux atteints dans un échantillon de chevaux présentés au CIRALE (Normandie, France), leur présentation clinique, les lésions présentées par ces chevaux en rapport avec cette anomalie ou en conséquence, et de décrire leur devenir sportif. Les résultats ont montré que les chevaux présentant cette anomalie conformationnelle étaient présentés en consultation, soit pour l'exploration d'une boiterie du membre concerné par le pied asymétrique (44 %), soit pour un motif de consultation sans lien apparent (44 %). La majorité des chevaux présentaient une boiterie de bas grade ($\leq 1/5$) ou un soulagement du membre atteint (62 %). De plus, cette boiterie était plus visible à main correspondante (74 %). Notre étude a, par ailleurs, permis de mettre en évidence que les chevaux avec un pied asymétrique présentaient majoritairement des lésions podales (36 %) et cervicales (33 %) avec des « types lésionnels » dont le premier présenté était les neuropathies cervicales (36 %). Enfin, notre étude a permis de confirmer que le pronostic sportif des chevaux présentant un pied asymétrique était plutôt favorable (64 %) et que celui-ci était dépendant des lésions associées au pied asymétrique. Ainsi, il semblerait que lorsque le type lésionnel prédominant présenté est un syndrome podotrochléaire plutôt qu'un autre type lésionnel, le pronostic semble être meilleur ($p = 0,04$).

MOTS CLÉS :

PIED / LÉSION / MORPHOLOGIE / BIOMÉCANIQUE / LOCOMOTION / BOITERIE / PRONOSTIC / CHEVAL DE SPORT

JURY :

Président : Pr Henry CHATEAU

Directrice de thèse : Dr Lélia BERTONI

Examinatrice : Dr Céline MESPOULHÈS-RIVIÈRE

RETROSPECTIVE STUDY OF HORSES WITH AN ASYMMETRICAL FOOT EXAMINED AT CIRALE

AUTHOR: Ségolène PEYRONNET

SUMMARY:

Conformational abnormalities of the foot are a major issue for the horse. The asymmetrical foot, described as a higher and narrower than the contralateral foot, with more vertical walls, a more concave sole, and a narrower frog, is a cause of decreased athletic performance and chronic lameness in affected horses. Our study aimed to improve knowledge of this morphological anomaly by describing the population of affected horses in a sample of horses presented to CIRALE (Normandy, France), their clinical presentation, the lesions presented by these horses in relation to this anomaly or a consequence, and to describe their sports prognosis. The results showed that the horses with this conformational anomaly were presented in appointment, either for the exploration of a lameness of the limb concerned by the asymmetrical foot (44 %), or for a reason for consultation without apparent link to the asymmetrical foot (44 %). Most of horses had low-grade lameness ($\leq 1/5$) or relief of the affected limb (62 %). Moreover, this lameness was more visible on the corresponding hand (74 %). Our study also demonstrated that horses with an asymmetrical foot mainly presented lesions in foot (36 %) and cervical (33 %) regions with "lesional types" of which the first presented was cervical neuropathies (36 %). Finally, our study confirmed that the sports prognosis of horses with an asymmetrical foot was rather favorable (64 %) and that it was dependent on the lesions associated with the asymmetrical foot. Thus, it would seem that when the predominant lesion type presented is a podotrochlear syndrome rather than another lesion type, the prognosis seems to be better ($p = 0,04$).

KEYWORDS:

FOOT / LESION / MORPHOLOGY / BIOMECHANICS / LOCOMOTION / LAMENESS / SPORTS PROGNOSIS / COMPETITION HORSES

JURY:

Chairperson: Pr Henry CHATEAU

Thesis Director: Dr Lélia BERTONI

Reviewer: Dr Céline MESPOULHÈS-RIVIÈRE