

Année 2007

**LES TENDINOPATHIES DU FLECHISSEUR
PROFOND DU DOIGT EN REGION DIGITALE DISTALE
CHEZ LE CHEVAL : ETUDE
RETROSPECTIVE SUR 205 CAS**

THESE

pour le

DOCTORAT VETERINAIRE

Présentée et soutenue publiquement
devant
LA FACULTE DE MEDECINE DE CRETEIL
Le

par

Nathalie, Madeleine, Fernande MERLIN

Née le 23 juillet 1980 à Fresnes (Val-de-Marne)

JURY

Président : M.
Professeur à la faculté de Médecine de CRETEIL

Membres

Directeur : M. DENOIX
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort
Assesseur : Melle ROBERT
Maître de conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

12 septembre 2006

LISTE DES MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT

Directeur : M. le Professeur COTARD Jean-Pierre

Directeurs honoraires : MM. les Professeurs MORAILLON Robert, PARODI André-Laurent, PILET Charles, TOMA Bernard
Professeurs honoraires: MM. BUSSIERAS Jean, CERF Olivier, LE BARS Henri, MILHAUD Guy, ROZIER Jacques

DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET PHARMACEUTIQUES (DSBP)

Chef du département : M. BOULOUIS Henri-Jean, Professeur - Adjoint : M. DEGUEURCE Christophe, Professeur

-UNITE D'ANATOMIE DES ANIMAUX DOMESTIQUES Mme CREVIER-DENOIX Nathalie, Professeur M. DEGUEURCE Christophe, Professeur* Mlle ROBERT Céline, Maître de conférences M. CHATEAU Henri, Maître de conférences -UNITE DE PATHOLOGIE GENERALE , MICROBIOLOGIE, IMMUNOLOGIE Mme QUINTIN-COLONNA Françoise, Professeur* M. BOULOUIS Henri-Jean, Professeur -UNITE DE PHYSIOLOGIE ET THERAPEUTIQUE M. BRUGERE Henri, Professeur Mme COMBRISON Hélène, Professeur* M. TIRET Laurent, Maître de conférences -UNITE DE PHARMACIE ET TOXICOLOGIE Mme ENRIQUEZ Brigitte, Professeur* M. TISSIER Renaud, Maître de conférences M. PERROT Sébastien, Maître de conférences -UNITE DE BIOCHIMIE M. MICHAUX Jean-Michel, Maître de conférences M. BELLIER Sylvain, Maître de conférences	- UNITE D'HISTOLOGIE , ANATOMIE PATHOLOGIQUE M. CRESPEAU François, Professeur M. FONTAINE Jean-Jacques, Professeur* Mme BERNEX Florence, Maître de conférences Mme CORDONNIER-LEFORT Nathalie, Maître de conférences - UNITE DE VIROLOGIE M. ELOIT Marc, Professeur* Mme LE PODER Sophie, Maître de conférences -DISCIPLINE : PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES M. MOUTHON Gilbert, Professeur -UNITE DE GENETIQUE MEDICALE ET CLINIQUE M. PANTHIER Jean-Jacques, Professeur Mlle ABITBOL Marie, Maître de conférences -DISCIPLINE : ETHOLOGIE M. DEPUTTE Bertrand, Professeur -DISCIPLINE : ANGLAIS Mme CONAN Muriel, Ingénieur Professeur agrégé certifié
---	---

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

Chef du département : M. FAYOLLE Pascal, Professeur - Adjoint : M. POUCHELON Jean-Louis , Professeur

- UNITE DE MEDECINE M. POUCHELON Jean-Louis, Professeur* Mme CHETBOUL Valérie, Professeur M. BLOT Stéphane, Maître de conférences M. ROSENBERG Charles, Maître de conférences Mme MAUREY Christelle, Maître de conférences contractuel - UNITE DE CLINIQUE EQUINE M. DENOIX Jean-Marie, Professeur M. AUDIGIE Fabrice, Maître de conférences* Mme GIRAUDET Aude, Professeur contractuel Mme MESPULHES-RIVIERE Céline, Maître de conférences contractuel M. PICCOT-CREZOLLET Cyrille, Maître de conférences contractuel -UNITE DE REPRODUCTION ANIMALE Mme CHASTANT-MAILLARD Sylvie, Maître de conférences* (rattachée au DPASP) M. NUDELMANN Nicolas, Maître de conférences M. FONTBONNE Alain, Maître de conférences M. REMY Dominique, Maître de conférences (rattaché au DPASP) M. DESBOIS Christophe, Maître de conférences Mlle CONSTANT Fabienne, Maître de conférences (rattachée au DPASP) Mlle LEDOUX Dorothée, Maître de conférences Contractuel (rattachée au DPASP)	- UNITE DE PATHOLOGIE CHIRURGICALE M. FAYOLLE Pascal, Professeur* M. MAILHAC Jean-Marie, Maître de conférences M. MOISSONNIER Pierre, Professeur Mme VIATEAU-DUVAL Véronique, Maître de conférences Mlle RAVARY Béatrice, Maître de conférences (rattachée au DPASP) M. ZILBERSTEIN Luca, Maître de conférences contractuel M. HIDALGO Antoine, Maître de conférences contractuel - UNITE DE RADIOLOGIE Mme BEGON Dominique, Professeur* Mme STAMBOULI Fouzia, Maître de conférences contractuel -UNITE D'OPHTALMOLOGIE M. CLERC Bernard, Professeur* Mlle CHAHORY Sabine, Maître de conférences contractuel - UNITE DE PARASITOLOGIE ET MALADIES PARASITAIRES M. CHERMETTE René, Professeur M. POLACK Bruno, Maître de conférences* M. GUILLOT Jacques, Professeur Mme MARNIGAC Geneviève, Maître de conférences contractuel -UNITE DE NUTRITION-ALIMENTATION M. PARAGON Bernard, Professeur* M. GRANDJEAN Dominique, Professeur
---	---

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

Chef du département : M. MAILLARD Renaud, Maître de conférences - Adjoint : Mme DUFOR Barbara, Maître de conférences

-UNITE DES MALADIES CONTAGIEUSES M. BENET Jean-Jacques, Professeur* Mme HADDAD/ HOANG-XUAN Nadia, Maître de conférences Mme DUFOR Barbara, Maître de conférences -UNITE D'HYGIENE ET INDUSTRIE DES ALIMENTS D'ORIGINE ANIMALE M. BOLNOT François, Maître de conférences* M. CARLIER Vincent, Professeur Mme COLMIN Catherine, Maître de conférences M. AUGUSTIN Jean-Christophe, Maître de conférences - DISCIPLINE : BIOSTATISTIQUES M. SANAA Moez, Maître de conférences	- UNITE DE ZOOTECHNIE, ECONOMIE RURALE M. COURREAU Jean-François, Professeur M. BOSSE Philippe, Professeur Mme GRIMARD-BALLIF Bénédicte, Professeur Mme LEROY Isabelle, Maître de conférences M. ARNE Pascal, Maître de conférences M. PONTER Andrew, Maître de conférences* - UNITE DE PATHOLOGIE MEDICALE DU BETAIL ET DES ANIMAUX DE BASSE-COUR M. MILLEMANN Yves, Maître de conférences* Mme BRUGERE-PICOUX Jeanne, Professeur M. MAILLARD Renaud, Maître de conférences M. ADJOU Karim, Maître de conférences
--	--

Mme CALAGUE, Professeur d'Education Physique * Responsable de l'Unité AERC : Assistant d'Enseignement et de Recherche Contractuel

A notre président de thèse
Monsieur le Professeur
Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse.
Qu'il veuille recevoir l'expression de notre profond respect.

A notre jury de thèse,

Au Pr. DENOIX,
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort,
Qui a accepté de diriger cette thèse.
Qu'il trouve ici ma profonde reconnaissance pour la qualité de son enseignement et mes sincères remerciements pour tout ce que j'ai appris à ses côtés.

Au Dr ROBERT,
Maître de conférences en Anatomie,
Qui m'a fait l'honneur de participer à ce jury.

Aux chargés de consultation et assimilés de la clinique équine de l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort,
Pour leur encadrement tout au long de mon année d'internat,
Pour l'aide qu'ils ont apportée à l'élaboration de ce travail.

A mes parents et mes grands-mères,
Merci pour votre amour, votre soutien et la confiance que vous m'avez accordée.

A Christ et Joanne, jeunes mariés,
Je vous souhaite « tout le bonheur du monde ».

Aux amis d'enfance,
Adeline, Mila, Seb et Eva, Arno... et j'en passe,
Nous avons grandi ensemble et l'amitié est toujours d'actualité.

A l'équipe du Plessis Picard,
David, Vivi, & Antho, Cécé & Gigi, Marie, Kitty, Ouinouin...
Aux souvenirs de nos week-end de championnats, aux soirées et aux vacances partagées, passées
et à venir. « truc de ouf » sera toujours là...et ses « blaguou-nath » aussi.

A l'équipe du centre équestre de Lésigny, Benoît et ses acolytes,
Pour sa gentillesse et sa disponibilité,
Pour les soins dispensés à Irose tout au long de mon internat.
A ses cavaliers, Julien, GuillaumeS, Caro, Alex, Rolande...
Pour leur sympathie et les délires partagés.

A mes co-internes Vincent, Antoine, Emilie et Agathe,
Aux assistantes du CIRALE et d'Alfort,
Merci pour les longues journées de consultation passées à travailler en équipe.

A mon groupe de clinique et à la T1 équine 2005 pour ses belles années écoulées,
Bonne continuation.

A Elvire, pour ses longs soutiens téléphoniques.

A l'ensemble des vétérinaires de la clinique de Bailly,
Pour leur accueils répétés, toujours aussi chaleureux,
Pour les connaissances et les conseils qu'ils m'ont apportés,
A Anthony, pour sa passion du métier qu'il a transmise.

A mes professeurs du Lycée Descartes et de Lakanal,
Pour m'avoir permis d'intégrer cette école.

A P'ti cœur, Mr Coco et Kilélé...
Une équipe de vainqueurs !

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES.....	5
LISTE DES ABREVIATIONS.....	11
INTRODUCTION	13
PREMIERE PARTIE : NOTIONS PRELIMINAIRES	15
I - RAPPELS ANATOMIQUES : LE TENDON FLECHISSEUR PROFOND DU DOIGT (PERFORANT).....	15
A - ANATOMIE DESCRIPTIVE.....	15
1. Le muscle fléchisseur profond du doigt, d'après Barone [3,4], Denoix [24], Fischer [53].	15
2. Le tendon fléchisseur profond du doigt (T.F.P.D.).....	17
3. Vascularisation et innervation du tendon.....	21
B - ANATOMIE FONCTIONNELLE	24
1. A l'appui	24
2. Au soutien	26
3. Conséquences : le syndrome podo-trochléaire	26
II - L'EXAMEN ECHOGRAPHIQUE, APPLICATION A L'EXAMEN DU PERFORANT.....	27
A - BASES PHYSIQUES DE L'ECHOGRAPHIE, D'APRES BEGON [5]	27
1. Les ondes ultrasonores.....	27
2. Formation des échos	28
3. Formation de l'image ultrasonore.....	29
4. Qualité de l'image échographique	30
5. Matériel.....	31
6. Techniques d'examen	32
B - SEMIOLOGIE ECHOGRAPHIQUE, D'APRES BEGON [5]	33
1. Images tissulaires	33
2. Images des interfaces et des parois	33
3. Artéfacts.....	33
C - ECHOGRAPHIE TENDINEUSE, D'APRES DENOIX [34]	36
1. Règles techniques de base.....	36
2. Incidences et conditions d'examen	36
3. Signes échographiques.....	37
D - APPLICATIONS : ECHO-ANATOMIE DU PERFORANT EN REGION DIGITALE.....	39
1. Région digitale proximale.....	40
2. Région digitale distale.....	41
3. Partie distale de l'appareil podo-trochléaire par abord trans-furcal.....	42
III - L'EXAMEN RADIOGRAPHIQUE.....	45
A - PRINCIPES DE LA RADIOGRAPHIE, D'APRES BEGON [6]	45
1. Les rayons X : de leur production à leur interaction avec la matière	45
2. Formation de l'image.....	47
B - APPLICATION : EXAMEN RADIOGRAPHIQUE DU PIED DU CHEVAL	48
1. Préparation du sujet.....	48

2.	Radio-anatomie du pied du cheval.....	48
IV -	AUTRES TECHNIQUES D'IMAGERIE UTILISEES POUR L'EVALUATION	
	DU PIED DU CHEVAL	51
A -	L'IMAGERIE PAR RESONANCE MAGNETIQUE	51
1.	Bases physiques de l'imagerie par résonance magnétique	51
2.	Réalisation de l'examen d'imagerie par résonance magnétique chez le cheval	53
3.	Interprétation des images	54
4.	Application : examen du pied du cheval.....	56
B -	LA SCINTIGRAPHIE.....	57
1.	Principes de réalisation d'un examen scintigraphique, d'après Dyson [44]......	57
2.	Images scintigraphiques du pied du cheval	61
C -	LA THERMOGRAPHIE	62
1.	Principes de la thermographie.....	62
2.	Images thermographiques du pied du cheval.....	62
D -	AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES DIFFERENTES TECHNIQUES	
	D'IMAGERIE UTILISEES AU CENTRE.....	63
	DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES.....	65
I -	MATERIEL DE L'ETUDE	65
A -	LES CHEVAUX INCLUS DANS L'ETUDE	65
B -	LA BASE DE DONNEES : DOSSIER DU CIRALE	65
C -	LE MATERIEL D'IMAGERIE	65
1.	L'échographe	65
2.	La radiographie	66
3.	L'I.R.M.	67
4.	La scintigraphie.....	67
II -	METHODES	68
A -	INFORMATIONS CONCERNANT LES CHEVAUX	68
B -	EXAMEN PHYSIQUE	68
1.	L'inspection	68
2.	La palpation et la pression	68
3.	La mobilisation	68
C -	EXAMEN DYNAMIQUE	71
1.	Membre(s) affecté(s).....	71
2.	Caractéristiques de la boiterie.....	71
3.	Tests de flexion.....	71
D -	EXAMENS D'INVESTIGATIONS LESIONNELLES REALISEES PAR	
	IMAGERIE	72
1.	Examen échographique.....	72
2.	Examen radiographique	73
3.	Examen d'imagerie par résonance magnétique	74
4.	Conclusion des examens d'imagerie.....	75
E -	EXAMENS D'INVESTIGATIONS TOPOGRAPHIQUES	76
1.	Anesthésies sémiologiques	76
2.	Examen scintigraphie.....	78
3.	Examen thermographique	80
F -	THERAPEUTIQUE ET CONDUITE À TENIR.....	80
1.	Suggestions de maréchalerie.....	80
2.	Thérapeutiques conseillées	80
3.	Thérapeutiques conseillées	80
	TROISIEME PARTIE : RESULTATS	81

I -	REPARTITION DES CAS DE L'ETUDE	81
A -	SEXE	81
1.	Répartition de l'effectif de l'étude selon le sexe	81
2.	Répartition des chevaux examinés au CIRALE selon le sexe	82
B -	RACE ET DISCIPLINE PRATIQUEE	83
1.	Répartition de l'effectif de l'étude selon la race	83
2.	Répartition de l'effectif des chevaux examinés au CIRALE selon la race	83
3.	Répartition de l'effectif de l'étude selon la discipline	84
4.	Répartition de l'effectif des chevaux examinés au CIRALE selon la discipline	85
C -	AGE	86
1.	Age moyen	86
2.	Répartition de l'effectif par classe d'âge	87
3.	Répartition de l'effectif des chevaux examinés au CIRALE en fonction de l'âge	88
4.	Distribution de l'effectif en fonction de l'âge et de la discipline pratiquée	89
II -	CONSULTATION EFFECTUEE AU CENTRE	91
A -	MOTIF DE CONSULTATION	91
B -	ANCIENNETE DE LA BOITERIE	92
C -	EXAMEN PHYSIQUE	92
1.	Signes d'appels	93
2.	Signes locaux	93
3.	Autres éléments de l'examen physique : les défauts d'aplomb	96
D -	EXAMEN DYNAMIQUE REALISE AU CENTRE	97
1.	Gradation de la boiterie	97
2.	Circonstances aggravantes de la boiterie	97
3.	Modification des phases de la foulée	99
4.	Tests de flexion	100
E -	DESCRIPTION DES LESIONS DE TENDINOPATHIE DU PERFORANT	102
1.	Membre(s) atteint(s)	102
2.	Localisation de la tendinopathie du perforant	103
3.	Examen du membre contro-latéral	106
F -	EXAMENS D'INVESTIGATIONS TOPOGRAPHIQUES	107
1.	Résultats des anesthésies diagnostiques	107
2.	Examen scintigraphique	109
3.	Thermographie	111
G -	INVESTIGATIONS LESIONNELLES REALISEES PAR IMAGERIE	112
1.	Utilisation des différentes techniques d'imagerie	112
2.	Résultats des différentes techniques d'imagerie	116
H -	THERAPEUTIQUE ET CONDUITE À TENIR	126
1.	Maréchalerie	126
2.	Traitement médical	131
3.	Traitement chirurgical	134
QUATRIEME PARTIE : DISCUSSION – COMPARAISON AVEC LES DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES		137
I -	ETIOLOGIE	137
A -	LES LESIONS TENDINEUSES	137
1.	Rappels : composition et organisation d'un tendon normal	137
2.	Composition et organisation du tendon lésé	139
3.	Classification des tendinopathies	139
B -	ETIOLOGIE DU SYNDROME PODO-TROCHLEAIRE	140
1.	Phénomène ischémique	141

2.	Hyperthermie locale.....	141
3.	Modification de la matrice protéique.....	141
4.	Stress mécanique et microtraumatismes.....	141
C -	FACTEURS DE RISQUE ET FACTEURS DE PROTECTION.....	142
1.	Sexe.....	142
2.	Race et discipline pratiquée.....	142
3.	Age.....	143
4.	Sols.....	143
5.	Défaut de conformation.....	143
II -	EXAMEN PHYSIQUE DES CHEVAUX PRESENTANT UNE	
	TENDINOPATHIE DISTALE DU PERFORANT.....	145
A -	SIGNES D'APPEL.....	145
1.	Position antalgique.....	145
2.	Signes de soulagement chronique.....	145
B -	SIGNES LOCAUX.....	146
1.	Sensibilité.....	146
2.	Déformation de la face palmaire du paturon.....	147
3.	Déformation de la face dorsale du paturon.....	147
4.	Autres.....	147
III -	EXAMEN DYNAMIQUE DES CHEVAUX PRESENTANT UNE	
	TENDINOPATHIE DISTALE DU PERFORANT.....	148
A -	NOTIONS DE BIOMECHANIQUE.....	151
1.	Notion de force et de moment de force.....	151
2.	Application : l'articulation inter-phalangienne distale, d'après Buchner [13].....	151
3.	Résultats.....	152
B -	SEMILOGIE DE LA BOITERIE.....	155
1.	Grade de la boiterie.....	155
2.	Circonstances de l'examen.....	155
3.	Phases de la foulée.....	155
4.	Poser du pied.....	156
5.	Tests de flexion.....	156
6.	Ancienneté de la boiterie.....	156
C -	ANESTHESIES DIAGNOSTIQUES.....	157
1.	Anesthésies tronculaires.....	157
2.	Anesthésies synoviales.....	157
IV -	INVESTIGATIONS REALISEES PAR IMAGERIE.....	159
A -	REPARTITION LESIONNELLE.....	159
1.	Membres atteints.....	159
2.	Localisation lésionnelle.....	160
3.	Lobe(s) atteint(s).....	160
4.	Examen du membre contro-latéral.....	160
B -	EXAMEN ECHOGRAPHIQUE.....	160
1.	Images échographiques anormales du T.F.P.D.....	160
2.	Lésions de l'appareil podo-trochléaire diagnostiquée par échographie.....	161
3.	Intérêt de l'examen échographique par le vétérinaire « non spécialisé ».....	161
4.	Comparaison entre examen échographique et I.R.M. (cf. infra).....	161
C -	EXAMEN RADIOGRAPHIQUE.....	162
1.	Intérêt de la radiographie dans l'examen du pied du cheval.....	162
2.	Fiabilité de la radiographie dans l'examen du pied du cheval.....	162
3.	Evaluation de la région infra-sésamoïdienne du T.F.P.D. (enthèse).....	162
4.	Evaluation de la région sésamoïdienne du T.F.P.D.....	162

	5. Evaluation de l'appareil podo-trochléaire.....	163
D -	EXAMEN D'IMAGERIE PAR RESONNANCE MAGNETIQUE	163
	1. Evaluation lésionnelle par I.R.M.	163
	2. Sensibilité et spécificité de l'I.R.M. pour l'examen du pied du cheval	166
	3. Corrélation entre images I.R.M. et lésions histologiques	166
	4. Comparaison entre I.R.M. et examen échographique – intérêt diagnostique	167
	5. Intérêts comparés de l'I.R.M. et de la tomodensitométrie	167
E -	EXAMEN SCINTIGRAPHIQUE	168
	1. Réalisation de l'examen scintigraphique	168
	2. Modification de l'activité scintigraphique du pied du cheval – comparaison à l'étude de Dyson [44].....	169
	3. Corrélation entre examen scintigraphique et anesthésies diagnostiques	170
	4. Cartographie de l'activité scintigraphique	170
F -	EXAMEN THERMOGRAPHIQUE	170
V -	THERAPEUTIQUE ET CONDUITE À TENIR	171
A -	ACTIVITE.....	171
	1. Restriction d'activité.....	171
	2. Reprise de l'activité	172
B -	MARECHALERIE	172
	1. Augmenter le support en région palmaire (plantaire) du pied	172
	2. Favoriser le roulement antéro-postérieur du pied	176
	3. Diminuer les vibrations.....	176
	4. Diminuer les contraintes latéro-médiales.....	176
	5. Choix de la ferrure prescrite	176
	6. Ferrures contre-indiquées.....	177
C -	TRAITEMENT MEDICAL	177
	1. Traitement par voie générale	177
	2. Traitement par voie locale	184
D -	TRAITEMENT CHIRURGICAL	186
	1. Névrectomie des nerfs digitaux propres	186
	2. Autres techniques chirurgicales	187
E -	CONCLUSION : OPTIONS THERAPEUTIQUES DISPONIBLES DANS LE CAS DE SYNDROME PODO-TROCHLEAIRE CHEZ LE CHEVAL	188
	CONCLUSION	191
	BIBLIOGRAPHIE	195
	ANNEXES	203

LISTE DES ABREVIATIONS

- = négatif
+ = positif
AA = anglo-arabe
AD = antérieur droit
AG = antérieur gauche
AINS = anti-inflammatoire non stéroïdiens
ANDD = anesthésie nerveuse digitale distale
ANDP = anesthésie nerveuse digitale proximale
BPT = bourse podo-trochléaire
CIRALE = Centre d'Imagerie et de Recherche Appliqué à la Locomotion des Equidés
C.S.O. = concours de saut d'obstacle
C.S.I.O. = concours internationale de saut d'obstacle
C.C.E. = concours complet d'équitation
CV = cheval
G.A.G. = glycosaminoglycane
IPD = inter-phalangien distal
I.R.M. = imagerie par résonance magnétique
IS = infra-sésamoïdien
LADD = ligament annulaire digital distal
LSCOLL = ligament sésamoïdien collatéral
LSDI = ligament sésamoïdien distal impair
O.S.D. = os sésamoïde distal
PD = postérieure droit
PG = postérieur gauche
PIRIPOA = pas d'image radiographique indicatrice de pathologie ostéo-articulaire
PS = pur-sang
S = sésamoïdien
SF = selle français
SS = supra-sésamoïdien
TF = trotteur français
T.F.P.D. = tendon fléchisseur profond du doigt
T.F.S.D. = tendon fléchisseur superficiel du doigt

INTRODUCTION

La douleur en région podale est une cause fréquente de boiterie chez le cheval. Cette boiterie est souvent caractéristique et son origine est aisément confirmée par la réalisation d'anesthésie tronculaire diagnostique.

Le syndrome podo-trochléaire est une pathologie désormais bien documentée ; ce terme désigne un syndrome et non une pathologie : le cheval présente une douleur en région palmaire du pied et présente souvent une locomotion caractéristique avec notamment une diminution de la phase postérieure de la foulée.

Il est désormais établi que le syndrome podo-trochléaire peut être associé à une lésion de type ostéo-articulaire mais également à une atteinte des tissus mous de l'appareil podo-trochléaire. La tendinopathie du fléchisseur profond du doigt en région digitale distale en est une composante essentielle ; cette affection présente un caractère dégénératif d'étiologie mal connue mais d'origine multifactorielle.

En premier lieu, des notions d'anatomie et d'imagerie médicale font l'objet de rappels fondamentaux. L'investigation lésionnelle par imagerie est limitée par la conformation anatomique du pied, présence de la boîte cornée et concavité du creux du paturon. Après l'exposé du matériel et des méthodes utilisées, les résultats permettent de préciser que les chevaux de sport et les chevaux adultes constituent la population la plus fréquemment atteinte par cette pathologie. Ce travail permet également de préciser les caractéristiques cliniques et lésionnelles des cas étudiés.

Enfin, une discussion permet d'établir un bilan clinique des données recueillies. De plus, cette étude permet de comparer l'intérêt diagnostique des différentes techniques d'imagerie. La radiographie est l'examen complémentaire le plus fréquemment utilisé ; cependant, cet examen assure une bonne évaluation des structures osseuses mais présente un intérêt diagnostique limité pour l'examen des tissus mous. L'échographie permet de réaliser un bilan d'imagerie satisfaisant des tissus mous mais la boîte cornée s'oppose au passage des faisceaux ultrasonores ce qui limite l'évaluation du tendon perforant en région digitale distale. Plus récemment, l'imagerie par résonance magnétique a fait son apparition dans le monde vétérinaire. Cette technique assure une bonne évaluation lésionnelle conjointe des structures osseuses et des tissus mous et elle s'impose comme un examen de choix d'imagerie du pied du cheval. Cependant, cet examen demeure coûteux, peu accessible et nécessite une anesthésie générale.

PREMIERE PARTIE : NOTIONS PRELIMINAIRES

I - RAPPELS ANATOMIQUES : LE TENDON FLECHISSEUR PROFOND DU DOIGT (PERFORANT)

A - ANATOMIE DESCRIPTIVE

La connaissance de l'anatomie est un pré requis indispensable à la compréhension et à l'interprétation des techniques d'imagerie telles que l'échographie ou l'imagerie par résonance magnétique.

Le tendon est, par définition un tissu conjonctif fibreux dense reliant un muscle à un os. Ainsi, le tendon fléchisseur profond du doigt relie le muscle fléchisseur profond du doigt à la phalange distale.

1. Le muscle fléchisseur profond du doigt, d'après Barone [3,4], Denoix [24], Fischer [53].

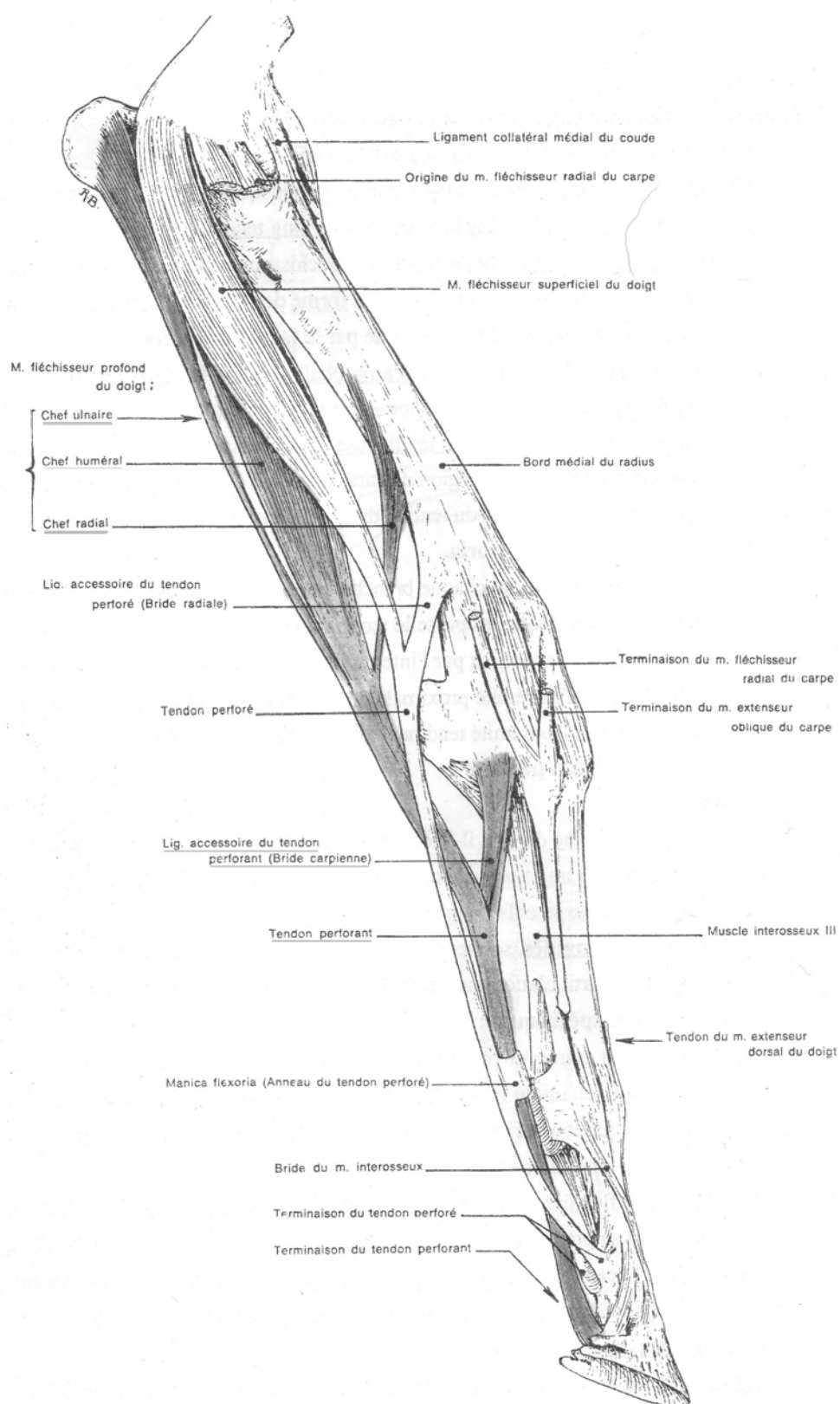
L'anatomie du tendon fléchisseur profond du doigt est très similaire sur les membres thoracique et pelvien. Ainsi, nous centrerons l'étude sur le membre thoracique puis décrirons les particularités du membre pelvien.

Sur le membre thoracique, le muscle fléchisseur profond du doigt est situé en face palmaire du radius ; il est formé par la réunion de trois chefs (figure 1) :

- * Le **chef huméral** est le chef principal ; il a son origine sur l'épicondyle médial de l'humérus. Il contient des fibres musculaires jusqu'à ce qu'il soit rejoint par les chefs ulnaire et radial
- * Le **chef ulnaire** est fixé proximalelement sur le bord caudal de l'olécrâne chez les ongulés
- * Enfin, le **chef radial** s'insère à la face palmaire du radius.

Ces trois chefs s'unissent au dessous du carpe en un fort tendon aplati dans le sens dorso-palmar : le tendon fléchisseur profond du doigt (T.F.P.D.).

Figure 1 : Anatomie du membre thoracique, d'après Barone [3, 4].



2. Le tendon fléchisseur profond du doigt (T.F.P.D.)

2.1. Région du carpe

Sur le membre antérieur, le perforant passe à la face palmaire du carpe. Il apparaît 8 à 10 cm proximement à l'articulation antébrachio-carpienne. Il présente à ce niveau une forme triangulaire et s'affine progressivement pour devenir étroit et rond en région métacarpienne proximale.

En face palmaire du carpe, le tendon fléchisseur profond du doigt chemine, avec le tendon fléchisseur superficiel dans le **canal carpien**. Il s'agit d'un « tunnel » fermé :

- * en profondeur par la face palmaire du carpe,
- * latéralement par l'os accessoire et ses ligaments,
- * en superficie, par le rétinaculum des fléchisseurs.

2.2. Région du métacarpe

2.2.1. Région métacarpienne proximale

A mi-hauteur du métacarpe, ce tendon reçoit un renfort fibreux appelé le **ligament accessoire ou bride carpienne**. Le ligament accessoire correspond à un renforcement du ligament commun palmaire du carpe qui constitue la partie palmaire de la capsule articulaire du carpe.

Proximement, le ligament accessoire présente une section rectangulaire puis il devient plus étroit et s'épaissit distalement pour rejoindre la face dorsale du perforant dans le tiers proximal du canon.

Ainsi, le tendon fléchisseur profond du doigt se situe entre le tendon fléchisseur superficiel du doigt palmairement et son ligament accessoire dorsalement. Le tendon est alors plus étroit et arrondi.

2.2.2. Région métacarpienne distale

Plus distalement, les tendons fléchisseurs superficiel et profond glissent à l'intérieur de la **gaine digitale** (et ce, jusqu'à leur insertion respective distale). Les parois de cette gaine sont constituées :

- * Pour la face dorsale, par la face palmaire de chaque phalange complétée par une surface de glissement appelée scutum. On distingue donc trois scutum :
 - le scutum proximal est constitué par la face palmaire des os sésamoïdiens proximaux et le ligament inter-sésamoïdien,
 - le scutum moyen est situé en regard de l'articulation inter-phalangienne proximale,
 - le scutum distal est constitué par la face palmaire du sésamoïde distal et ses ligaments.
- * Pour la face palmaire, par le fascia digital et ses renforcements (ligaments annulaires)

Les tendons coulisent à l'intérieur de cette gaine grâce à la synoviale qui est très développée. Lors des mouvements de flexion et d'extension du boulet, les deux tendons fléchisseurs glissent ensemble.

Remarque : chez les équidés, les tendinopathies des fléchisseurs superficiel et profond sont très fréquentes ; l'inflammation chronique peut entraîner des adhérences avec le fascia palmaire et la gaine digitale ce qui entrave les mouvements normaux des tendons.

Dans le tiers distal du métacarpe, le tendon présente une section ovale.

2.3. Région métacarpo-phalangienne

Au sein de la gaine digitale, le T.F.P.D. traverse la **manica flexoria** délimitée par le T.F.S.D. Cette disposition particulière à travers la manica flexoria, formée par le tendon fléchisseur superficiel du doigt, lui vaut l'appellation de tendon perforant.

L'unique « branche » du tendon perforant présente chez les équidés passe ainsi en regard de la région métacarpo-phalangienne. En regard du scutum proximal, le tendon possède une structure fibrocartilagineuse, sa section est elliptique.

2.4. Région digitale

Le tendon fléchisseur profond passe palmairement aux phalanges proximale, moyenne et distale (figure 2).

2.4.1. En regard de la phalange proximale

Le tendon se situe dorsalement au T.F.S.D. et palmairement au ligament sésamoïdien droit. Il est entouré de la gaine digitale sur toute la longueur du paturon.

Le perforant se divise en deux lobes, rond et symétriques et les fibres tendineuses sont alors disposées en spirale.

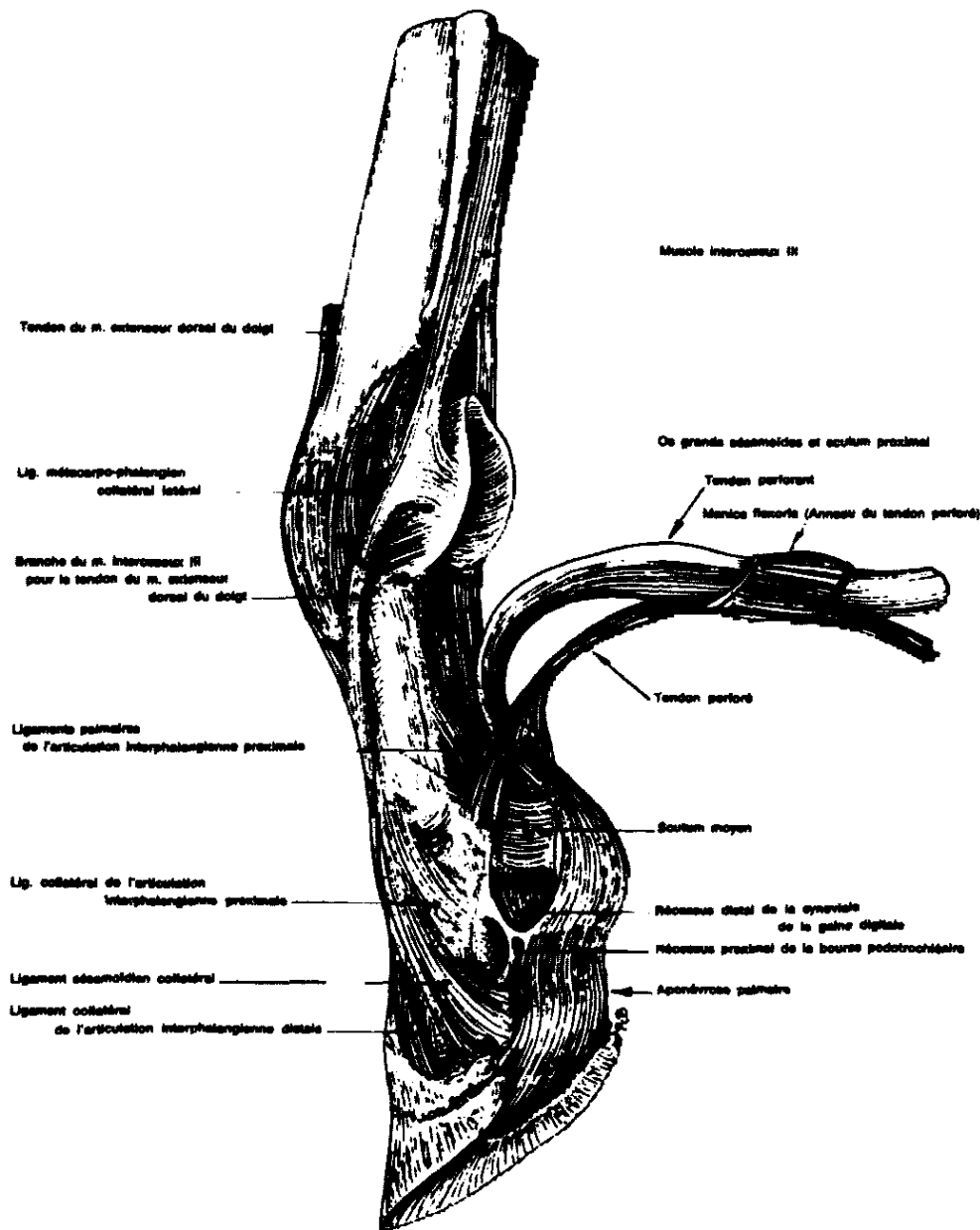
L'épaisseur et la largeur du tendon diminuent distalement : son étroitesse est maximale lorsqu'il croise les deux branches du tendon fléchisseur superficiel du doigt. Puis à mi hauteur de la phalange proximale, il s'élargit de nouveau dans les deux directions dorso-palmaire et latéro-médiale pour constituer l'aponévrose palmaire.

2.4.2. En regard de la phalange moyenne

* Proximement à l'os sésamoïde distal, le T.F.P.D. est apposé palmairement au récessus proximal de la bourse podo-trochléaire. Le tendon est dorsal au ligament annulaire digital distal. La moitié dorsale du tendon constitue un coussinet fibro-cartilagineux.

* En regard de l'os sésamoïde distal, le tendon épouse la face palmaire (plantaire) de l'os sésamoïde distal constituant une réelle surface de glissement et appelée la faciès flexoria. Il chemine palmairement à la bourse podo-trochléaire cette dernière déléguant un récessus proximal et un récessus distal par rapport à l'os sésamoïde distal. Le récessus distal de la bourse podo-trochléaire sépare le T.F.P.D. du ligament sésamoïdien distal impair.

Figure 2 : Anatomie du doigt du cheval, d'après Barone [4].



2.4.3. En regard de la phalange distale

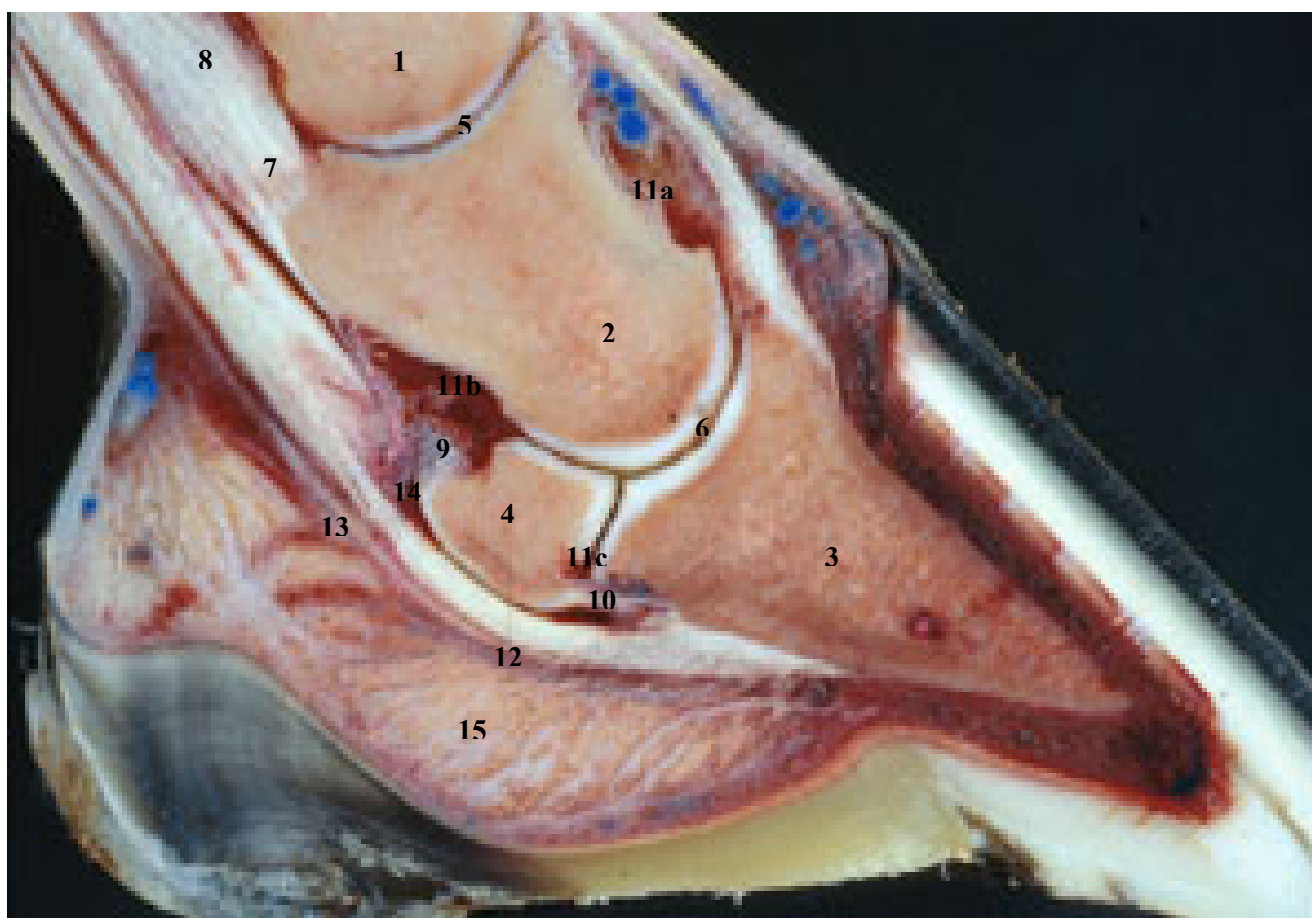
La figure 3 présente une coupe sagittale du pied du cheval.

Le ligament sésamoïdien distal impair est situé dorsalement au récessus distal de la bourse podo-trochléaire, lui-même dorsal par rapport au T.F.P.D.

Le T.F.P.D. se termine sur le tubercule d'insertion situé à la face palmaire de la phalange distale (ligne semi lunaire). Le tendon comble alors la totalité de l'espace compris entre les processus palmaires latéral et médial de la phalange distale.

Le ligament annulaire digital distal (fascia de renforcement de l'aponévrose palmaire) adhère intimement à la face palmaire de la partie terminale du perforant.

Figure 3 : Coupe sagittale du pied du cheval, d'après Denoix [24].



- 1 - phalange proximale ;
- 2 - phalange moyenne ;
- 3 - phalange distale ;
- 4 - os sésamoïde distal ;
- 5 - articulation inter-phalangienne proximale ;
- 6 - articulation inter-phalangienne distale ;
- 7 - scutum moyen ;
- 8 - ligament sésamoïdien droit ;
- 9 - ligament sésamoïdien collatéral ;
- 10 - ligament sésamoïdien distal impair ;
- 11 - récessus dorsal (a), proximo-palmar (b) et disto-palmar (c) de l'articulation inter-phalangienne distale ;
- 12 - T.F.P.D. ;
- 13 - ligament annulaire digital distal ;
- 14 - bourse podo-trochléaire ;
- 15 - coussinet digital.

2.5. Particularités du membre pelvien

Sur le membre postérieur, le tendon fléchisseur profond du doigt résulte de la convergence des tendons des muscles fléchisseur latéral du doigt (le plus gros), fléchisseur médial du doigt et tibial caudal :

- * Le tendon du muscle tibial caudal rejoint le tendon du fléchisseur latéral proximale au sustentaculum tali.

- * Le tendon fléchisseur médial du doigt rejoint à son tour le tendon fléchisseur latéral dans le quart proximal du métatarsien.

Le tendon reçoit un renforcement, la bride tarsienne (ou ligament accessoire du tendon fléchisseur profond du doigt) ; celle-ci est plus faible que la bride carpienne (elle est moins sollicitée lors de l'amortissement) et se confond avec le tendon à mi-hauteur du métatarse.

3. Vascularisation et innervation du tendon

3.1. Vascularisation

La vascularisation du tendon se situe à plusieurs niveaux : au niveau de la jonction musculo-tendineuse et des synoviales, à l'insertion osseuse, et ailleurs par le paratendon.

3.2. Innervation

3.2.1. Rappels anatomiques

Le plexus brachial est constitué de l'origine des nerfs spinaux (C5 – T1). Ce plexus sort sous le muscle scalène moyen et se dirige obliquement vers l'arrière. Il assure l'innervation du tronc, de la ceinture du membre thoracique et du membre à proprement parlé.

On compte quatre nerfs principaux qui participent à l'innervation du membre thoracique : les nerf radial, musculo-cutané, médian et ulnaire.

- * **Nerf radial** : il assure l'innervation motrice des muscles extenseurs de l'avant-bras et de la main et sensitive pour la moitié distale de la face latérale du bras et la face crânio-latérale de l'avant bras.

Le nerf radial se termine avant d'atteindre la main.

- * **Nerf musculo-cutané** : il assure l'innervation motrice des muscles fléchisseurs de l'avant bras et sensitive pour la face médiale de l'avant bras.

- * **Nerf médian** : il assure l'innervation motrice des muscles fléchisseurs du doigt et **sensitive pour la région digitale palmaire**.

Le nerf médian fournit, avec la participation du nerf ulnaire, le nerf digital commun palmaire puis le **nerf digital propre palmaire**. L'anastomose s'effectue au tiers moyen de la face palmaire de la région tendineuse.

- * **Nerf ulnaire** : il assure l'innervation motrice des muscles fléchisseur ulnaire du carpe, fléchisseur superficiel du doigt et le chef ulnaire du fléchisseur profond du doigt. Il participe également à l'innervation sensitive des régions anté-brachiale caudale, métacarpienne latérale et **digitale palmaire** (profonde).

3.2.1. Application : anesthésies sémiologiques tronculaires, d'après Denoix [31, 33].

* Anesthésie nerveuse digitale distale :

L'anesthésie digitale distale concerne le rameau palmaire du nerf digital propre palmaire en partie distale du paturon.

Les formations totalement ou partiellement insensibilisées par cette technique sont reportées dans le tableau 1. Notons que les différentes entités de l'appareil podo-trochléaire, c'est-à-dire l'os sésamoïde distal, la partie distale du T.F.P.D., les ligaments sésamoïdiens collatéraux et distal impair, la bourse podo-trochléaire et le ligament annulaire digital distal sont fréquemment insensibilisés.

* Anesthésie nerveuse digitale moyenne :

L'anesthésie diagnostique concerne les rameaux palmaire et intermédiaire du nerf digital propre palmaire.

Cette anesthésie concerne l'articulation inter-phalangienne distale, ce qui constitue un de ses principaux intérêts.

* Anesthésie nerveuse digitale proximale :

L'anesthésie diagnostique concerne les rameaux palmaire, intermédiaire et dorsal du nerf digital propre palmaire.

Tous les éléments anatomiques insensibilisés par les anesthésies nerveuses distale et moyenne demeurent insensibilisés. Cette anesthésie insensibilise également les tendons et ligaments en région moyenne et proximale du paturon et la totalité de la boîte cornée.

Tableau 1 : Anesthésie nerveuse digitale distale, d’après Denoix [33].

Anesthésie nerveuse digitale distale et lésions les plus fréquemment rencontrées	
<i>Formations insensibilisées → ANDD positive</i>	
<u>Appareil podo-trochléaire :</u> - os sésamoïde distal - ligaments sésamoïdiens collatéraux et distal impair - bourse podo-trochléaire - T.F.P.D. - le ligament annulaire digital distal	- fracture, fêlure, sclérose, kyste osseux, remaniements osseux - desmopathie - bursite - tendinopathie - desmopathie
<u>Phalange distale :</u> - les processus palmaires - surface d’insertion du T.F.P.D. - face solaire	- fracture, hyperostose - enthésopathie distale du T.F.P.D. - fracture, kératome
<u>Coussinet digital</u>	- blessure
<u>Cartilages ungulaires</u>	- hyperostose ± fracture
<u>Partie palmaire de la membrane kératogène,</u>	- plaie, bleime, abcès, seime
<u>Formations conjonctivo-vasculaires de la partie postérieure du pied</u>	- plaie, crevasse, névralgie
<i>Formations partiellement insensibilisées → ANDD partiellement positive</i>	
<u>Partie dorsale de la phalange distale</u>	- fragmentation du processus extensorius
<u>Articulations inter-phalangiennes distale et proximale</u>	- arthropathie, synovite
<u>Tendons et ligaments en région digitale proximale et moyenne</u>	- tendinopathie, desmopathie

B - ANATOMIE FONCTIONNELLE

1. A l'appui

1.1. Stabilisation articulaire

Le muscle et le tendon fléchisseur profond du doigt interviennent dans la stabilisation de plusieurs articulations :

1.1.1. Coude

Le chef huméral, chef principal du muscle fléchisseur profond du doigt s'insère proximale sur l'épicondyle huméral médial. Ainsi, ce muscle limite la flexion du coude.

1.1.2. Carpe

La tension de la bride carpienne intervient dans l'extension de l'articulation du carpe. Toutefois, la partie proximale du tendon en diminue l'extension.

1.1.3. Boulet

Figure 4 : Déformations du membre en charge, sollicitations des tendons fléchisseurs du doigt et du ligament suspenseur du boulet, d'après Denoix [29].

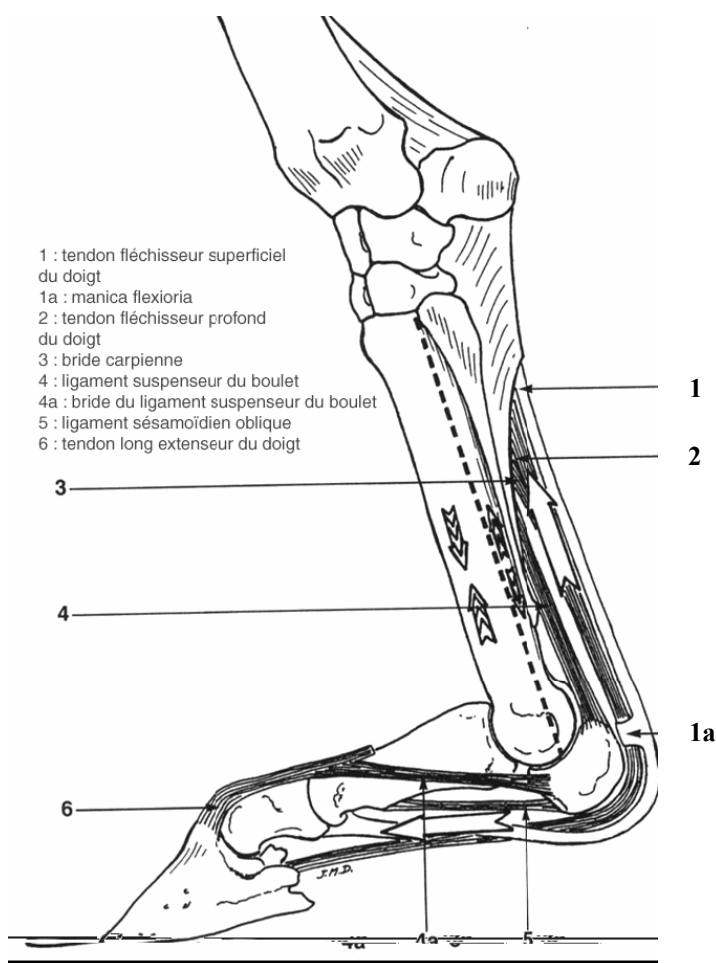
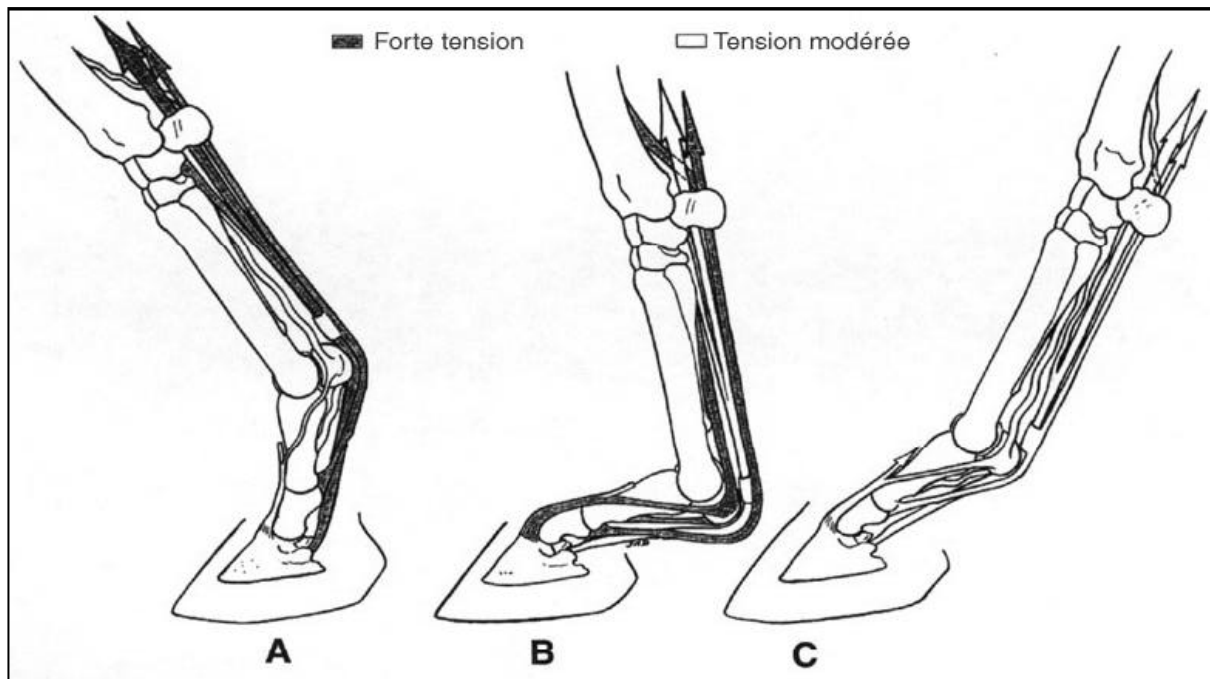


Figure 5 : Anatomie fonctionnelle des tendons fléchisseurs du doigt, de leurs ligaments accessoires et du ligament suspenseur du boulet, pendant la phase d'appui, d'après Denoix [29].



Le tendon intervient sur le boulet en limitant l'extension de l'articulation métacarpo-phalangienne lors de la phase d'appui (figures 4 et 5). Il y subit des contraintes :

- * Tension entre ses attaches proximale (ligament accessoire) et distale,
- * Compression par le ligament inter sésamoïdien sur sa face dorsale.

1.1.4. Articulation inter-phalangienne proximale

Le tendon fléchisseur profond limite l'extension de l'articulation inter-phalangienne proximale.

1.1.5. Articulation inter-phalangienne distale

En la face palmaire de la phalange moyenne, la partie dorsale du tendon est fibro-cartilagineuse ; elle supporte les pressions exercées par la tubérosité flexoria de la phalange moyenne. De plus, elle maintient l'orientation du pied en stabilisant l'articulation inter-phalangienne distale et prévient ainsi la luxation palmaire de la phalange moyenne ; elle oriente la pression de la phalange moyenne dorsalement sur la surface articulaire de la phalange distale.

* Mobilisation articulaire :

Le rapport entre le tendon fléchisseur profond du doigt et l'os sésamoïde distal varie beaucoup au cours de la phase d'appui.

Au cours de l'amortissement, première partie de la phase de l'appui, le T.F.P.D. intervient à deux niveaux :

- Il facilite la flexion de l'articulation inter-phalangienne proximale ; il s'agit d'une action antagoniste à celle du T.F.S.D.

- Lorsque le pied se pose au sol, les pressions exercées sur ce dernier sont centrées en avant du centre de rotation de l'articulation inter-phalangienne distale : il en découle une tendance à l'affaissement du pied par un mouvement d'extension. Le muscle fléchisseur profond intervient alors en limitant l'extension de l'articulation inter-phalangienne distale. A ce moment, le T.F.P.D. est en contact avec le bord distal de l'os sésamoïde distal.

* Propulsion :

La propulsion correspond à la dernière partie de la phase d'appui. A ce moment, la contraction active du muscle fléchisseur profond du doigt associée à l'élasticité du tendon et de son ligament accessoire contribue à l'élévation du boulet donc à la propulsion.

L'extension inter-phalangienne proximale induit alors un contact entre la tubérosité flexoria de la phalange moyenne et la partie fibro-cartilagineuse du T.F.P.D.

Durant la phase de propulsion, le T.F.P.D. prend appui sur le scutum distal et vient en contact étroit avec l'os sésamoïde distal : l'angulation du tendon par rapport à l'os sésamoïde distal entraîne une augmentation de contrainte sur la face flexoria qui peut être à l'origine de lésions ; l'os sésamoïde distal tourne dorsalement. Ainsi, le scutum distal apparaît comme une structure anatomique indispensable aux mouvements de flexion et surtout d'extension phalangienne distale : il facilite la rotation du pied, c'est-à-dire le roulement en pince et le soulèvement des talons.

(cf. infra biomécanique)

2. Au soutien

Dès le début de la phase de soutien, le mouvement de flexion des articulations inter-phalangiennes, du boulet et du carpe est permis par l'appareil fléchisseur profond. Ensuite, c'est une contraction musculaire active qui poursuit ce mouvement : le tendon se relâche et coulisse dans la gaine digitale et le canal carpien.

En conclusion, le tendon fléchisseur profond du doigt intervient lors de :

- * la flexion de la phalange distale par rapport à la phalange moyenne,
- * la flexion du doigt sur le métacarpe et de la main sur l'avant-bras,
- * au soutien du boulet lors de l'appui (rôle partagé avec le tendon fléchisseur superficiel du doigt et le muscle interosseux III).

3. Conséquences : le syndrome podo-trochléaire

Le syndrome podo-trochléaire correspond plus à une entité clinique qu'à une entité lésionnelle.

Cette pathologie locomotrice se traduit par une douleur en face palmaire du pied lors de l'extension inter-phalangienne distale. Ce syndrome peut être associé à une atteinte d'une ou de plusieurs structure(s) constituant l'appareil podo-trochléaire :

- * os sésamoïde distal, bourse podo-trochléaire,
- * tendon fléchisseur profond du doigt,
- * ligament sésamoïdien collatéral, ligament sésamoïdien distal impair,
- * ligament annulaire digital distal,
- * ligament chondro-sésamoïdien,
- * articulation inter-phalangienne distale.

II - L'EXAMEN ECHOGRAPHIQUE, APPLICATION A L'EXAMEN DU PERFORANT

L'échographie est une méthode d'investigation médicale qui utilise la réflexion (ou écho) des ultrasons dans les organes. Ce moyen d'imagerie, largement utilisé en médecine humaine, s'est développé en médecine vétérinaire dans les années 1980. Depuis, les progrès réalisés dans ce domaine ont été importants et l'échographie est devenue une technique d'imagerie médicale de plus en plus utilisée en pratique courante : les applications de l'ultrasonographie sont très nombreuses.

En pratique équine, elle est particulièrement utilisée pour diagnostiquer, évaluer et suivre les lésions tendineuses.

A - BASES PHYSIQUES DE L'ECHOGRAPHIE, D'APRES BEGON [5]

L'échographie est une méthode d'investigation fondée sur la réflexion des ultrasons sur les organes.

1. Les ondes ultrasonores

1.1. Le son

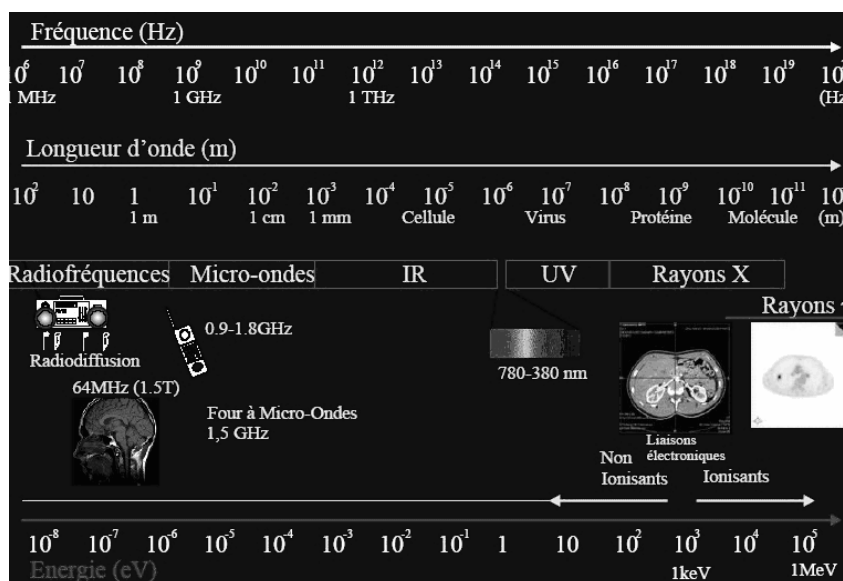
La naissance et l'entretien d'un son correspondent à la variation de pression résultant de la mise en mouvement longitudinal des particules constitutives du milieu de propagation.

Comme l'onde lumineuse, l'onde sonore est caractérisée par trois paramètres :

- * Sa vitesse ou célérité : C (en m.s^{-1}),
- * La longueur d'onde λ qui représente la distance séparant deux ondes successives (en m),
- * La fréquence F de l'onde correspondant au nombre de compressions et d'expansions que subissent les particules du milieu en une seconde. Elle s'exprime en cycles par secondes ou Hertz (Hz).

Ces trois paramètres sont liés par la relation suivante : $C = \lambda \times F$ (figure 6).

Figure 6 : Les sons : fréquence, longueur d'onde et énergie, d'après Felblinger [52].



1.2. Les ultrasons

Par définition, les ultrasons ont une fréquence supérieure à 20 000Hz ; ils sont donc inaudibles pour l'oreille humaine.

En échographie vétérinaire, les fréquences utilisées oscillent entre 2 et 10 millions de Hertz.

La vitesse de propagation de l'onde ultrasonore dépend du milieu considéré : elle est de 1 540 m/s environ dans les tissus mous et le sang, de 3 380 m/s dans l'os et de 354 m/s dans l'air. La vitesse de l'onde s'accroît donc avec la cohésion moléculaire du milieu traversé.

On peut attribuer à chaque milieu une grandeur appelée impédance acoustique Z , qui permet de caractériser ce milieu d'un point de vue acoustique.

2. Formation des échos

Les ultrasons se propagent en ligne droite. La surface de séparation entre deux milieux d'impédance acoustique différente s'appelle une interface acoustique. Sur cette interface, l'impédance Z est définie par le produit de deux caractéristiques du milieu : $Z = d \times C$, où d correspond à la densité et C à la vitesse de propagation des sons.

Un écho correspond à la réflexion d'une onde sonore lorsqu'elle rencontre un obstacle. Il existe deux modes de réflexion.

2.1. Réflexion de type « miroir »

Deux cas peuvent se présenter :

* L'obstacle forme un écran et toute l'énergie du faisceau incident est réfléchi ; le faisceau rétréci est nul, ce qui entraîne une perte d'information concernant les structures au-delà de l'obstacle (ex : l'os).

* L'obstacle est franchi, une partie du faisceau est réfléchi, l'autre réfractée, transmise. On pourra alors recevoir des échos provenant de structures plus profondes. Cela ne sera possible que si certaines conditions sont réalisées :

- Les variations d'impédance acoustique au niveau des interfaces doivent être suffisantes : la quantité d'ultrasons est d'autant plus grande que la différence d'impédance entre les deux milieux est grande ; ainsi, la réflexion est très forte à l'interface entre les tissus mous (à impédance moyenne), et l'air (à impédance très faible), ou entre les tissus mous et l'os (à impédance très forte). Cette interface apparaîtra alors échogène. En revanche, la réflexion est peu importante à l'interface entre deux tissus mous d'impédance acoustiques proches et l'interface apparaîtra peu échogène.

- Le faisceau incident doit être le plus perpendiculaire possible à l'interface, sans quoi l'écho sera « perdu » car il ne rencontrera pas le récepteur à son retour.

- La puissance initiale du faisceau doit être suffisante pour qu'il puisse atteindre les surfaces réfléchissantes successives : le faisceau ultrasonore transmis peut lui-même former de nouveaux échos lorsqu'il rencontre une nouvelle interface, et compléter ainsi l'image ultrasonore ; en revanche, si ce faisceau transmis est faible, il ne pourra plus former aucune image (par exemple, après une interface air – os).

- D'après les lois concernant la réflexion et la réfraction de l'onde sonore, la direction du faisceau réfléchi dépend de l'angle d'incidence.

2.2. Réflexion multidirectionnelle

Les particules de petite dimension sont à l'origine d'échos indépendants de l'angle d'incidence du faisceau ultrasonore.

Ce mode de réflexion est très important, en particulier pour la visualisation :

- * de la texture des parenchymes organiques et des muscles,
- * des parois sous incidences obliques ou tangentielles.

3. Formation de l'image ultrasonore

3.1. Emission – Réception

Schématiquement, un échographe est composé d'une sonde et d'un oscilloscope capable de transcrire les images.

Le principe de base de la formation de l'image échographique repose sur un phénomène physique appelé la **transduction**. D'une manière générale, la transduction correspond à la transformation d'une énergie en une énergie d'autre nature.

En ce qui concerne l'échographie, il s'agit d'une transduction particulière : l'effet piézo-électrique, par lequel une énergie mécanique type vibratoire est transformée en une énergie électrique. En pratique, l'effet piézo-électrique est utilisé de deux manières afin de former une image :

- * Tout d'abord, il y a transformation de l'énergie électrique en énergie vibratoire au sein du cristal de la sonde ; celui-ci vibre sous l'effet d'un courant de haut voltage et de courte durée et se comporte comme un émetteur d'ultrasons.
- * Entre deux stimulations électriques successives, le cristal se comporte comme un récepteur ; les échos ultrasonores reçus sont alors transformés en courant électriques, visualisables après amplification sur l'écran d'un oscilloscope.

3.2. Mode de traitement des échos

Ces modes correspondent au traitement des échos reçus.

3.1.1. Mode A (= Amplitude)

La densité du faisceau ultrasonore réfléchi est appréciée sur l'écran par l'amplitude du signal électrique, en ordonnées. En abscisses, on appréhende la profondeur et la répartition spatiale des structures anatomiques réfléchissantes.

Ce mode est avant tout *historique* ; il demeure utilisé en ophtalmologie.

3.1.2. Mode B (= Brillance)

Les pics du mode A sont remplacés par des points lumineux dont la brillance est proportionnelle à l'intensité des échos. Cette brillance est traduite sur l'écran par des teintes allant du noir (anéchogénicité) au blanc (très forte réflexion), en passant par toutes les gammes de gris (échelle de gris).

3.1.3. Mode T.M. (= Temps - Mouvement)

Le mode T.M. est obtenu en faisant défiler le mode B à vitesse constante sur un oscilloscope la plupart du temps horizontalement et de gauche à droite.

L'intérêt majeur de ce mode est l'étude de structures en mouvement (intérêt en cardiologie).

3.1.4. Mode B.D. (= Bidimensionnel = en temps réel = 2 D)

L'image obtenue, contrairement aux autres modes, est celle d'un plan de coupe et matérialise donc la reconstitution en deux dimensions des structures anatomiques étudiées.

Le principe de son obtention est la juxtaposition d'une multitude d'images du mode B, grâce à un balayage du plan de coupe désiré par les ondes ultrasonores. On distingue deux types de balayage :

* **Balayage manuel** : l'opérateur déplace lentement le transducteur (sonde) à la surface de l'objet à étudier. Pour chaque position de la sonde, l'échographe enregistre l'image ultrasonore. A la fin du balayage, en faisant la synthèse de toutes ces images, il reconstruit l'image ultrasonore de l'objet selon le plan de coupe effectué. Cette technique demande une immobilité parfaite du patient pendant toute la durée de l'examen ce qui explique qu'elle ne soit pas utilisée en médecine vétérinaire.

* **Balayage électronique** : Le balayage est effectué automatiquement par la sonde elle-même. Les images des coupes de l'objet ainsi effectuées se succèdent rapidement sur le moniteur de sorte que les mouvements des organes sont alors observés en temps réel. Différents types de sondes permettent ce balayage :

- Sonde linéaire : cette sonde effectue un balayage permanent sur une longueur de 10 cm ou plus ; les nombreux cristaux alignés sont stimulés électroniquement de façon sériée et itérative ; l'image sur l'écran est rectangulaire, de bonne résolution, fine.

- Sonde sectorielle ou rotative : cette sonde balaie un secteur de l'espace. Elle est généralement mécanique, soit formée d'un seul cristal animé d'un mouvement oscillant, soit de trois cristaux animés d'un mouvement rotatif ; la surface de contact est faible, quelle que soit la fréquence de la sonde ; l'image est triangulaire, ce qui entraîne une perte d'information sur les côtés, qui peut être compensé en déplaçant la sonde sur les côtés. De plus, il y a une perte d'information sur les premiers centimètres, formant un cône noir.

4. Qualité de l'image échographique

4.1. Pénétration – Atténuation

L'intensité du faisceau ultrasonore est atténuée au cours de la distance qu'il a parcourue. Cette atténuation est exponentielle. Elle dépend :

- * de la fréquence d'émission : en effet, la pénétration diminue lorsque la fréquence augmente. Ceci est corrélé à l'accentuation concomitante des phénomènes de réflexion,
- * du milieu de propagation.

Le coefficient d'absorption est maximal pour les milieux à très faible ou très forte cohésion moléculaire ; c'est le cas de l'air et l'os. L'eau est en revanche un très bon conducteur de son, ce qui explique sa large utilisation en échographie pour former une fenêtre d'exploration.

L'atténuation augmente avec la fréquence du transducteur. Elle est estimée en général à 0,5 à 1 dB / cm de tissu exploré / MHz. Par conséquent, la profondeur d'exploration diminue quand la fréquence de la sonde augmente (tableau 2) :

Tableau 2 : Profondeur d'exploration en fonction de la fréquence de la sonde.

Fréquence des ultrasons	Profondeur d'exploration maximale
2,5 – 3,5 MHz	> 15 cm
5 MHz	10 cm
7,5 MHz	5 – 6 cm
10 – 12 MHz	2 – 3 cm

4.2. Résolution de l'image échographique

La résolution d'une image correspond à sa capacité à distinguer deux points proches.

La **résolution latérale** correspond à la distance minimale nécessaire entre deux surfaces réfléchissantes, situées à la même profondeur et perpendiculaires au faisceau ultrasonore, pour qu'elles forment deux échos séparés. Elle est égale au diamètre du faisceau ultrasonore, elle même dépendant de la qualité de focalisation des ultrasons dans le transducteur (elle est meilleure pour les longueurs d'onde faibles, donc lorsque la fréquence augmente).

De façon similaire, la **résolution axiale** correspond la distance minimale, sur l'axe du faisceau, séparant deux surfaces réfléchissantes produisant deux échos distincts. Elle est fonction de la longueur d'onde des ultrasons : elle est meilleure lorsque la longueur d'onde diminue, c'est-à-dire lorsque la fréquence des ultrasons augmente.

5. Matériel

Un échographe pour usage vétérinaire doit être de type bidimensionnel en temps réel avec un mode T.M.

5.1. Sondes = transducteurs

La sonde contient un ou plusieurs cristaux piézo-électrique(s), à la fois émetteurs d'ultrasons et récepteurs d'échos.

Chaque sonde émet une seule fréquence d'ultrasons (3,5 MHz – 5 MHz – 7,5 MHz), mais il existe aussi des sondes « multifréquences ».

Comme nous l'avons déjà évoqué, il existe deux types de sondes à balayage : les sondes linéaires et sectorielles.

5.2. L'échographe

A partir des impulsions électriques fournies par la sonde après la réception des échos, l'échographe reconstruit l'image ultrasonore de la coupe de l'objet ainsi effectuée.

L'échographe doit être réglé pour chaque examen échographique ; on peut ainsi régler :

- * la profondeur d'exploration,
- * la puissance du faisceau,
- * le gain, qui correspond à l'intensité des échos rendus : les ultrasons captés par la sonde et analysés par l'appareil sont amplifiés : cette amplification ou gain permet d'ajuster la brillance de l'image affichée à l'écran.
- * l'échelle de gris,
- * le renforcement des contours.

5.3. L'enregistrement des images

Il est indispensable de relier l'échographe à un système d'enregistrement d'images afin de les archiver : magnétoscope ou appareil photo.

6. Techniques d'examen

6.1. Contention de l'animal

Elle peut être effectuée par un aide ou dans un travail. La sédation est parfois nécessaire pour les chevaux difficiles.

6.2. Préparation de l'animal

Puisque la propagation des ultrasons dans l'air est très mauvaise, il est indispensable de placer la sonde en contact étroit avec la peau de région à examiner. Ceci impose que cette région soit tondue.

Pour limiter la perte d'information dans les premiers millimètres de l'image, il est nécessaire d'humidifier la peau. On choisit parfois d'interposer un matériel conducteur entre la sonde et la peau :

- * en appliquant un gel de couplage pour favoriser le contact.
- * en utilisant un coussinet digital, un gant...

6.3. Choix de la sonde

Le choix de la sonde se fait en fonction de la région à examiner :

- * Les sondes sectorielles fournissent une image triangulaire. Elles présentent un intérêt particulier pour l'exploration des tendons en coupes transversales.
- * Les sondes linéaires fournissent une image rectangulaire. Elles sont parfaitement adaptées à la réalisation de coupes longitudinales.

6.4. Réglage de l'appareil

La recherche de l'image doit se faire en regardant l'écran de l'échographe, en fonction :

- * de ce que l'on sait devoir obtenir,
- * de l'anatomie de la région concernée (fenêtre acoustique...).

B - SEMIOLOGIE ECHOGRAPHIQUE, D'APRES BEGON [5]

L'image échographique est donc obtenue avec un échographe mode B, temps réel. Elle est formée d'une multitude de points plus ou moins brillants, s'échelonnant du blanc au noir.

1. Images tissulaires

1.1. Liquides

Toute structure liquidienne est un excellent transmetteur sonore ; les liquides purs (= sans particule en suspension) apparaissent comme une zone sans écho. On note ainsi, en arrière, une zone de renforcement postérieur. En ce qui concerne les liquides non homogènes (pus...), les images obtenues sont très variables.

1.2. Tissus mous

Il s'agit d'un tissu normal ou pathologique caractérisé par une répartition régulière des échos.

1.3. Structures solides

Ce sont des formations denses telles que l'os, le cartilage, qui sont caractérisées par une impédance acoustique élevée.

Ces structures se comportent comme des barrières réfléchissant quasiment toute l'énergie sonore ce qui induit une atténuation du faisceau en profondeur. Sur l'écran, la zone du solide correspond à une zone très échogène ; elle est suivie d'une zone dépourvue d'échos appelée l'ombre portée.

1.4. Gaz

Les gaz se comportent comme les structures solides : zone échogène et ombre.

2. Images des interfaces et des parois

Une interface est une séparation de deux structures non matérialisées par une paroi histologique. A l'écran, elle donne une ligne échogène si et seulement si le faisceau lui est perpendiculaire.

Une paroi est matérialisée par une ligne blanche échogène, que le faisceau lui soit ou non perpendiculaire.

3. Artéfacts

Un artéfact est une altération de l'image échographique qui ne traduit pas la réalité des structures étudiées. Il peut être le fait de l'opérateur ou induit par l'examen.

L'examen ultrasonographique est fait d'artéfacts nombreux et variés.

3.1. Artéfacts liés à l'opérateur

3.1.1. Préparation inadéquate de la peau

Elle engendre des artéfacts par manque de contact entre la sonde et la peau. Prenons comme exemple l'échographie tendineuse ; les artéfacts obtenus peuvent être :

- * des images sombres malgré un gain élevé,
- * une apparence hétérogène du tendon,
- * une disparition des marges du tendon,
- * des artéfacts de réverbération.

3.1.2. Angulation du faisceau

Comme vu précédemment, la réflexion dépend de l'angulation du faisceau par rapport à la structure examinée. Ainsi, si le faisceau n'est pas perpendiculaire à la structure, une partie du signal est perdue et une formation anéchogène peut alors mimer une lésion.

3.1.3. Réglage du gain

Le gain doit être réglé de manière à obtenir un niveau de gris similaire sur la totalité de l'image.

3.1.4. Choix de la fréquence de la sonde

La fréquence influe sur la profondeur d'exploration et sur la résolution. Il est donc important de choisir le meilleur compromis entre profondeur explorée et résolution souhaitée.

En pratique, la fréquence optimale de la sonde pour l'examen des tendons et des ligaments est de 7,5 MHz. Cependant, si le pouvoir de pénétration est insuffisant, il est possible d'utiliser une sonde à 5 MHz. A l'inverse, pour des structures superficielles telles que le tendon fléchisseur superficiel du doigt, l'utilisation d'une sonde de 10 MHz apportera des images de meilleure résolution.

3.1.5. Utilisation d'un coussinet d'interposition

L'utilisation d'un coussinet dans le but d'observer les structures superficielles peut être à l'origine d'artéfacts de réverbération.

3.2. Artéfacts liés à la technique ultrasonographique

3.2.1. Cône d'ombre

Ce sont des images en forme de cône, au sein desquelles n'apparaît pas l'image réelle des tissus sous-jacents.

Les cônes d'ombre apparaissent :

* En arrière d'interfaces très échogènes :

- Tissus mous – os : le cône est formé d'un sommet très échogène et d'un triangle postérieur anéchogène car les ultrasons non réfléchis sont absorbés par la structure calcifiée.
- Tissus mous – air : le sommet apparaît également très blanc mais le cône l'est également ; il s'agit d'un phénomène de réverbération.

* Au bord d'une structure liquidienne arrondie,

* En partie profonde de la région examinée car les ultrasons ont été totalement atténués.

3.2.2. Renforcement postérieur

Si les ultrasons traversent un milieu peu échogène, ils sont peu atténués. En face profonde du dit organe, le faisceau est alors plus intense que dans les régions voisines situées à même profondeur. L'image est plus échogène.

3.2.3. Réverbération

Il s'agit de l'artéfact le plus fréquemment rencontré. Il se produit lorsqu'un intense faisceau réfléchi se réfléchit lui-même à l'interface entre le patient et la sonde. Il pénètre alors de nouveau dans le patient et se forme une deuxième image, située deux fois plus loin que la première. Cette image peut se répéter plusieurs fois.

3.2.4. Images en miroir

Cette image peut se former à des interfaces très échogènes. Les ultrasons réverbérés arrivent en retard sur le transducteur qui les traduit en formant une image en arrière de l'image réelle.

3.2.5. Images en queue de comète

Il s'agit d'artefacts très échogènes, de forme conique ; ce sont des cônes d'ombre à l'intérieur desquels se forment de multiples réverbérations.

3.3. Problèmes d'interprétation

Ils sont nombreux et divers :

- * Une zone pauvre en échos peut tout aussi bien révéler un tissu pathologique qu'une collection liquidienne pathologique.
- * Une image anéchogène en profondeur peut correspondre à une collection pathologique et non pas à l'insuffisance du faisceau.
- * L'association d'une zone échogène suivie d'une zone d'ombre peut concorder avec une calcification ou une bulle d'air.

C - ECHOGRAPHIE TENDINEUSE, D'APRES DENOIX [34]

L'examen échographique de l'appareil locomoteur constitue un excellent moyen pour évaluer les tissus mous que la radiographie ne peut objectiver. Il s'agit d'un examen complémentaire de qualité qui permet de diagnostiquer et de suivre l'évolution des lésions des structures tendineuses et ligamentaires.

1. Règles techniques de base

Les éléments anatomiques d'architecture fibrillaire offrent un échogénicité maximale quand les plans de fibres sont traversés perpendiculairement par le faisceau ultrasonore. La « règle de l'échogénicité maximale » est universelle : l'opérateur doit sans cesse rechercher l'incidence qui offre l'échogénicité maximale.

2. Incidences et conditions d'examen

L'opérateur se place sur le côté du cheval, dans le même sens que lui, à genoux ou assis sur un tabouret.

L'examen des formations tendineuses se fait en deux étapes :

2.1. Membre à l'appui : examen statique

L'examen membre à l'appui permet l'examen des formations tendineuses qui sont immobiles et sous tension.

Les coupes longitudinale et transversale constituent les incidences de base.

2.1.1. Coupes longitudinales

Les coupes longitudinales peuvent être réalisées dans un plan sagittal, frontal ou oblique. Bien entendu, il est possible de combiner ces trois plans afin de réaliser toutes les coupes intermédiaires.

Les coupes sagittales se font dans le plan qui partage le membre en deux parties symétriques, latérale et médiale.

Les coupes frontales se font dans le plan transversal qui est perpendiculaire au plan sagittal.

Entre ces deux plans orthogonaux, il existe toute une série de coupes obliques possibles.

Ces coupes sont réalisables sur toute la région tendineuse, de la partie distale du radius jusqu'à l'insertion du perforant.

La sonde linéaire est souvent bien mieux adaptée à la réalisation de ces coupes.

2.1.2. Coupes transversales

Les coupes transversales se font dans un plan perpendiculaire à l'axe du membre. L'abord peut être caudal, latéral ou médial.

Tout comme les coupes longitudinales, elles peuvent être réalisées de la partie distale du radius jusqu'à l'insertion du perforant (en plaçant la sonde perpendiculairement au membre dans le pli du paturon).

2.2. Membre au soutien : examen dynamique

L'opérateur pose un genou au sol et lève le membre du cheval et le place sur sa propre cuisse. Il demande à un aide de mobiliser tout ou une partie du doigt.

La sonde est placée dans le plan sagittal du membre, à la face palmaire du tendon ou du boulet.

Cet examen permet une approche fonctionnelle : il peut révéler certaines adhérences (exemple : adhérences entre le tendon fléchisseur superficiel et le ligament annulaire palmaire) et évaluer les conséquences mécaniques lors de troubles chroniques.

3. Signes échographiques

3.1. Localisation de la (ou des) lésion(s)

L'examen échographique permet de définir la nature de la (ou des) structure(s) anatomique(s) lésée(s). Il permet ensuite de situer la lésion sur le trajet tendineux (figure 7).

3.2. Etendue

Il permet également d'objectiver l'étendue de la lésion, dans le sens proximo-distal et dans le sens latéro-médial.

3.3. Taille

La dimension du tendon constitue un critère important pour évaluer une lésion tendineuse. En effet, dans la plupart des cas, une lésion tendineuse se traduit par un épaississement.

L'évaluation de l'épaisseur et de la largeur du tendon se fait :

- * en comparant aux valeurs de référence,
- * en comparant, s'il y a lieu, les faces latéral et médial,
- * en comparant avec le membre contro-latéral.

Ainsi, dans l'évaluation du tendon fléchisseur profond du doigt, il est intéressant de comparer la taille des lobes ; il est possible de comparer la taille des lobes médial et latéral sur un même pied ou alors de comparer les lobes médiaux ou latéraux avec le membre contro-latéral.

3.4. Echogénicité

L'échogénicité normale diffère en fonction de l'orientation du tendon par rapport à la sonde.

Les images lésionnelles tendineuses peuvent présenter une échogénicité variable en relation avec la chronicité de l'atteinte :

3.4.1. Images hyperéchogènes

Les images hyperéchogènes signent un phénomène de fibrose ou de métaplasie cartilagineuse ou osseuse. L'ossification du tendon laisse apparaître un cône d'ombre à l'examen.

3.4.2. Images hypoéchogènes

Les images hypoéchogènes signent quant à elles une lésion aiguë ou subaiguë. Elles peuvent correspondre à :

- * une hémorragie ou un œdème (phase aiguë),
- * un tissu de granulation avec un phénomène de fibroplasie (phase subaiguë),
- * une nécrose (phase subaiguë ou chronique).

Les images mixtes avec des zones hyper- et hypo- échogènes sont assez fréquentes. On les retrouve souvent en phase subaiguë ou chronique.

3.4.3. Images anéchogènes

Les images anéchogènes correspondent à un épanchement liquidien, hématome, ou synovite.

3.5. Architecture

L'évaluation de l'architecture est également un bon moyen de diagnostic : les faisceaux tendineux sains ont une architecture parallèle ; une désorganisation de l'architecture signe un phénomène pathologique.

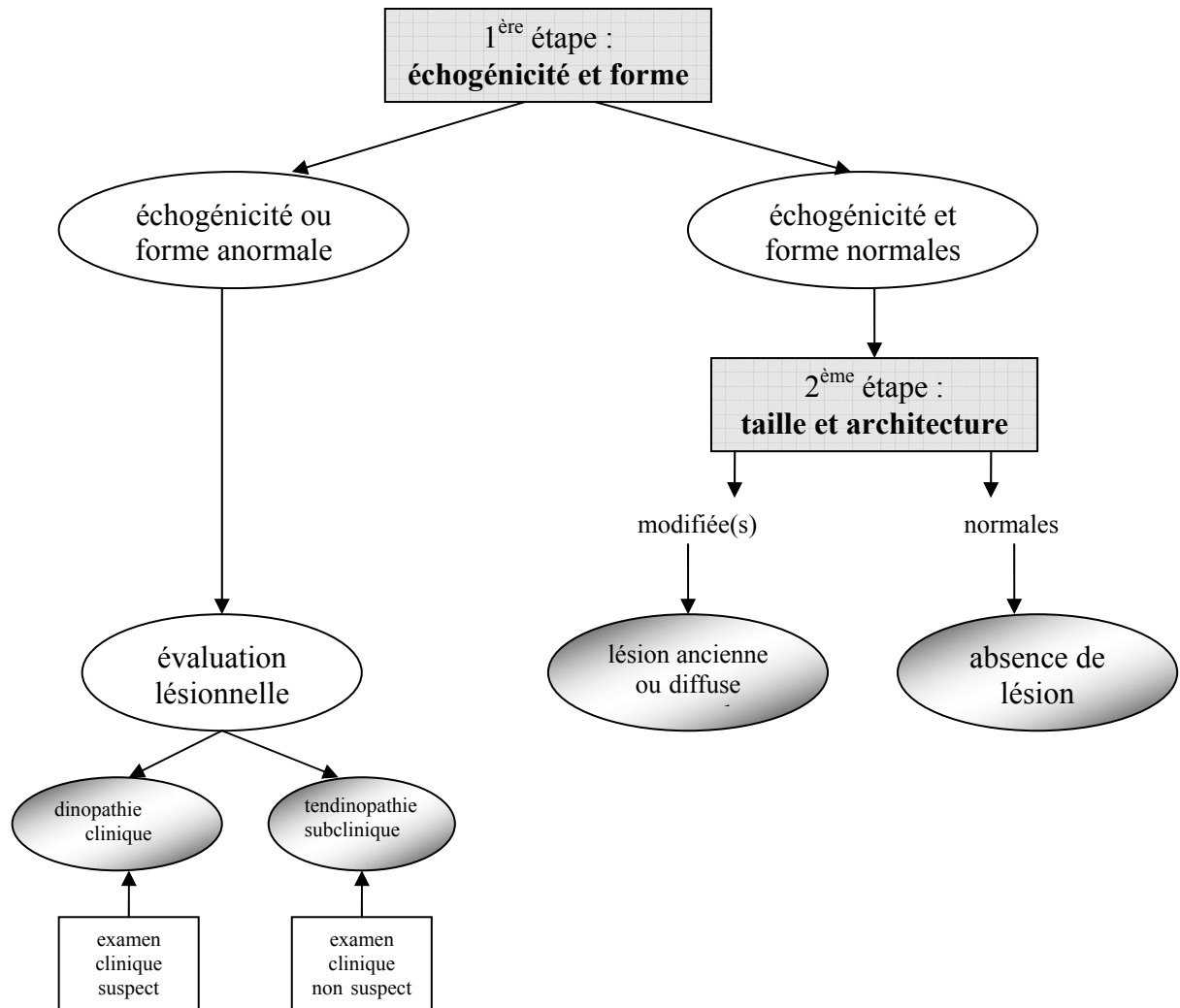
3.6. Surfaces d'insertion = enthèses

L'examen échographique est également très sensible pour évaluer la surface de l'os, particulièrement les zones d'insertion tendineuses ou ligamentaires.

3.7. Aspects fonctionnels

L'examen sur membre au soutien permet une évaluation fonctionnelle (cf. supra).

Figure 7 : Evaluation échographique des tendons, d'après Denoix [34].



D - APPLICATIONS : ECHO-ANATOMIE DU PERFORANT EN REGION DIGITALE

L'utilisation de l'échographie dans l'investigation lésionnelle des tissus mous du pied par l'approche palmaire dans le creux du paturon est décrite en 1986 [57] et complétée en 1996 [28]. Cependant, cette approche ne permet qu'un examen partiel de l'appareil podo-trochléaire puisque seule sa partie proximale est visualisée.

La boîte cornée rend difficile l'exploration par imagerie des tissus mous du pied par échographie [58] mais l'examen par voie trans-furcale peut être utilisé. Cependant, l'imagerie par résonance magnétique semble être la technique d'imagerie la mieux adaptée [73].

1. Région digitale proximale

La face palmaire du paturon est une région anatomique complexe. Elle comprend les ligaments sésamoïdiens distaux (courts, croisés, obliques et droits), le T.F.P.D., le T.F.S.D., la gaine digitale, le scutum moyen, les ligaments annulaires digitaux et les ligaments de l'articulation inter-phalangienne. L'anatomie des structures tendineuses et ligamentaires évolue dans le paturon.

Pour faciliter la description de l'écho-anatomie, nous diviserons le paturon en plusieurs régions [30,35].

1.1. Description anatomique

Le ligament annulaire palmaire constitue la structure la plus palmaire et est intimement lié au T.F.S.D. Le T.F.P.D. chemine dorsalement au T.F.S.D. et palmairement aux ligaments sésamoïdiens distaux (ligament sésamoïdien droit, ligaments sésamoïdiens obliques et croisés) dont il est séparé par la gaine digitale déléguant un repli synovial en région proximale.

* En regard de la partie proximale de la phalange proximale :

- En coupe transversale, le perforant est de forme ovale en coupe transversale. En coupe sagittale, son épaisseur est de l'ordre de 6 à 9 mm. Les coupes para sagittales montre que ses fibres sont orientées obliquement.

- A mi-hauteur de la phalange proximale : le T.F.P.D. devient bilobé : chez le cheval sain, les deux lobes doivent être symétriques. Son épaisseur est de 5-6 mm et sa largeur de 15-23 mm. Le tendon devient de plus en plus profond au cours du balayage dans le sens proximo-distal : il est important d'orienter la sonde dorso-distalement pour rester le plus perpendiculaire aux fibres.

- En regard de la partie distale de la phalange proximale, les deux lobes du tendon perforant s'épaississent discrètement (5 à 7 mm) et s'élargissent (23-32 mm). Le tendon est appliqué contre le ligament sésamoïdien droit et le scutum moyen.

1.2. Images échographiques

L'examen échographique de la région digitale proximale s'effectue par un abord en face palmaire du paturon (figures 8 et 9).

Figure 8 : Abord échographique en la face palmaire du paturon, d'après Whitcomb [96].



2. Région digitale distale

2.1. Partie proximale de l'appareil podo-trochléaire par le creux du paturon

2.1.1. Description anatomique

En regard de la partie proximale de la phalange moyenne, le T.F.P.D. est appliqué sur la surface fibro-cartilagineuse du scutum moyen et apparaît hypoéchogène. Le T.F.P.D. et le ligament annulaire digital distal sont accolés et ont une épaisseur de l'ordre de $4,26 \pm 0,19$ mm [65, 67].

2.1.2. Images échographiques, d'après [84].

Figure 9 : Examen échographique par le creux pu paturon.



Coupe échographique longitudinale en région supra-sésamoïdienne : Epaissement médial (image de gauche) du T.F.P.D.

- 1- T.F.P.D.,
- 2- OSD (bord proximal)
- 3- Phalange moyenne (partie palmaire et distale), 4-Ligament sésamoïdien collatéral,
- 5- Ligament annulaire digital distal
- 6- coussinet digital.



Coupe échographique transversale du creux du paturon (région supra-sésamoïdienne)
Image de référence (image CIRALE).



Coupe échographique transversale du creux du paturon (région supra-sésamoïdienne) – Epaissement du lobe médial du T.F.P.D.
(image CIRALE).

3. Partie distale de l'appareil podo-trochléaire par abord trans-furcal

Plus récemment, la fourchette est utilisée comme fenêtre acoustique ce qui permet une évaluation de la partie distale de l'appareil podo-trochléaire [13, 58, 82].

Afin d'optimiser la qualité de l'examen échographique, les auteurs soulignent l'intérêt de réaliser une préparation du pied (parage de la corne en excès et humidification) car la corne est un tissu peu hydraté qui limite le passage des faisceaux ultrasonores.

La taille de la fourchette délimite la taille de la fenêtre acoustique ; ainsi, une fourchette large et peu épaisse facilite et améliore la qualité de l'examen par abord trans-furcal.

3.1. Description anatomique, d'après Busoni et Denoix [13].

3.1.1. En regard de l'os sésamoïde distal

* Coupes transversales :

L'os sésamoïde distal apparaît comme une ligne hyperéchogène surmontée par son fibro-cartilage, la bourse podo-trochléaire et la partie distale du tendon fléchisseur profond du doigt.

Le fibro-cartilage apparaît échogène lors que les ultrasons sont perpendiculaires à sa surface.

Chez un cheval sain, il est difficile de différencier la bourse podo-trochléaire et les parties fibro-cartilagineuses de l'os sésamoïde distal et du T.F.P.D. Ces structures apparaissent peu échogènes.

Le ligament annulaire digital distal se fond quant à lui sur la face palmaire du T.F.P.D.

* Coupes longitudinales :

Le T.F.P.D. glisse sur le bord palmaire de l'os sésamoïde distal, la face flexoria. En regard du scutum distal, la partie dorsale du T.F.P.D. est fibro-cartilagineuse et est hypoéchogène. Au bord distal de l'os sésamoïde distal, sa taille est de $3,1 \pm 0,5$ mm [65, 67].

La bourse podo-trochléaire se fond entre le fibro-cartilage de l'os sésamoïde distal et celui du T.F.P.D.

3.1.2. Distalement à l'os sésamoïde distal

* Coupes transversales

Il est également intéressant de réaliser des coupes transversales en regard du ligament sésamoïdien distal impair et en regard de l'insertion distale du T.F.P.D. sur la phalange distale.

A son insertion distale, le T.F.P.D. a une largeur de $6,2 \pm 0,7$ mm [65, 67].

* Coupes longitudinales :

Distalement à sa surface de glissement sur l'os sésamoïde distal, le T.F.P.D. est de consistance fibreuse. Cependant, en raison de l'orientation de ses fibres qui n'est pas perpendiculaire aux ultrasons, le TFPD devient hypoéchogène environ 1 cm palmaro-distalement à l'os sésamoïde distal.

Le tendon s'épaissit et s'élargit (6 à 9 mm dans le sens dorso-palmar ; 25 à 30 mm dans le sens latéro-médial).

Le ligament sésamoïdien distal impair présente une section triangulaire s'étendant entre le bord distal de l'os sésamoïde distal et la phalange distale. Son épaisseur est d'environ 2 à 3 mm. Sa partie distale est en contact avec le récessus distal de la bourse podo-trochléaire.

Le coussinet digital se situe entre le T.F.P.D. et la sole et constitue donc la première structure traversée par le faisceau ultrasonore. Il est d'échogénicité homogène.

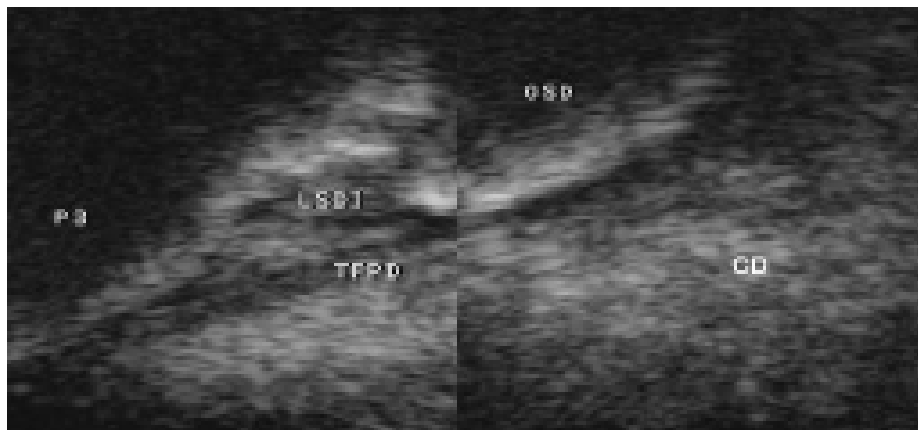
3.2. Images échographiques

La partie dorsale fibro-cartilagineuse du T.F.P.D., située palmairement à l'os sésamoïde distal apparaît hypoéchogène (figure 10).

A son insertion distale, l'orientation des fibres n'est pas perpendiculaire aux faisceaux ultrasonores et l'image échographique obtenue est hypoéchogène.

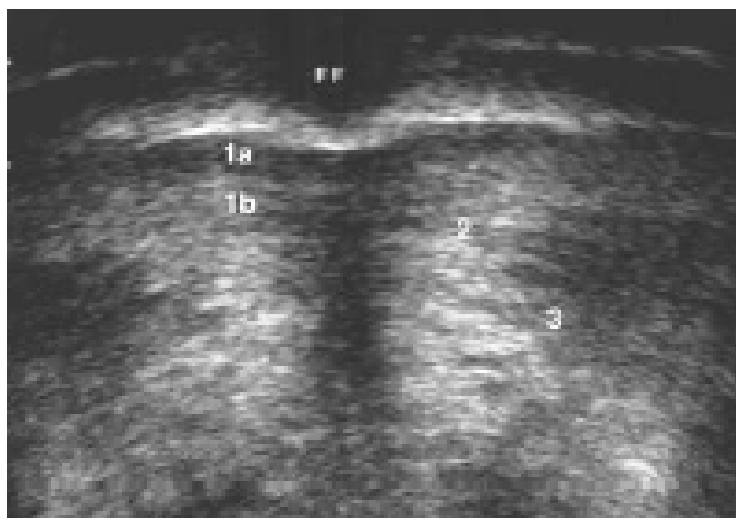
Figure 10 : Coupe longitudinale et sagittale par abord trans-furcal (Image CIRALE).

P 3 = phalange distale, OSD = os sésamoïde distal, TFPD = tendon fléchisseur profond du doigt, LSDI = ligament sésamoïdien distal impair, CD = coussinet digital.



La figure 11 est une coupe transversale obtenue en regard de la facies flexoria (FF) de l'os sésamoïde distal. Cette coupe permet d'évaluer : 1 a – la partie fibro-cartilagineuse du T.F.P.D., 1 b – la partie fibreuse du T.F.P.D., 2 – le ligament annulaire digital distal, 3 – le coussinet digital.

Figure 11 : Coupe transversale par abord trans-furcal (Image CIRALE).



III - L'EXAMEN RADIOGRAPHIQUE

A - PRINCIPES DE LA RADIOGRAPHIE, D'APRES BEGON [6]

L'image radiographique d'un objet est la représentation rendue visible sur un film radiographique d'un faisceau de rayon X ayant traversé cet objet.

1. Les rayons X : de leur production à leur interaction avec la matière

1.1. La production des rayons X

1.1.1. Le tube à rayons X

Le tube à rayons X est un tube diode qui comprend une électrode négative, la cathode et une électrode positive, l'anode, scellées sous vide dans une gaine de verre.

Les rayons X sont produits dans un tube lorsque le faisceau d'électrons se propageant à grande vitesse vient frapper l'anode, cible du faisceau.

* La cathode :

C'est un **filament de tungstène** inclus dans un circuit électrique. Lorsqu'il est traversé par le courant, ce filament est chauffé et certains électrons du filament de tungstène sont libérés et forment un nuage électronique autour du filament. Ces **électrons** sont accélérés lorsqu'on crée une différence de potentiel entre l'anode et la cathode : ils viennent alors frapper l'anode. Le courant ainsi formé par les électrons est appelé « courant de tube » et son intensité est mesurée en milliampères (mA). La différence de potentiel s'exprime en kilovolts (kV). Ce sont ces valeurs que l'on règle sur l'appareil de radiographie.

* L'anode :

C'est l'électrode positive. La plus grande partie de l'énergie des électrons qui bombardent l'anode est dispersée sous forme de chaleur; seuls 5 à 10 % de cette énergie produit des rayons X.

Aujourd'hui, on utilise une **anode tournante** ; celle-ci permet une meilleure dissipation de la chaleur, ce qui autorise des puissances de faisceau élevées sans faire fondre le tungstène.

La partie de la cible bombardée par les électrons représente le foyer réel du tube. La projection verticale de cette zone forme le foyer apparent.

1.1.2. Le faisceau de rayons X

L'intensité du faisceau de rayons X correspond au nombre de rayons X multiplié par leur énergie. Elle est corrélée au produit $\text{mAs} \times \text{kV}$.

1.2. Les générateurs de haute tension pour la radiographie

Le générateur de haute tension alimente le tube de rayons X. Il tire son énergie sur secteur sous forme de courant alternatif mono- ou tri-phasé de fréquence supérieure ou égale à 50 Hz.

Un mécanisme de minuterie interrompt le courant du tube à rayons X pendant la radiographie. Cette commande se fait en deux temps, c'est pourquoi le déclencheur possède deux positions :

- * Dans un premier temps, le filament est chauffé et l'anode tournante mise en rotation.
- * Dans un deuxième temps, le manipulateur déclenche la radiographie : le circuit haute tension est alimenté, le tube émet des rayons X, la minuterie compte le temps d'exposition prévu et la grille est lancée si besoin.

Un pupitre de commande permet de régler les paramètres d'exposition précités : la tension (kV), l'intensité (mA) et le temps de pose (s).

1.3. Les interactions entre les rayons X et la matière

Ces interactions se font selon deux modes principaux : l'effet photoélectrique et l'effet Compton.

1.3.1. L'effet photoélectrique

Le rayon X bombardé entre en collision avec un électron de l'objet. L'électron est expulsé et le photon disparaît. L'atome est destabilisé ; en retournant à son état d'équilibre, il émet un nouveau photon, d'énergie caractéristique de l'objet traversé.

Le rayon primaire a été absorbé. Un rayonnement secondaire est émis ; son énergie est faible et il est rapidement absorbé par l'organisme.

L'effet photoélectrique se produit surtout quand les rayons X de faible énergie traversent un tissu de numéro atomique élevé ; le rayon X initial est absorbé.

Cet effet est responsable du contraste entre les tissus.

1.3.2. L'effet Compton

Un rayon X percute un électron lié ou peu lié à l'atome. Une partie de l'énergie du photon est transmise à l'électron qui est éjecté et ce même photon est diffracté en conservant la majeure partie de son énergie.

L'effet Compton est majoritaire quand des rayons X de forte énergie traversent un milieu de densité moyenne ; le rayon X initial est absorbé et un rayon diffracté de forte énergie est produit (rayonnement diffusé), sa direction est aléatoire.

1.3.3. Conséquences

A kV bas, les rayons X sont de faible énergie et **l'effet photoélectrique** prédomine. Il permet le contraste entre les tissus ; ce contraste est d'autant plus marqué que les rayons sont peu énergétiques et que le numéro atomique du tissu est élevé.

A kV élevés, les rayons X sont de forte énergie et **l'effet Compton** prévaut. Il est responsable de la formation des rayonnements diffusés qui atténuent la qualité de l'image.

1.3.4. L'atténuation d'un faisceau de rayons par la matière

L'atténuation représente la diminution d'intensité que subit le faisceau alors qu'il traverse la matière. Cette atténuation varie en fonction du tissu traversé : les photons transportent avec eux l'image de la zone traversée.

Lorsqu'on modifie l'intensité des rayons, on modifie la densité des électrons dans le tube donc le nombre de rayons par unité de temps. L'intensité et le temps de pose définissent la quantité de rayons délivrés lors de l'exposition :

- * En augmentant les mAs, on augmente le noircissement du film de manière proportionnelle (doubler les mAs double le noircissement),
- * En augmentant les kV, on augmente le noircissement : augmenter les kV de 10% double le noircissement.

2. Formation de l'image

L'image de rayonnement produite par l'interaction entre les rayons X et la matière doit ensuite être enregistrée (figure 12).

L'énergie des photons de l'image de rayonnement est changée en radiations lumineuses par l'action d'écrans renforçateurs placés de part et d'autre du film, dans la cassette radiographique. L'écran comprend un **luminophore** qui est une substance cristalline qui absorbe les rayons X et libère l'énergie emmagasinée sous forme de rayonnement lumineux.

Le film radiographique est formé de polyester revêtu sur chaque face d'une émulsion photographique qui contient des cristaux d'iodo bromure d'argent. Lorsque le photon lumineux parvient sur le film il se produit la réaction chimique suivante : $h\nu + Br^- \rightarrow Br + e^-$.

Un ion Ag^+ libre se lie alors à l'électron : se forme un atome d'argent. Les cristaux ainsi sensibilisés forment l'image latente : les photons lumineux sont remplacés par des atomes d'argent.

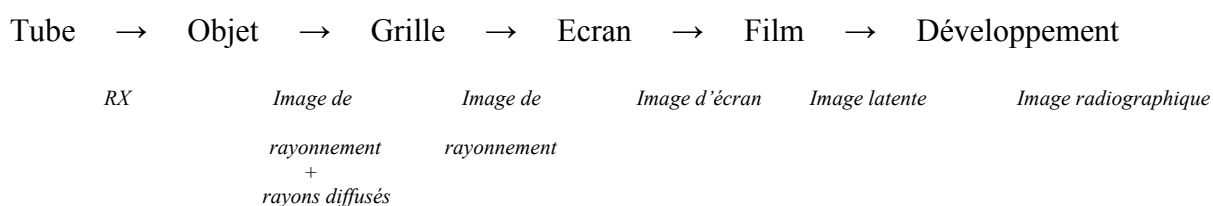
Le développement permet de passer de l'image latente à une image visible. Il comprend trois étapes : le développement, le fixage et le lavage.

- * **Développement** : le film est plongé dans une solution réductrice qui transforme les ions argent en atomes d'argent métallique, visibles.
- * **Fixage** : il a pour but de dissoudre les cristaux d'iodo bromure d'argent qui n'ont pas été réduits en atome d'argent.
- * **Lavage** : cette étape permet d'ôter le surplus de fixateur.

Remarque : Les rayonnements diffusés produits par l'effet Compton diminuent la qualité de la radiographie. Ils augmentent avec la quantité de rayons et avec l'épaisseur de l'objet traversé. Pour les atténuer, il est possible de :

- * Réduire les kV,
- * De diminuer l'épaisseur de l'objet,
- * De réduire la taille du champ radiographié (en diaphragmant),
- * D'utiliser une grille anti-diffusante : il s'agit d'une grille constituée de lames de plomb qui absorbent la quasi-totalité des rayons diffusés.

Figure 12 : Résumé de la chaîne de l'image en radiographie.



B - APPLICATION : EXAMEN RADIOGRAPHIQUE DU PIED DU CHEVAL

L'examen radiographique constitue l'examen complémentaire d'imagerie le plus fréquemment utilisé pour investiguer les boiteries d'origine podale (figure 13).

Figure 13 : Visualisation des structures osseuses et des tissus mous à travers le sabot, d'après Redden [79].



1. Préparation du sujet

La paroi du pied est brossée et ainsi débarrassée des saletés qui pourraient altérer la qualité des clichés radiographiques obtenues. Pour la face sur cale et la vue tangentielle du pied, les lacunes de la fourchette sont parées proprement et comblées à l'aide d'un savon pur réduire aux maximum les artefacts créés par ces structures.

2. Radio-anatomie du pied du cheval

Les incidences les plus fréquemment utilisées sont les vues de profil, de face au soutien et la vue tangentielle (ou « sky-line) du pied. La technique d'obtention de ces clichés ne sera pas évoquée.

Les clichés radiographiques permettent une bonne évaluation des structures osseuses du pied :

- * Les différentes parties de l'os sésamoïde distal sont évaluées : la corticale palmaire, l'os spongieux et l'os cortical, les bords proximal et distal de la facies flexoria et de la surface articulaire, les angles médial et latéral.
- * L'articulation inter-phalangienne distale ainsi que les phalanges moyenne et distale.

Bien que peu sensible, la radiographie peut parfois se révéler intéressante pour apprécier les tissus mous :

- * tendons et ligaments de la face palmaire du pied ainsi que leurs surfaces d'insertion présentent quelques fois des images radiographiques anormales.
- * les tissus mous en regard du récessus dorsal de l'articulation inter-phalangienne distale.

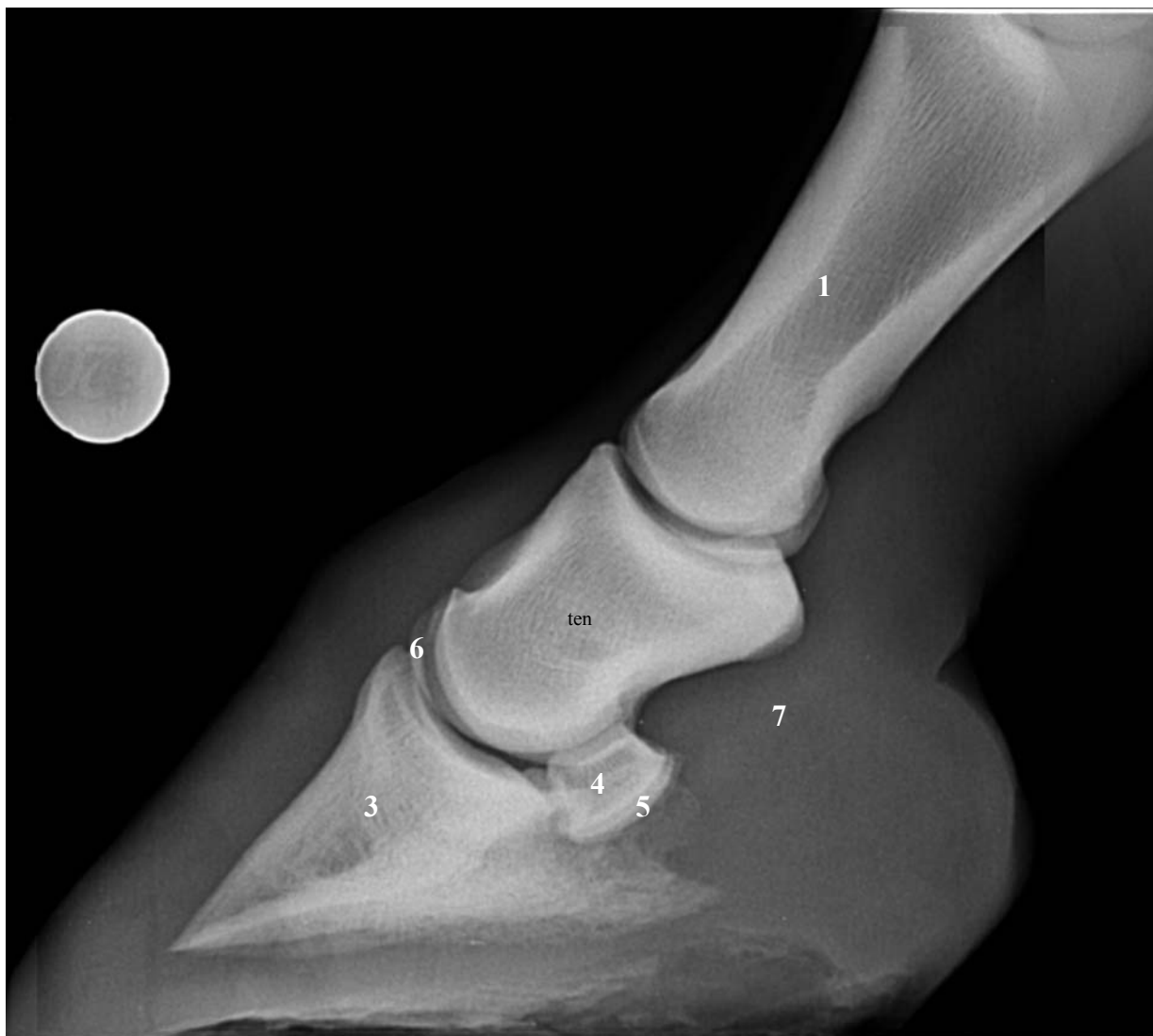
* d'autres éléments comme l'épaisseur de la sole ou la longueur de la pince peuvent être objectivés.

2.1. Profil du pied

La figure 14 présente l'aspect radiographique des principales structures anatomiques du pied du cheval sur le cliché de profil du pied.

Figure 14 : Cliché radiographique de profil du pied antérieur gauche (image de référence).

1- *phalange proximale* ; 2 – *phalange moyenne* ; 3 – *phalange distale* ; 4 – *os sésamoïde distal* ; 5 – *facies flexoria* ; 6 – *articulation inter-phalangienne distale* 7 – *T.F.P.D.*

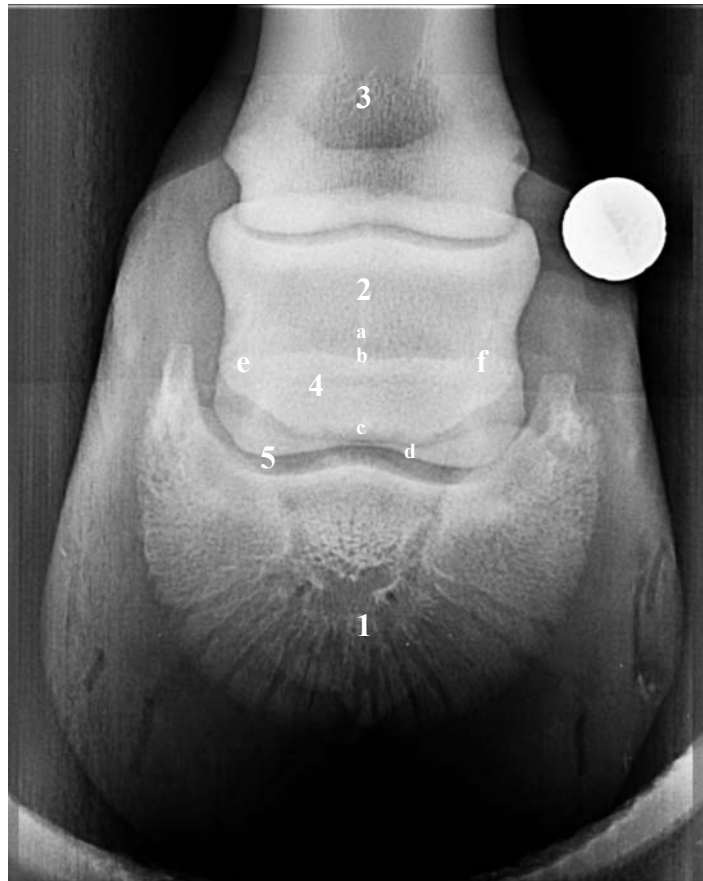


2.2. Face du pied au soutien (face sur cale)

La figure 15 présente l'aspect radiographique des principales structures anatomiques du pied du cheval sur le cliché de face du pied.

Figure 15 : Cliché radiographique de face du pied antérieur gauche (image de référence).

1- *phalange proximale* ; 2 – *phalange moyenne* ; 3 – *phalange distale* ; 4 – *os sésamoïde distal* : a = *bord proximal de la facies flexoria*, b = *bord proximal de la surface articulaire*, c = *bord distal de la surface articulaire*, d= *bord distal de la facies flexoria*, e = *angle médial*, f= *angle latéral* ; 5 – *articulation inter-phalangienne distale* 7 – *T.F.P.D.*



2.3. Tangentielle du pied

La figure 16 présente l'aspect radiographique des principales structures anatomiques du pied du cheval sur la vue tangentielle du pied.

Figure 16 : Cliché radiographique – vue tangentielle du pied antérieur gauche (image de référence).

1- *phalange distale* ; 2 – *phalange moyenne* ; 3 – *os sésamoïde distal* : a = *facies flexoria*, b = *corticale palmaire*, c = *os spongieux*.



IV - AUTRES TECHNIQUES D'IMAGERIE UTILISEES POUR L'EVALUATION DU PIED DU CHEVAL

A - L'IMAGERIE PAR RESONANCE MAGNETIQUE

La radiographie fournit surtout des informations sur la composante osseuse. L'échographie permet d'évaluer les tissus mous tels que la capsule articulaire, les ligaments et tendons, le liquide synovial, les ménisques, le cartilage.

Quant à l'imagerie par résonance magnétique, elle permet d'évaluer simultanément les tissus osseux et mous (muscles, os, tendons, ligaments, cartilage...). L'I.R.M. est ainsi devenue une technique de référence pour l'imagerie des affections musculo-squelettique en médecine humaine : en effet, il s'agit de la première technique permettant la.

1. Bases physiques de l'imagerie par résonance magnétique

1.1. Principes, d'après Tapprest [89, 90]

L'I.R.M. est basée sur les principes de la Résonance Magnétique Nucléaire (RMN) : elle repose sur l'analyse des propriétés électromagnétiques des noyaux d'hydrogène (ou protons) soumis à un champ magnétique puissant et à des ondes électromagnétiques.

1.1.1. Principe des aimants

Les protons peuvent être assimilés à de petits aimants :

- * En l'absence de champ magnétique, les protons adoptent une orientation quelconque.
 - * Soumis à un champ électromagnétique, ils s'alignent dans la direction du champ magnétique B_0 et accèdent alors un état d'équilibre. La somme des aimantations des protons est représentée par un vecteur d'aimantation M dont les composantes sont :
 - L'une sur l'axe z , qui est également l'axe du vecteur B_0 (vecteur d'aimantation longitudinale M_z),
 - L'autre dans le plan xy (vecteur d'aimantation transversale M_{xy}).
- A l'état d'équilibre, la composante sur l'axe z est maximale tandis que la composante du plan xy est quasi nulle.

1.1.2. Excitation et relaxation

* L'excitation :

En fournissant une quantité déterminée d'énergie aux protons sous forme d'un champ électromagnétique, les protons modifient leur position par rapport à leur position d'équilibre : les protons sont excités.

* La relaxation :

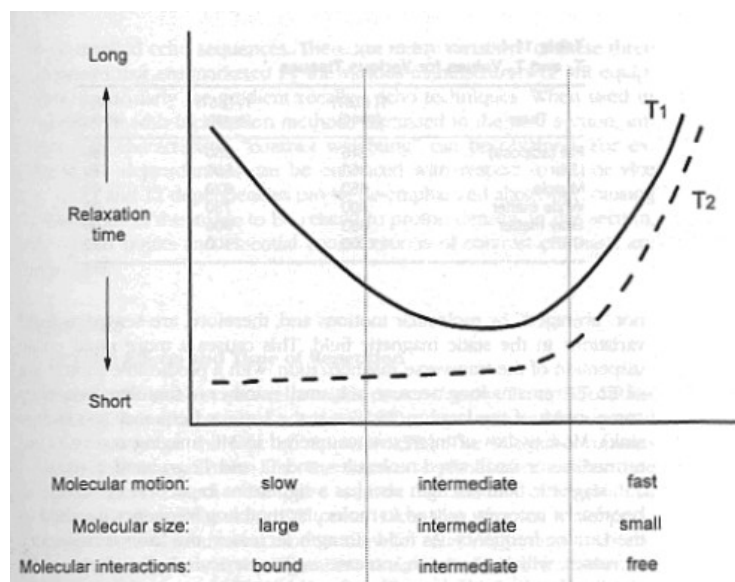
Lorsque cette stimulation s'arrête, les protons reviennent à leur position d'équilibre : ils se « relaxent ».

Il existe une relaxation longitudinale qui correspond à la récupération de l'aimantation longitudinale, et une relaxation transversale qui correspond à la perte de l'aimantation

transversale (figure 17). Ces deux phénomènes mettent un certain temps à se produire ; ce sont les temps T1 et T2 :

- T1 représente le temps nécessaire pour que les protons récupèrent 63 % de leur aimantation longitudinale.
- T2 représente le temps nécessaire pour que les protons perdent 63 % de leur aimantation transversale.

Figure 17 : Relaxation en T1 et en T2, d'après Tapprest [90].



Il faut noter que la récupération de l'aimantation longitudinale T1 est lente de l'ordre de la seconde alors que la décroissance de l'aimantation transversale T2 est rapide, de l'ordre du dixième de seconde.

Lors de la relaxation, les protons émettent des signaux qui correspondent à la décroissance de l'aimantation transversale. Ces signaux dépendent du temps de relaxation T1 et T2 qui varient en fonction des tissus concernés.

1.2. Signal I.R.M.

Les signaux, émis lors de la relaxation, sont transformés en signaux électriques mesurables, grâce à une antenne de réception. Ainsi, l'image I.R.M. est formée à partir de l'ensemble des signaux récupérés.

Le signal d'un tissu dépend :

- * de la densité de protons ρ du tissu,
- * des constantes T1 et T2, propres à chaque tissu.

1.3. Séquence

La séquence est définie par ses trois paramètres fondamentaux qui sont :

- * le temps d'écho TE détermine le moment où le signal est mesuré.
- * le temps de répétition TR correspond à l'intervalle qui sépare deux impulsions de radiofréquence.
- * l'axe selon lequel est étudié la relaxation : T1 est l'axe parallèle au champ magnétique et T2 est l'axe qui lui est perpendiculaire.

La séquence appelée « écho de spin » est la séquence de base en I.R.M. Ce type de séquence comprend :

- * une impulsion de 90° ,
- * une attente d'une durée de $TE/2$,
- * une impulsion de 180° ,
- * une deuxième attente de $TE/2$,
- * un enregistrement du signal à TE .

1.4. Différentes pondérations

En fonction des réglages de TE et TR , l'examen permet de mettre en évidence préférentiellement les différences de $T1$ ou de $T2$ qui existent entre les tissus.

* si on choisit TE court et TR court, on privilégie le contraste de $T1$: on parle d'image pondérée en $T1$.

* si on choisit TE long et TR long, on privilégie le contraste de $T2$: on parle d'image pondérée en $T2$.

* si on prend TE court et TR long, on obtient le signal maximal : on parle d'image pondérée en densité de protons.

N.B. : le réglage TE long et TR court ne fournit pas d'image satisfaisante et n'est pas utilisé.

1.5. Formation de l'image

L'image I.R.M. est obtenue en analysant le temps de relaxation, c'est-à-dire le temps de retour à l'équilibre des spins.

La formation de l'image est permise après localisation du signal émis, par une traduction visuelle : la reconstitution de l'image selon une échelle de gris est assurée par un outil mathématique complexe.

Ce moyen d'investigation aboutit à une image en deux dimensions ; chaque point de l'image obtenue correspond à un signal émis sur la coupe et sa luminosité est fonction de l'intensité de ce signal. En effet, l'image obtenue est une image numérique qui correspond à un nombre infini de points. Chaque point est d'intensité lumineuse différente. Plus le signal émis est important, plus le pixel est lumineux. Plus le signal émis est faible, plus le pixel est sombre.

2. Réalisation de l'examen d'imagerie par résonance magnétique chez le cheval

2.1. Intérêts et limites

L'I.R.M. constitue une technique d'imagerie qui permet d'évaluer simultanément les tissus osseux et mous en fournissant des informations anatomiquement spécifiques, contrairement à la scintigraphie. Elle permet un diagnostic précoce des lésions ostéo-articulaires et de compléter les informations manquantes sur les tissus mous n'ayant pu être évalué par échographie en raison de l'absence de fenêtre acoustique. Ainsi, l'I.R.M. est considérée comme la meilleure technique d'imagerie pour évaluer les tissus mous du pied par de nombreux auteurs [46].

Cet examen permet l'obtention d'une combinaison infinie de plans de coupe.

Cependant, le coût de l'équipement demeure actuellement difficilement accessible et peu de centres d'imagerie sont dotés d'un tel équipement.

Etant donné que cet examen d'imagerie nécessite une anesthésie générale et représente un coût non négligeable, il est rarement effectué en première intention.

De plus, l'examen doit se limiter à une localisation préalablement déterminée. Ainsi, un examen par I.R.M. doit s'effectuer après avoir localiser la région responsable du siège de la douleur, voire après un examen d'imagerie complet - radiographique et échographique - de la région.

2.2. Contention

Les seuls systèmes performants actuels nécessitent une anesthésie générale de l'animal.

2.3. L'équipement

Cette technique nécessite d'avoir à disposition sur le site :

- * un box de réveil et de couchage,
- * une salle où est entreposé l'aimant ; cette salle est encadrée par une cage de Faraday qui empêchent les interférences entre les ondes de la machine I.R.M. et celles du milieu extérieur,
- * une salle de travail qui contient la console et le reprographe qui fixe les images sur support graphique.

3. Interprétation des images

3.1. La reconnaissance des formations anatomiques

L'I.R.M. est une technique qui permet d'obtenir des coupes dans les différents plans de l'espace : coupes transversales, sagittales et frontales.

L'intensité du signal d'un tissu dépend de la pondération utilisée (tableau 3).

Lorsque l'image est pondérée en T1, les tendons les ligaments et les corticales osseuses présentent un hypo signal et apparaissent sombres car les protons sont peu mobiles. La graisse de la cavité médullaire des os longs et du coussinet digital possède un temps de relaxation court et des protons denses mais mobiles et présente ainsi un hyper signal. Les muscles et le cartilage sont homogènes et présentent un signal intermédiaire. Les liquides ayant un temps de relaxation très longs apparaissent noirs.

Lorsque l'image est pondérée en T2, la définition anatomique est moindre mais la caractérisation tissulaire est améliorée.

Tableau 3 : Signal des différentes structures anatomiques en mode T1 et T2 [90].

	Caractéristiques du tissu	Mode T1	Mode T2
Os cortical	Faible quantité de protons libres	Hypo signal	
Os spongieux		Hyper signal	Signal intermédiaire
Liquide synovial	Riche en eau	Hypo signal	Hyper signal
Cartilage articulaire		Hyper signal par rapport au liquide synovial	Hypo signal par rapport au liquide synovial
Tendons et ligaments	Pauvres en protons libres	Hypo signal	
Boîte cornée	Pauvres en protons libres	Hypo signal	
Graisse		Hyper signal	Hypo signal

La structure anisotopique des tendons liée à l'assemblage des fibres de collagène conduit à un phénomène particulier en Résonance Magnétique Nucléaire connu sous le nom d'angle magique : suivant l'orientation des fibres par rapport à la direction du champ magnétique principal, le signal RMN du tendon varie. Un maximum est ainsi atteint pour un angle entre le tendon et le champ principal de 55°.

3.2. Le contraste

Le contraste en I.R.M. correspond à la traduction des signaux.

Pour les images pondérées T1, les tissus à T1 long apparaissent en hypo signal : les liquides ressortent en teinte foncée. Les tissus à T1 court, c'est-à-dire les graisses, sont en hyper signal donc blanc.

Pour les images pondérées T2, les graisses, à T2 court, apparaissent en hypo signal tandis que les tissus à T2 long comme les liquides se présentent en hyper signal.

3.3. L'interprétation des images anormales

Les images anormales correspondent à des anomalies de signal et / ou des anomalies morphologiques et / ou une distension synoviale.

L'interprétation des images anormales se fait en combinant les informations obtenues par les pondérations T1 et T2. En effet, les lésions tendineuses et ligamentaires aiguës présentent une augmentation de signal en T1 et T2, et parfois en saturation des graisses. Les lésions plus chroniques présentent une modification de signal principalement en T1.

L'interprétation des images nécessitent la réalisation de coupes frontales, transverses et longitudinales afin de déterminer plus précisément la ou les structure(s) anatomiques lésées et l'extension de la (ou des) lésions.

4. Application : examen du pied du cheval

4.1. Images I.R.M. des principales structures anatomiques du pied, d'après Busoni [15]

Busoni décrit l'apparence de l'appareil podo-trochléaire du pied antérieur du cheval à partir d'une étude menée sur 16 pieds isolés indemnes de lésions radiographiques. Afin de simplifier ces résultats, nous réduirons la description des images à celles de l'os sésamoïde distal, du T.F.P.D. et de la bourse podo-trochléaire obtenues en modes T1 et T2.

4.1.1. Os sésamoïde distal

L'os compact ne produit aucun signal et apparaît noir. Sur 11 pieds, il présente cependant une augmentation du signal sur l'éminence sagittale lors des séquences SE-T1.

L'os trabéculaire présente un fort signal (en raison de sa teneur en graisse) et granuleuse en mode T1. Il présente un faible signal en mode T2.

Le fibrocartilage constitue une fine bande au signal intermédiaire dans toutes les séquences. Son identification est plus complexe lorsque du liquide synovial est présent à la face palmaire de l'os sésamoïde distal en pondération T2.

4.1.2. Tendon fléchisseur profond du doigt

Les structures tendineuses et ligamentaires de l'appareil podo-trochléaire présente un faible signal en pondération T2 alors que l'intensité du signal est variable avec l'orientation des fibres lors des séquences courtes (T1).

Lors des séquences courtes (T1), la partie infra-sésamoïdienne du T.F.P.D. présente un fort signal lorsque l'angle entre l'axe des fibres et le champ magnétique est proche de 55°.

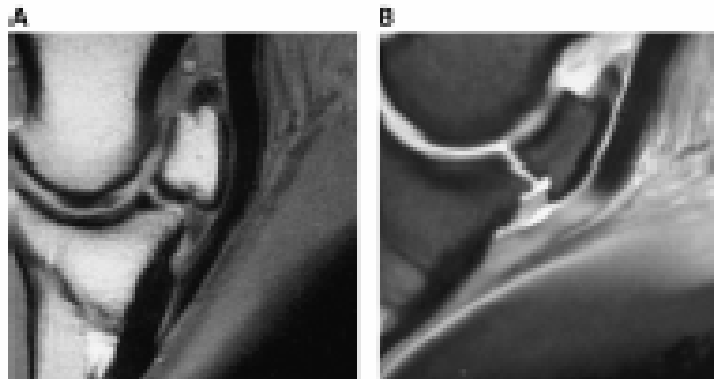
4.1.3. Bourse podo-trochléaire

La bourse podo-trochléaire n'est pas clairement délimitée en mode T1 et la bourse collabée apparaît comme une fine bande au signal intermédiaire entre l'os sésamoïde distal et le T.F.P.D. Dans les séquences T2, les récessus proximal et distal présentent un fort signal associé à la présence de liquide synovial.

4.2. Images de référence

La figure 18 présente l'image de référence de l'appareil podo-trochléaire en coupe sagittale à l'I.R.M.

Figure 18 : Coupes sagittales de l'appareil podo-trochléaire – images normales du T.F.P.D. :
A = pondération T1, écho spin – B = saturation de graisse, d'après Busoni [15].



B - LA SCINTIGRAPHIE

En pathologie locomotrice équine, la scintigraphie constitue un moyen de localiser les affections musculo-squelettiques.

Cette technique présente un intérêt topographique mais ne permet pas de caractériser la lésion. Ainsi, une des principales indications de l'examen scintigraphique est le diagnostic précoce des lésions osseuses avant l'apparition de modifications radiographiquement visibles par exemple les contusions osseuses sous-chondrales.

1. Principes de réalisation d'un examen scintigraphique, d'après Dyson [44].

1.1. Produit injecté

La scintigraphie est une technique d'imagerie utilisant un élément radioactif émettant des radiations captées par une camera. L'élément radioactif utilisé est le technétium 99 ; il s'agit d'un isotope à demi vie courte, d'environ 6 heures, qui permet ainsi de limiter les radiations. Le technetium 99 est principalement éliminé par voie rénale. L'isotope produit une émission de rayons gamma, utilisée dans cette technique d'imagerie. La radiation est évaluée en Becquerel.

Le technétium peut se présenter sous des formes chimiques différentes.

Le pertechnetate de sodium peut être injecté directement par voie intraveineuse. Seules les phases vasculaire et tissulaire peuvent être effectuées. En médecine équine, le pertechnetate de sodium est combiné à un agent pharmaceutique.

Pour la scintigraphie osseuse, le technetium est fixé à un diphosphonate. Le mécanisme de transport du couple technetium – diphosphonate n'est pas bien connu. Il semble que le couple se fixe aux cristaux d'hydroxyapatite inorganique par adsorption puis subissent une intégration sur les cristaux.

1.2. Fixation du produit radioactif

On distingue trois phases importantes en fonction de la distribution du produit actif :

- * La **phase précoce** est la phase vasculaire et dure à peu près 30 secondes.
- * La **phase tissulaire** représentant la distribution du liquide dans les capillaires et le liquide extracellulaire. Les images des tissus mous sont obtenues 15 à 30 minutes après l'injection du produit radioactif.
- * La **phase osseuse** : le produit est adsorbé sur les cristaux d'hydroxyapatite de l'os et également sur les phosphates de calcium amorphes constituant l'os en formation. Les images sont obtenues 2 à 5 heures après l'injection.

Le couple est transporté sur les sites de remodelages et remaniements osseux actifs ou dans les zones de minéralisation au sein des tissus mous. Différentes hypothèses sont proposées pour comprendre la fixation du produit radioactif dans les zones osseuses lésées :

- * Une augmentation de la vascularisation locale favorise le transport du produit vers les sites lésionnels.
- * Les remodelages et remaniements osseux correspondent à une modification des activités ostéoclasique et ostéoblastique ; ainsi, lors de la résorption osseuse, l'activité ostéoclasique augmente tandis que l'anabolisme osseux coïncide avec une augmentation de l'activité ostéoblastique. Le transport du produit radioactif semble être principalement corrélé à l'activité ostéoblastique qui augmente lors du remaniement osseux et il semble que la forte sensibilité de l'examen nucléaire soit attribuée à l'augmentation de cette activité ostéoblastique qui précède les modifications osseuses radiographiquement visibles. L'assimilation maximale du produit radioactif est maximale 8 à 10 jours après la lésion osseuse.

Une fois le produit injecté par voie intraveineuse, la distribution du produit radioactif dans les tissus est également fonction d'autres critères :

- * la quantité de produit radioactif injecté,
- * densité des vaisseaux capillaires irriguant le tissu considéré et de leur perméabilité,
- * la quantité de liquide extravasculaire : plus cette quantité est élevée (en cas d'inflammation par exemple), plus le gradient de concentration est élevé et plus la diffusion du produit vers le secteur extravasculaire est efficace.

Finalement, l'intensité de la fixation est fonction de deux paramètres : l'irrigation sanguine et l'anabolisme osseux.

1.3. Obtention et qualité des images

- * Obtention des images :

La scintigraphie peut s'aborder par deux voies, mais la méthode la plus communément utilisée est l'acquisition d'image en deux dimensions par le biais d'une gamma caméra.

Les images scintigraphiques sont permises par l'émission de radiations de rayons gamma produites par les os sains et lésés. Les rayons produits au sein de l'os traversent donc les différents tissus mous puis la distance séparant le cheval de la caméra.

La distribution du produit radioactif est mesurée à l'aide d'une gamma caméra. La camera est portée par une colonne centrale qui permet de faciliter ses déplacements. Elle est idéalement placée sous le niveau du sol, dans une fosse afin d'imager les extrémités distales des membres.

Le positionnement de la caméra se fait le plus près du cheval pour optimiser la qualité de l'image et limiter le temps d'acquisition.

L'acquisition des données dure environ une minute par vue : le temps d'acquisition varie entre 30 et 90 secondes. Il est fixé en fonction de la dose d'isotope injecté, la température ambiante, l'âge du cheval...

La quantité de radioactivité captée par la caméra est fonction :

- * de la quantité de radioactivité émise bien entendue,
- * mais également de la position de la caméra par rapport au cheval, par exemple la distance la séparant de la région étudiée.

Enfin, la quantité de radioactivité captée est retranscrite en une image ; la couleur et l'intensité correspondent à l'émission radioactive.

* Qualité des images obtenues :

La qualité de l'image obtenue est fonction de différents facteurs. Une bonne qualité requiert :

- un bon fonctionnement des appareils,
- une quantité suffisante de produit injecté,
- une distance camera - corps minimale. Une distance excessive entre le corps du cheval et la caméra est une des causes principales de faux négatifs.
- l'absence de mouvement ; un mouvement de la camera ou du cheval est accompagné d'une image de mauvaise qualité. Une sédation à base d'alpha 2 et de morphiniques est utilisée afin de limiter les mouvements du cheval.
- de minimiser les radiations parasites ; une planche verticale est positionnée entre les membres afin d'éviter la radiation émise par le membre contro-latéral. Un drap plombé peut être placé sur le corps du cheval.

Des facteurs intrinsèques à l'individu influencent également la qualité de l'image. Elle dépend de la race du cheval (les images obtenues sur des purs sangs sont typiquement de très bonne qualité). L'activité du cheval les jours précédents l'examen modifie les résultats de l'examen : en effet, un manque de contraintes squelettiques limitent les modifications scintigraphiques. Un exercice de 20 minutes et l'injection d'acépromazine (15 à 20 mg par cheval) avant l'injection favorisent la diffusion de l'isotope.

La température extérieure peut influencer la diffusion de produit radioactif au sein de l'organisme par la mise en place de shunt artério-veineux ; la perfusion périphérique est diminuée lorsque la température extérieure diminue, particulièrement en hiver. De même, une déshydratation ou un stress peuvent amoindrir la qualité de l'examen. Ainsi, il est préférable d'hospitaliser le cheval la veille de l'examen.

Le nombre de vues dépend de la région examinée. Pour l'examen des régions distales, un minimum de deux vues est requis afin de permettre une reconstruction 3 D.

L'examen du doigt du cheval requiert la réalisation de vues de face et de profil. La vue solaire ainsi qu'une vue en flexion peuvent être rapportées.

Une atteinte distale peut donner une augmentation de radiation sur tout le membre lésé ou, par report de poids sur le membre contro-latéral.

1.4. Interprétation des images scintigraphiques : principes généraux

1.4.1. Comparaison des vues

Le principe fondamental d'interprétation des images scintigraphiques est la comparaison entre les membres et l'étude des différentes vues afin d'imager la représentation en trois dimensions. Pour comparer les vues entre elles, il est important de positionner le membre et la caméra de manière similaire et d'utiliser un temps d'acquisition identique.

1.4.2. Description de l'activité scintigraphique

* Activité scintigraphique :

Le rayonnement doit être augmenté de 10 à 15 fois pour être objectivé sur les images scintigraphiques. L'analyse des images se base principalement sur la comparaison avec le membre contro-latéral et entre les côtes médial et latéral. Lors de lésion bilatérale, il est possible de sous-estimer une augmentation d'activité scintigraphique.

* Localisation :

L'os sous-chondral présente une activité scintigraphique plus élevée que l'os diaphysaire ; ceci est lié au fait que les épiphyses sont plus larges et présentent un turn-over plus élevé.

L'examen permet de différencier une atteinte diaphysaire, corticale ou médullaire.

Lors d'atteinte articulaire, la combinaison des vues permet de connaître la face atteinte.

1.4.3. Limite de l'examen

* Erreurs par excès :

Cet examen peut mener à des conclusions faussement négatives. Outre les erreurs techniques, l'interprétation des images nécessite la prise en compte de certains critères :

- l'âge du cheval : les plaques de croissance chez le jeune présentent une activité scintigraphique augmentée de manière bilatérale,
- l'activité du cheval : selon la discipline pratiquée, les contraintes biomécaniques sont différentes et le profil scintigraphique « normal » diffère en fonction de la discipline pratiquée,
- la conformation du cheval : par exemple, la prééminence des articulations peut être confondues avec une augmentation d'activité,
- la connaissance de l'anatomie : la superposition de la vessie et des reins peut altérer l'interprétation des images de la région axiale.

* Erreurs par défaut :

La scintigraphie osseuse est un examen peu sensible. Des faux négatifs peuvent être expliqués par des erreurs techniques (positionnement de la caméra, vue effectuées), le temps séparant le traumatisme osseux et le jour de l'examen (idéalement au moins 10 jours)...

1.5. Mesures de radioprotection

Les mesures de radioprotection mises en place lors d'un examen scintigraphique visent à limiter l'exposition humaine et la contamination de l'environnement.

Ainsi, chaque cheval se voit attribuer un box portant un sigle radioactif dont la litière sera récupérée, évacuée et incinérée.

Afin de limiter l'exposition des opérateurs, le temps de contact avec l'animal est limité au maximum. Lors de la manipulation du cheval, l'assistant revêt un tablier de plomb, un protège thyroïde ainsi que des sur bottes et des gants. Les examens d'imagerie sont réalisés idéalement le surlendemain de l'examen scintigraphique.

Le matériel d'injection utilisé et donc contaminé est déposé dans un container voué à être incinéré.

Enfin, l'animal est rendu à ses propriétaires trois jours après l'injection du produit radioactif.

2. Images scintigraphiques du pied du cheval

2.1. Incidences effectuées pour l'examen du pied

Plusieurs incidences permettent d'évaluer le pied du cheval :

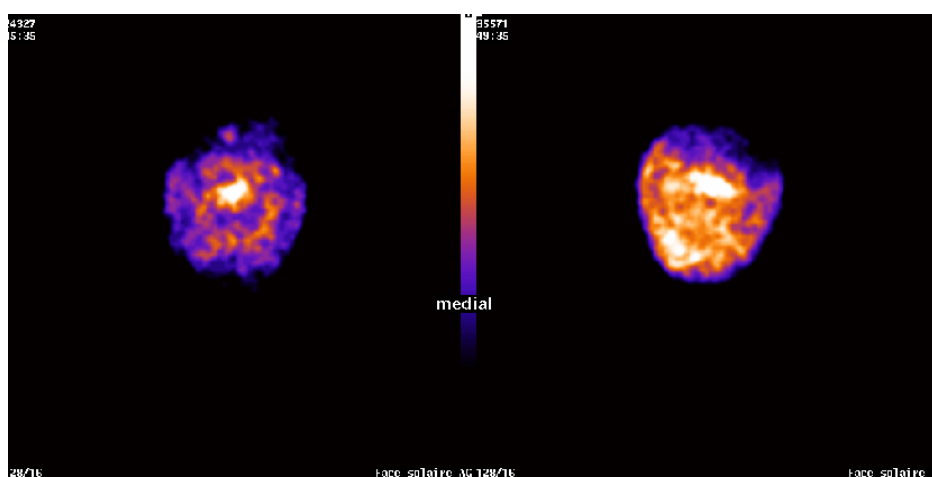
- * Les incidences de **face et de profil** du doigt ont un abord identique à celui utilisé au cours de l'examen radiographique,
- * La vue nommée « **face solaire** » est obtenue en posant le pied du cheval sur la gamma caméra ; le membre est alors maintenu en protraction par un aide.

2.2. Images scintigraphiques de pieds

L'image scintigraphique permet de localiser la région présentant une activité scintigraphique augmentée.

L'examen du pied du cheval permet de localiser la zone et notamment de différencier l'os sésamoïde distal et la phalange distale (figure 19).

Figure 19 : Examen scintigraphique – vue solaire : augmentation de l'activité scintigraphique sur l'os sésamoïde distal de l'antérieur droit (à droite de l'image).



C - LA THERMOGRAPHIE

1. Principes de la thermographie

La thermographie est une technique d'imagerie qui fournit une image de la température à **la surface** d'un objet. Il s'agit d'une technique non invasive et qui peut faciliter ou affiner un diagnostic topographique.

1.1. Température superficielle

La chaleur se dissipe à travers la peau par radiation, convection, conduction ou évaporation. La température cutanée est généralement inférieure de 5 °C à la température corporelle.

La chaleur cutanée varie en fonction du métabolisme tissulaire et de la perfusion sanguine. Le métabolisme tissulaire est assez constant ; cependant l'activité physique peut transitoirement le modifier. Ainsi, la perfusion sanguine locale est le principal responsable des modifications de la chaleur cutanée.

1.2. Obtention des images

Les mesures de la température superficielle sont assurées par une caméra infrarouge.

Cette caméra portable est reliée à un système d'analyse qui permet la visualisation de la zone examinée selon la palette de couleur choisie.

1.3. Interprétation des images

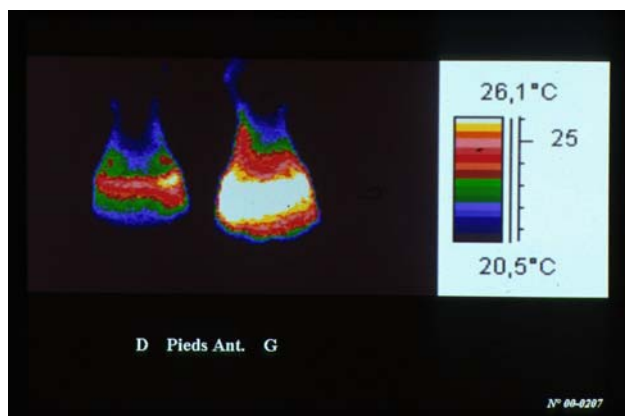
L'interprétation des images se base sur la comparaison avec le membre contro-latéral. Ceci n'est valable que si les précautions précitées ont été mises en œuvre.

2. Images thermographiques du pied du cheval

Les images thermographiques dessinent le contour de la structure concernée. Ainsi, l'examen du pied, en réalité du doigt retranscrit le contour du sabot et du paturon.

Il est donc aisé de transposer les modifications de chaleur à l'image avec la région concernée (figure 20).

Figure 20 : Examen thermographique : Pied gauche (à droite de l'image) plus chaud que le droit.



D - AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES DIFFERENTES TECHNIQUES D'IMAGERIE UTILISEES AU CENTRE

Le tableau 4 présente les avantages et les inconvénients des différentes techniques d'imagerie utilisées au CIRALE.

Tableau 4 : Intérêt relatif des techniques d'imagerie du pied du cheval.

	<u>Avantages</u>	<u>Inconvénients</u>
<u>Radiographie</u>	∞ Coût ∞ Rapidité, simplicité ∞ Examen des tissus osseux	∞ Peu de renseignements sur les tissus mous ∞ Radioprotection
<u>Echographie</u>	∞ Coût ∞ Commodité ∞ Examen possible de l'articulation en mobilisation	∞ Interprétation ∞ Examen difficile des structures denses comme le sabot ∞ Difficulté à réaliser des coupes para sagittales
<u>Imagerie par résonance magnétique</u>	∞ Examen simultané de l'os et des tissus mous du pied ∞ Imagerie dans les 3 plans	∞ Coût ∞ Equipement ∞ Anesthésie générale
<u>Scintigraphie</u>	∞ Diagnostic topographique ∞ Examen global, bilan	∞ Coût ∞ Mesures de radioprotection ∞ Pas de diagnostic lésionnel
<u>Thermographie</u>	∞ Facilité d'examen	∞ Coût ∞ Très faibles sensibilité et spécificité ∞ Pas de diagnostic lésionnel

||

||

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

Ce travail a pour but d'étudier les atteintes du tendon fléchisseur profond du doigt dans la région digitale.

I - MATERIEL DE L'ETUDE

A - LES CHEVAUX INCLUS DANS L'ETUDE

Cette étude est menée à partir de 205 chevaux, présentés en consultation au CIRALE (Centre d'Imagerie et de Recherche Appliqué à la Locomotion des Equidés) **entre le 02 Décembre 1999 et le 10 Mai 2006.**

Ces chevaux ont été examinés en majorité par le Professeur Jean-Marie Denoix, mais également par ses collaboratrices, les Docteurs Virginie Coudry, Sandrine Jacquet, Aude Gaëlle Heitzmann et Hélène Pasquet.

Le centre fonctionne de la manière suivante : les chevaux présentés en consultation sont référés par un vétérinaire; ainsi, le cheval a été préalablement examiné et le plus souvent, soumis à des examens complémentaires. Le vétérinaire nous réfère le cheval en joignant une feuille de référence qui précise le motif de consultation et qui synthétise sa (ou ses) consultation(s).

Les chevaux nous sont donc présentés en seconde intention et, par conséquence, les troubles peuvent être plus ou moins anciens le jour de la consultation au CIRALE.

Les chevaux inclus dans cette étude présentent, le jour de la consultation, sur un ou plusieurs membre(s), une tendinopathie du fléchisseur profond du doigt en région digitale distale, c'est-à-dire s'étendant **distalement au scutum moyen**. Ainsi, les chevaux présentant une lésion en regard du boulet ou en régions digitales proximale et moyenne, sans étendue distale ont été exclus de notre étude.

B - LA BASE DE DONNEES : DOSSIER DU CIRALE

Cette étude **rétrospective** est menée à partir de la base de données du CIRALE ; chaque cheval possède un dossier dans lequel sont classés :

- * la feuille de référence du confrère qui nous confie le cas,
- * le compte rendu de la (ou des) consultation(s) reprenant : l'identification complète de l'animal, l'anamnèse et les commémoratifs, l'examen physique, l'examen dynamique, les examens complémentaires effectués et les suggestions thérapeutiques.
- * les planches des différents examens d'imagerie effectués : radiographie, échographie, ou encore examen d'I.R.M. ou scintigraphie.

C - LE MATERIEL D'IMAGERIE

1. L'échographe

Les examens échographiques ont été effectués avec un échographe ALOKA SSD 5500 PRO SOUND ® (figure 21). Cet appareil permet de nombreux réglages tels que la taille de l'image, le gain général, le focus, des fonctions d'inversion d'images...

La sonde utilisée pour l'examen échographique du pied par le creux du paturon est une sonde micro-convexe qui présente une ergonomie satisfaisante. La fréquence de cette sonde est modulable de 5 à 10 MHz ; la fréquence la plus fréquemment utilisée est 7,5 MHz.

L'abord trans-furcal est effectué avec une sonde convexe de grande taille qui offre un plus grand champ d'exploration. Les fréquences sont modulables de 3,5 à 6,5 MHz et les examens sont le plus souvent effectués à 5 MHz. Un coussinet acoustique (« pad ») est parfois utilisé.

Les images sont ensuite stockées, imprimées et conservées au centre. L'impression se fait en trois exemplaires : un est destiné au propriétaire, un est envoyé au vétérinaire référant et le dernier est conservé dans le dossier au centre.

Figure 21 : Echographe ALOKA SSD 5500 PRO SOUND ® utilisé au centre.



2. La radiographie

La salle radiographique est munie d'un appareil fixe : ce dernier est doté d'un générateur triphasé SIEMENS ® POLYDOROS 100 ; son intensité maximale est de 1250 mA, sa tension maximale de 125 kV. Le tube à rayons X est un tube MEGALIX à deux foyers (6 et 10 mm) ; il est monté sur une colonne au plafond.

La salle de radiographie répond bien entendu aux mesures de radioprotection en vigueur et les personnes devant rester à proximité de l'animal pour en assurer la contention portent un tablier de plomb ainsi qu'un protège thyroïde.

La distance foyer cassette est d'environ 1 m.

Les cassettes utilisées renferment un écran radio luminescent à mémoire à base de fluorohalogénure de baryum.

Les écrans sont lus dans un lecteur numérisant. L'image est alors retranscrite sur une console informatique. La numérisation permet un post-traitement de l'image ; en effet, il est possible de modifier les contours, le contraste de l'image, la luminosité, le cadrage...

Les clichés effectués sont ensuite imprimés en trois exemplaires, de manière similaire aux images échographiques.

Il faut noter que certaines radiographies avaient été réalisées par le vétérinaire référant avant la venue du cheval au CIRALE mais elles n'ont pas été considérées dans notre travail.

3. L'I.R.M.

Au CIRALE, les examens d'I.R.M. sont effectués avec une machine MAGNETOM OPEN SIEMENS - ERLANGEN ® et les images sont obtenues avec un champ magnétique de 0,2 T.

L'antenne utilisée est une antenne à anneaux MULTI-PURPOSE SMALL ®.

L'examen du pied du cheval par I.R.M. est systématisé et les séquences suivantes sont réalisées :

- * séquence écho de spin T1 en coupe transverse (3 minutes d'acquisition),
- * séquence écho de spin T2 en coupe transverse (3 minutes d'acquisition),
- * séquence d'inversion - récupération (= saturation de graisse) en coupe sagittale (4 minutes d'acquisition),
- * séquence D.E.S.S. (Double Echo Steady State) en coupe frontale (1,5 minute d'acquisition).

Selon indications particulières, d'autres séquences sont parfois effectuées.

4. La scintigraphie

La gamma-caméra ECAM EQUIN SIEMENS – ERLANGEN ® offre une surface de 40 cm * 50 cm et une matrice 128 * 128.

L'examen scintigraphique se base sur des séquences statiques (durée : 1 minute) et dynamiques (durée : 30 fois 2 secondes).

Le logiciel de traitement d'images HERMES, fourni par l'entreprise NUCLEAR DIAGNOSTICS ® permet la correction de mouvement. Il permet également la visualisation, l'impression et le stockage des images.

CIS BIO INTERNATIONAL, une filiale de SCHERING S.A. fournit un générateur de technétium de 6 GBq qui permet la réalisation d'un examen scintigraphique par jour pendant 4 jours. Le diphosphonate est l'acide 3,3-diphosphono-1,2-propanedicarboxylique (DPD).

II - METHODES

A - INFORMATIONS CONCERNANT LES CHEVAUX

A partir des dossiers, nous avons considéré, pour chaque cheval :

- * sa race,
- * son âge,
- * son sexe,
- * la discipline,
- * le motif de consultation,
- * l'ancienneté du trouble ou de la boiterie.

B - EXAMEN PHYSIQUE

Un examen physique complet est effectué sur les chevaux présentés en consultation au CIRALE et est inclus dans notre étude.

L'examen physique du cheval est un examen réalisé en station ; il comprend différentes étapes que sont l'inspection, la palpation, la pression et les tests de mobilisations.

1. L'inspection

L'inspection vise à évaluer l'état général du cheval. Elle permet de déceler une position antalgique mais également une amyotrophie, des défauts d'aplombs, des modifications de la conformation du pied...

2. La palpation et la pression

L'examen par palpation peut révéler une chaleur, une déformation ou une sensibilité.

Le test de la pince exploratrice permet de tester voire de localiser une sensibilité de pied. Le test est réalisé en pince, en mamelles, en quartiers, en talons, en région furcale et en talon-talon.

3. La mobilisation

Dans le cadre du diagnostic des boiteries de pied, la flexion digitale passive (concernant les membres antérieurs) et la flexion globale passive (concernant les membres postérieurs) sont intéressantes.

Enfin, le test de la planche, réalisé sur les membres antérieurs permet de reproduire une hyperextension inter-phalangienne, semblable à celle produite lors de la phase postérieure de la foulée.

Le compte-rendu de la consultation précise les éléments dominants et les éléments annexes notés au cours de l'examen physique. Les éléments sont gradés selon leur sévérité (discret – modéré – substantiel – marqué – sévère) et hiérarchisés selon leur signification.

Ainsi, pour chaque membre atteint, la présence ou l'absence des critères suivant sont consignés (figure 22) :

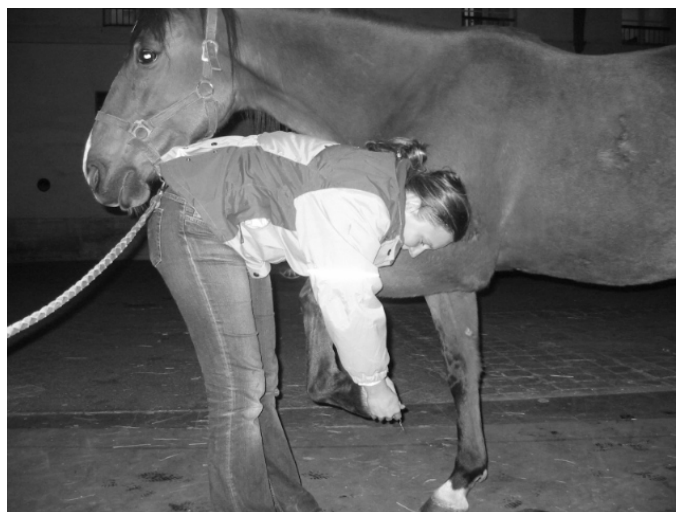
- * membre placé en protraction ou en rétraction en station,
- * pied étroit ou plus haut en talons,

- * amyotrophie en région proximale : amyotrophie de l'épaule pour les membres antérieurs ou amyotrophie fessière pour les membres postérieurs,
- * défaut d'aplomb et, s'il y a lieu, leur nature,
- * distension du récessus dorsal de l'articulation inter phalangienne distale,
- * engorgement creux paturon,
- * distension gaine digitale,
- * résultat du test de la planche,
- * sensibilité pince exploratrice,
- * défauts d'aplombs.

Figure 22 : Examen physique du cheval – quelques exemples.



Inspection : varus métacarpo-phalangien
sur l'antérieur gauche



Test de flexion digitale passive



Test de sensibilité à la pince exploratrice



Test de la planche

C - EXAMEN DYNAMIQUE

La quasi-totalité des chevaux a été examinée en dynamique et le descriptif de l'examen locomoteur a été retranscrit dans le compte-rendu. L'étude de la locomotion s'intéresse uniquement au(x) membre(s) présentant la tendinopathie.

1. Membre(s) affecté(s)

Pour chaque cheval est retranscrit le ou les membre(s) affecté(s).

2. Caractéristiques de la boiterie

L'examen locomoteur est standardisé ; le cheval est examiné sur un huit de chiffre au pas, puis sur cercles durs aux deux mains et ligne droite au trot, puis sur cercles mous aux deux mains au trot et au galop. Des tests complémentaires sont quasi-systématiquement effectués : tests de flexion, test du surfaix...

Cependant, dans des circonstances particulières l'examen peut être restreint : boiterie marquée, comportement du cheval difficile...

Pour chaque cheval de l'étude ayant fait l'objet d'un examen dynamique, nous nous intéressons à la locomotion du (ou des) membre(s) lésé(s).

Ainsi, pour chaque membre avec une tendinopathie du T.F.P.D. est noté l'absence ou la présence d'une boiterie lors de l'examen au centre.

Lorsqu'une boiterie est présente, les informations suivantes sont notées :

- * la présence ou l'absence et, s'il y a lieu la nature d'une modification des phases de la foulée,
- * le grade de la boiterie sur une échelle de 0 à 5 : un grade de 0 est attribué au chevaux ne présentant aucune boiterie. Lorsqu'une boiterie est présente, elle est classée en boiterie discrète (grade $\leq 1/5$), modérée (grade $1/5 < \leq 2/5$) ou franche (grade $> 2/5$),
- * la (ou les) circonstance(s) de boiterie maximale(s) : cercle dur à main correspondante ou opposée, cercle mou à main correspondante ou opposée, ligne droite.

3. Tests de flexion

Dans la majorité des consultations, les tests de flexion sont réalisés. Il s'agit du test de flexion digitale pour les antérieurs et du test de flexion globale pour les postérieurs. Parfois, lorsque le cheval est présenté en consultation pour un examen d'imagerie ciblé, ou lorsque la boiterie est sévère, ou encore si le cheval est peu coopératif, ces tests ne sont pas effectués.

Les tests de mobilisation dynamique visent à appliquer une contrainte pendant une durée déterminée d'une minute à la suite desquels on évalue la locomotion du cheval.

Un test est noté positif lorsqu'il entraîne l'apparition d'une boiterie sur un membre préalablement sain ou lorsqu'il aggrave une boiterie déjà présente. A l'ouverture du CIRALE, la réponse au test de flexion était gradée sur une échelle de 0 à 5. Désormais, elle est évaluée sur une échelle de trois grades. Ainsi, afin d'homogénéiser les résultats, nous avons regrouper ces résultats en :

- * test négatif : 0/5 puis 0/3,
- * test discrètement positif : gradé inférieur ou égal à 1/5 et 1/3,
- * test modérément positif : gradé strictement inférieur à 2/5 et de 1/3,
- * test positif : strictement supérieur à 2/5 et 1/3.

D - EXAMENS D'INVESTIGATIONS LESIONNELLES REALISEES PAR IMAGERIE

Pour chaque cas intégré dans l'étude, nous répertorions les investigations lésionnelles réalisées par imagerie réalisées (examens, abords – incidences, régions examinées) et les images, normales ou anormales observées.

1. Examen échographique

1.1. Conditions de réalisation de l'examen échographique

*** Contention de l'animal :**

Si le cheval est difficile à examiner ou dangereux, l'utilisation d'un tord-nez ou une tranquillisation avec un $\alpha 2$ -agoniste, la détomidine (DOMOSEDAN ND) peuvent être mises en place.

*** Positionnement de l'opérateur :**

L'opérateur est assis sur un tabouret doté de roulettes et se positionne. Il peut ainsi être exposé aux coups de pied.

*** Préparation du paturon :**

Afin d'améliorer la pénétration des ultrasons, le paturon est tondu puis mouillé avec de l'eau chaude.

*** Préparation du pied pour la réalisation de l'échographie par abord trans-furcal :**

La fourchette est parée afin de retirer la corne sèche superficielle qui altère la transmission des ultrasons et qui détériore ainsi la qualité de l'image échographique obtenue. De plus, le parage permet d'obtenir une surface de contact plane, idéalement discrètement concave pour améliorer le contact de la sonde avec la fenêtre acoustique. Si nécessaire, la corne est préalablement ramollie par un trempage du pied dans un seau d'eau chaude ou en posant le pied du cheval sur une éponge imbibée pendant 10 minutes.

La conformation du pied et de la fourchette conditionne la qualité de l'examen. En effet, un pied haut et étroit présente fréquemment une lacune épaisse et étroite ce qui diminue la qualité du contact.

*** Position du membre :**

L'examen échographique de la face palmaire du paturon s'effectue à l'appui.

Par contre, l'examen échographique du creux du paturon est fréquemment effectué au soutien. Un aide peut maintenir le membre au soutien tandis que l'opérateur pose le pied du cheval sur son genou en réalisant une traction sur le boulet afin de conserver l'extension inter-phalangienne.

Pour examiner le pied par abord trans-furcal, le manipulateur pose la face dorsale du sabot sur son genou. Si nécessaire, un aide assure la contention du membre au soutien.

1.2. Recueil des lésions échographiques

Le compte rendu présente les résultats de l'examen échographique.

Pour chaque pied de l'étude ayant fait l'objet d'un examen échographique, nous relevons :

* sur le tendon fléchisseur profond du doigt :

- la localisation de la lésion : localisation proximo-distale, le (ou les) lobe(s) lésé(s),
- la présence ou l'absence d'un épaissement,
- la présence ou l'absence d'une diminution de l'échogénicité,
- la présence ou l'absence d'une augmentation de l'échogénicité,
- la présence ou l'absence d'une échogénicité hétérogène,
- la présence ou l'absence de minéralisation.

* sur les autres structures de l'appareil podo-trochléaire :

- la présence ou l'absence de lésion du ligament sésamoïdien collatéral : épaissement, modification de l'échogénicité, remodelages ou remaniements osseux des surfaces d'insertion,
- la présence ou l'absence d'une image échographique anormale de la bourse podo-trochléaire : effusion synoviale ou épaissement de la membrane synoviale signant une bursite,
- la présence ou l'absence d'une image échographique anormale de la gaine digitale : effusion synoviale ou épaissement de la membrane synoviale indicatrice d'une ténosynovite,
- la présence ou l'absence d'une image échographique anormale indicatrice d'une effusion synoviale ou un épaissement de la membrane synoviale du récessus palmaire et / ou dorsal de l'articulation inter-phalangienne distale signant une synovite.
- la présence ou l'absence de lésion du ligament annulaire digital distal : épaissement, modification de l'échogénicité, remodelages ou remaniements osseux des surfaces d'insertion,
- la présence ou l'absence de lésion du ligament sésamoïdien distal impair : épaissement, modification de l'échogénicité, remodelages ou remaniements osseux des surfaces d'insertion.

1.3. Sensibilité et spécificité de l'examen échographique

Lorsque d'autres techniques d'imagerie ont permis de mettre en évidence des lésions du T.F.P.D. non identifiées lors de l'examen échographique, l'information est également retenue.

2. Examen radiographique

2.1. Conditions de réalisation des clichés radiographiques du pied

Afin d'optimiser la qualité des clichés radiographiques du pied, le pied est déferé et paré et les lacunes de la fourchette sont comblées avec du savon.

Ensuite, la plupart des chevaux radiographiés sont tranquilisés avec un $\alpha 2$ -agoniste, la détomidine (DOMOSÉDAN ND), si l'auscultation cardiaque le permet.

2.2. Incidences réalisées

Pour chaque pied lésé ayant fait l'objet d'un examen radiographique sont répertoriées :

- * les incidences radiographiques mises en œuvre dans l'examen du pied,
- * les autres régions radiographiées sur ce membre.

2.3. Recueil des anomalies radiographiques

Pour chaque pied lésé et radiographié sont recueillis les signes radiographiques suivants :

- * sur l'os sésamoïde distal :
 - la présence ou l'absence de remodelages et / ou remaniements osseux de l'os sésamoïde distal autre que sur la face flexoria,
 - la présence ou l'absence de remodelages et / ou remaniements osseux sur la face flexoria,
 - la présence ou l'absence de fossettes synoviales élargies sur le bord distal de l'os sésamoïde distal.
- * sur la phalange distale :
 - la présence ou l'absence de remodelages et / ou remaniements osseux sur la phalange distale en regard de l'insertion distale du T.F.P.D.,
 - la présence ou l'absence de remodelages et / ou remaniements osseux sur la phalange distale en regard de l'insertion distale du ligament sésamoïdien distal impair.
- * sur l'articulation inter-phalangienne distale :
 - la présence ou l'absence d'épaississement des tissus mous en regard du récessus dorsal de l'articulation inter-phalangienne distale.
 - la présence ou l'absence de remodelages osseux péri-articulaires de l'articulation inter-phalangienne distale.
- * sur le tendon fléchisseur profond du doigt :
 - la présence ou l'absence de minéralisation au sein du T.F.P.D.

2.4. Limites de l'examen radiographique

Lorsque d'autres techniques d'imagerie ont permis de mettre en évidence des lésions de l'appareil podo-trochléaire non identifiées lors de l'examen radiographique, l'information est répertoriée afin de comparer l'intérêt respectif des différentes techniques d'imagerie employées.

3. Examen d'imagerie par résonance magnétique

3.1. Conditions de réalisation de l'examen d'I.R.M.

Le cheval est hospitalisé au centre la veille, parfois l'avant-veille de l'examen d'I.R.M. Tout cheval hospitalisé au centre est examiné quatre fois par jour.

Un bilan préopératoire est effectué ; ce bilan inclut un examen clinique de base ainsi que des examens sanguins (numération- formule, fibrinogène, créatinine...), une auscultation respiratoire au sac et un électro-cardiogramme.

Le cheval est mis à jeun la veille de son examen, le soir à minuit.

Le jour de l'examen, le cheval est tranquilisé avec de l'acépromazine et un cathéter est mis en place dans la veine jugulaire, à gauche ou à droite selon la positionnement du cheval au cours de l'examen d'I.R.M.

Ensuite, le cheval est placé dans le box de couchage capitonné. Il est prémédiqué (détomidine et morphine) puis induit (diazépam et kétamine en général). Le couchage du cheval est assisté par deux ou trois personnes.

Une fois couché, le cheval est intubé et installé sur la table d'examen à l'aide d'un treuil. La table est ensuite poussée dans la salle d'I.R.M. et le cheval positionné. La sonde trachéale est reliée à la machine d'anesthésie (halothane ou isoflurane), le cheval est mis sous perfusion (Ringer Lactate) et le monitoring est installé (ECG, capteur de pression artérielle, capnomètre...). Trois personnes restent dans la salle d'examen avec le cheval et deux autres s'occupent de la réalisation de l'examen d'imagerie.

Ensuite l'acquisition des images est lancée et les différentes séquences effectuées depuis la salle de commande.

3.2. Régions examinées lors de l'examen par I.R.M.

Pour chaque cheval ayant fait l'objet d'un examen d'imagerie par résonance magnétique, la nature des régions examinées est retranscrite :

- * pied ou doigt,
- * membre lésé et / ou membre contro-latéral.

3.3. Recueil des lésions présentées

Le Pr. Denoix et ses collaborateurs effectuent ensuite la lecture des différentes séquences obtenues. Le compte-rendu de l'examen d'I.R.M. est intégré au compte-rendu de la consultation.

Pour chaque pied examiné par I.R.M. sont répertoriés les critères suivants :

- * localisation de la lésion : localisation proximo-distale, le (ou les) lobe(s) lésé(s),
- * la présence ou absence d'une anomalie de signal,
- * la présence ou l'absence d'une asymétrie et / ou d'un épaississement du tendon fléchisseur profond du doigt,
- * la présence ou l'absence de fibrillations du tendon,
- * la présence ou l'absence d'une irrégularité de contour du tendon,
- * la présence ou l'absence d'adhérences entre le tendon et l'os sésamoïde distal,
- * la présence ou l'absence d'encoche au sein du tendon.

4. Conclusion des examens d'imagerie

A la suite des examens d'imagerie effectués, les informations lésionnelles suivantes sont recueillies :

4.1. Localisation de la tendinopathie du perforant

4.1.1. Membre affecté

Pour chaque cheval de l'étude sont répertoriés le ou les membre(s) affecté(s). En effet, les examens réalisés sont systématiquement effectués sur le membre contro-latéral afin d'évaluer le perforant et de déceler d'éventuelles atteintes bilatérales.

4.1.2. Localisation dans le sens proximo-distal :

En région distale, la lésion est dite :

- * infra-sésamoïdienne lorsque la lésion est située distalement à l'os sésamoïde distal,
 - * sésamoïdienne si la lésion est située en regard de l'os sésamoïde distal,
 - * supra-sésamoïdienne lorsque la lésion est située proximale à l'os sésamoïde distal.
- Lorsqu'une lésion en région supra-sésamoïdienne s'étend également proximale au scutum moyen, le cas est inclus dans l'étude.

Une lésion peut évidemment affecter une, deux ou les trois régions précitées. Selon la localisation dans le sens proximo-distal de la tendinopathie du fléchisseur profond du doigt, les chevaux sont ainsi classés parmi les six classes suivantes :

- * tendinopathie supra-sésamoïdienne (SS),
- * tendinopathie sésamoïdienne (S),
- * tendinopathie infra-sésamoïdienne (IS),
- * tendinopathie supra-sésamoïdienne et sésamoïdienne (SS + S),
- * tendinopathie supra-sésamoïdienne et infra-sésamoïdienne (SS + IS),
- * tendinopathie sésamoïdienne et infra-sésamoïdienne (S + IS),
- * tendinopathie supra-sésamoïdienne, sésamoïdienne et infra-sésamoïdienne (SS + S + IS).

4.1.3. Latéralisation de la lésion

Les examens d'imagerie permettent de définir si la lésion est centrale ou latéralisée, le ou les lobe(s) du tendon perforant lésé(s).

4.1.4. Méthodes d'imagerie ayant permis de mettre en évidence la tendinopathie

Dans le cadre de notre étude, nous répertorions, pour chaque cas, la ou les technique(s) d'imagerie ayant permis de révéler la lésion.

4.1.5. Lésions associées à la tendinopathie du T.F.P.D.

Pour chaque pied lésé, nous notons les lésions de l'appareil podo-trochléaire associées à la tendinopathie du perforant.

E - EXAMENS D'INVESTIGATIONS TOPOGRAPHIQUES

1. Anesthésies sémiologiques

La réalisation d'anesthésies tronculaires et synoviales a pour but d'établir ou de confirmer la localisation topographique du siège de la lésion responsable de la boiterie.

1.1. Résultats intégrés à l'étude

Le recueil de l'anamnèse révèle parfois la réalisation d'anesthésies tronculaires ou synoviales à visée diagnostique par le vétérinaire référant lors de sa visite préalable.

Ces résultats ont été pris en compte dans notre étude lorsque l'anesthésie avait été effectuée récemment, c'est-à-dire au cours des visites effectuées par le confrère pour investiguer l'épisode de boiterie pour lequel le cheval est référé au centre.

1.2. Anesthésies réalisées au centre

* Anesthésies tronculaires :

Dans certains cas, des anesthésies à visée diagnostique topographique sont réalisées lors de l'examen du cheval au centre.

- Après tonte et préparation de type chirurgicale du site, le membre est maintenu au soutien par un aide. L'opérateur réalise l'implantation de l'aiguille après palpation du faisceau vasculo-nerveux. Les anesthésies nerveuses sont effectuées à l'aiguille de 25 gauges, à base de 2 à 3 ml de XYLOVET ND (xylocaïne) ou de MEPIVACAINE ND (mépivacaine) par site. L'anesthésie est testée en évaluant la sensibilité cutanée.

- L'anesthésie nerveuse digitale distale est effectuée en regard des glomes. L'anesthésie nerveuse digitale moyenne est réalisée à mi-paturon et l'anesthésie nerveuse digitale proximale est pratiquée en région proximale du paturon.

* Anesthésies synoviales :

Au centre, les anesthésies synoviales sont effectuées après une tonte et une préparation chirurgicale du site. La contention du cheval est facilitée par la mise en place d'un tord-nez. La préhension d'un membre est parfois nécessaire.

- L'anesthésie de l'articulation inter phalangienne distale est réalisée par abord dorsal, 1 cm proximale au bouffant périoplique (figure 23). L'agent anesthésique utilisé est de la xylocaïne (XYLOVET ND – en moyenne 2 à 3 ml par articulation).

Figure 23 : Réalisation d'une anesthésie inter-phalangienne distale.



- L'anesthésie de la bourse podo-trochléaire s'effectue par abord dans le creux du paturon et l'injection de xylocaïne est réalisée (XYLOVET ND – 2 à 3 ml). Le clinicien effectue le plus souvent un repérage échoguidé.

Les chevaux ont ensuite été examinés en dynamique une ou plusieurs fois, dans les 10 à 45 minutes suivant l'acte.

1.3. Recueil des résultats des anesthésies diagnostiques

Pour chaque cheval de l'étude est reporté :

- * s'il y a lieu, le pied ayant fait l'objet d'anesthésie à visée diagnostique,
- * le vétérinaire ayant effectué l'anesthésie : vétérinaire référant ou traitant versus CIRALE,
- * le (ou les) type(s) d'anesthésie(s) nerveuse(s) effectué(s),
- * le (ou les) type(s) d'anesthésie(s) synoviale(s) réalisé(s),
- * le résultat de l'anesthésie : négatif, positif à moins de 50 % ou positif à plus de 50 %,
- * s'il y a lieu, l'apparition d'une boiterie du membre contro-latéral.

2. Examen scintigraphie

2.1. Réalisation de l'examen scintigraphique

Le cheval est mis en activité pendant une durée minimale de 20 minutes : les trotteurs sont fréquemment attelés, les chevaux de sport et de course sont longés lorsque cela est possible. Les autres chevaux sont sortis en liberté au manège.

Après cet exercice, une injection d'acépromazine est effectuée (VETRANQUIL ND – 1 ml pour 500 kg par voie intra-musculaire).

Un cathéter veineux est mis en place, le plus souvent dans la veine jugulaire droite.

Le cheval est ensuite déferé. Des protections en plastiques sont placées autour des quatre membres (jusqu'aux carpes sur les antérieurs, jusqu'aux tarses sur les postérieurs) et des pansements de pied sont ensuite mis en place.

Le mélange est constitué de technétium associé à un diphosphonate ; le produit radioactif est préparé puis injecté à la dose de 1 giga becquerel pour 100 kg. Cette étape se fait en respectant les mesures de radioprotection.

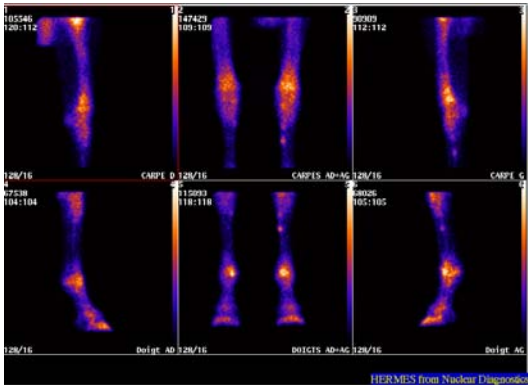
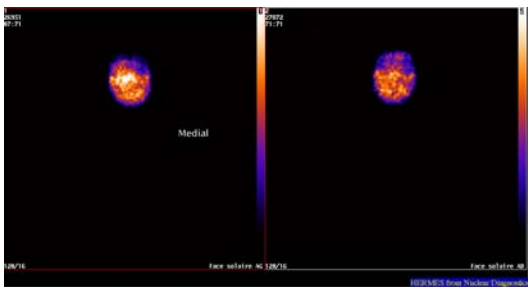
Le cheval est remis au box ; il reçoit une injection de furosémide (DIMAZON ND – 1 ml pour 100 kg) une heure avant la réalisation de l'examen, soit environ trois heures après l'injection du produit radioactif.

L'examen scintigraphique est débuté. Selon l'indication, l'examen scintigraphique peut concerner le corps entier ou une ou plusieurs région(s) définie(s) (membres antérieurs, membres postérieurs, région cervicale, dos ou bassin).

2.2. Vues réalisées en région digitale antérieure

Les vues habituellement réalisées sur le doigt antérieur sont la face et le profil du doigt ainsi qu'une vue solaire (figure 24).

Figure 24 : Examen scintigraphique des doigts antérieurs du cheval (Images CIRALE).

Face des doigts antérieurs	Profil des doigts antérieurs	Images scintigraphiques obtenues
		
Vue solaire des pieds antérieurs		Images scintigraphiques obtenues
		

2.3. Interprétation de l'examen

Le Pr. Denoix et ses collaborateurs effectuent la lecture et l'impression des images recueillies ; en fonction des résultats, les cliniciens décident des examens d'imagerie complémentaires (examens radiographique ou échographique) à réaliser.

2.4. Recueil des modifications de l'activité scintigraphique

Pour chaque cheval de l'étude ayant fait l'objet d'un examen scintigraphique, sont notées, sur le membre lésé et sur le membre contro-latéral, la présence ou l'absence de modifications de l'activité scintigraphique sur l'os sésamoïde distal et / ou la phalange distale.

3. Examen thermographique

3.1. Réalisation de l'examen thermographique

Le cheval est positionné au carré, c'est-à-dire de façon à ce que ses membres soient au même niveau. Pour la vue dorso-palmaire (ou -plantaire) (cf. infra), une plaque de polystyrène est placée verticalement entre les membres antérieurs et postérieurs.

L'examen est réalisé dans une pièce sombre et nous prenons soins de ne pas toucher les membres au cours des 10 minutes précédant la réalisation de l'examen thermographique.

3.2. Vues réalisées

Lorsque cet examen est effectué, les incidences réalisées sont des vues de face (dorso-palmaires (ou -plantaires)), parfois complétées par des vues et palmaro- (ou plantaro-) dorsales.

3.3. Recueil de résultats de l'examen thermographique

Pour chaque cheval sur lequel a été effectué l'examen, il est noté la présence ou l'absence de zone de chaleur et sa localisation dans le pied, sur le membre lésé et sur le membre controlatéral.

F - THERAPEUTIQUE ET CONDUITE À TENIR

Pour chaque consultation, le compte-rendu présente des propositions de maréchalerie, des suggestions thérapeutiques, et des conseils de gestion du cheval. Ce volet du compte-rendu est destiné au vétérinaire référant qui a ainsi le libre choix quant aux traitements qu'il effectue.

Pour chaque cheval de l'étude, ces suggestions sont répertoriées.

1. Suggestions de maréchalerie

Les conseils de maréchalerie sont retenus dans notre étude. Ainsi, nous relevons le matériau et la nature du fer conseillé.

2. Thérapeutiques conseillées

Pour chacune des consultations considérées, sont notées :

- * les prescriptions de traitement par voie générale,
- * les conseils de traitement par voie locale,
- * les suggestions de traitement chirurgical en première et seconde intention.

3. Thérapeutiques conseillées

Les conseils de gestion du cheval sont retranscrits : activité (repos, échauffement), figures de travail...

TROISIEME PARTIE : RESULTATS

Le but de ce travail est d'étudier les lésions du tendon fléchisseur profond du doigt en région digitale distale.

Différents critères relatifs à l'individu tels que l'âge, la race, le sexe, la discipline pratiquée, les défauts d'aplombs sont étudiés afin d'établir, s'il y a lieu, des facteurs de risque ou de protection vis-à-vis de cette pathologie.

Par ailleurs, nous étudions la localisation de l'atteinte tendineuse en région distale en catégorisant le site lésionnel en atteinte supra-sésamoïdienne, sésamoïdienne ou infra-sésamoïdienne.

Nous intégrons également dans l'étude les examens physiques et dynamiques des chevaux afin de préciser la clinique qu'ils présentent.

Ensuite, nous nous intéressons, pour chaque localisation, à la sensibilité et la spécificité des différentes techniques d'imagerie disponibles au centre pour le diagnostic de ces tendinopathies.

Enfin, nous citerons les suggestions thérapeutiques proposées au vétérinaire référant.

I - REPARTITION DES CAS DE L'ETUDE

Notre étude se base sur l'examen de 205 chevaux parmi lesquels 42 présentaient une tendinopathie sur deux membres. L'étude concerne donc 247 cas de tendinopathie du tendon fléchisseur profond du doigt en région digitale distale (cf. annexe 1).

A - SEXE

1. Répartition de l'effectif de l'étude selon le sexe

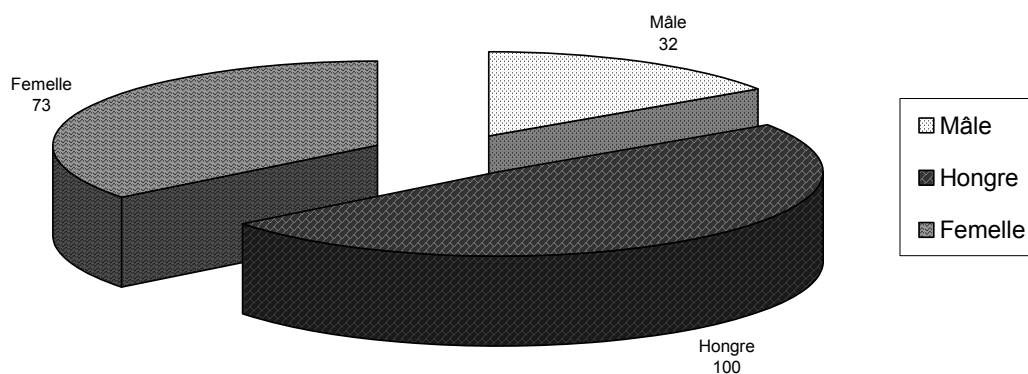
La moitié de l'effectif est composée de hongres. Les femelles représentent 35,6 % des cas de l'étude et les mâles constituent 15,6% de l'effectif (tableau 5 et figure 25).

Tableau 5 : Répartition de l'effectif selon le sexe.

* dont 1 poulain,
** dont 1 pouliche.

	Mâles	Hongres	Femelles
Nombre de chevaux	32 *	100	73 **
Pourcentage	15,6 %	48,8 %	35,6 %

Figure 25 : Répartition de l'effectif selon le sexe (poulains et pouliches inclus).



2. Répartition des chevaux examinés au CIRALE selon le sexe

Afin d'objectiver cette répartition, il est intéressant de présenter la répartition par sexe des 6016 chevaux présentés en consultation au centre sur la période du 10 décembre 1999 au 23 mai 2006 considérée dans notre étude (tableau 6).

Tableau 6 : Répartition des chevaux examinés au CIRALE selon les critères suivants : sexe, atteint versus sain (poulains et pouliches de moins de 2 ans exclus).

	Malade (avec une tendinopathie du T.F.P.D. en région digitale distale)	Sain (sans atteinte du T.F.P.D. en région digitale distale)	Total
Mâles	31	1478	1509
Hongres	100	2142	2242
Femelles	72	1657	1729
Total	203	5277	5480

Le test du chi 2 permet de préciser les informations suivantes :

- * les hongres ont 1,42 fois plus de risque de présenter une tendinopathie du perforant dans le pied.
- * l'appartenance au sexe mâle apparaît être un facteur protecteur puisque ils sont 0,46 fois moins fréquemment atteints que les autres (résultat statistiquement significatif).

* pour le sexe « jument », l'odds ratio calculé est de 1,20 pour un chi 2 de 1,5 (résultat statistiquement non significatif).

B - RACE ET DISCIPLINE PRATIQUEE

1. Répartition de l'effectif de l'étude selon la race

La majeure partie de l'effectif est de race selle français (149 cas). Les chevaux de selle étrangers (17 cas), les anglo-arabes (13 cas), les trotteurs français (8 cas) et les purs-sangs (6 cas) sont peu représentés (tableau 7 et figure 26).

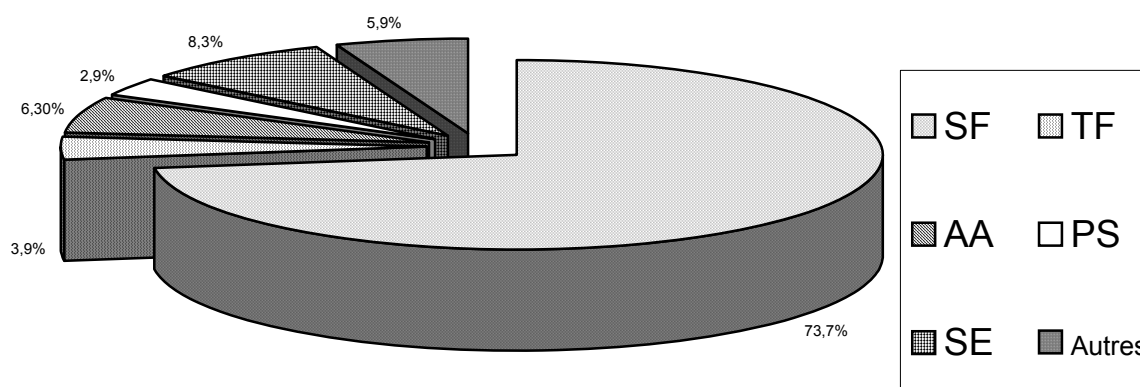
Tableau 7 : Répartition de l'effectif selon la race.

SF = selle français, AA = anglo-arabe, SE = selle étranger, TF = trotteur français, PS = pur-sang.

	SF	TF	AA	PS	SE	Autres
Nb de CV	149	8	13	6	17	12
Pourcentage	72,7 %	3,9 %	6,3 %	2,9 %	8,3 %	5,9 %

Figure 26 : Répartition de l'effectif selon la race.

SF = selle français, AA = anglo-arabe, SE = selle étranger, TF = trotteur français, PS = pur-sang.



2. Répartition de l'effectif des chevaux examinés au CIRALE selon la race

Nous avons relevé la répartition raciale des chevaux présentés en consultation au centre sur la période considérée.

Parmi les 6016 chevaux examinés, la majorité des chevaux présentés en consultation au CIRALE appartient à la race selle français (39,7 % - 2384 cas) et trotteur français (27,0 % - 1626 cas). Enfin, 670 Purs-sangs et 146 Anglo-arabes ont été examinés au centre pendant la période de l'étude (tableau 8).

Tableau 8 : Répartition des chevaux examinés au CIRALE selon les critères : race, atteint versus sain.

	Malade (avec une tendinopathie du T.F.P.D. en région digitale distale)	Sain (sans atteinte du T.F.P.D. en région digitale distale)	Total
S.F.	149	2235	2384
T.F.	8	1618	1626
P.S.	6	664	670
A.A.	13	133	146
Autres	29	1161	1190
Total	205	5811	6016

Le tableau 7 permet de calculer (test du chi 2) :

* un odds ratio de 4,26 pour le critère « selle français » (pour un chi 2 de 96,93) qui signifie qu'un cheval de cette race présente 4,26 fois plus de risque de présenter une tendinopathie du T.F.P.D. en région digitale distale que les autres.

* les « anglo-arabes » sont 2,89 plus fréquemment atteints que les autres (pour un chi 2 de 13,73).

* l'appartenance à la race « trotteur français » et « pur-sang » sont des facteurs protecteurs ; en effet ces chevaux présentent respectivement 0,11 (pour un chi 2 de 57,55) et 0,23 (pour un chi 2 de 14,46) fois moins fréquemment cette atteinte que les chevaux des autres races.

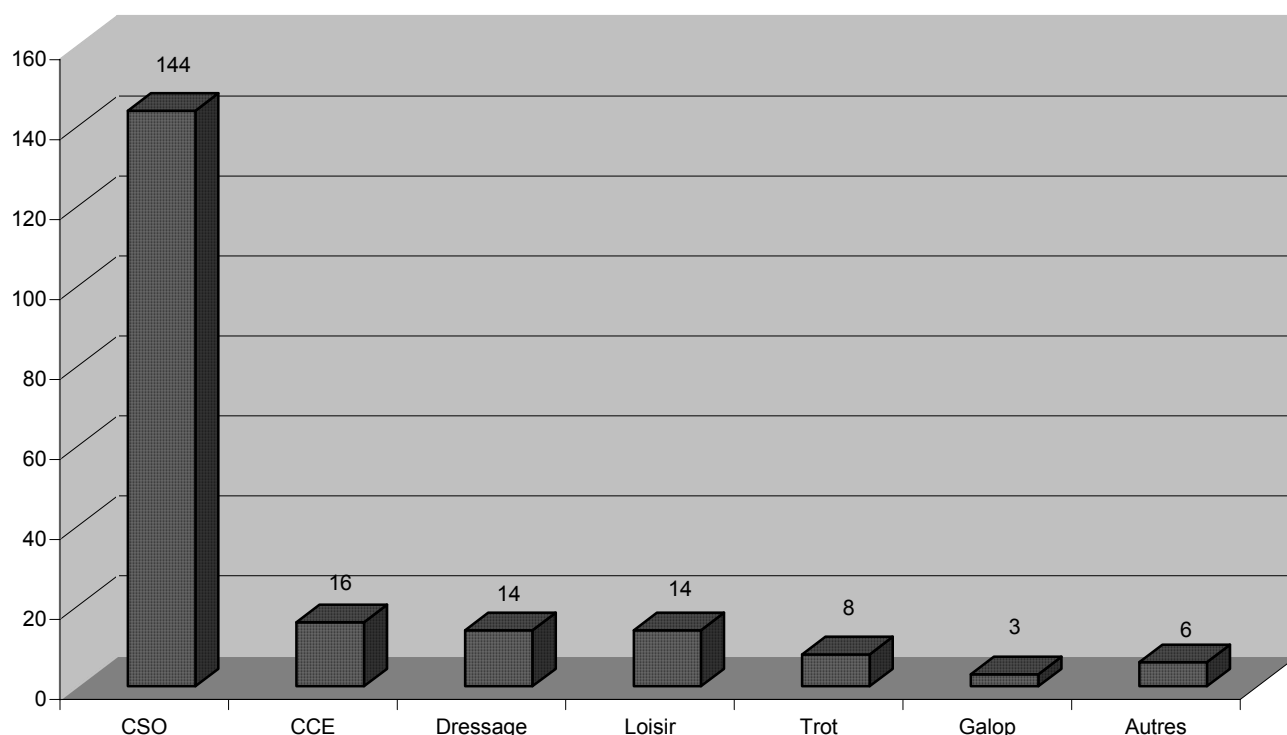
3. Répartition de l'effectif de l'étude selon la discipline

La majorité des chevaux de l'effectif pratique le saut d'obstacles (144 cas – 70,2 %) parmi lesquels 13 chevaux évoluent en C.S.I.O. (niveau international). 8 % des chevaux pratiquent le concours complet d'équitation (16 chevaux), 7 % le dressage ou le loisir (14 chevaux), 5,5% sont des chevaux de course : 8 chevaux pratiquent le trot (attelé ou monté), 3 chevaux le galop. Enfin, parmi le reste de l'effectif, les chevaux sont reproducteurs, réformés, non débouffés ou pratiquent des activités plus rares telles que le polo (tableau 9 et figure 27).

Tableau 9 : Répartition de l'effectif selon la discipline pratiquée.

	CSO	CCE	Dressage	Loisir	Trot	Galop	Autres
Nb de cas	144	16	14	14	8	3	6

Figure 27 : Répartition de l'effectif selon la discipline pratiquée.



Etant donnée la forte corrélation entre la race et la discipline pratiquée, il est difficile de séparer les résultats de ces deux critères. Par exemple, 4 % des chevaux de l'étude pratique le trot et 4 % appartiennent à la race trotteur français.

4. Répartition de l'effectif des chevaux examinés au CIRALE selon la discipline

Ces données nous permettent de dresser le tableau 10.

Tableau 10 : Répartition des chevaux examinés au CIRALE selon les critères : discipline pratiquée, atteint versus sain.

	Malade (avec une tendinopathie du T.F.P.D. en région digitale distale)	Sain (sans atteinte du T.F.P.D. en région digitale distale)	Total
C.S.O.	144	2571	2715
Dressage	14	314	328
Trot	8	1730	1738
Galop	3	555	558
Autres	36	641	677
Total	205	5811	6016

Ces données permettent de calculer (test du chi 2) :

* un odds ratio de 3,16 pour les chevaux pratiquant le C.S.O. (pour un chi 2 de 60,99) ce qui signifie qu'ils présentent 3,16 fois plus de risque de développer une tendinopathie du T.F.P.D. en région digitale distale.

* la pratique de la course (trot et galop) est un facteur protecteur ; en effet les chevaux pratiquant le trot présentent 0,10 fois moins fréquemment cette atteinte que les chevaux ayant une autre activité que le trot ; les chevaux pratiquant le galop présentent 0,14 fois moins fréquemment de lésion que les « non-galopeurs ». Ces résultats sont statistiquement significatifs.

* en raison du faible nombre de chevaux de dressage présentés en consultation, les résultats obtenus ne sont pas statistiquement significatifs.

C - AGE

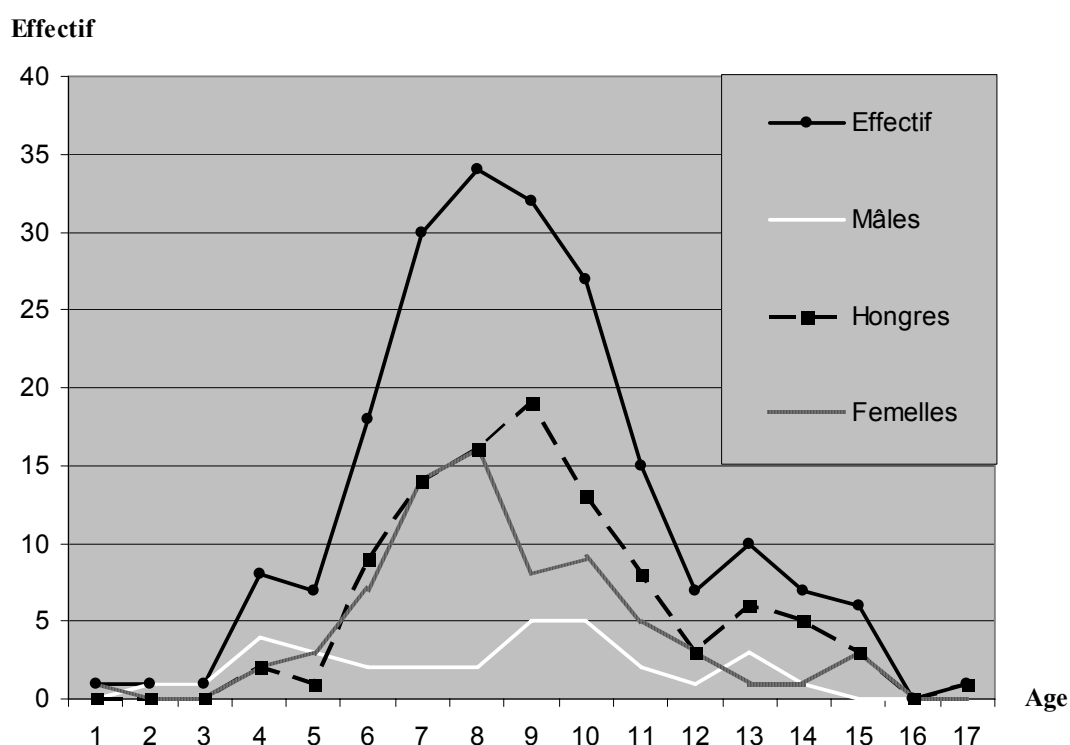
1. Age moyen

Au sein de notre effectif de 205 chevaux, l'âge moyen est de 8 ans et 10 mois avec un écart-type de 2 ans et 8 mois (tableau 11 et figure28).

Tableau 11 : Répartition de l'effectif par âge

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Mâles	0	1	1	4	3	2	2	2	5	5	2	1	3	1	0	0	0
Hongres	0	0	0	2	1	9	14	16	19	13	8	3	6	5	3	0	1
Femelles	1	0	0	2	3	7	14	16	8	9	5	3	1	1	3	0	0
Effectif	1	1	1	8	7	18	30	34	32	27	15	7	10	7	6	0	1

Figure 28 : Répartition de l'effectif par âge.



2. Répartition de l'effectif par classe d'âge

Les chevaux ont été répartis en quatre classe d'âge : moins de 3 ans, 3 à 6 ans, 6 à 10 ans et plus de 10 ans (tableau 12 et figure 29).

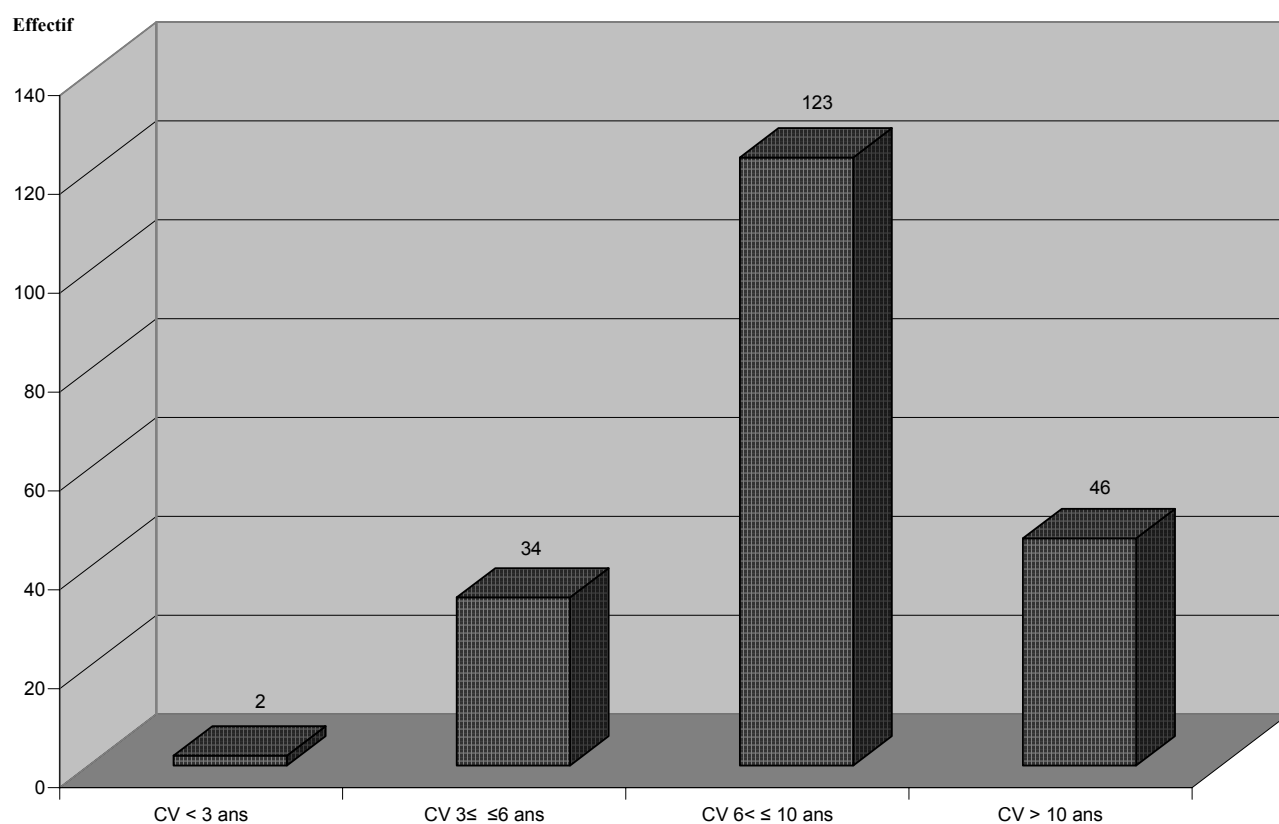
La majorité des chevaux de l'étude appartiennent à la classe 6 - 10 ans. 82 % de l'effectif est âgé de plus de 6 ans.

Le plus jeune animal de l'étude est âgé de 1 an et le plus âgé a 17 ans.

Tableau 12 : Répartition de l'effectif par classe d'âge.

	< 3 ans	$3 \leq \leq 6$ ans	$6 < \leq 10$ ans	> 10 ans
Nombre de chevaux	2	34	123	46
Pourcentage	1 %	17 %	60 %	22 %

Figure 29 : Répartition de l'effectif par classe d'âge.



3. Répartition de l'effectif des chevaux examinés au CIRALE en fonction de l'âge

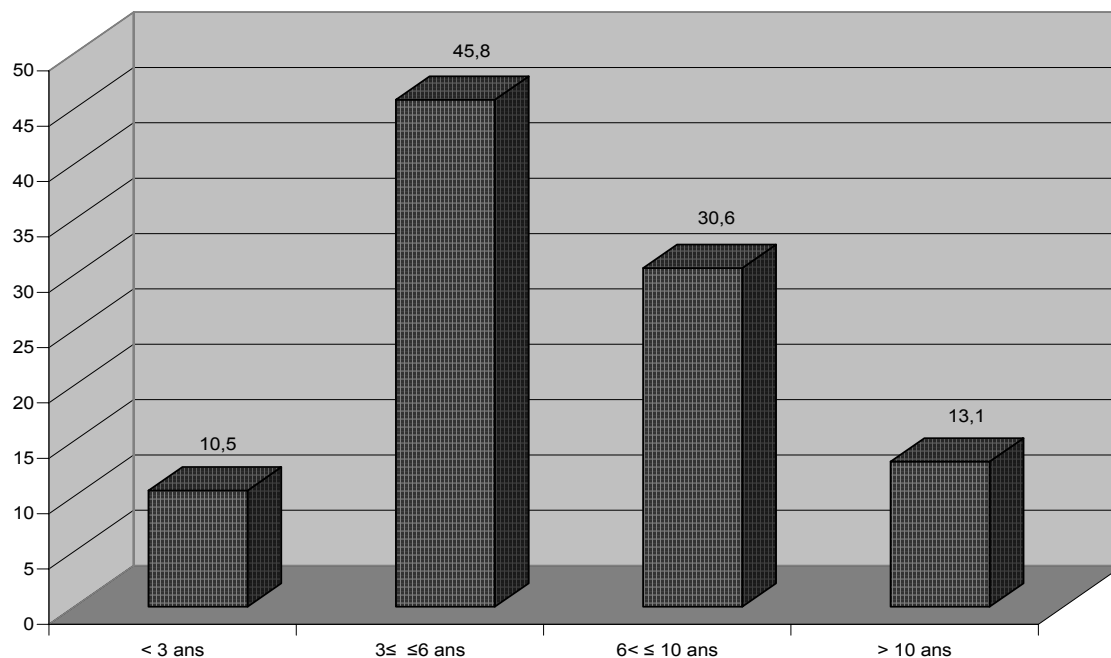
Sur l'ensemble des 6016 chevaux examinés au CIRALE entre le 10 décembre 1999 au 23 mai 2006, la majorité des chevaux appartient à la classe 3 – 6 ans et 43,7 % des chevaux sont âgés de plus de 6 ans (tableaux 13 et 14, figure 30).

Tableau 13 : Répartition des chevaux examinés au CIRALE du 10 décembre 1999 au 23 mai 2006 par classe d'âge.

	< 3 ans	3 ≤ ≤ 6 ans	6 < ≤ 10 ans	> 10 ans
Pourcentage des chevaux examinés au CIRALE	10,5 %	45,8 %	30,6 %	13,1 %

Figure 30 : Répartition des chevaux examinés au CIRALE du 10 décembre 1999 au 23 mai 2006 par classe d'âge.

% des chevaux examinés
au CIRALE



Ces données nous permettent de dresser le tableau 14 :

Tableau 14 : Répartition des chevaux examinés au CIRALE selon les critères : plus ou moins de 6 ans, atteint ou sain.

	Malade (avec une tendinopathie du T.F.P.D. en région digitale distale)	Sain (sans atteinte du T.F.P.D. en région digitale distale)	Total
CV > 6 ans	169	2291	2460
CV ≤ 6 ans	36	3520	3556
Total	205	5811	6016

Ces données permettent de calculer, par le test du chi 2, l'odds ratio de 7,2 pour un chi 2 de 151,58 ce qui signifie qu'un cheval âgé de plus de 6 ans présente 7,2 fois plus de risque de présenter une tendinopathie du T.F.P.D. en région digitale distale.

Les chevaux âgés de 6 ans ou moins présentent un facteur de protection et sont 0,14 fois moins fréquemment atteints.

4. Distribution de l'effectif en fonction de l'âge et de la discipline pratiquée

Notons la forte corrélation concernant la distribution de l'effectif en fonction de l'âge et de la discipline pratiquée (tableau 15 et figure 31).

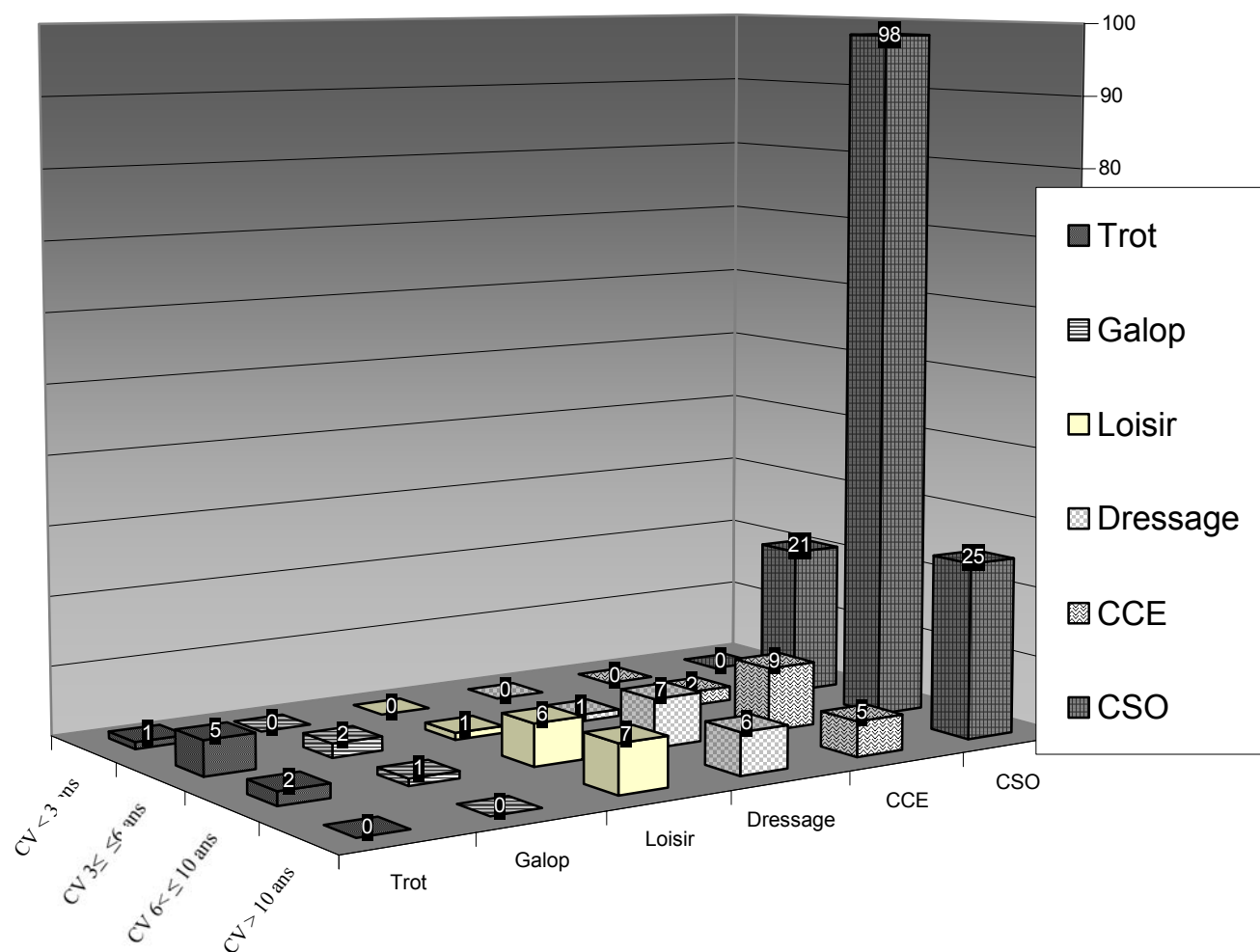
En effet, les chevaux de course que sont les trotteurs français et les purs-sangs sont débourrés et participent à leur première course fréquemment avant l'âge de 3 ans alors que les chevaux de sport (C.S.O., C.C.E., dressage...) type selle français sont débourrés et débutent souvent la compétition entre 3 et 5 ans.

L'âge de fin de carrière est également dépendant de l'activité du cheval puisque les chevaux de course sont réformés avant l'âge de 10 ans tandis que les chevaux de sport concourent au delà de cet âge.

Tableau 15 : Distribution de l'effectif de l'étude en fonction de l'âge et du type d'activité.

	Trot	Galop	Loisir	Dressage	CCE	CSO
< 3 ans	1	0	0	0	0	0
3 ≤ ≤ 6 ans	5	2	1	1	2	21
6 < ≤ 10 ans	2	1	6	7	9	98
> 10 ans	0	0	7	6	5	25

Figure 31 : Distribution de l'effectif en fonction de l'âge et du type d'activité.



II - CONSULTATION EFFECTUEE AU CENTRE

A - MOTIF DE CONSULTATION

Parmi les 205 chevaux de notre étude, le motif de consultation le plus fréquent est l'exploration d'une boiterie antérieure unilatérale (50,7 % des cas) (tableau 16 et figure 32).

Cependant certains chevaux sont présentés (tableau 16 et figure 32):

- * pour un examen par imagerie d'un ou des deux pied(s) antérieur(s) : 15,6 %,
- * pour un examen d'imagerie par résonance magnétique : 11,2 %,
- * pour un examen scintigraphique : 9,2 %,
- * dans le cadre d'un bilan locomoteur : 5,4 %,
- * pour un autre motif : 7,8 %.

Tableau 16 : Répartition de l'effectif selon le motif de consultation.

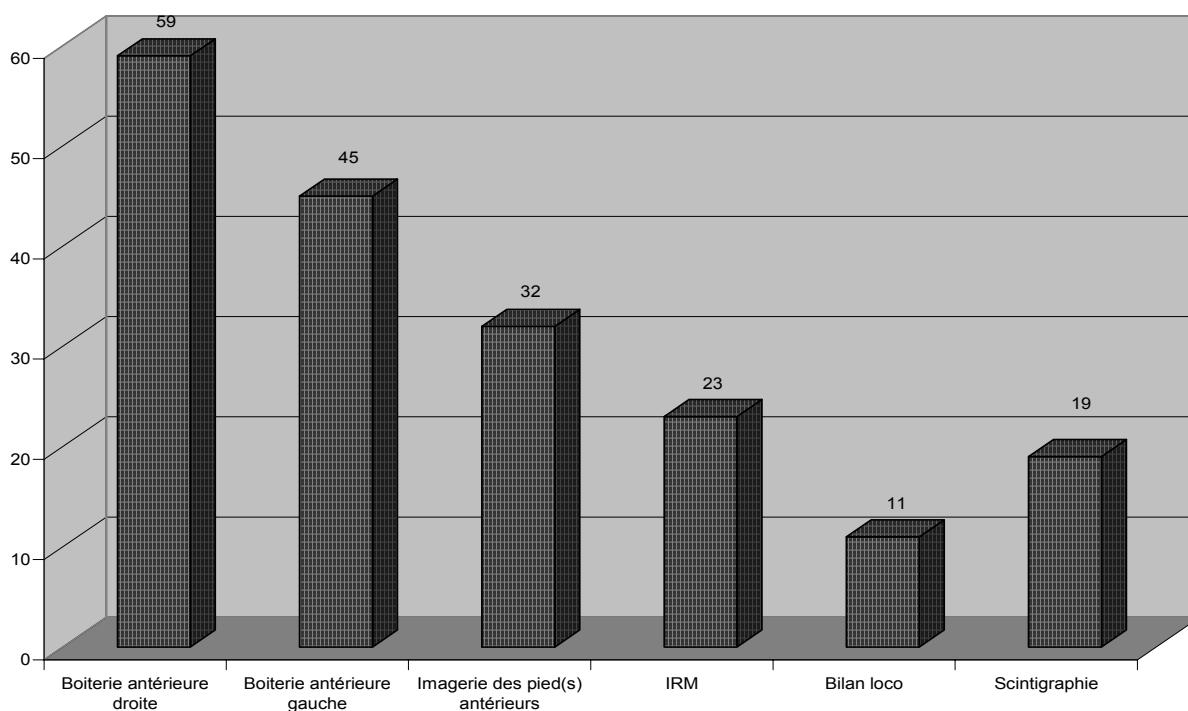
	Boiterie antérieure droite	Boiterie antérieure gauche	Imagerie des pieds antérieurs	IRM	Bilan locomoteur	Scintigraphie
Nb de CV	59	45	32	23	11	19

Figure 32 : Répartition de l'effectif selon le motif de consultation.

Imagerie pied(s) antérieurs = demande d'imagerie hors examens I.R.M. et scintigraphique.

IRM = examen d'imagerie par résonance magnétique,

Bilan loco = bilan locomoteur.



B - ANCIENNETE DE LA BOITERIE

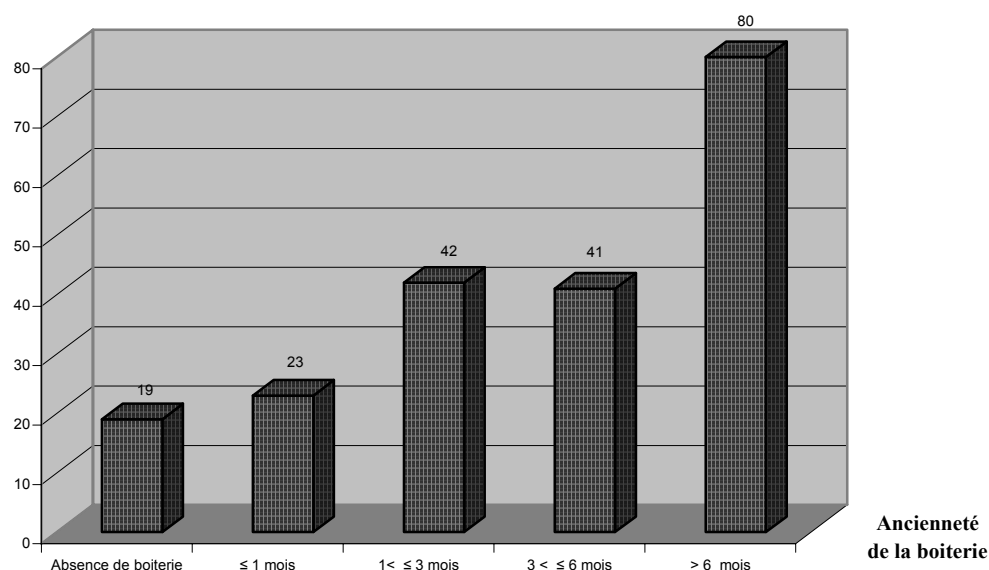
Parmi les 205 consultations considérées, 186 chevaux présentent une boiterie observée par le vétérinaire référant ou par un autre confrère préalablement à la consultation au centre.

La majorité des chevaux présente une boiterie ancienne, c'est-à-dire datant de plus de 1 mois. Cependant, 23 chevaux de l'étude boitent depuis moins de quatre semaines. Le diagnostic de tendinopathie du perforant a été posé sur 19 chevaux présentant une locomotion spontanée globalement satisfaisante et sans épisode de boiterie rapporté par le propriétaire ou le vétérinaire référant (tableau 17 et figure 33).

Tableau 17 : Répartition de l'effectif en fonction de l'ancienneté de la boiterie

	Absence de boiterie	≤ 1 mois	$1 < \leq 3$ mois	$3 < \leq 6$ mois	> 6 mois
Nb de CV	19	23	42	41	80

Figure 33 : Répartition de l'effectif en fonction de l'ancienneté de la boiterie.



C - EXAMEN PHYSIQUE

Parmi les 205 consultations considérées, 201 chevaux ont fait l'objet d'un examen physique : 160 chevaux présentent une atteinte unilatérale et 41 avec une atteinte bilatérale. 242 pieds lésés ont ainsi fait l'objet d'un examen physique.

La présence de signes physiques est extrêmement fréquente. La présence de signes locaux en région digitale est notée sur 178 membres atteints d'une tendinopathie du tendon perforant ce

qui représente 73,6 % des pieds et 88,6 % des chevaux. La figure 34 présente les signes locaux relevés au cours de l'examen physique.

Dans notre étude, les éléments physiques les plus fréquemment observés sont :

1. Signes d'appels

1.1. Membre en protraction - rétraction

L'examen physique révèle un poser du membre antérieur en protraction en station dans 79 cas, soit 39,3 % des chevaux.

Deux chevaux présentent une position campée sur les deux antérieurs malgré une atteinte unilatérale.

Enfin, une pouliche présente une suppression d'appui complète associée à une boiterie de grade 4/5.

Quatre chevaux présentent un membre en rétraction.

Parmi les 42 atteintes bilatérales, le membre le plus boiteux est porté en protraction dans 52,4 % des cas.

1.2. Pied étroit et / ou plus haut en talons

Le pied présentant la tendinopathie est très fréquemment plus étroit et / ou plus haut en talons que le membre sain. En effet, dans notre étude, ce caractère a été noté chez 88 chevaux, soit dans 42,7 % des cas.

Chez les individus présentant une atteinte unilatérale, 48,1 % des cas ont un pied atrophié.

Ce critère est relevé sur 11 des 41 chevaux présentant une atteinte bilatérale et ayant fait l'objet d'un examen physique, soit dans 26,8 % des cas.

1.3. Amyotrophie en région proximale

Deux chevaux de l'étude avec une tendinopathie sur un membre antérieur présente une amyotrophie de l'épaule sur le membre correspondant.

Parmi les cinq chevaux ayant une tendinopathie sur un membre postérieur, 3 ont fait l'objet d'un examen physique et deux chevaux présentent une amyotrophie fessière.

2. Signes locaux

201 chevaux ont fait l'objet d'un examen physique et les signes locaux ont été relevés sur 242 membres (tableau 18, figures 34 et 35).

Pour les signes locaux décrits ci-dessous, nous avons considéré la présence de signes sur chacun des 242 pieds atteints de tendinopathie ; le tableau 18 et la figure 34 présentent ces résultats.

Tableau 18 : Signes locaux présents sur les 242 membres atteints de tendinopathie du T.F.P.D. en région digitale distale.

	Test de la planche	Distension inter-phalangienn e distale	Engorgemen t creux du paturon	Sensibilité pince exploratric e	Distension gaine digitale	Absent
Nb de pieds	111	71	46	39	10	86
% des pieds lésés	45,9 %	29,3 %	19,0 %	16,1 %	4,1 %	35,5 %

Figure 34 : Signes locaux présents sur les 242 membres atteints de tendinopathie du T.F.P.D. en région digitale distale.

*Distension IPD = Distension du récessus dorsal de l'articulation inter-phalangienne distale,
Distension Gaine Dig = Distension du récessus proximal et / ou distal de la gaine digitale,
Absent = Absence de signes locaux.*

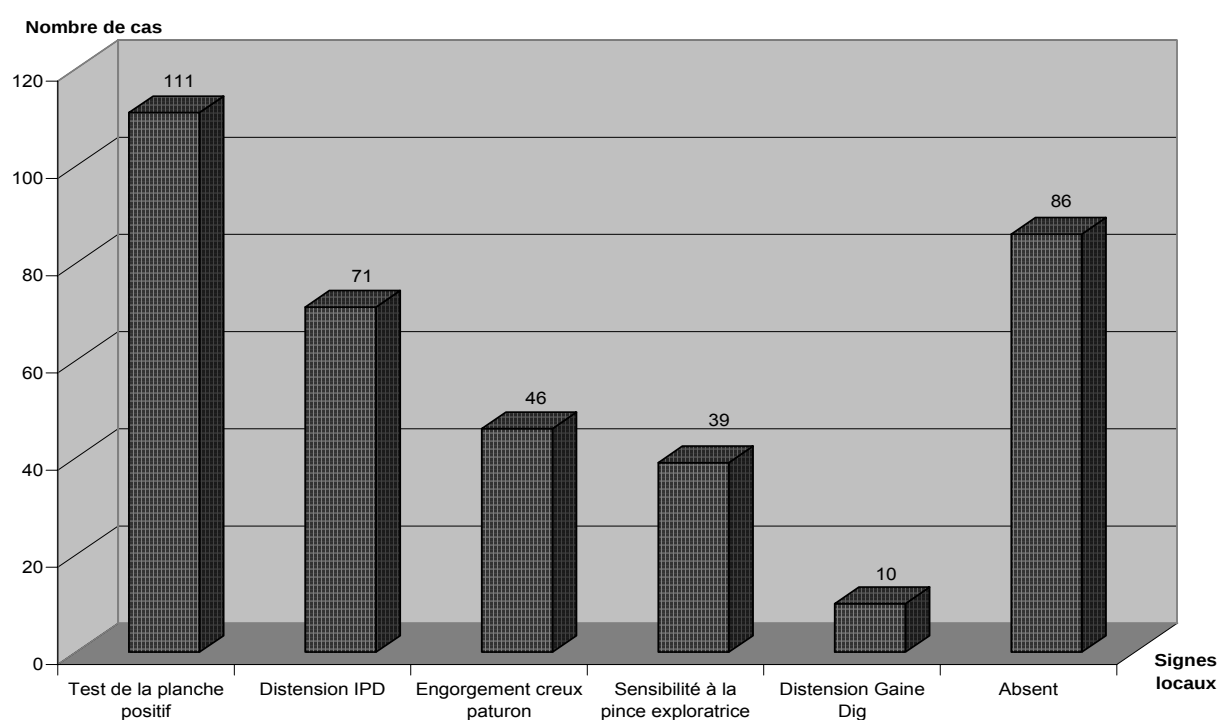
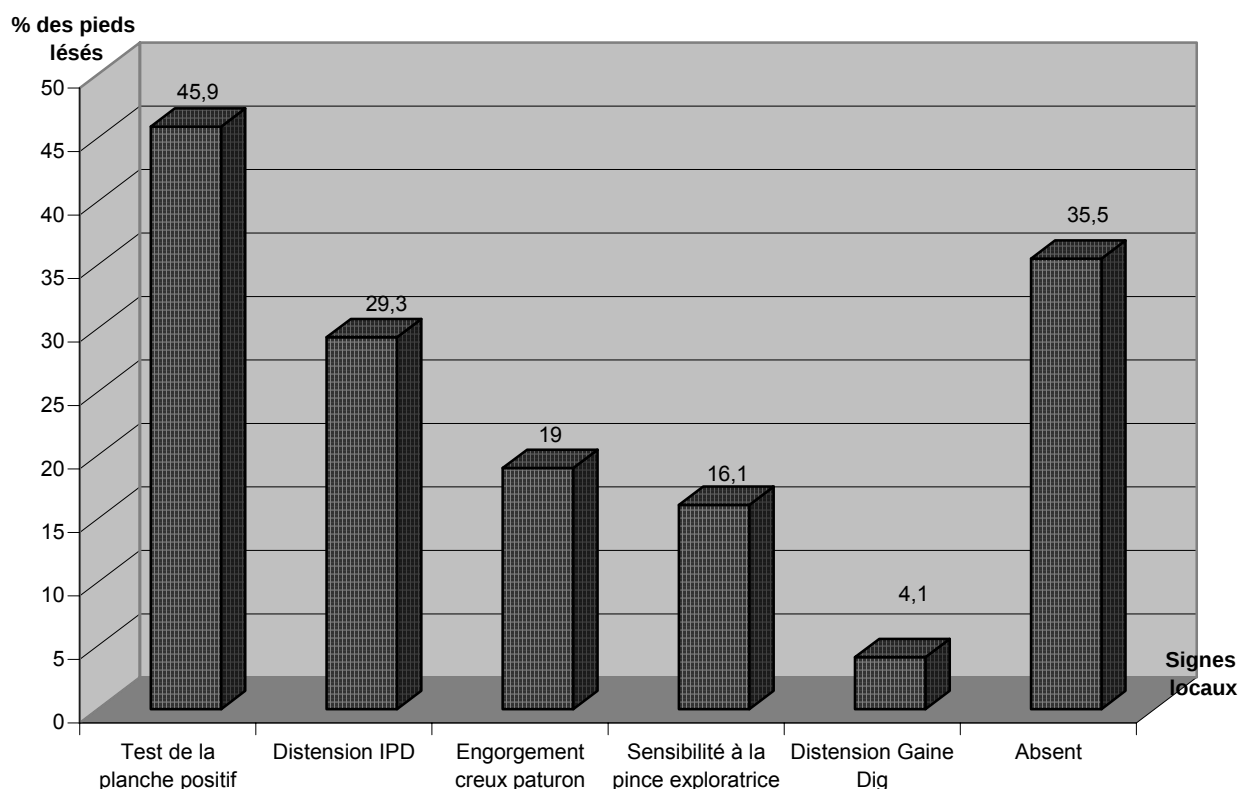


Figure 35 : Fréquence de la présence des signes locaux sur les pieds lésés de l'effectif.



2.1. Sensibilité

Parmi les 242 cas de tendinopathie du fléchisseur profond du doigt en région digitale distale ayant fait l'objet d'un examen physique :

- * 111 membres sont sensibles au test d'extension inter-phalangienne.
- * 39 pieds sont sensibles à la pince exploratrice.

2.2. Déformation de la face palmaire du paturon

Un engorgement voire un comblement du creux du paturon est noté sur 46 membres.

Une distension du récessus distal de la gaine digitale est présente sur 10 membres lésés de l'étude ; parmi ces 10 cas, 6 atteintes concernent strictement la partie supra-sésamoïdienne du T.F.P.D., 2 cas présentent une atteinte multifocale incluant la portion supra-sésamoïdienne et seuls 2 chevaux ne présentent pas de lésion en cette localisation.

2.3. Déformation de la face dorsale du paturon

Une distension du récessus dorsal de l'articulation inter-phalangienne distale est remarquée sur 71 pieds atteints.

Parmi ces chevaux, 33 présentent une atteinte strictement supra-sésamoïdienne, 3 une atteinte strictement sésamoïdienne et 3 une atteinte strictement infra-sésamoïdienne. 61 chevaux présentent au moins une atteinte en région supra-sésamoïdienne et 27 au moins une lésion infra-sésamoïdienne.

3. Autres éléments de l'examen physique : les défauts d'aplomb

Dans notre étude, 52 chevaux présentent un aplomb anormal sur le membre présentant la tendinopathie du T.F.P.D. Le tableau 19 et la figure 36 présentent ces résultats.

L'anomalie la plus fréquemment observée est un varus, associé ou non à une rotation interne : 20 chevaux présentent un varus digital et 15 présentent un varus inter-phalangien distal et / ou un aplomb cagneux sur le membre atteint.

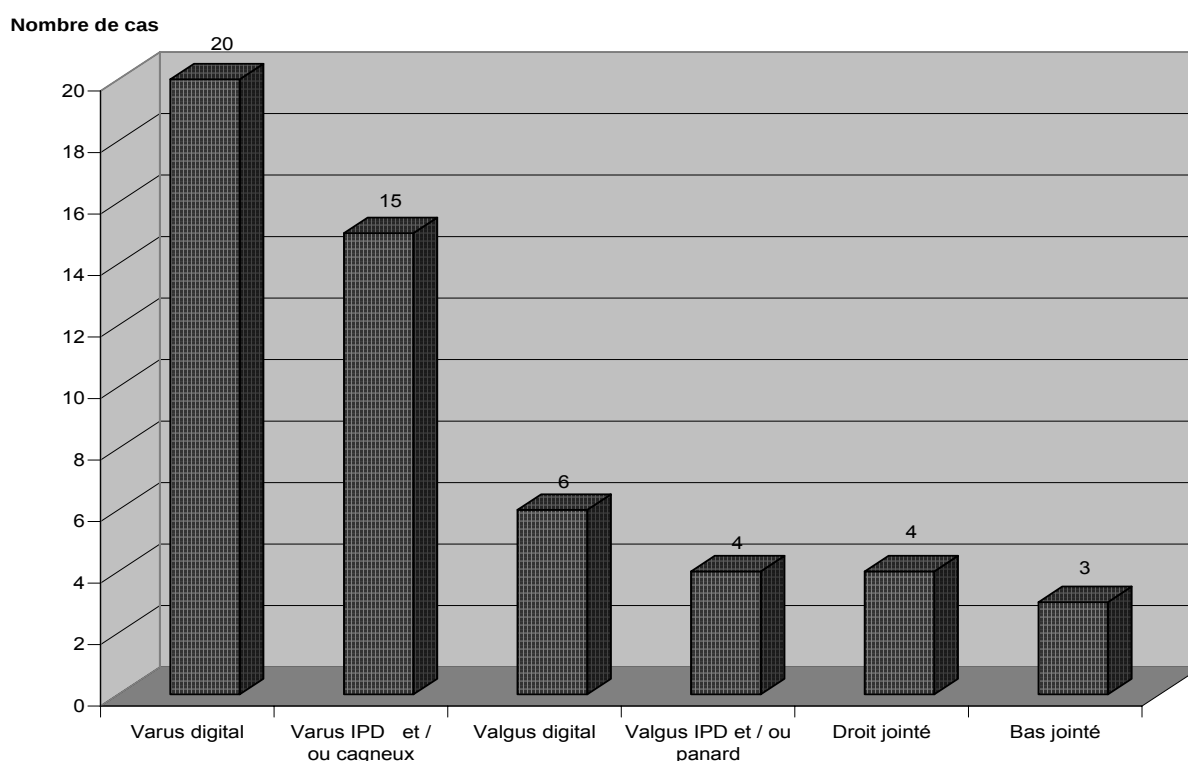
Le valgus digital est noté chez 6 chevaux et le valgus inter-phalangien distal associé ou non à une rotation externe (panard) est notée sur 4 cas.

Tableau 19 : Répartition de l'effectif en fonction des défauts d'aplomb.

IPD = inter-phalangien distal

	Varus digital	Varus IPD et / ou cagneux	Valgus digital	Valgus IPD et / ou cagneux	Droit jointé	Bas jointé
Nb de cas	20	15	6	4	4	3

Figure 36 : Répartition de l'effectif en fonction des défauts d'aplomb.



D - EXAMEN DYNAMIQUE REALISE AU CENTRE

1. Gradation de la boiterie

Parmi les chevaux présentés, 197 ont été examinés en dynamique. Le tableau 20 et la figure 37 présentent le grade de la boiterie maximale observée (pour les chevaux présentant une boiterie bilatérale, seul le membre le plus boiteux est considéré).

Toutes les boiteries observées sont des boiteries d'appui. Remarquons que 17 chevaux présentent une locomotion spontanée globalement satisfaisante le jour de la consultation.

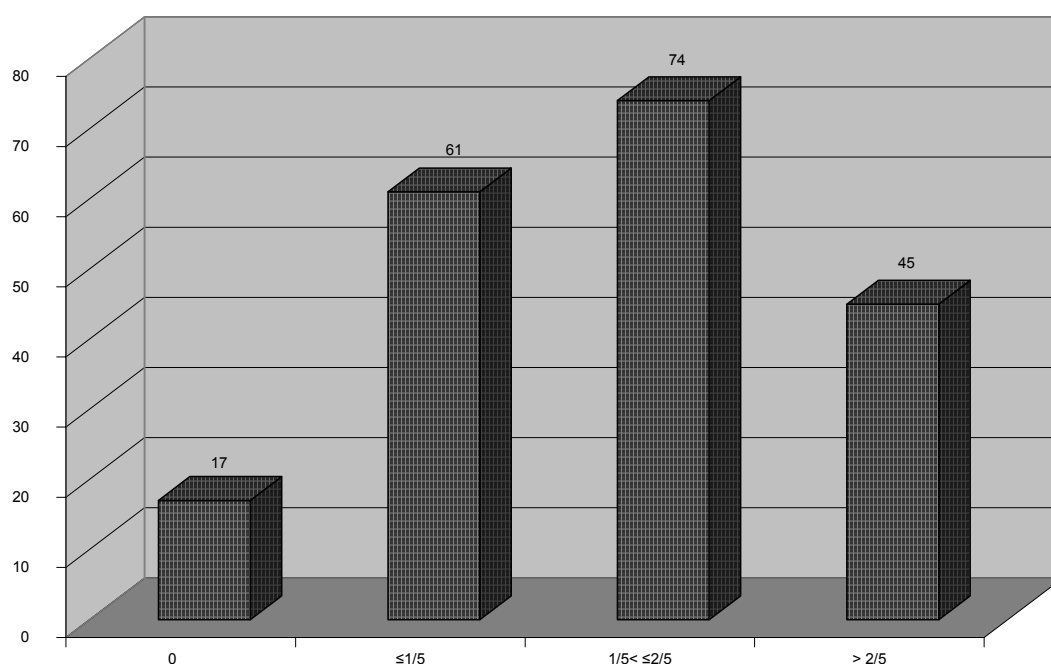
Tableau 20 : Répartition de l'effectif en fonction du grade de la boiterie.

0 = locomotion spontanée globalement satisfaisante.

	0	Grade $\leq 1/5$	Grade $1/5 < \leq 2/5$	Grade $> 2/5$
Nb de cas	17	61	74	45

Figure 37 : Répartition de l'effectif en fonction du grade de la boiterie.

0 = locomotion spontanée globalement satisfaisante.



2. Circonstances aggravantes de la boiterie

Parmi les 197 chevaux examinés, 156 présentent une aggravation de la boiterie dans une circonstance précise de l'examen (tableau 21 et figure 38).

156 chevaux présentent une aggravation de la boiterie sur le cercle dur à main correspondante. Quelques cas présentent une locomotion aggravée sur le cercle dur aux deux

mains (17 cas), sur le cercle dur à main opposée (13 cas), sur le cercle mou à main opposée (8 cas), sur le cercle mou à main correspondante (2 cas) ou en ligne droite (7 cas).

Tableau 21 : Répartition de l'effectif en fonction de la circonstance de boiterie maximale.

CDC =cercle sur sol dur à main correspondante.

CD aux 2 mains =cercles sur sol dur aux deux mains.

CDO =cercle sur sol dur à main opposée.

CMO =cercle sur sol mou à main opposée.

CMC =cercle sur sol mou à main correspondante.

LD = ligne droite.

	CDC	CD aux deux mains	CDO	CMO	CMC	LD
Nb de cas	109	17	13	8	2	7

Figure 38 : Répartition de l'effectif en fonction de la circonstance de boiterie maximale.

CDC =cercle sur sol dur à main correspondante.

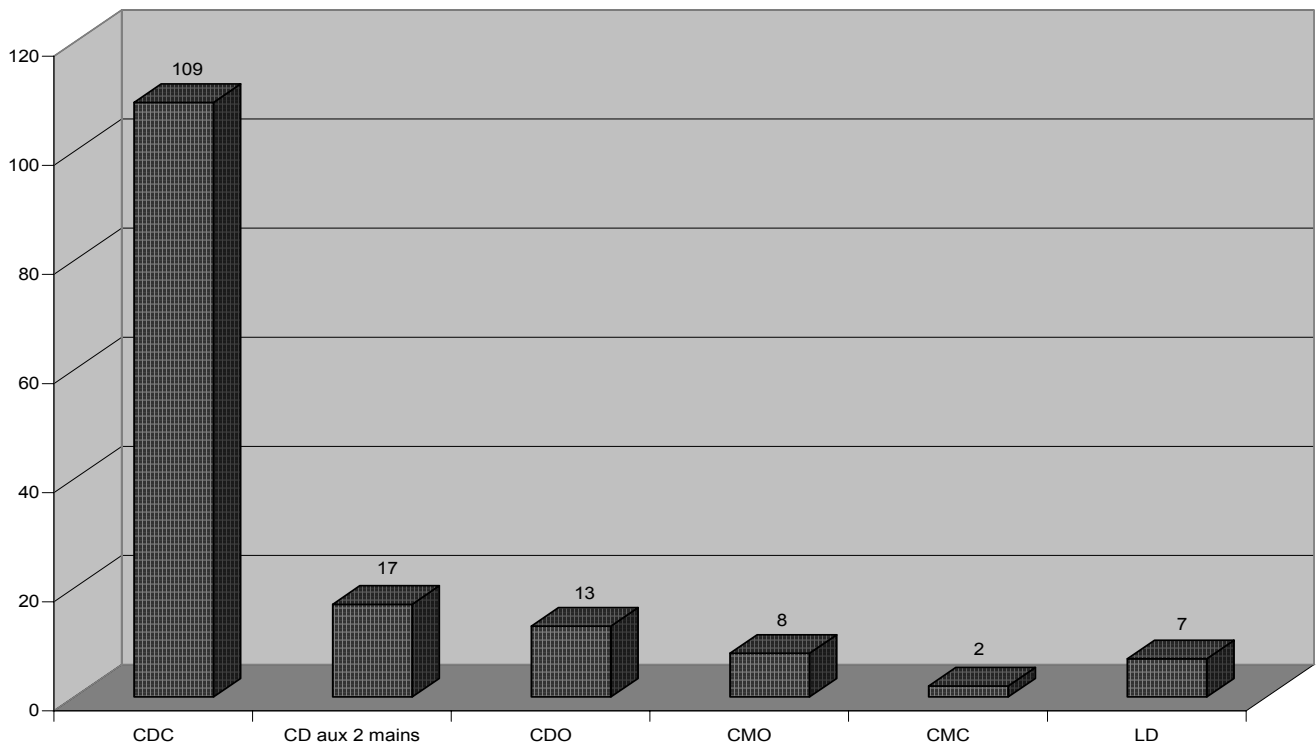
CD aux 2 mains =cercles sur sol dur aux deux mains.

CDO =cercle sur sol dur à main opposée.

CMO =cercle sur sol mou à main opposée.

CMC =cercle sur sol mou à main correspondante.

LD = ligne droite.



3. Modification des phases de la foulée

Parmi les 197 chevaux examinés en dynamique, 108 cas présentent une modification de la foulée, visible sur le huit de chiffre au pas et / ou lors des autres étapes de l'examen (tableau 22 et figure 39).

43,1 % des chevaux présentent une diminution de la phase postérieure unilatérale et 2,5 % des chevaux présentent une diminution de la phase antérieure de la foulée.

4,6 % des chevaux présentent des allures raccourcies, étriquées sur les deux antérieurs. Parmi ces 9 chevaux, 8 présentent des allures étriquées sur les antérieurs. Un cheval présentant une atteinte postérieure présente un défaut d'engagement postérieur bilatéral.

Parmi ces 9 chevaux, seuls 3 d'entre eux présentent une tendinopathie bilatérale. Cependant, les 6 autres présentent des lésions de l'appareil podo-trochléaire bilatérale.

Notons que parmi les 4 chevaux présentant une tendinopathie sur un membre postérieur, un cheval présente des allures étriquées sur les postérieurs et un présente un défaut de la phase postérieure de la foulée sur le membre concerné.

Tableau 22 : Répartition de l'effectif en fonction des modifications des phases de la foulée.

P = défaut de phase postérieure de la foulée sur le membre lésé.

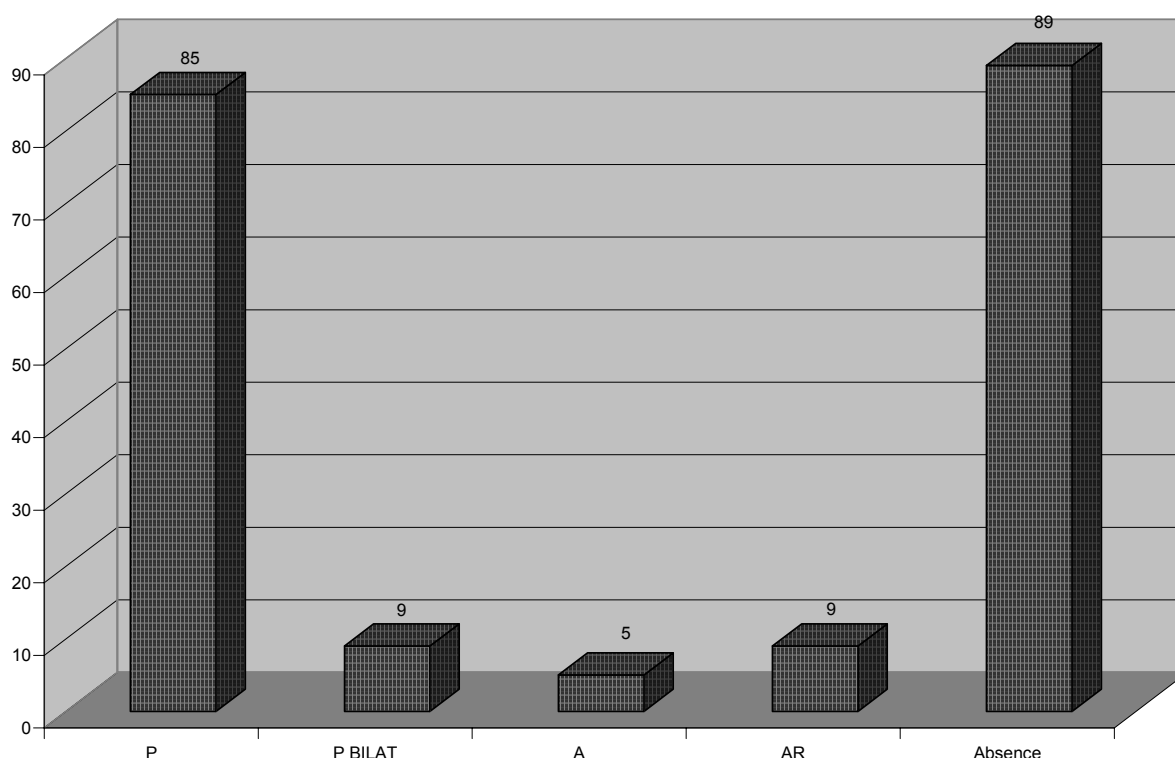
P bilat = défaut de phase postérieure de la foulée sur le membre lésé et le membre contro-latéral.

A = défaut de phase antérieure de la foulée.

AR = allures raccourcies sur le membre lésé et le membre contro-latéral.

	P	P BILAT	A	AR	Absent
Nb de cas	85	9	5	9	89

Figure 39 : Répartition de l'effectif en fonction des modifications des phases de la foulée.

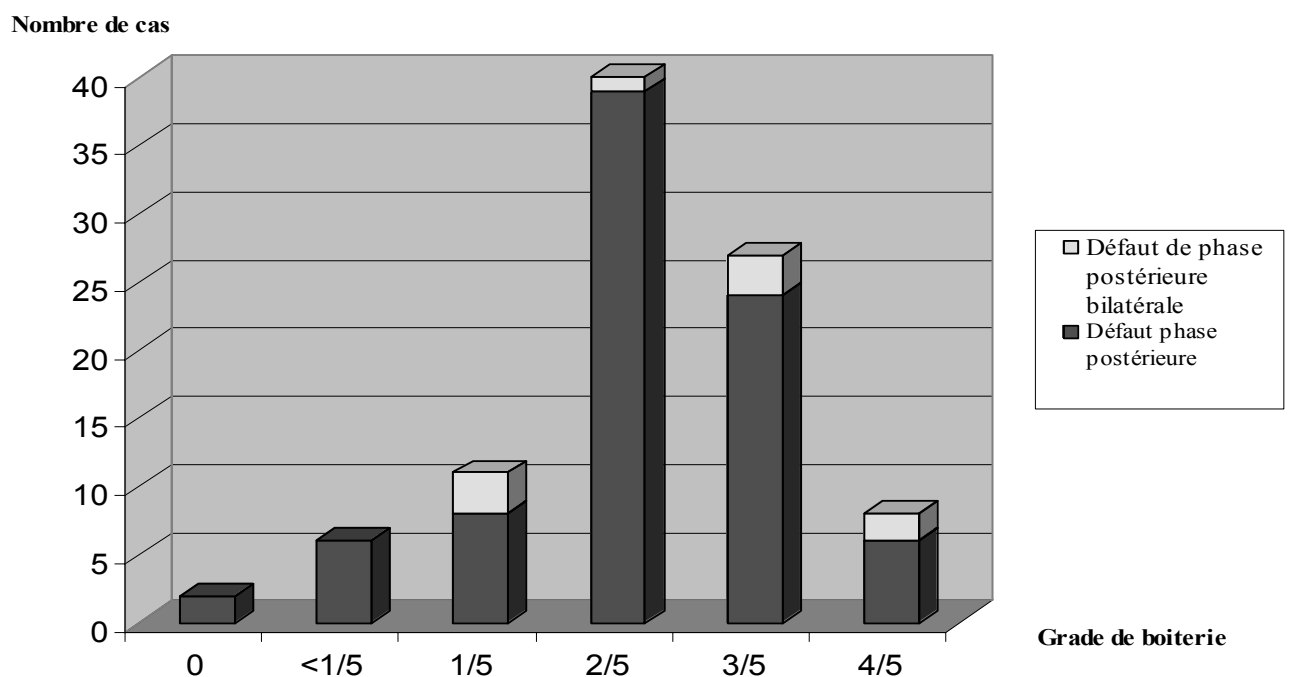


L'étude permet d'étudier la corrélation entre la modification de la phase postérieure de la foulée et le grade de la boiterie (tableau 23 et figure 40). Le défaut de phase postérieure de la foulée est plus fréquemment noté chez les chevaux présentant une boiterie modérée (grade $1/5 < \leq 2/5$) ou franche (grade $> 2/5$).

Tableau 23 : Défaut de phase postérieure en fonction du grade de la boiterie.

	Grade 0	Grade < 1/5	Grade 1/5	Grade 2/5	Grade 3/5	Grade 4/5
Défaut de phase postérieure	2	6	8	39	24	6
Défaut de phase postérieure bilatérale	0	0	3	1	3	2

Figure 40 : Défaut de phase postérieure en fonction du grade de la boiterie.



4. Tests de flexion

Les tests de flexion ont été réalisés dans la quasi-totalité des consultations considérées dans l'étude (tableau 24 et figures 41 et 42).

La positivité du test de flexion était auparavant évaluée sur une échelle de 5 grades ; elle s'effectue désormais sur une échelle de 3 grades. Rappelons que le résultat du test est classé selon

4 catégories : négatif, discrètement positif ($<1/5$ ou $<1/3$), modérément positif (1 à $2/5$ ou $1/3$), et positif (strictement supérieur à $2/5$ et $1/3$).

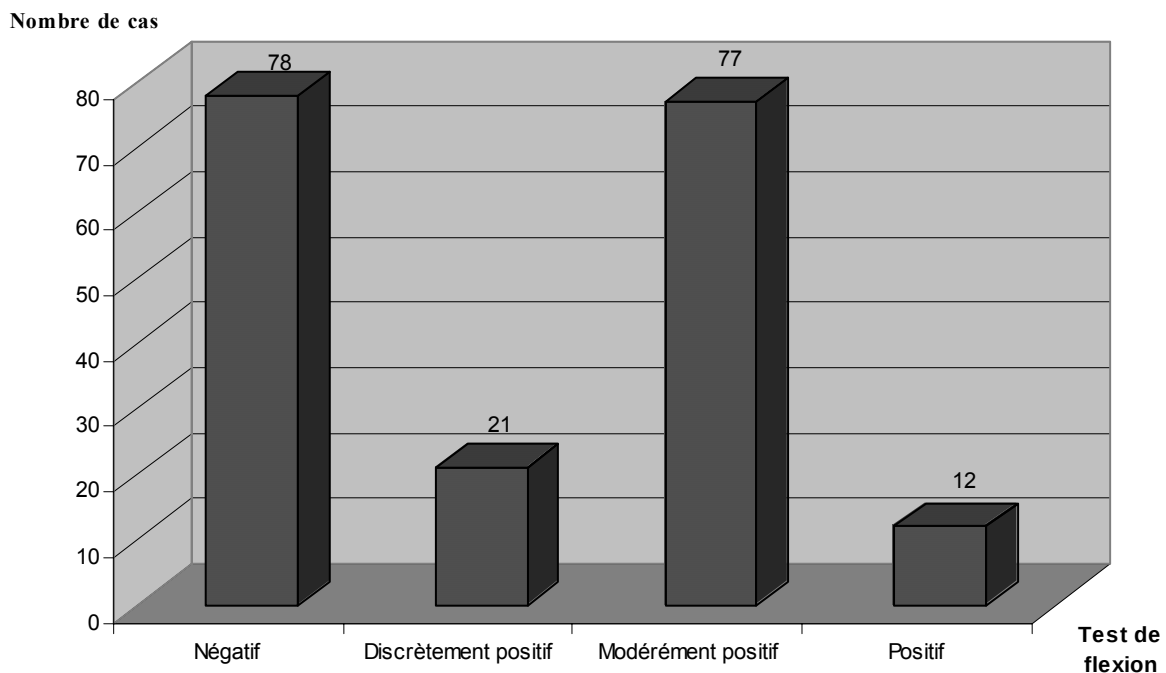
Sur les 205 chevaux de l'étude, 197 ont été examinés en dynamique et les tests de flexion ont été réalisés dans 188 cas. Dans les cas d'atteinte bilatérale, seul le membre le plus boiteux est considéré.

Le test de flexion, digitale pour le membre antérieur et globale pour le membre postérieur, est positif dans 58,5 % des cas : la positivité du test est discrète (grade $\leq 1/5$ et $\leq 1/3$) dans 11,2 % des cas, modérée (grade $2/5$ et $1/3$) et dans 41,0 % des cas et nettement positive (grade $> 2/5$ et $>1/3$) dans 6,4 % des cas.

Tableau 24 : Evolution de la réponse au test de flexion en fonction du grade de la boiterie.

Test de Flexion Grade de La boiterie	Négatif	Discrètement positif	Modérément positif	Positif	Test de flexion non réalisé
0	11	2	4	0	0
$< 1/5$	9	3	8	0	1
$1/5$	17	4	15	3	1
$2/5$	18	10	38	7	1
$3/5$	17	2	12	2	4
$4/5$	6	0	0	0	2

Figure 41 : Résultats des tests de flexion digitale (membres antérieurs) et globale (membres postérieurs) réalisés sur l'effectif.



Le recueil des résultats permet d'investiguer la réponse au test de flexion en fonction de la sévérité de la boiterie (tableau 11 et figure 42) :

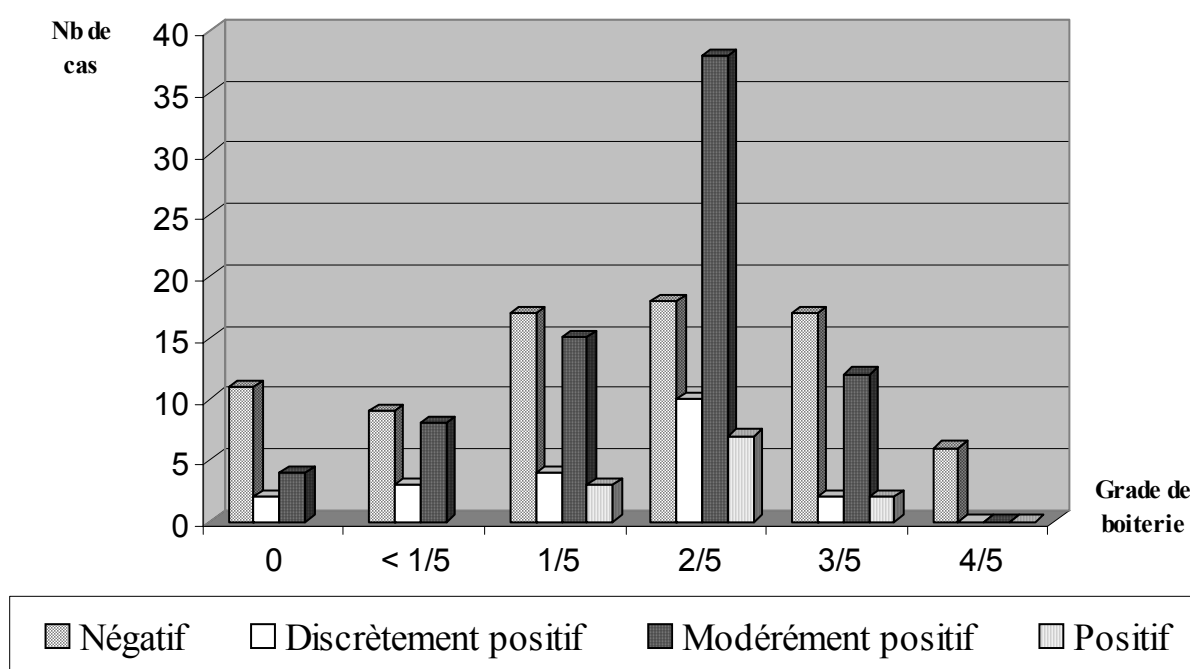
* En l'absence de boiterie, le test de flexion est le plus souvent négatif.

* Lors d'une boiterie discrète (grade $\leq 1/5$), le test de flexion est modérément positif dans 54,8 % des cas.

* Les chevaux présentant une boiterie modérée (grade $1/5 < \leq 2/5$), le test de flexion est modérément positif dans 60,8 % des cas.

* Enfin, les chevaux franchement boiteux présentent un test de flexion fréquemment gradé supérieur à ou égal à 2/5.

Figure 42 : Evolution de la réponse au test de flexion en fonction du grade de la boiterie.



E - **DESCRIPTION DES LESIONS DE TENDINOPATHIE DU PERFORANT**

1. Membre(s) atteint(s)

1.1. Atteinte uni- ou bi- latérale

Comme nous l'avons précédemment exposé, l'étude comporte les 205 chevaux : 163 chevaux présentent une atteinte unilatérale tandis que les 42 autres présentent une atteinte.

L'étude porte donc sur 247 cas de tendinopathies de perforant.

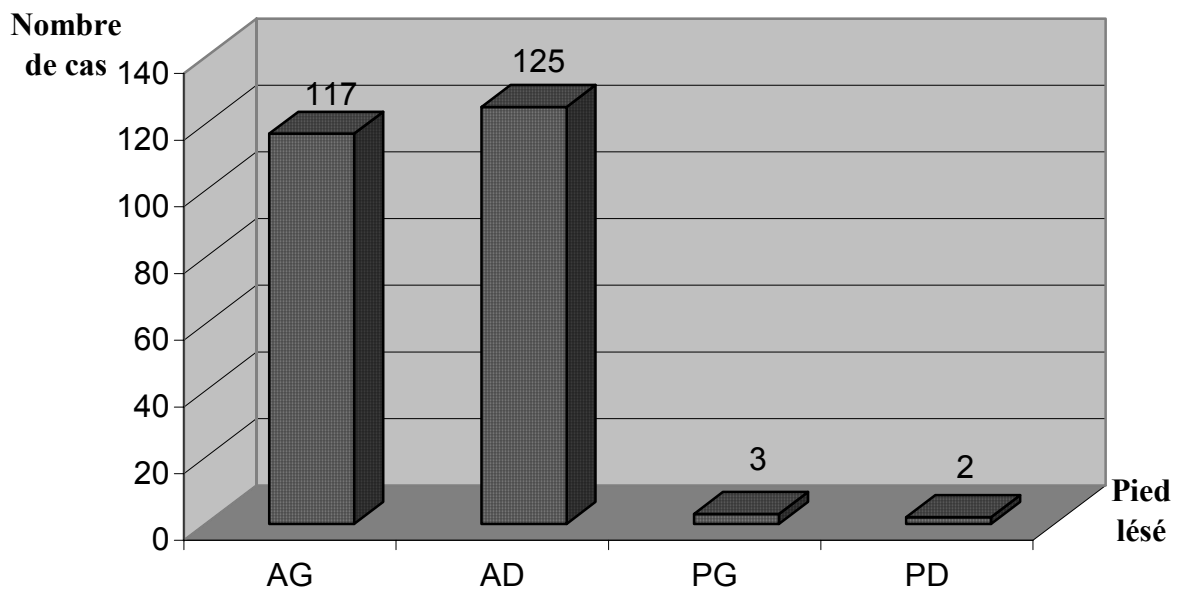
1.2. Pied(s) lésé(s)

Le tableau 25 et la figure 43 présentent les résultats.

Tableau 25 : Répartition de l'effectif selon le pied lésé.

	AG	AD	PG	PD
Nb de pieds	117	125	3	2

Figure 43 : Répartition de l'effectif selon le pied lésé.



Dans ce travail, 98,0 % des lésions affectent les pieds antérieurs. Seules 5 cas de tendinopathies sont diagnostiquées sur les postérieurs : 3 cas sur le pied postérieur gauche et 2 sur le pied postérieur droit.

2. Localisation de la tendinopathie du perforant

2.1. Sens proximo-distal

L'étude s'intéresse aux 247 cas de tendinopathie distale du perforant parmi les 205 chevaux de l'effectif (tableau 26 et figure 44).

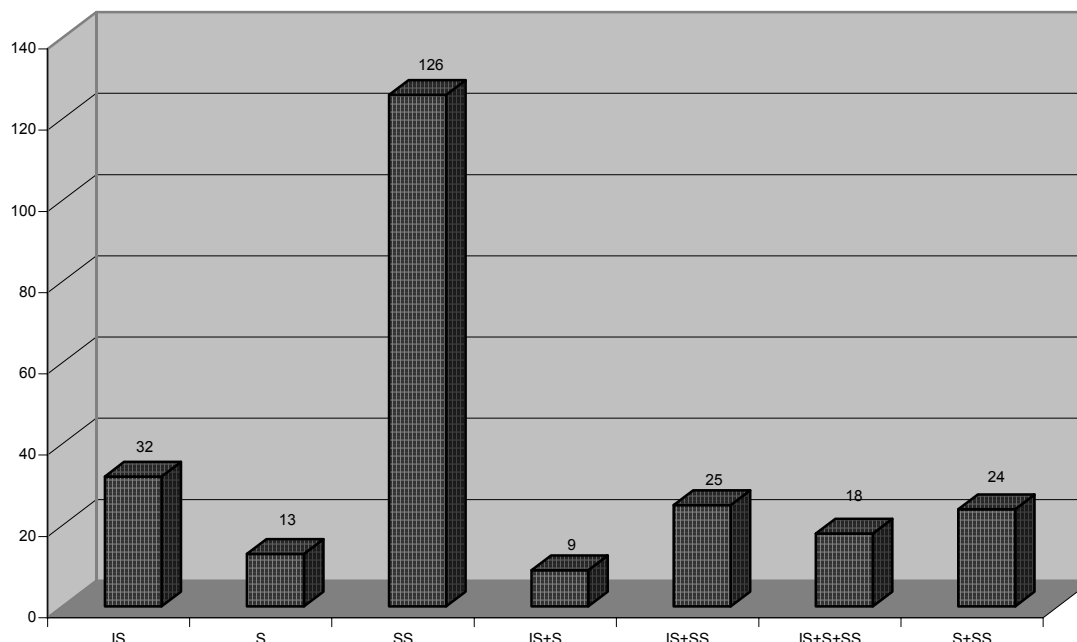
Tableau 26 : Répartition de l'effectif en fonction de la localisation de la lésion dans le sens proximo-distal.

SS = tendinopathie supra-sésamoïdienne, S = tendinopathie sésamoïdienne, IS = tendinopathie infra-sésamoïdienne, S+SS = tendinopathie supra-sésamoïdienne et sésamoïdienne, SS+IS = tendinopathie supra-sésamoïdienne et infra-sésamoïdienne, S+IS = tendinopathie sésamoïdienne et infra-sésamoïdienne, SS+S+IS = tendinopathie supra-sésamoïdienne, sésamoïdienne et infra-sésamoïdienne.

	IS	S	SS	IS+S	IS+SS	IS+S+SS	S+SS
Nb de cas	32	13	126	9	25	18	24

Figure 44 : Répartition de l'effectif en fonction de la localisation de la lésion dans le sens proximo-distal.

SS = tendinopathie supra-sésamoïdienne, S = tendinopathie sésamoïdienne, IS = tendinopathie infra-sésamoïdienne, S+SS = tendinopathie supra-sésamoïdienne et sésamoïdienne, SS+IS = tendinopathie supra-sésamoïdienne et infra-sésamoïdienne, S+IS = tendinopathie sésamoïdienne et infra-sésamoïdienne, SS+S+IS = tendinopathie supra-sésamoïdienne, sésamoïdienne et infra-sésamoïdienne.



2.1.1. Lésions focales

Nous relevons 171 cas soit 69,2 % d'atteinte focale, c'est-à-dire strictement supra-sésamoïdienne, sésamoïdienne ou infra-sésamoïdienne.

En ce qui concerne ces atteintes focales, la plus fréquente est la tendinopathie en région supra-sésamoïdienne (51,0 % des cas de l'étude) tandis que les tendinopathies sésamoïdienne ou infra-sésamoïdienne sont moins fréquentes (respectivement 5,3 % et 13,0 % des cas de tendinopathie focale).

2.1.2. Lésions multifocales

Dans notre étude, 30,7 % des cas de tendinopathie sont multi focales et touchent conjointement deux ou trois zones :

* Une composante infra-sésamoïdienne est notée dans 84 cas parmi lesquels 52 atteintes multifocales. Parmi ces 52 atteintes étendues :

- 48,1 % correspondent à une atteinte infra- et supra-sésamoïdienne,
- 17,3 % correspondent à une atteinte infra- et sésamoïdienne,
- 34,6 % correspondent à une atteinte étendue aux trois zones.

* L'étude inclut 64 cas de lésion sésamoïdienne dont 51 qui s'étendent proximale et / ou distalement et parmi lesquelles :

- 17,6 % sont des lésions sésamoïdiennes et infra-sésamoïdiennes,
- 47,1 % sont sésamoïdiennes et supra-sésamoïdiennes,
- 35,3 % de lésions diffuses des trois régions.

* Une composante supra-sésamoïdienne est notée dans 193 cas. Autrement dit, seuls 21,9 % des chevaux présente une tendinopathie digitale **sans** atteinte la région supra-sésamoïdienne.

Parmi les 67 cas d'atteintes diffuses :

- 37,3 % sont associées à une atteinte infra-sésamoïdienne,
- 35,8 % sont sésamoïdiennes et supra-sésamoïdiennes,
- 26,9 % s'étendent aux trois zones.

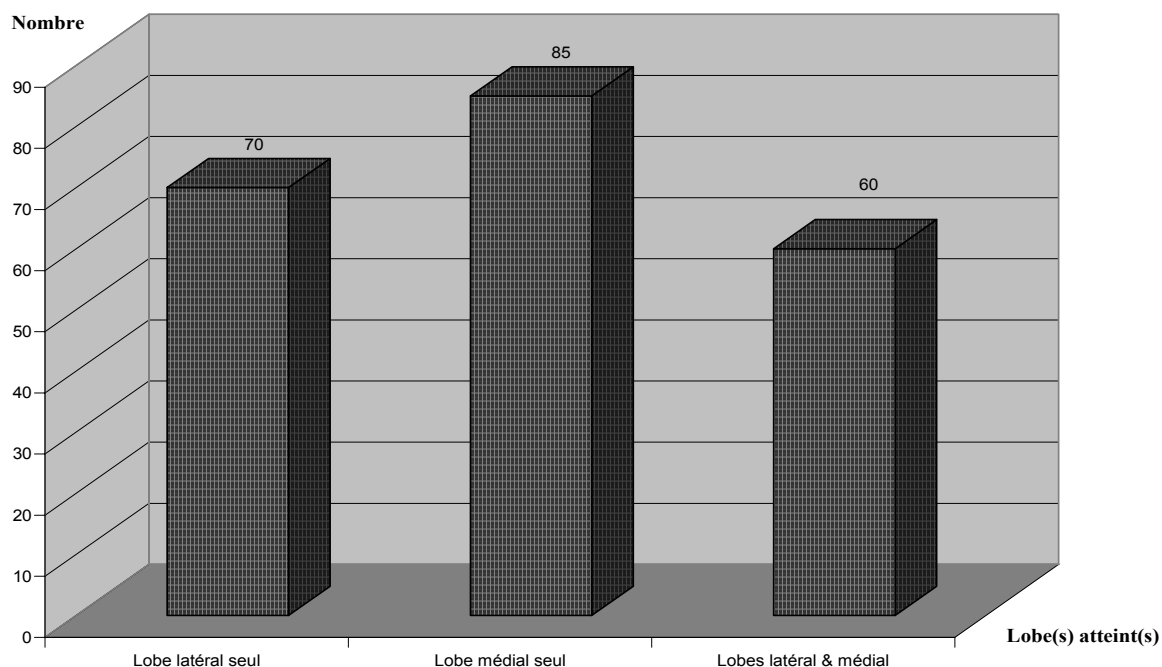
2.2. Latéralisation de la lésion

L'étude inclut 247 pieds lésés. Le tendon perforant est séparé en deux lobes en régions sésamoïdienne et supra-sésamoïdienne. Ainsi, après exclusion des 32 cas de tendinopathie strictement infra-sésamoïdienne, l'étude inclut 215 atteintes permettant d'identifier le ou les lobe(s) atteint(s) (tableau 27 et figure 45).

Tableau 27 : Répartition de l'effectif en fonction du (ou des) lobe(s) atteint(s).

	Lobe latéral seul	Lobe médial seul	Lobes latéral et médial
Nb de cas	70	85	60

Figure 45 : Répartition de l'effectif en fonction du (ou des) lobe(s) atteint(s).



Le clinicien a diagnostiqué une lésion du lobe médial dans 39,5 % des cas, du lobe latéral dans 32,6 % et une atteinte des deux lobes dans 27,9 %.

3. Examen du membre contro-latéral

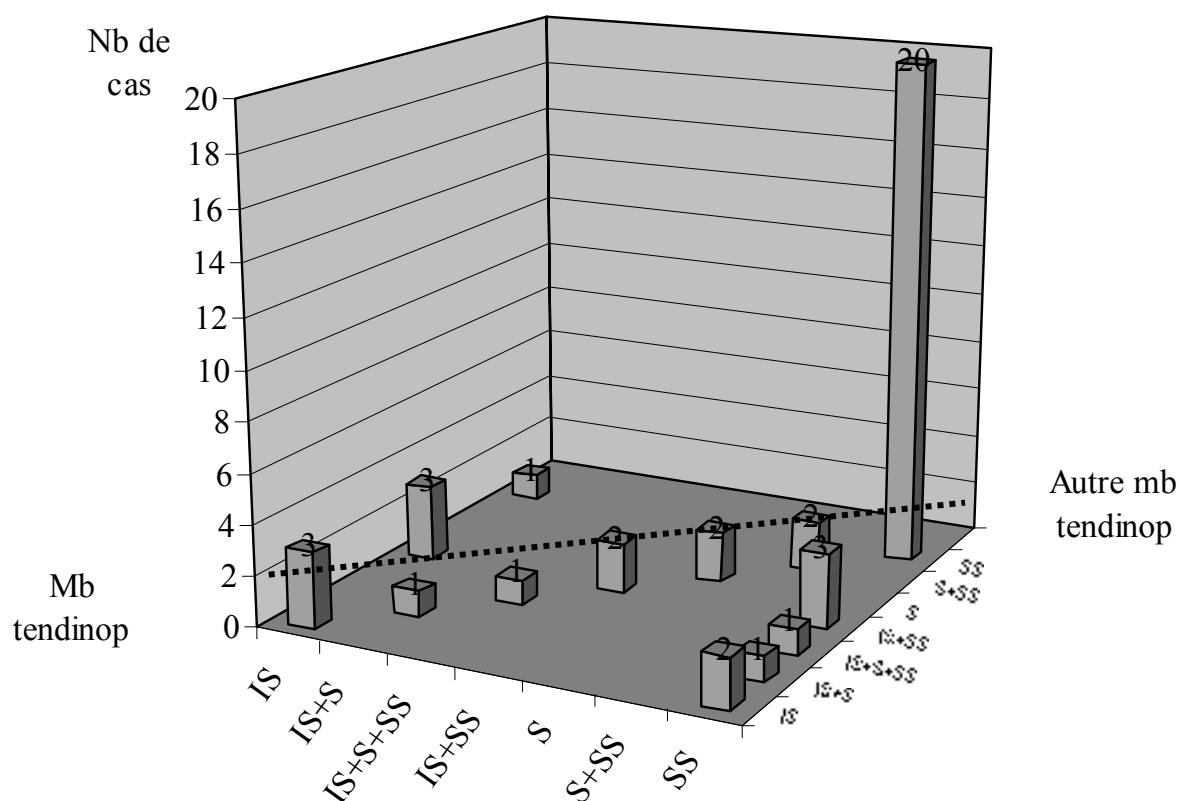
Comme il a été exposé précédemment, 42 chevaux de l'étude présentent une atteinte bilatérale. Nous avons comparé la localisation de la tendinopathie sur les deux pieds (tableau 28 et figure 46).

Dans 31 cas, soit dans 73,8 % des cas, la tendinopathie présente une étendue proximo-distale identique sur les deux pieds (ligne en pointillés de la figure 46).

Tableau 28 : Comparaison de la localisation de la lésion dans le cas d'atteinte bilatérale.

Mb 1 \ Mb 2	IS	IS+S	IS+S+SS	IS+SS	S	S+SS	SS
IS	3	0	0	0	0	0	2
IS+S	0	1	0	0	0	0	1
IS+S+SS	0	0	1	0	0	0	1
IS+SS	3	0	0	2	0	0	3
S	0	0	0	0	2	0	0
S+SS	0	0	0	0	0	2	0
SS	1	0	0	0	0	0	20

Figure 46 : Comparaison de la localisation de la lésion dans le cas d'atteinte bilatérale.



F - EXAMENS D'INVESTIGATIONS TOPOGRAPHIQUES

1. Résultats des anesthésies diagnostiques

Parmi les 205 chevaux de l'étude, 116 chevaux ont fait l'objet d'anesthésies à visée topographique.

En réalité, 146 anesthésies diagnostiques ont été effectuées : 123 ont été réalisées par les vétérinaires référents et 23 anesthésies ont été effectuées lors de l'examen au centre (tableau 29 et figure 47).

Tableau 29 : Anesthésies à visée diagnostique réalisées sur les chevaux de l'étude.

	ADD	ADM	ADP	AIPD	Anesth BP
Par le vétérinaire référent	65	12	19	22	5
Par les cliniciens du centre	3	15	4	1	0

Figure 47 : Anesthésies à visée diagnostique réalisées sur les chevaux de l'étude.

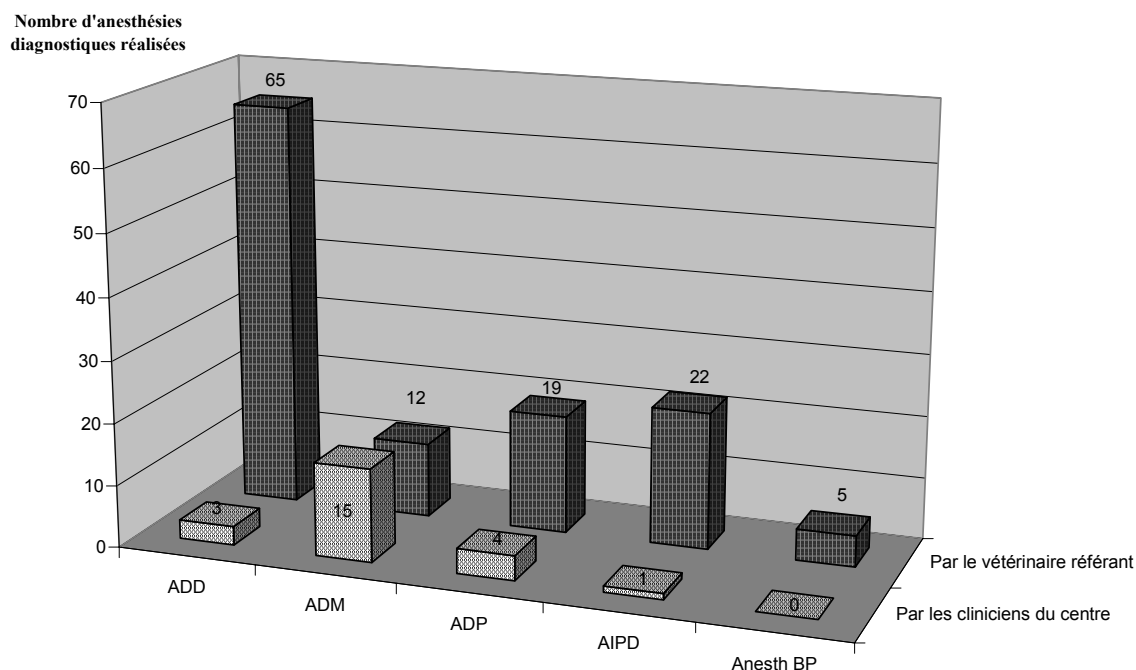
ADD = anesthésie digitale distale,

ADM = anesthésie digitale moyenne,

ADP = anesthésie digitale proximale,

AIPD = anesthésie de l'articulation inter-phalangienne distale,

Anesth BP = anesthésie synoviale de la bourse podo-trochléaire.



1.1. Anesthésies tronculaires

La réalisation d'anesthésies tronculaires a pour but d'établir ou de confirmer la localisation topographique du siège de la lésion responsable de la boiterie. De telles anesthésies ont été mises en œuvre à 118 reprises.

Tous les chevaux ayant fait l'objet de ces anesthésies au centre présentent, le jour de la consultation une boiterie franche, c'est-à-dire supérieure à un grade de 1/5 au cours de l'examen. Il en est de même pour les confrères référents.

Les résultats de ces examens sont reportés dans le tableau 30.

Tableau 30 : Résultats des anesthésies diagnostiques tronculaires réalisées.

		Anesthésie nerveuse digitale		
		Distale	Moyenne	Proximale
Nombre de chevaux		68	27	23
Résultats	Positive > 50 %	64	24	20
	Positive ≤ 50 %	2	0	0
	Négative	2	3	3

L'anesthésie digitale distale est la plus communément utilisée par les confrères référents. Au centre, l'anesthésie digitale moyenne est plus fréquemment mise en œuvre.

1.2. Anesthésies synoviales

23 chevaux de l'étude ont fait l'objet d'une anesthésie de l'articulation inter-phalangienne distale et 5 chevaux d'une anesthésie de la bourse podo-trochléaire (tableau 31).

Parmi les 21 anesthésies de l'articulation inter-phalangienne distale positives, la tendinopathie du perforant était associée :

- * dans deux cas, à une arthropathie inter-phalangienne distale
- * dans un cas, à une synovite inter-phalangienne distale.

Parmi les 5 anesthésies de la bourse podo-trochléaire réalisées, toutes ont amélioré la boiterie à plus de 50 %. Parmi ces 5 cas :

- * trois chevaux présentent une tendinopathie focale supra-sésamoïdienne, un cheval présente une atteinte infra et supra-sésamoïdienne et le dernier présente une lésion sésamoïdienne et supra-sésamoïdienne,
- * un seul cheval présentait une bursite podo-trochléaire associée à la tendinopathie du perforant,
- * trois chevaux présentent une desmopathie du ligament annulaire digital distal associée à la tendinopathie.

Tableau 31 : Résultats des anesthésies synoviales diagnostiques réalisées.

		Anesthésie de l'articulation inter-phalangienne distale	Anesthésie de la bourse podo-trochléaire
Nombre de chevaux		23	5
Résultats	Positive > 50 %	20	5
	Positive ≤ 50 %	1	0
	Négative	2	0

2. Examen scintigraphique

21 chevaux de l'étude ont fait l'objet d'un examen scintigraphique du (ou des) membre(s) atteint(s) (tableau 32 et figure 49). Notons que seuls 19 chevaux de l'étude sont présentés au CIRALE pour la réalisation d'un examen scintigraphique. Un cheval présenté pour une boiterie antérieure bilatérale a, par la suite, été examiné par scintigraphie. Enfin, un cheval d'expérimentation présentant une tendinopathie du perforant en région distale a fait l'objet d'un examen scintigraphique.

Parmi ces chevaux, 4 chevaux présentent une atteinte bilatérale ; l'examen scintigraphique concerne donc 25 pieds lésés.

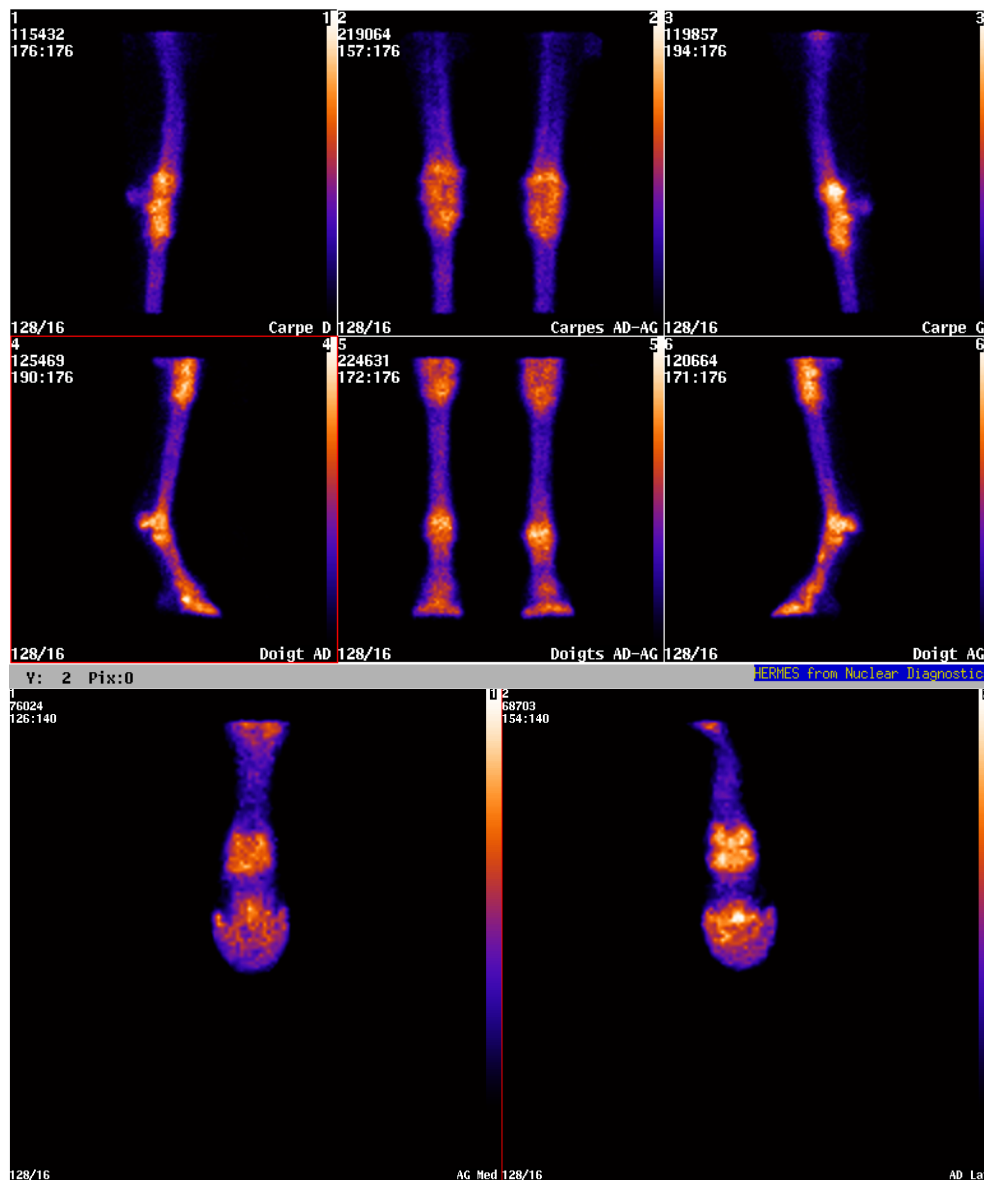
Dans 5 cas (dont 1 cas d'atteinte bilatérale), l'examen scintigraphique ne révèle aucune modification de l'activité scintigraphique.

Parmi les 16 autres chevaux présentant une augmentation de l'activité scintigraphique en région digitale distale, on note :

Concernant l'os sésamoïde distal :

- * 10 cas d'augmentation sur l'os sésamoïde distal uniquement parmi lesquels (figure 48) :
 - seuls 3 chevaux présentent une atteinte tendineuse en région sésamoïdienne,
 - 6 chevaux ne présentent aucune image radiographique anormale, et 4 chevaux présentent des images radiographiques anormales sur l'os sésamoïde distal.
- * 1 cheval présente une activité scintigraphique augmentée sur les deux os sésamoïdes distaux antérieurs avec :
 - une tendinopathie unilatérale infra-sésamoïdienne,
 - aucune signe radiographique sur les deux pieds antérieurs.
- * 1 cheval présente une augmentation d'activité sur l'os sésamoïde distal et la phalange distale sur le pied lésé avec :
 - une atteinte tendineuse sésamoïdienne,
 - des remaniements osseux de la phalange distale en regard de l'insertion distale du T.F.P.D.,
 - et sans signe radiographique anormal sur l'os sésamoïde distal.
- * 1 cheval avec une atteinte bilatérale (infra-sésamoïdienne sur l'antérieur gauche et supra-sésamoïdienne sur l'antérieur droit) présente :
 - une activité scintigraphique augmentée et des images radiographiques anormales sur l'os sésamoïde distal à gauche,
 - une activité scintigraphique augmentée sur la phalange distale à droite.

Figure 48 : Cas 191 (tendinopathie supra-sémoïdienne sur l'antérieur droit) : activité scintigraphique augmentée sur l'os sésamoïde distal de l'antérieur droit



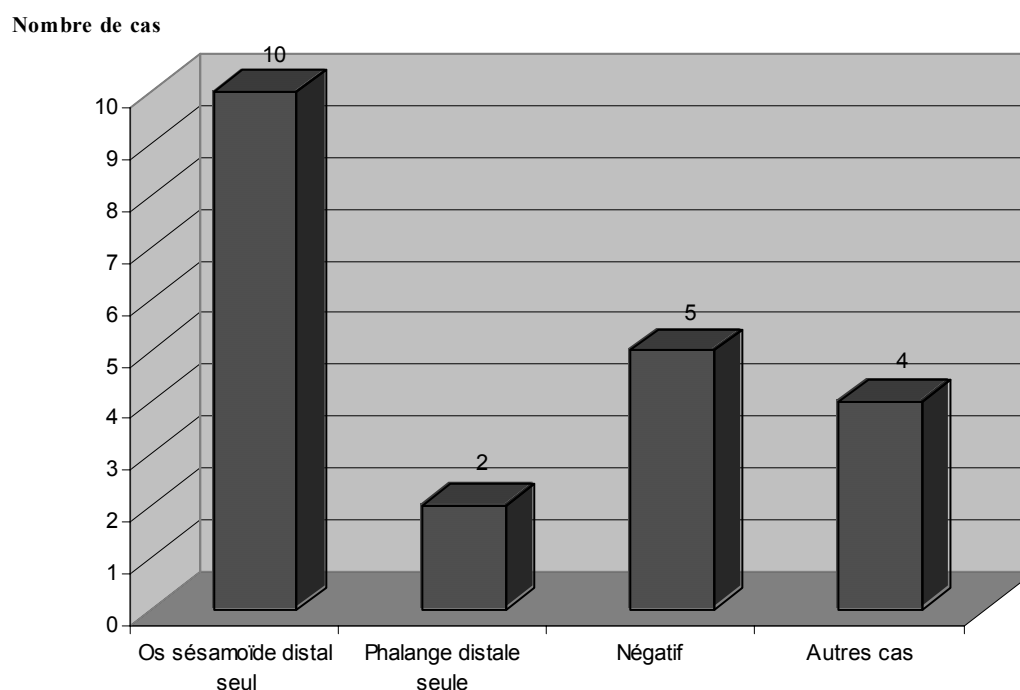
Concernant la phalange distale :

- * 2 cas d'augmentation de l'activité scintigraphique sur la phalange distale uniquement, et sans images radiographiques anormales sur le pied lésé.
- * 1 cheval avec une atteinte bilatérale (cf. supra) présente :
 - une activité scintigraphique augmentée sur la phalange distale à droite.
 - une activité scintigraphique augmentée et des images radiographiques anormales sur l'os sésamoïde distal à gauche.
- * 1 cheval présente une augmentation d'activité sur l'os sésamoïde distale et la phalange distale avec des remaniements osseux de la phalange distale en regard de l'insertion distale du T.F.P.D. (cf. supra).

Tableau 32 : Répartition de l'effectif en fonction de l'activité scintigraphique en région digitale distale.

	Os sésamoïde distal seul	Phalange distale seule	Négatif	Autres cas
Nb de cas	10	2	5	4

Figure 49 : Répartition de l'effectif en fonction de l'activité scintigraphique en région digitale distale.

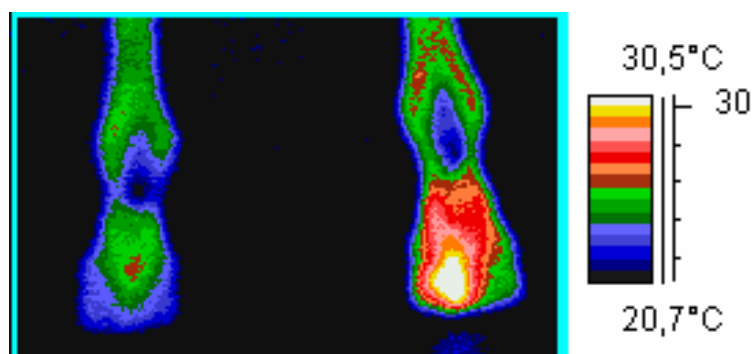


3. Thermographie

Parmi les 205 chevaux de l'étude, 39 ont fait l'objet d'un examen thermographique et 18 ont présenté des images thermographiques anormale en région digitale distale :

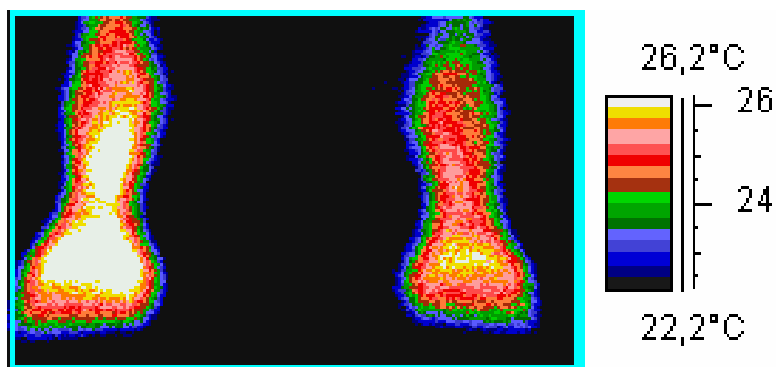
* dans 14 cas, la thermographie révèle une chaleur augmentée sur le doigt lésé (figure 50),

Figure 50 : Image thermographique des pieds antérieurs (incidence dorso-palmaire) : zone de chaleur et tendinopathie sur le pied antérieur gauche (à droite sur l'image).



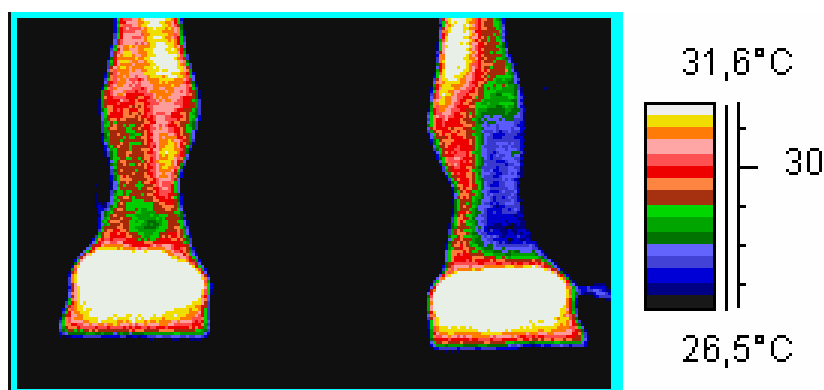
* dans 4 cas, l'examen révèle une chaleur augmentée sur le doigt sain (figure 51).

Figure 51 : Image thermographique des doigts antérieurs (incidence dorso-palmaire) : zone de chaleur augmentée sur le doigt antérieur droit (à gauche sur l'image) avec tendinopathie diagnostiquée sur le pied gauche.



Un seul cheval présente une bonne corrélation topographique entre l'examen thermographique et les investigations lésionnelles par imagerie. Son examen thermographique montre une zone de chaleur étendue en face latérale du paturon avec une tendinopathie supra-sésamoïdienne du lobe latéral du perforant alors que la tendinopathie s'étend proximale jusqu'à sous le boulet (figure 52).

Figure 52 : Images thermographiques des doigts antérieurs (incidence dorso-palmaire) : zone de chaleur en face latérale du paturon antérieur droit (à gauche sur l'image) – cas n° 86.



G - INVESTIGATIONS LESIONNELLES REALISEES PAR IMAGERIE

1. Utilisation des différentes techniques d'imagerie

1.1. Examen échographique

Parmi les 205 chevaux de notre étude, tous ont subi un examen échographique du pied abordé par le creux du paturon **et** par voie trans-furcale.

Parmi les 247 pieds lésés, l'échographie a permis de diagnostiquer une atteinte du tendon perforant dans 237 cas (les 10 autres ont été diagnostiqués par I.R.M.). Dans 215 cas, la description du (ou des) lobe(s) atteint(s) est précisée.

1.2. Examen radiographique

Dans notre population, 195 chevaux ont eu un examen radiographique du pied. Les 42 chevaux ayant une atteinte bilatérale ont eu un examen radiographique des deux pieds.

51 chevaux présentant une atteinte unilatérale ont eu un examen radiographique des deux pieds, c'est-à-dire du pied lésé et du pied contro-latéral.

1.2.1. Incidences radiographiques du pied effectuées

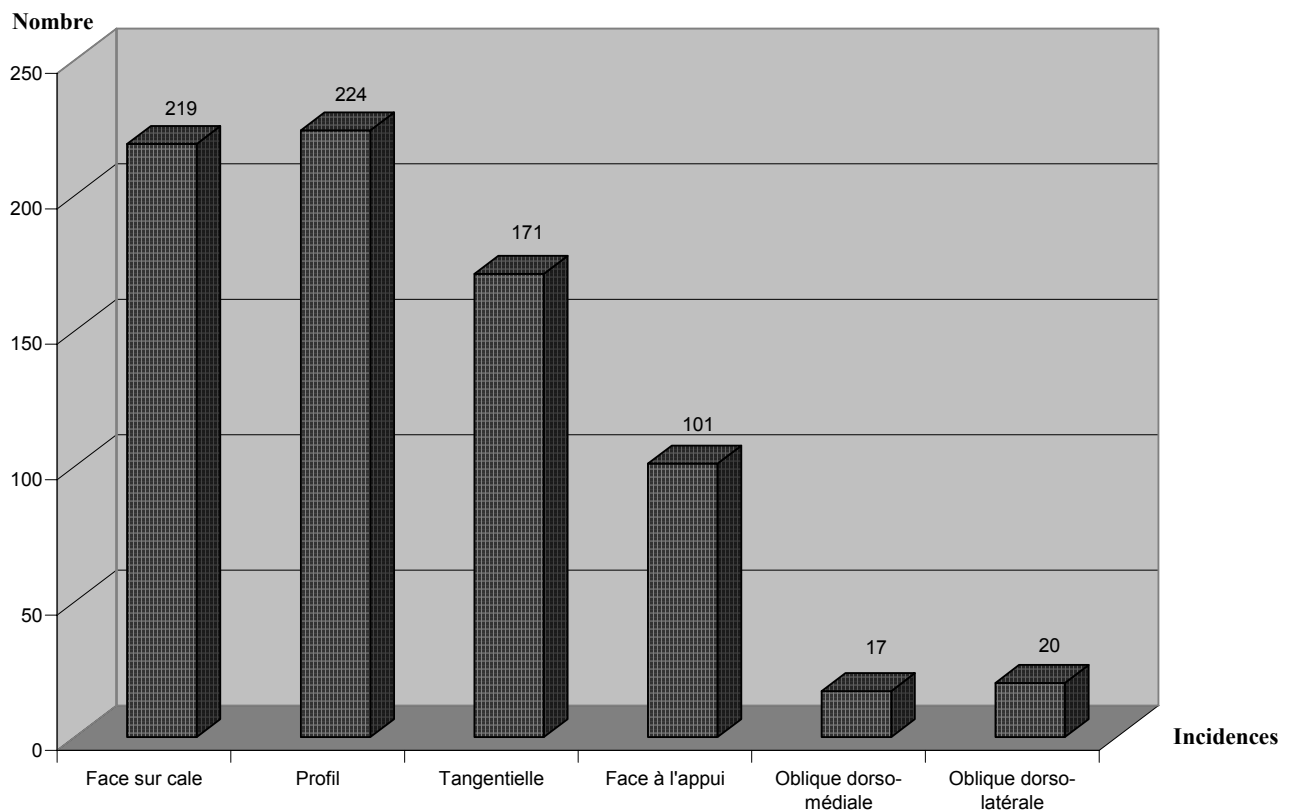
En ne considérant que les 237 pieds lésés et ayant fait l'objet d'un examen radiographique, 755 clichés radiographiques de pied ont été réalisés dans l'étude.

Les incidences les plus fréquemment réalisées sont le profil, la face sur cale et la vue tangentielle (proximo-distale) (tableau 33 et figure 53).

Tableau 33 : Répartition par incidences radiographiques utilisées.

	Face sur cale	Profil	Tangentielle	Face à l'appui	Oblique dorso-médiale	Oblique dorso-latérale	Autres
Nombre de clichés radiographiques effectués	219	224	171	101	17	20	3

Figure 53 : Incidences radiographiques du pied réalisées chez les chevaux de l'étude.



1.2.2. Autres régions radiographiées

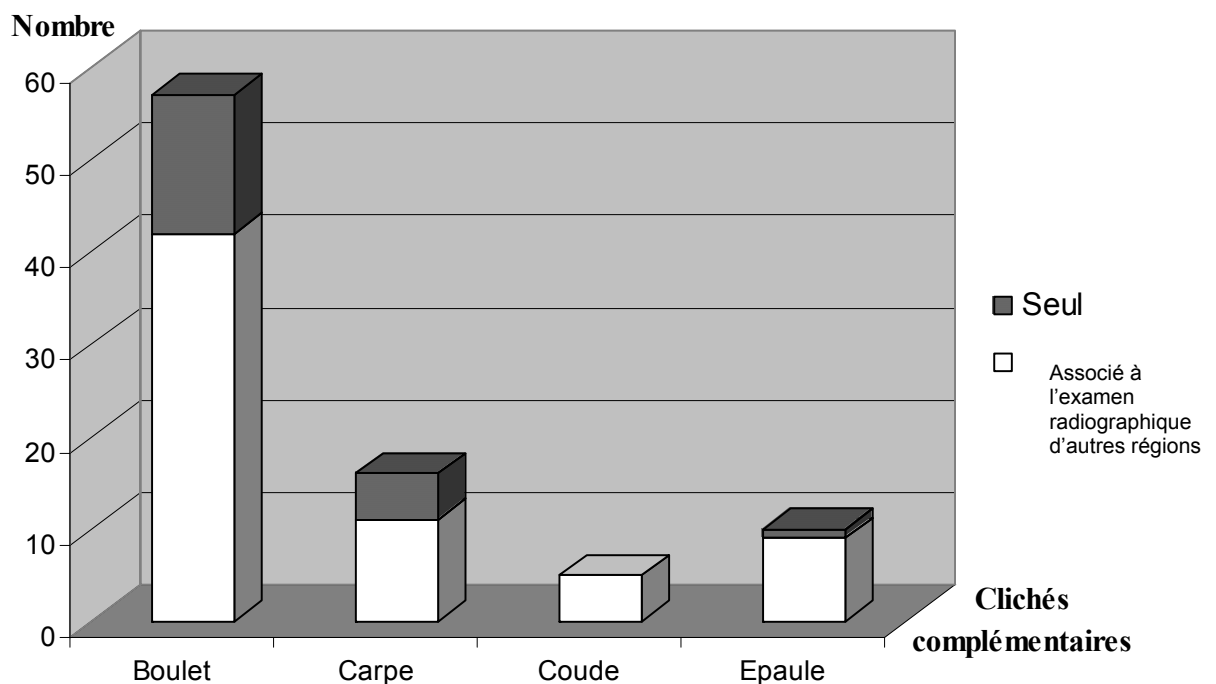
* Examens radiographiques réalisés sur le membre lésé (tableau 34 et figure 54) :

59 chevaux ont un bilan radiographique de différents étages du membre atteint. Parmi ces 59 chevaux, 3 chevaux présentent une atteinte bilatérale et un bilan radiographique des deux membres a été effectué.

Tableau 34 : Régions complémentaires radiographiées.

	Boulet	Carpe	Coude	Epaule
Seul	15	6	0	1
Associé à l'examen radiographique d'autres régions	39	10	5	8

Figure 54 : Régions complémentaires radiographiées.



L'examen radiographique du boulet ou du doigt (sur les membres postérieurs) est réalisé dans 54 cas ; dans 15 cas, il est accompagné d'un examen de région(s) supplémentaire.

L'examen radiographique du carpe est réalisé dans 16 cas, celui du coude dans 5 cas, celui de l'épaule dans 9 cas.

1.3. Examen d'imagerie par résonance magnétique

1.3.1. Régions examinées par I.R.M.

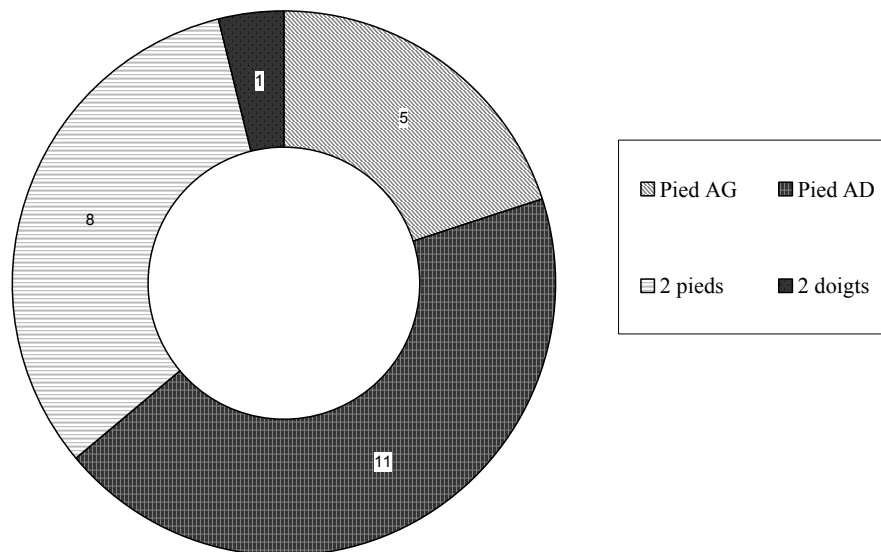
Parmi les 25 chevaux ayant eu un examen d'imagerie par résonance magnétique (tableau 35 et figure 55) :

- * 23 chevaux ont été présentés au centre pour la réalisation de cet examen,
- * un cheval est présenté pour une boiterie antérieure droit,
- * et un cheval fait l'objet d'un examen par I.R.M. à titre expérimental.

Tableau 35 : Répartition de l'effectif en fonction des régions examinées lors de l'examen d'imagerie par résonance magnétique.

	Pied AG	Pied AD	2 pieds	2 doigts
Nb de cas	5	11	8	1

Figure 55 : Répartition de l'effectif en fonction des régions examinées lors de l'examen d'imagerie par résonance magnétique.



1.3.2. Séquences et coupes utilisées au cours de l'examen (cf. supra)

Les séquences utilisées sont les séquences contraste T1 et T2, la séquence d'inversion - récupération (= séquence saturation de la graisse), et la séquence D.E.S.S. (écho de gradient mixte T1 – T2) dédiée au cartilage articulaire.

L'examen du pied par I.R.M. est standardisé (cf. supra). Selon les indications, des acquisitions supplémentaires peuvent être faites.

1.3.3. Durée de l'examen

La durée globale de l'anesthésie, réveil inclus est d'une heure et demie si l'examen est ciblé sur un membre.

Seuls trois chevaux ont présentés de discrètes complications post-anesthésiques. Un cheval a présenté une hyperthermie transitoire modérée, un autre un ralentissement du transit pendant une heure et demie, et le troisième a montré quelques épisodes de toux le soir de l'examen.

2. Résultats des différentes techniques d'imagerie

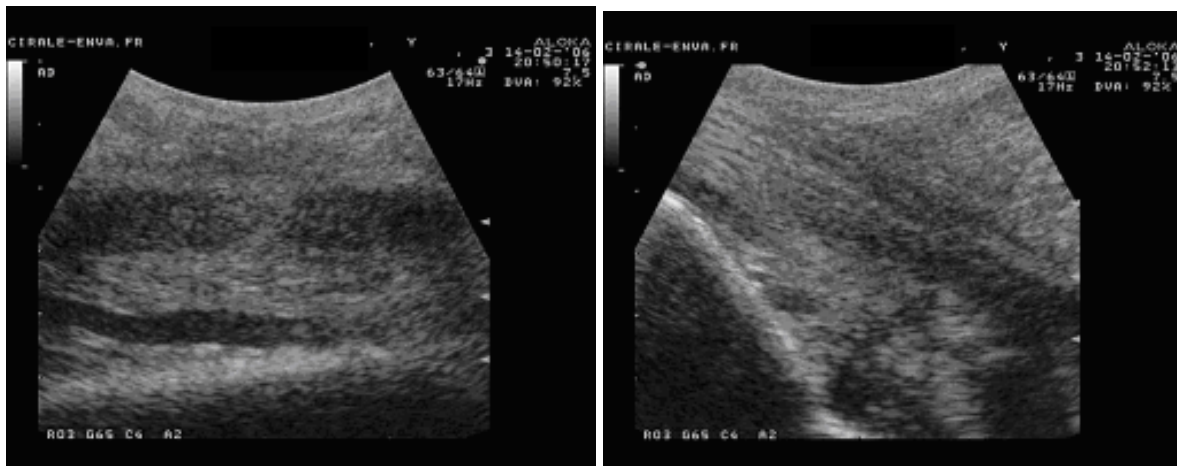
2.1. Examen échographique

2.1.1. Images échographiques anormales du T.F.P.D.

Différents types d'images anormales sont mis en évidence par l'examen échographique.

L'épaississement du tendon est le signe échographique le plus fréquemment retenu. La modification de l'échogénicité du tendon est également habituellement décrite (tableau 36, figures 56, 57 et 58).

Figure 56 : Examen échographique du creux du paturon (cas 191) : épaississement et augmentation de l'échogénicité du lobe médial du T.F.P.D. en région supra-sésamoïdienne – absence d'atteinte d'autres structures.



Coupe transversale

Coupe longitudinale

Figure 57 : Examen échographique par abord trans-furcal (cas 200) : épaissement et augmentation de l'échogénicité du T.F.P.D. en région infra-sésamoïdienne.



Tableau 36 : Répartition des images échographiques anormales.

	Epaiss	Echo dim	Echo aug	Echo hétéro	Miner
Nb de cas	192	58	49	23	53

Figure 58 : Répartition des images échographiques anormales.

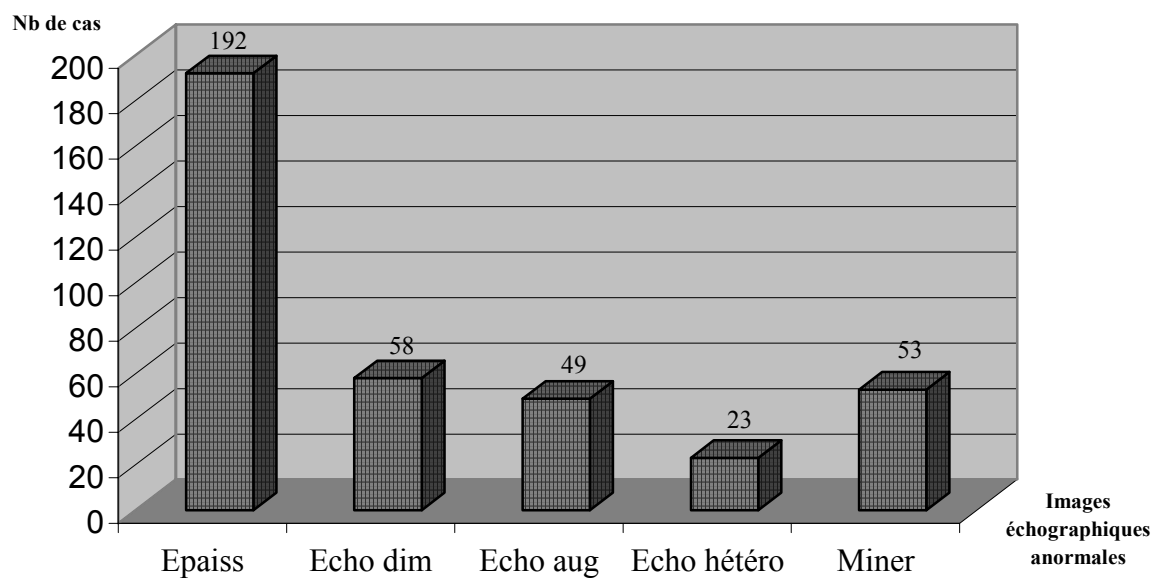
Epaiss = épaissement,

Echo dim = Image d'échogénicité diminuée,

Echo aug = Image d'échogénicité augmentée,

Echo hétéro = Images d'échogénicité hétérogène,

Miner = Minéralisation du T.F.P.D.



2.1.2. Images échographiques lésionnelles selon la localisation

Le tableau 37 et la figure 59 présentent nos résultats.

* Tendinopathie supra-sésamoïdienne :

Notre étude inclut 191 cas de tendinopathie du T.F.P.D. ayant une composante supra-sésamoïdienne.

Les images échographiques anormales les plus fréquentes sont l'épaississement et les modifications de l'échogénicité du tendon (augmentation > hétérogénéité > diminution).

* Tendinopathie sésamoïdienne :

Parmi nos 205 chevaux atteints d'une tendinopathie du T.F.P.D. en région digitale, 65 d'entre elles touchent la région sésamoïdienne, en regard de l'os sésamoïde distal.

Les images lésionnelles les plus fréquemment notées correspondent à un épaississement et une hypo-échogénicité du tendon.

* Tendinopathie infra-sésamoïdienne :

84 lésions du T.F.P.D. en région infra-sésamoïdienne ont été mises en évidence par un examen échographique par abord trans-furcal.

L'épaississement et la diminution de l'échogénicité et de la taille constituent les images lésionnelles la plus fréquemment observées.

* Tendinopathie multifocale :

Dans la majorité des cas, l'examen échographique assure le diagnostic d'une atteinte du perforant en région digitale distale concerne plusieurs régions.

Tableau 37 : Images échographiques anormales en fonction de la localisation.

	IS	S	SS
Epaississement	60	40	160
Echo dim	32	22	32
Echo aug	12	9	39
Echo hétéro	22	10	38
Miner	5	12	19

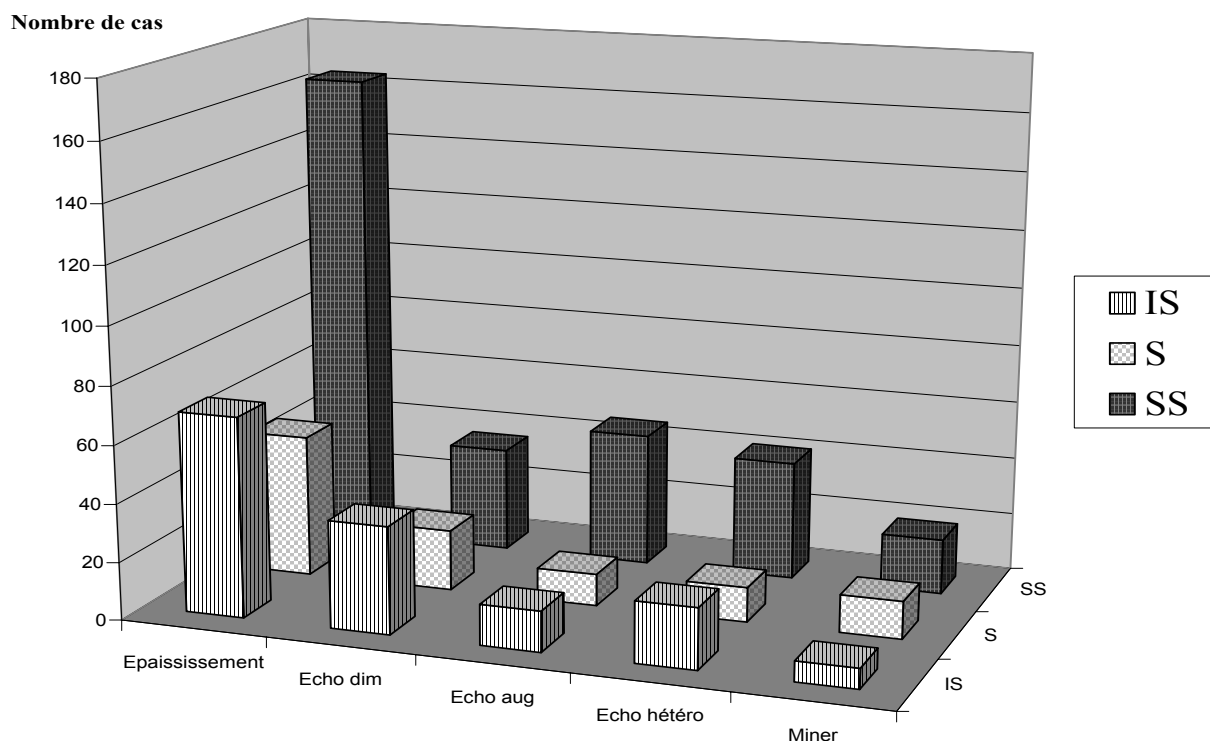
Figure 59 : Images échographiques anormales en fonction de la localisation.

Echo dim = diminution de l'échogénicité du tendon.

Echo aug = augmentation de l'échogénicité.

Echo hétéro = Echogénicité hétérogène.

Miner = minéralisation du tendon.

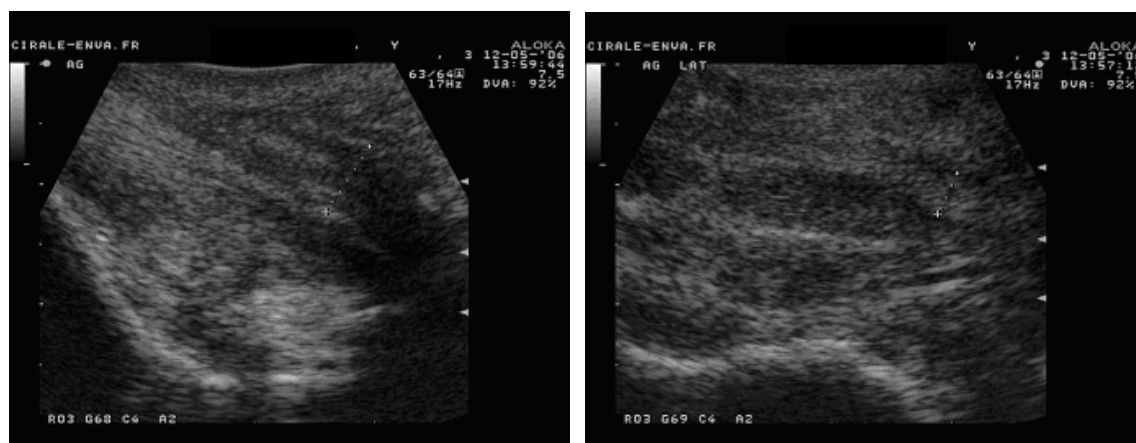


2.1.3. Lésions des autres structures de l'appareil podo-trochléaire

Le tableau 38 et les figures 60 et 61 présentent nos résultats.

Dans un tiers des cas, la tendinopathie du T.F.P.D. en région supra-sésamoïdienne est associée à une ténosynovite de la gaine digitale ou à une desmopathie du ligament annulaire digital distal.

Figure 60 : Cas 200 : Examen échographique du pied antérieur gauche par le creux du paturon : atteintes du ligament annulaire digital distal, de la bourse podo-trochléaire et du ligament sésamoïdien collatéral.



Lorsque la tendinopathie siège en région sésamoïdienne, une desmopathie ou une enthésopathie distale du ligament sésamoïdien distal impair est fréquemment notée. Les tendinopathies sésamoïdiennes sont parfois associées à une atteinte de l'os sésamoïde distal ; une irrégularité ou une ostéolyse peut être objectivée au cours de l'examen échographique par abord trans-furcal.

Tableau 38 : Intérêt diagnostique de l'échographie du pied du cheval : abords par le creux du paturon et trans-furcal.

BPT =bursite podo-trochléaire.

LADD =desmopathie du ligament annulaire digital distal.

OSD =remodelages et / ou remaniements de l'os sésamoïde distal.

LSCOLL =desmopathie et / ou enthésopathie du ligament sésamoïdien collatéral.

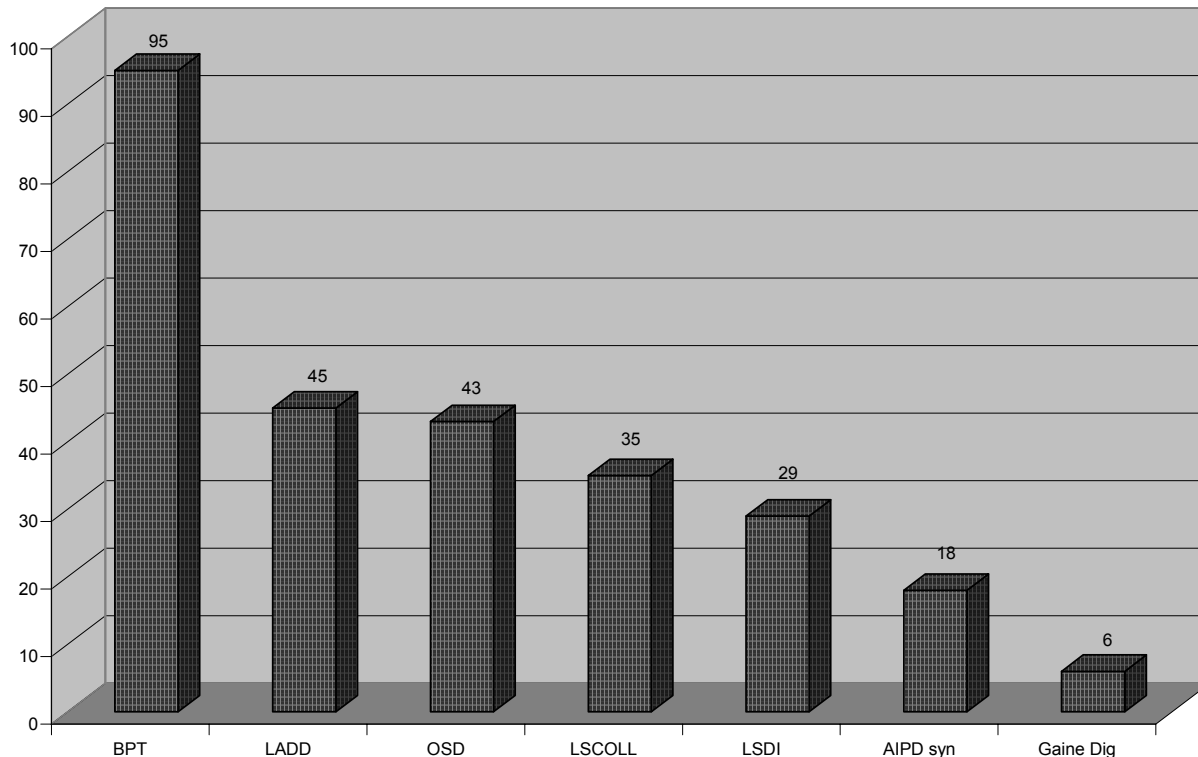
LSDI =desmopathie et / ou enthésopathie du ligament sésamoïdien distal impair.

AIPD syn = synovite du récessus palmaire et / ou dorsal de l'articulation inter-phalangienne distale.

Gaine Dig = ténosynovite de la gaine digitale.

	BPT	LADD	OSD	LSCOLL	LSDI	AIPD syn	Gaine Dig
Nb de cas	95	45	43	35	29	18	6

Figure 61 : Intérêt diagnostique de l'échographie du pied du cheval : abords par le creux du paturon et trans-furcal.



2.2. Examen radiographique

2.2.1. Fréquence des images radiographiques anormales

Parmi les 247 pieds présentant une tendinopathie, 236 pieds ont eu un examen radiographique.

Des images radiographiques anormales sont notées sur les différentes entités constitutives du pied. Ainsi 73,7 % des pieds présentent au moins une image radiographique anormale en région digitale distale et 26,3 % des chevaux ne présentent aucune image radiographique anormale sur le pied présentant une tendinopathie.

2.2.2. Répartition des images radiographiques anormales

Tableau 39 : Nombre de pieds lésés présentant au moins une image radiographique anormale sur l'os sésamoïde distal, l'articulation inter-phalangienne distale, la phalange distale et les tissus mous du pied.

OSD rem = remodelages et / ou remaniements osseux sur l'os sésamoïde distal autre que sur la face flexoria.

FFLEX rem = remodelages et / ou remaniements osseux sur la face flexoria.

OSD fsyn = fossettes synoviales élargies sur le bord distal de l'os sésamoïde distal.

P3 inser° T.F.P.D. = remodelages et / ou remaniements osseux sur la phalange distale en regard de l'insertion distale du T.F.P.D.

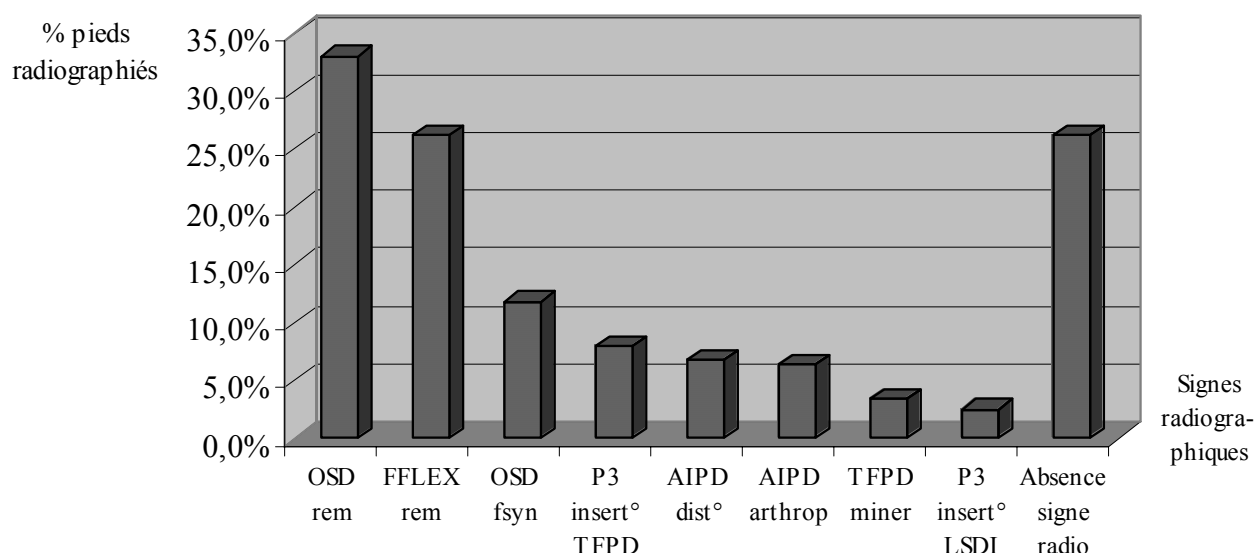
AIPD dist = épaissement des tissus mous en regard du récessus dorsal de l'articulation inter-phalangienne distale ; AIPD arthrop : remodelages osseux peri-articulaires de l'articulation inter-phalangienne distale.

T.F.P.D. miner = minéralisation au sein du T.F.P.D.

P3 inser° LSDI = remodelages et / ou remaniements osseux sur la phalange distale en regard de l'insertion distale du ligament sésamoïdien distal impair.

	O.S.D. rem	FFLEX rem.	O.S.D. fsyn	AIPD		P3		T.F.P.D. miner	Absence signe radiographique
				dist°	arthrop	insertion T.F.P.D.	insertion LSDI		
Nb de cv	78	62	28	16	15	19	6	8	62
% pieds radiogra- phiés	33,1 %	26,3 %	11,9 %	6,8 %	6,4 %	8,1 %	2,5 %	3,4 %	26,3 %

Figure 62 : Pourcentage de pieds présentant au moins une image radiographique anormale sur l'os sésamoïde distal, l'articulation inter-phalangienne distale, la phalange distale et les tissus mous.



* Images radiographiques anormales du T.F.P.D. :

Peu de lésions radiographiques concernent le tendon perforant. Il s'agit de minéralisation (8 cas) (cf. figures 62 et 63, tableau 39), en région supra-sésamoïdienne avec :

- * dans 3 cas, une atteinte strictement supra-sésamoïdienne,
- * dans 2 cas, une atteinte sésamoïdienne et supra-sésamoïdienne,
- * dans 3 cas, une atteinte des trois régions.

Figure 63 : Radiographie du pied antérieur droit de profil - Minéralisation marquée et étendue du T.F.P.D. et de la bourse podo-trochléaire (cliché CIRALE).

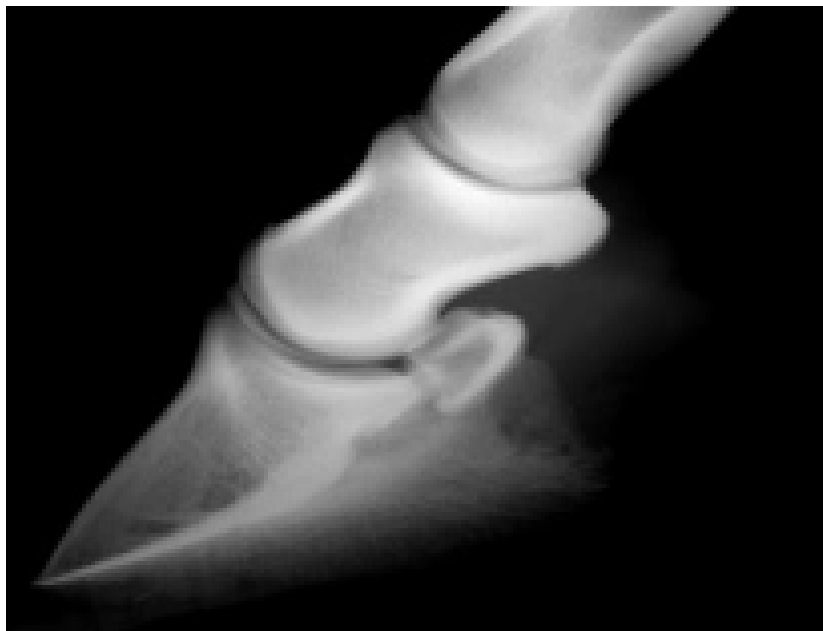


Parmi les 19 pieds avec remodelages et / ou remaniements osseux sur la phalange distale en regard de l'insertion distale du T.F.P.D., 13 tendinopathies sont associées à une atteinte infra-sésamoïdienne.

A l'inverse, parmi les 84 lésions tendineuses infra-sésamoïdiennes, seules 13 sont associées à des signes radiographiques.

* Images radiographiques anormales des autres structures de l'appareil podo-trochléaire (figures 64 et 65) :

Figure 64 : Radiographie du pied antérieur gauche de profil – Remaniements osseux (ostéolyse) étendue en regard de l'insertion du TFPD sur la phalange distale, discrets remodelages osseux péri-articulaires inter-phalangiens distaux (cliché CIRALE).



Les images radiographiques anormales les plus fréquemment rencontrées sont des remaniements ou remodelages osseux de l'os sésamoïde distal (31%) ou de la face flexoria (25%) et un élargissement des fossettes synoviales du bord distal de l'os sésamoïde distal (11%). En considérant ces trois critères, 125 pieds présentent au moins une image anormale sur l'O.S.D. ; parmi ces derniers, 41 lésions ont une composante sésamoïdienne.

Figure 65 : Radiographie du pied antérieur gauche de face – Kyste osseux de l'os sésamoïde distal. (cliché CIRALE).



2.3. Examen d'imagerie par résonance magnétique

Parmi les 25 chevaux de l'étude ayant eu un examen d'imagerie par résonance magnétique, 9 chevaux ont eu un examen des deux pieds et on dénombre ainsi 34 pieds ayant été imagés par I.R.M.

Dans tous les cas, l'I.R.M. a permis de mettre en évidence une atteinte du tendon perforant.

Parmi les chevaux ayant eu un examen d'imagerie par résonance magnétique, 10 tendinopathies n'ont pas été mises en évidence par l'examen échographique.

2.3.1. Images anormales du T.F.P.D.

Différents types d'images anormales du T.F.P.D. sont révélées par cette technique d'imagerie. Les figures 66 et 67 présentent ces résultats.

Les anomalies les plus fréquemment révélées par l'examen I.R.M. sont une modification du signal et une asymétrie et ou un épaissement du tendon (tableau 40 et figure 66).

Tableau 40 : Images anormales du T.F.P.D. obtenues par I.R.M.

	Anomalie de signal	Asymétrie / épaissement	Fibrillations	Irrégularité de contour	Adhérences avec l'OSD	Encoche
IS	4	3	0	0	0	0
S	11	6	1	0	4	0
SS	12	14	3	3	0	2

Figure 66 : Images anormales du T.F.P.D. obtenues par I.R.M.

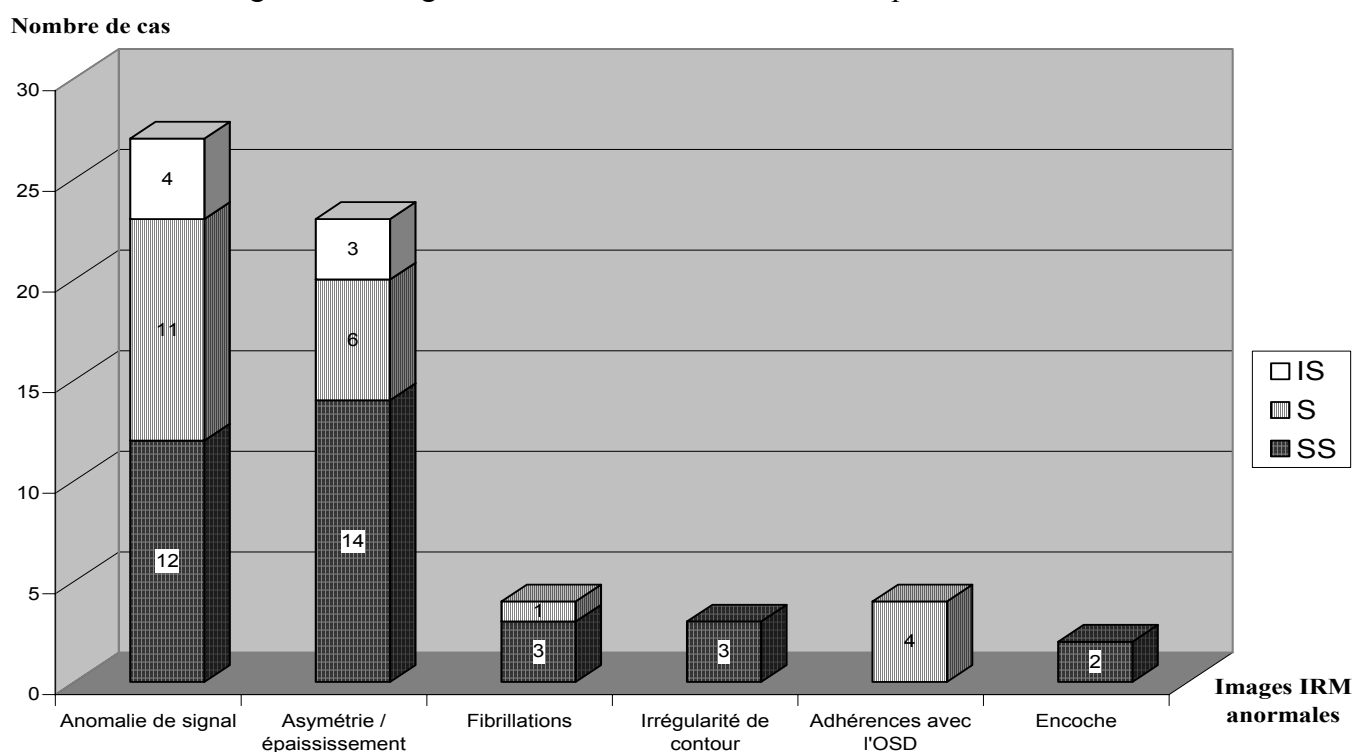
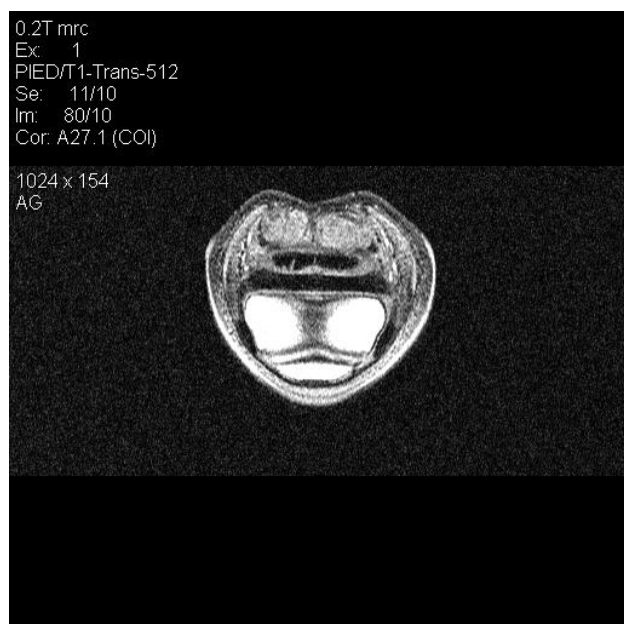


Figure 67 : Examen d'I.R.M. du cas 117.



*Anomalie de signal au sein
du lobe médial du T.F.P.D.*



*Fissuration du T.F.P.D.
en région supra-sésamoïdienne.*

2.3.2. Images anormales des autres structures de l'appareil podotrochléaire

L'examen d'I.R.M. permet également d'évaluer les autres structures de l'appareil podotrochléaire. Les lésions de la bourse podotrochléaire, de l'os sésamoïde distal et du ligament annulaire digital distal sont les plus fréquentes (tableau 41 et figure 68).

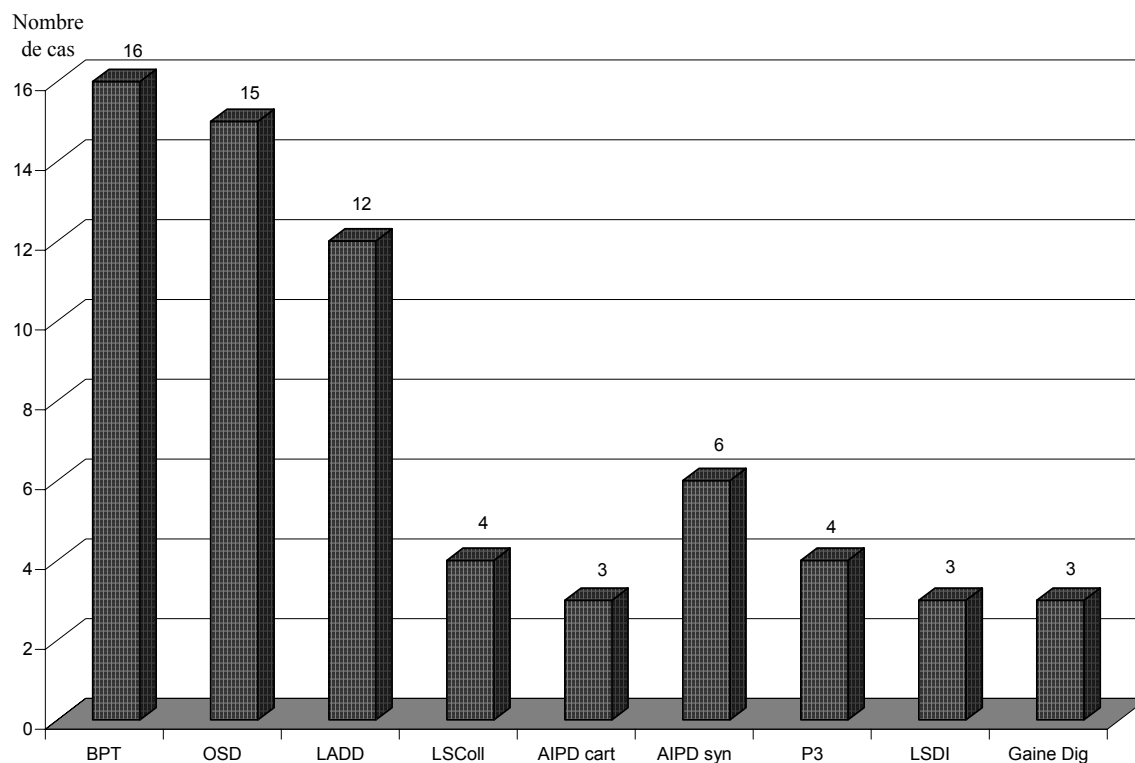
Tableau 41 : Lésions des structures de l'appareil podotrochléaire diagnostiquée par I.R.M.

BPT = bursite podotrochléaire, OSD = os sésamoïde distal, LADD = ligament annulaire digital distal, LSCOLL = ligament sésamoïdien collatéral, AIPD cart = cartilage de l'articulation inter-phalangienne distale, AIPD syn = synovite de l'articulation inter-phalangienne distale, P3 = phalange distale ? LSDI = ligament sésamoïdien distal impair, Gaine Dig = gaine digitale.

	BPT	OSD	LADD	LSCOLL	AIPD cart	AIPD syn	P3	LSDI	Gaine Dig
Nb de cas	16	15	12	4	3	6	4	3	3

Figure 68 : Lésions des structures de l'appareil podo-trochléaire diagnostiquée par I.R.M.

BPT = bursite podo-trochléaire, OSD = os sésamoïde distal, LADD = ligament annulaire digital distal, LSCOLL = ligament sésamoïdien collatéral, AIPD cart = cartilage de l'articulation inter-phalangienne distale, AIPD syn = synovite de l'articulation inter-phalangienne distale, LSDI = ligament sésamoïdien distal impair, P3 = phalange distale, Gaine Dig = gaine digitale.



H - THERAPEUTIQUE ET CONDUITE À TENIR

Enfin, nous répertorions les suggestions thérapeutiques et la conduite à tenir pour chaque cas de l'étude. Ces considérations demeurent des suggestions destinées au seul vétérinaire référant.

Hormis quelques chevaux suivis par le centre, nous n'avons pas connaissance de la mise en place ou non de nos conseils.

1. Maréchalerie

Les conseils de maréchalerie consistent à assurer un soutien en talons et à favoriser le roulement antéro-postérieur du pied.

1.1. Parage

Il est fréquemment conseillé de parer les pieds courts. Ce conseil est systématiquement prodigué lorsque l'examen physique du cheval révèle des pinces longues.

1.2. Ferrure

1.2.1. Matériau du fer

Dans tous les cas, une ferrure légère en aluminium ou acier mince est conseillée.

1.2.2. Type de fer

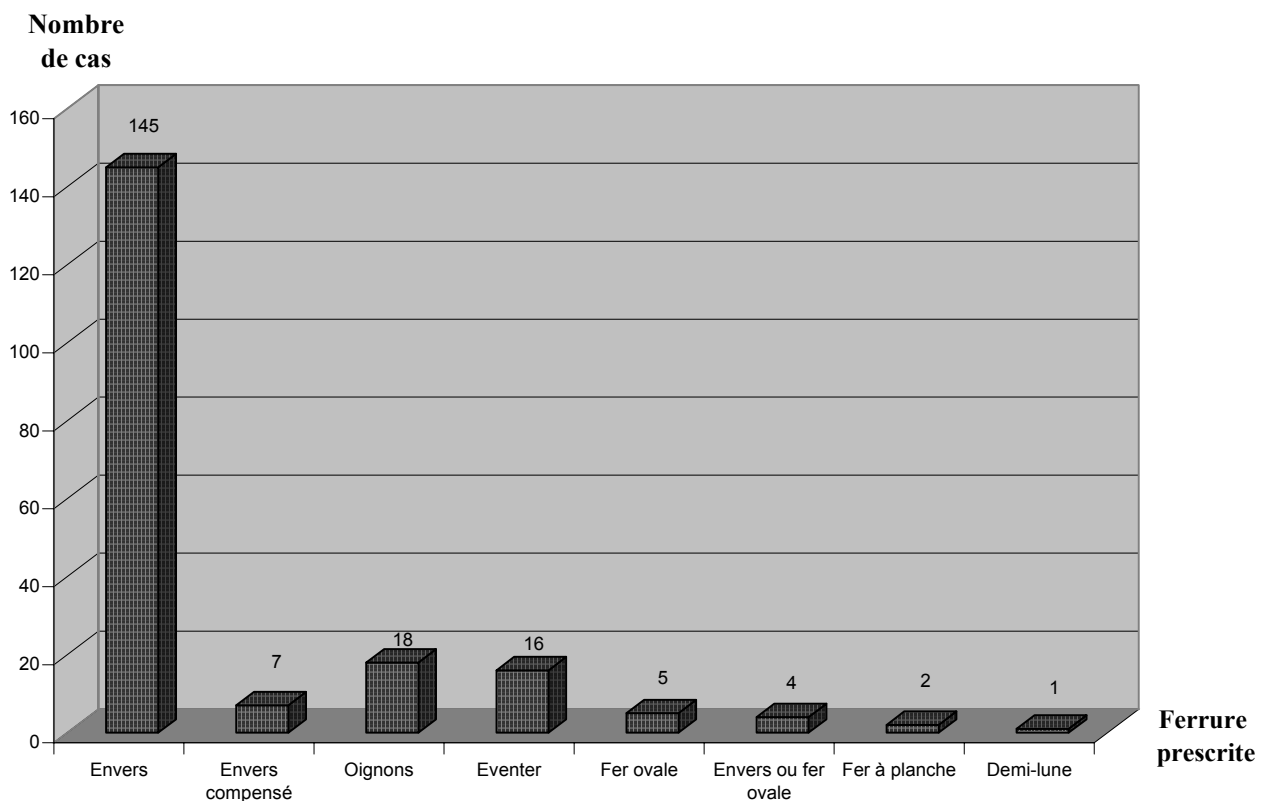
Dans notre étude, 198 chevaux ont reçu une prescription de ferrure à la suite de leur consultation au centre (tableau 42 et figure 69). Dans la plupart des cas, cette prescription est accompagnée d'un schéma explicatif.

Dans la quasi-totalité des cas (197 cas sur 198), la prescription de ferrure correctrice concerne le membre atteint et le membre contro-latéral, que l'atteinte soit uni- ou bi- latérale.

Tableau 42 : Répartition de l'effectif en fonction de la prescription de ferrure

	Envers	Envers compensé	Oignons	Eventer	Fer ovale	Envers ou fer ovale	Fer à planche	Demi-lune
Nb de cas	145	7	18	16	5	4	2	1

Figure 69 : Répartition de l'effectif en fonction de la prescription de ferrure



* Ferrure à l'envers :

Le fer à l'envers est le fer le plus fréquemment conseillé dans nos cas de tendinopathie du perforant en région distale. 145 chevaux se sont vus prescrire un fer à l'envers à plat et 7 chevaux, un fer à l'envers compensé en talons.

* Fer ovale (ou egg-bar-shoe) :

Notons que le fer de type egg-bar-shoe a été prescrit chez 5 chevaux de l'étude. Dans 4 autres cas, le clinicien a proposé, au choix du maréchal ferant, la pose d'un fer à l'envers ou d'un fer ovale.

* Ferrure roulante de type Eventer – Sainte Croix Forge :

Ce type de ferrure a été conseillé à 16 reprises. Dans la majorité des cas, cette ferrure est prescrite sur des chevaux présentant une locomotion spontanée globalement satisfaisante ou une boiterie discrète.

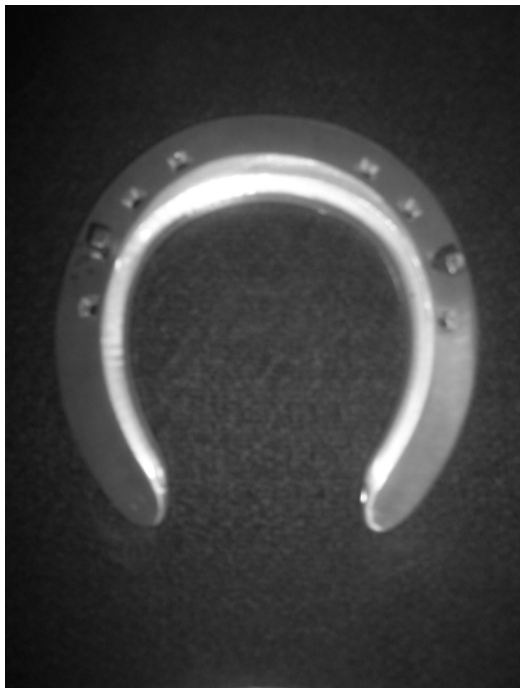
Un cheval s'est vu prescrire un fer à l'envers sur le membre atteint et un fer de type Eventer sur le membre contro-latéral.

* Autres types de ferrure prescrite :

Un trotteur a reçu une prescription de fer demi lune avec plaque amortissante. Précisons que ce cheval présentait, sur l'antérieur contro-latéral une sclérose de l'os carpal 3 et de l'os radial.

La figure 70 présente des exemples de ferrure conseillée au cours de notre étude.

Figure 70 : Différents types de fers prescrits dans notre étude.

Fer roulant de type Eventer Sainte-Croix Forge		Fer à l'envers	
			
Fer à planche	Fer ovale (ou egg-bar-shoe)	Fer à l'envers et compensé en talons	
			

1.2.3. Relation entre le type de ferrure prescrite et la sévérité de la boiterie

Dans l'étude, le type de ferrure prescrite semble corrélée au grade de la boiterie (tableau 42 et figure 71).

En effet, le fer de type Eventer et le fer à oignons sont principalement utilisés sur les chevaux présentant une boiterie discrète ou modérée, c'est-à-dire de grade inférieur ou égal à 1/5.

Les ferrures ovale ou à l'envers avec une compensation en talons sont réservées aux chevaux présentant une boiterie plus marquée, fréquemment de grade supérieur à 2/5 (boiterie sévère).

Enfin, la ferrure à l'envers est la plus fréquemment prescrite. Plus de 40 % des ces prescriptions concernent des chevaux présentant une boiterie franche (grade inférieur ou égale à 2/5).

Tableau 43 : Relation entre le type de ferrure prescrite et le grade de la boiterie.

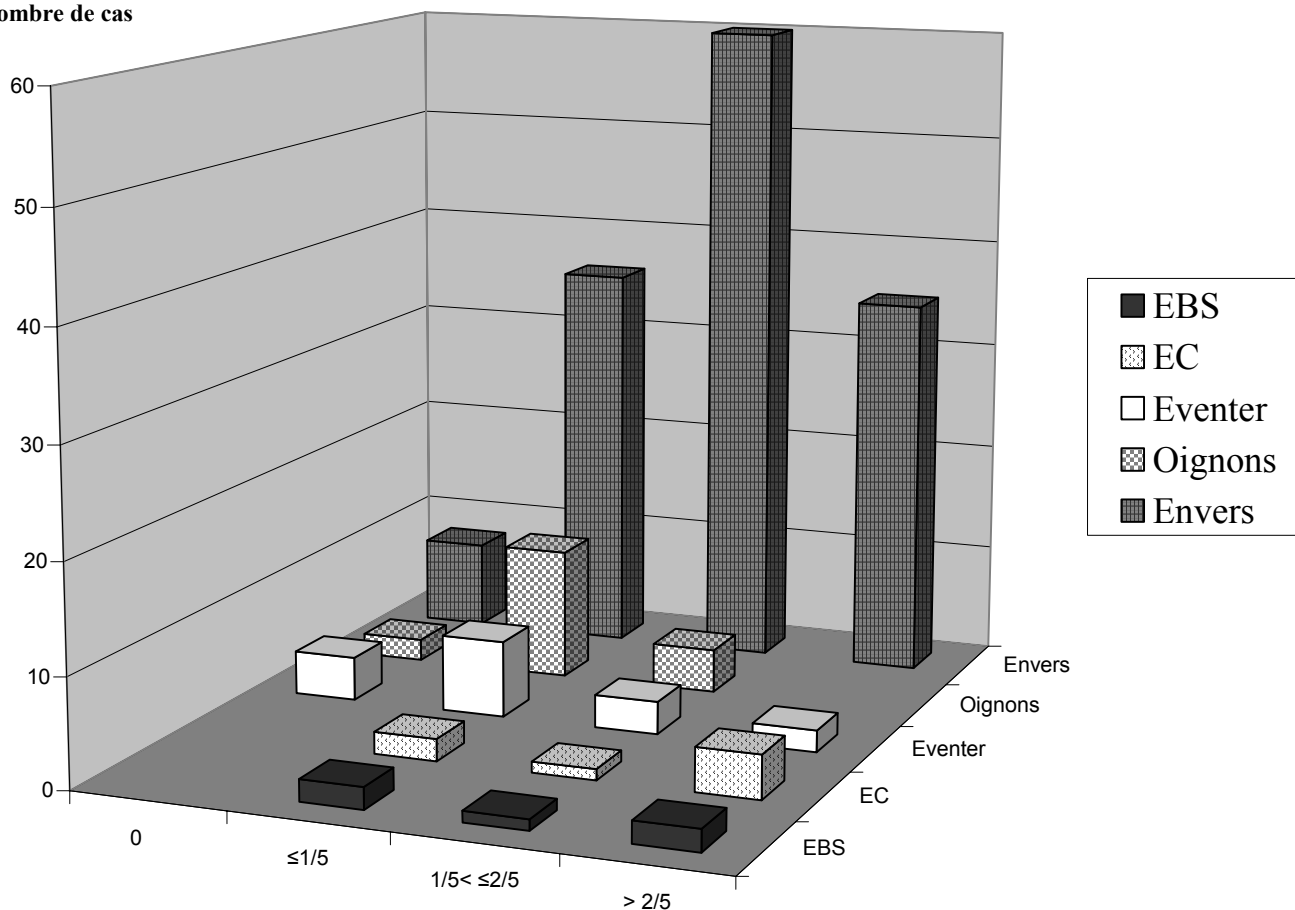
	EBS	EC	Eventer	Oignons	Envers
0	0	0	4	2	8
≤1/5	2	2	7	12	36
1/5 < ≤ 2/5	1	1	3	4	60
> 2/5	2	4	2	0	35

Figure 71 : Relation entre le type de ferrure prescrite et le grade de la boiterie.

EBS = egg-bar-shoe

EC = fer à l'envers et compensé.

Nombre de cas



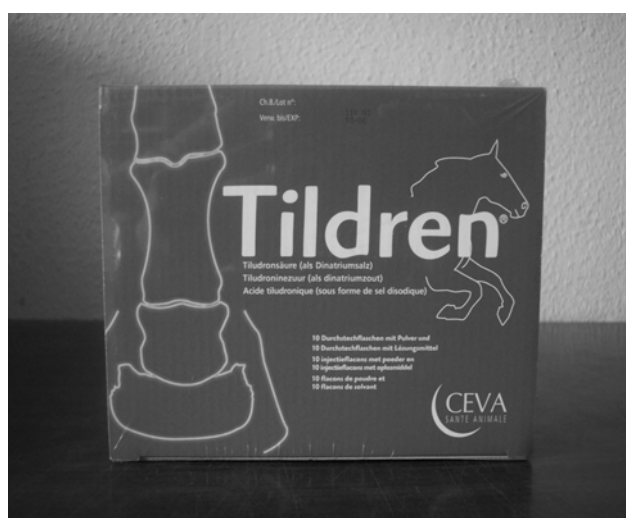
2. Traitement médical

2.1. Traitement par voie générale

2.1.1. Tiludronate

Depuis la mise sur le marché du TILDREN ND en 1999 (figure 72), 166 cas de tendinopathie sont répertoriés dans notre étude.

Figure 72 : Présentation du TILDREN ND (Tiludronate).



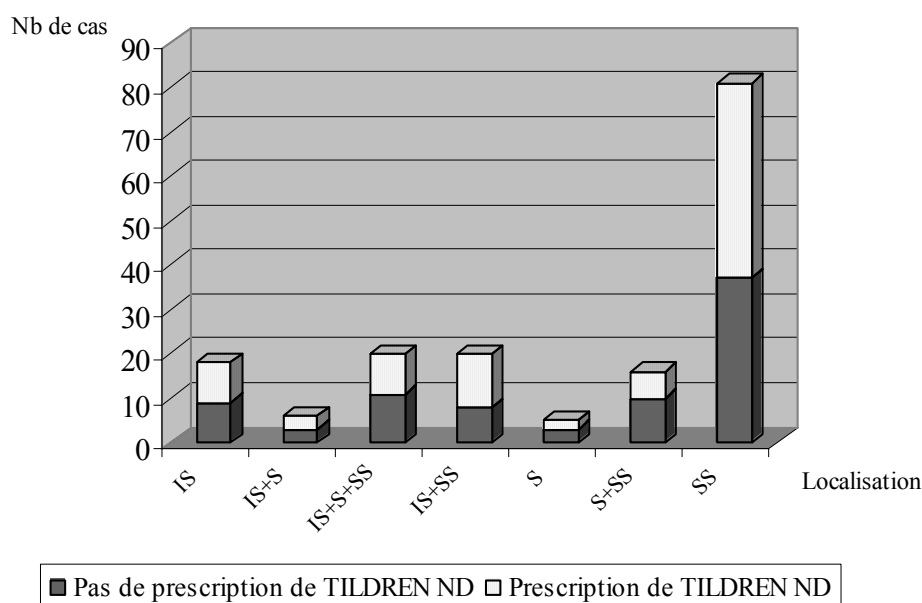
* Localisation lésionnelle et la prescription de TILDREN ND :

Selon la localisation de la tendinopathie, la prescription de TILDREN ND concerne entre 37,5 et 60 % des chevaux (tableau 44 et figure 73).

Tableau 44 : Répartition de l'effectif selon la localisation lésionnelle et la prescription de TILDREN ND.

	IS	IS+S	IS+S+SS	IS+SS	S	S+SS	SS
Pas de prescription de TILDREN ND	9	3	11	8	3	10	37
Prescription de TILDREN ND	9	3	9	12	2	6	44
% de prescription de TILDREN ND	50,0 %	50,0 %	45,0 %	60,0 %	40,0 %	37,5 %	54,3 %

Figure 73 : Répartition de l'effectif selon la localisation lésionnelle et la prescription de TILDREN ND.



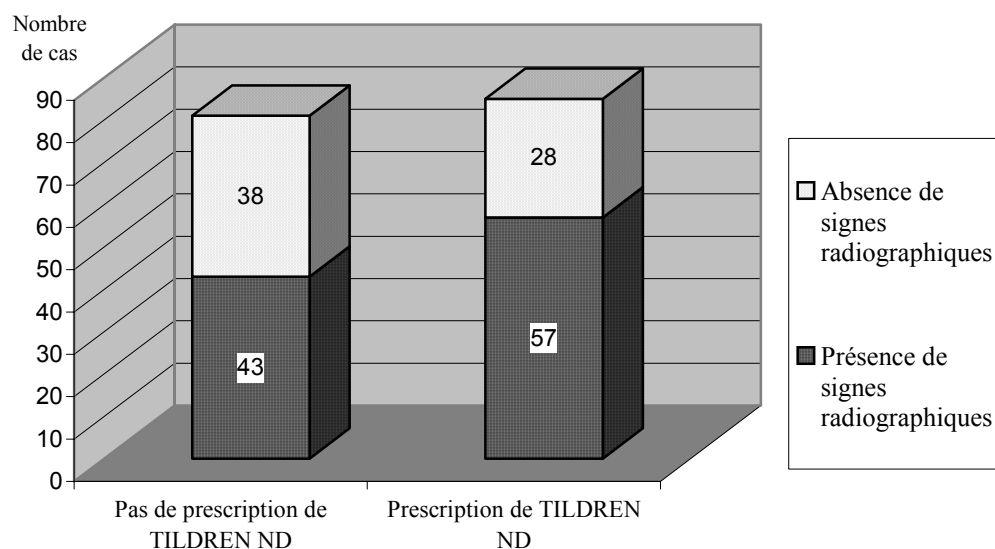
* Présence d'image(s) radiographique(s) anormale(s) et la prescription de TILDREN ND :

Le tableau 45 et la figure 74 présentent les résultats.

Tableau 45 : Prescription de TILDREN ND et présence d'images radiographiques anormales du pied.

	Pas de prescription de TILDREN ND	Prescription de TILDREN ND
Absence de signes radiographiques	38	28
Présence de signes radiographiques	43	57

Figure 74 : Prescription de TILDREN ND et présence d'images radiographiques anormales du pied.



2.1.2. Glycosaminoglycanes polysulfatés

Une prescription de glycosaminoglycanes polysulfatés (ADEQUAN ND) est notée.

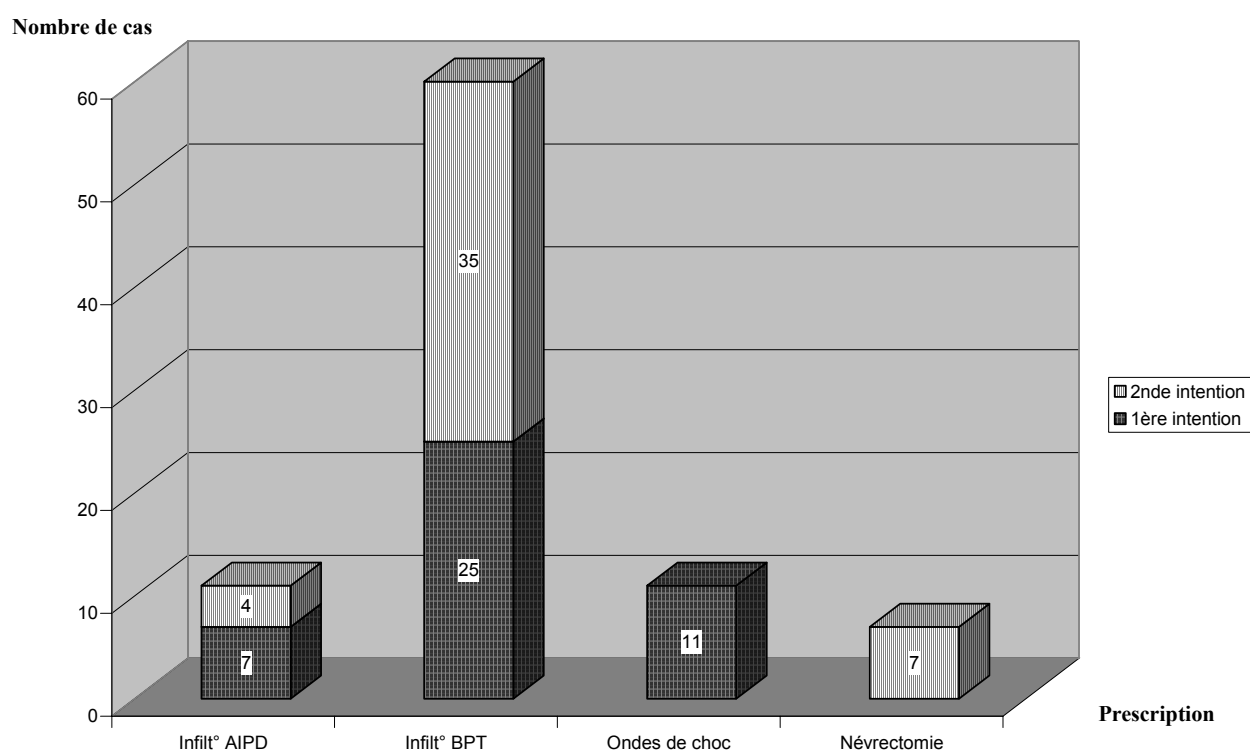
2.2. Traitement par voie locale

Différents type de traitements locaux sont proposés dans notre étude (tableau 46 et figure 75).

Tableau 46 : Prescription de traitements par voie locale.

	Infiltration AIPD	Infiltration BPT	Ondes de choc	Névrectomie
1^{ère} intention	7	25	11	0
2^{nde} intention	4	35	0	7

Figure 75 : Prescription de traitements par voie locale.



2.2.1. Infiltrations synoviales

* Articulation inter-phalangienne distale :

La réalisation d'infiltration de l'articulation inter-phalangienne distale est conseillée en première intention chez 7 chevaux de l'étude. Dans 4 cas, l'infiltration est à envisager si la

locomotion du cheval n'est pas satisfaisante après la mise en place du traitement conservateur et notamment de la ferrure correctrice.

L'utilisation de stéroïdes à dose chondro-protectrice est quasi-systématique, parfois associée à celle d'acide hyaluronique.

Dans tous les cas, l'infiltration de l'articulation inter-phalangienne distale est prescrite lorsqu'une atteinte de l'articulation, synovite et / ou arthropathie est diagnostiquée.

Parmi les 21 anesthésies intra-articulaires inter-phalangiennes distales positives de l'étude, seuls 2 chevaux reçoivent une prescription d'infiltration de l'articulation. Dans ces deux cas, l'infiltration est envisagée comme thérapeutique de première intention.

* Bourse podo-trochléaire :

L'infiltration de la bourse podo-trochléaire est conseillée en première intention dans 25 cas. Dans 35 cas, elle est envisagée en cas d'échec du traitement conservateur (tableau 47).

Tableau 47 : Association entre la présence d'une bursite podo-trochléaire et la prescription d'infiltration de la bourse podo-trochléaire dans les 205 consultations.

	Prescription d'une infiltration de la bourse podo-trochléaire (en 1^{ère} ou 2nde intention)	Absence de prescription d'infiltration de la bourse podo-trochléaire
Bursite podo-trochléaire	35	50
Absence de bursite podo-trochléaire	25	95

Parmi les 5 cas d'anesthésie synoviale de la bourse podo-trochléaire, toutes positives, seuls 2 chevaux ont reçu une prescription d'infiltration de la bourse podo-trochléaire.

2.2.2. Ondes de choc

Les ondes de choc ont été prescrites dans 11 cas. Parmi ces 11 chevaux :

- * huit présentent une atteinte strictement supra-sésamoïdienne,
- * deux présentent une atteinte sésamoïdienne et supra-sésamoïdienne,
- * un présente une atteinte sésamoïdienne.

3. Traitement chirurgical

3.1. Névrectomie des nerfs digitaux propres palmaires

Dans notre étude, seuls 7 chevaux sont candidats à une approche chirurgicale par névrectomie en cas d'échec du traitement conservateur.

Parmi ces sept chevaux :

- * tous présentent une tendinopathie antérieure,

- * 5 présentent une boiterie grade 3,
- * 2 présentent une boiterie de grade 2,
- * et 1 cheval présente une boiterie de grade 1,
- * tous présentent une boiterie ancienne, datant de plus de 6 mois dans 6 cas.

3.2. Autres

Un cheval présentant une boiterie antérieure droite avec une anesthésie intra-articulaire médio-carpienne positive est candidat à un traitement chirurgical ; l'exérèse de l'os carpal I est envisagée.

||

||

QUATRIEME PARTIE : DISCUSSION – COMPARAISON AVEC LES DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

I - ETIOLOGIE

En règle générale, une tendinopathie primaire peut être consécutive à des pressions excessives répétées (tendinopathie de fatigue) mais elle peut également être provoquée par un traumatisme du tendon.

En ce qui concerne les tendinopathies du T.F.P.D. en région digitale distale, l'étiologie est mal connue mais des facteurs favorisants sont proposés.

A - LES LESIONS TENDINEUSES

1. Rappels : composition et organisation d'un tendon normal

1.1. Aspects moléculaire et cellulaire

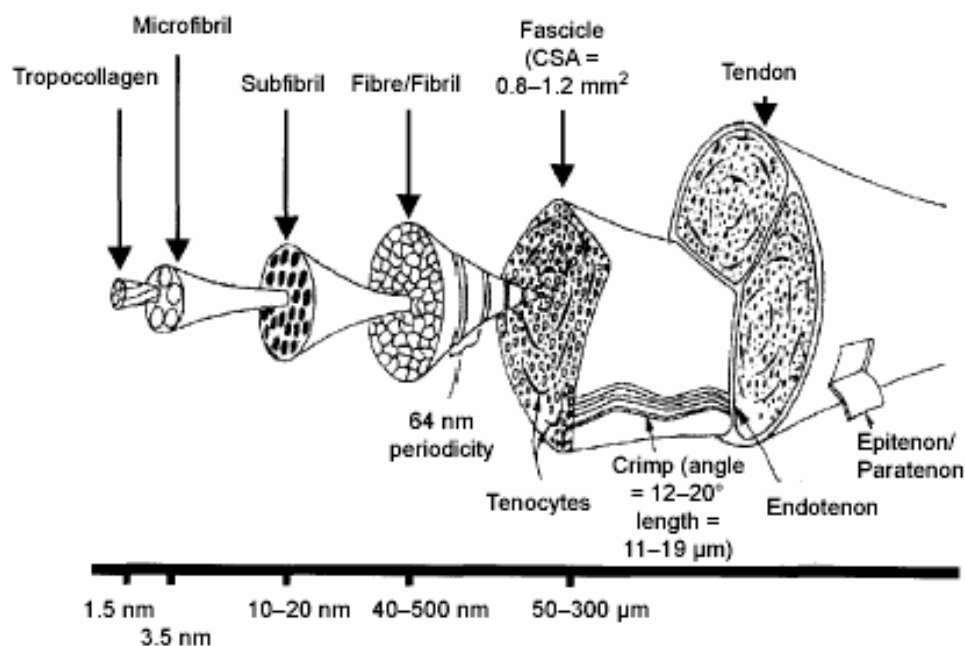
Le tendon est constitué de 70 % d'eau et de 30 % de matière sèche. Il est formé de tissu conjonctif, de cellules et d'une matrice extra-cellulaire elle-même constituée de collagène, d'élastine, de protéoglycanes et de glycoprotéines.

Le tendon comprend trois types de cellules qui diffèrent par la taille de leur noyau. La répartition de ces cellules évolue en fonction de l'âge et du tendon considéré. Les cellules de type II et III semblent avoir une activité métabolique intense en participant à la synthèse de la matrice extracellulaire et au renouvellement du collagène [55].

La molécule de collagène est constituée de trophocollagène, une association de trois chaînes polypeptidiques enroulées en hélice droite. Les molécules sont agencées en microfibrilles, en subfibrilles, en fibres puis en fascicule et enfin en tendon [55]. La figure 76 schématise cet agencement.

Il existe différents types de collagène et le type I est le plus fréquent (95 % du collagène). Au sein du tendon, il est associé au collagène de types III, IV et V retrouvés dans la paroi des vaisseaux, dans les membranes basales et dans l'endotendon. Le type II est le collagène le plus résistant et est retrouvé en regard des structures osseuses et au niveau des enthèses.

Figure 76 : Organisation du collagène au sein du tendon, d'après Dowling [41]



Les protéines autres que le collagène sont principalement constituées de protéoglycanes et de glycoprotéines. Elles sont impliquées dans la cohésion entre les fibrilles de collagène et dans la régulation de production de collagène.

1.2. Aspect histologique

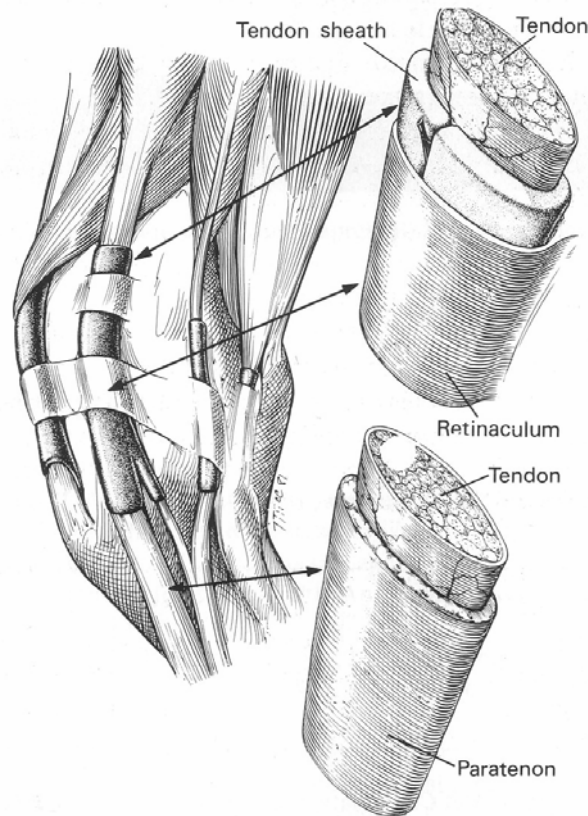
Comme chaque tendon, le T.F.P.D. est formé de **faisceaux fibreux longitudinaux à peu près parallèles**, dont les plus petits (faisceaux primaires) peuvent être considérés comme autant de tendons élémentaires. Ceux-ci sont associés en tendons secondaires ou tertiaires par des travées conjonctives denses anastomosées, l'endotendon. Ce dernier est uni à une enveloppe périphérique avec lequel il constitue le péri tendon (ou épitenon).

Le péri tendon est lui-même enveloppé soit par le paratendon, qui est du tissu conjonctif lâche et vascularisé, soit par une gaine synoviale lorsqu'il passe dans les zones de frottement ou de changement d'axe.

Le paratendon, à la fois élastique et souple, est constitué de fibres longues qui permettent le déplacement du tendon vers le haut ou vers le bas.

La **gaine tendineuse** ressemble à une capsule articulaire : elle possède une couche externe fibreuse et une membrane synoviale interne. Cette dernière s'enroule autour du tendon en formant une couche viscérale et une couche pariétale ; ces **deux feuillets** sont en continuité, au niveau des culs-de-sac supérieurs et inférieurs, nommés le **mésotendon** (Le mésotendon n'est pas présent dans toutes les gaines tendineuses) (cf. figure 77).

Figure 77 : Schéma d'un tendon et des structures qui lui sont associées, d'après Bonks [10].



2. Composition et organisation du tendon lésé

2.1. Aspect moléculaire

Le taux de collagène diminue de $64 \pm 9,9$ g / 100 g de matière sèche dans un tendon sain à 37 g / 100 g de matière sèche dans le tendon lésé. [98].

Au sein du tissu cicatriciel, le collagène de type I normalement majoritaire est remplacé par du collagène de type III désorganisé.

2.2. Aspect histologique

Les zones plus sévèrement lésées présentent des lésions de type ischémique avec un épaissement des vaisseaux, une nécrose, un œdème, une fibrose et une hémorragie. A un stade plus grave, le tendon lésé est acellulaire cernée par un manchon de cellules fibroblastiques ou de ténocytes [14].

3. Classification des tendinopathies

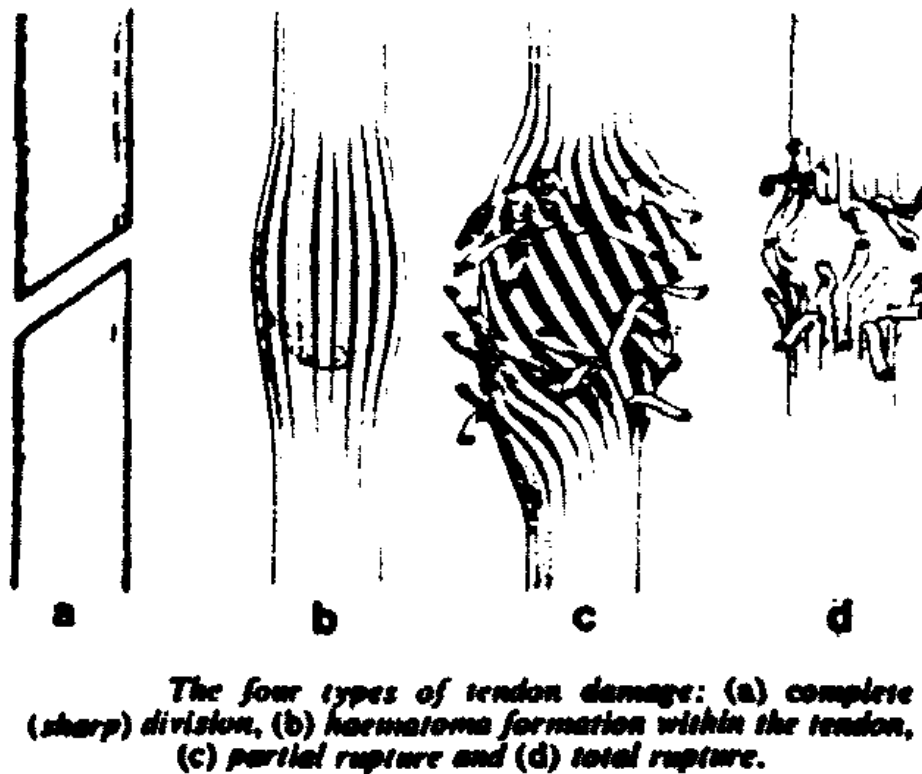
Les tendinopathies peuvent être classées de deux manières.

* On peut distinguer les atteintes chroniques et les tendinopathies aiguës.

* La distinction peut également se baser sur l'atteinte lésionnelle. On définit alors quatre types de tendinopathies (figure 78) :

- lorsque l'atteinte tendineuse est provoquée par un objet contondant, la blessure est assez nette (a),
- un hématome intra tendineux écarte les fibres de collagène (b),
- la rupture partielle (c),
- la rupture totale (d).

Figure 78 : Schéma représentant les différents types de tendinites, d'après Fackelman [51].



B - ETIOLOGIE DU SYNDROME PODO-TROCHLEAIRE

En général, le syndrome podo-trochléaire évolue de manière insidieuse, lente et provoque fréquemment une atteinte bilatérale. Ces faits suggèrent l'existence de différents facteurs favorisants.

Les premières théories suggéraient que la « maladie naviculaire » avait une origine vasculaire telle que l'artériosclérose ou la thrombose [19, 20]. Une ischémie se traduirait par des lésions dégénératives de l'os sésamoïde distal. Cette théorie n'a pas été confirmée par les études suivantes [67, 102]. De plus, il est désormais admis que la « maladie naviculaire » n'est pas uniquement liée à une atteinte lésionnelle de l'os sésamoïde distal mais qu'elle peut être associée à une lésion tendineuse et ligamentaire.

Actuellement, l'origine du syndrome podo-trochléaire est inconnue. Différentes hypothèses sont proposées mais il semble probable que l'étiologie soit multifactorielle (d'après Fackelman [51] et Goodship [54, 55]).

1. Phénomène ischémique

A l'exercice, le tendon passe par des phases de tension importante qui pourraient induire une ischémie locale. Au moment de la reperfusion, une production de radicaux libres pourrait avoir une toxicité envers les cellules tendineuses.

Cette hypothèse de l'hypoxie cellulaire ne semble désormais plus satisfaisante et il semble que ces cellules ont une capacité particulière à supporter une hypoxie transitoire.

2. Hyperthermie locale

Lors de l'exercice, la température peut atteindre 45 °C au centre du tendon ce qui pourrait provoquer des dommages cellulaires. Cependant, les fibroblastes semblent avoir développé une résistance à ces hyperthermies momentanées.

3. Modification de la matrice protéique

Des études menées par Birch [8] ont montrée une composition différente entre les parties périphérique et centrale du tendon :

3.1. Taux de collagène de type III

L'auteur démontre que la partie centrale du tendon comporte un taux supérieur de collagène de type III, tout en sachant que le taux de collagène de type III est également plus élevé dans les régions tendineuses cicatrisées.

3.2. Quantité de glycosaminoglycanes (G.A.G.)

Les G.A.G. interviennent dans l'agrégation des fibres tendineuses.

Birch [8] a mis en évidence une augmentation de la quantité de glycosaminoglycanes (G.A.G.) en région centrale du tendon.

Les aspects macroscopique et microscopique des zones d'insertion du T.F.P.D. et du ligament sésamoïdien distal impair semblent être particulièrement complexe. Van Wulfen et Bowker décrivent une augmentation de la composition en protéoglycanes majorée lors de sollicitations excessives chroniques [11, 47, 94].

3.3. Taux de glycosilation

Birch relate également un taux de glycosilation moindre en région centrale qui signe la présence de collagène jeune et d'un « turn-over » important.

4. Stress mécanique et microtraumatismes

Comme pour toutes structures tendineuses, un traumatisme aigu peut être à l'origine d'une tendinopathie du T.F.P.D., en particulier en région digitale [47].

La notion de microtraumatismes a été avancée dans l'apparition des tendinopathies du perforant distalement. Ce phénomène est mis en avant depuis qu'il a été remarqué une modification histologique du tendon chez les chevaux âgés et les chevaux de course. Parallèlement, les tendons

des chevaux âgés comportent plus de fibres de petit diamètre que les tendons des jeunes individus, phénomène également retrouvé sur les tendons cicatrisés.

Un phénomène dégénératif consécutif à des contraintes biomécaniques anormales pourrait ainsi favoriser l'apparition d'un syndrome podo-trochléaire. [47, 77, 102].

C - FACTEURS DE RISQUE ET FACTEURS DE PROTECTION

1. Sexe

Le critère « sexe » semble intervenir dans l'apparition de lésions du tendon perforant en région digitale distale. En effet, le sexe hongre apparaît comme un facteur de risque puisque ces individus sont 1,42 fois plus fréquemment atteints que les autres sexes. Les mâles sont quant à eux 0,46 fois moins fréquemment atteints que les autres.

Aucune donnée bibliographique ne corrèle le sexe et l'apparition d'une tendinopathie digitale distale du perforant.

Ce résultat semble contradictoire avec le fait que le poids constitue un facteur de risque en majorant les contraintes biomécaniques exercées. En effet, les mâles sont le plus souvent plus lourds hors l'appartenance à sexe est un facteur de protection. Malheureusement, le critère poids n'a pas été inclus dans notre étude et il nous est impossible de conclure.

Par ailleurs, l'âge moyen de l'effectif mâle est de 8 ans et un mois tandis que celui de l'effectif hongre est de 9 ans et 11 mois. Comme nous le verrons par la suite (cf. supra), l'âge est un facteur de risque. Le biais de l'âge pourrait interférer dans l'étude du critère sexe ; aucune analyse multi-variée n'a été effectuée dans ce travail.

2. Race et discipline pratiquée

Différents auteurs semblent s'accorder sur le fait que les chevaux de course sont moins fréquemment atteints que les chevaux de sport et de loisir [47, 62].

Etant donnée la forte corrélation entre la race et la discipline pratiquée par le cheval, il nous semble opportun d'étudier ces critères parallèlement.

Dans notre étude, les races selle français et anglo-arabe sont les races les plus exposées à cette pathologie avec respectivement 4,26 et 2,89 fois plus de risque de la développer.

Parallèlement, la pratique du saut d'obstacles constitue un facteur de risque puisque ces individus sont 3,16 fois plus fréquemment atteints d'une tendinopathie du tendon perforant que les autres.

La fréquence des tendinopathies du T.F.P.D. est plus faible chez les chevaux de course. L'appartenance aux races trotteur français et pur-sang constitue un facteur de protection et ces animaux sont respectivement 0,11 et 0,23 fois moins atteints.

Ces résultats sont corrélés à la discipline : la pratique du trot ou du galop sont des facteurs de protection puisque ces chevaux présentent respectivement 0,10 et 0,14 moins fréquemment ce type de pathologie.

Cette notion de « pathologie professionnelle » est mise en avant par différentes études. La comparaison de la cartographie de l'activité scintigraphique du membre antérieur chez des

chevaux sains pratiquant le C.S.O. et le trot (cf. infra.) révèle par exemple des différences notables quant à l'activité scintigraphique en région digitale [61]. Cette notion révèle les variations des contraintes biomécaniques en fonction de la discipline pratiquée. Par exemple, le saut d'obstacles implique des contraintes maximales exercées sur le pied du cheval à la réception des sauts, notamment en virage, et provoquant des mouvements conjoints, parfois violents, d'extension, de collatéro-motion et de rotation sur les articulations digitales.

3. Age

Comme nous venons de l'exposer, des processus dégénératifs liés à l'âge sont fréquemment évoqués dans la pathophysiologie des tendinopathies du T.F.P.D. en région digitale distale [9, 47]. Dans une étude de Dyson, le lot de 32 chevaux présentant uniquement une lésion du T.F.P.D. regroupe des chevaux de 6 à 14 ans, pour une moyenne de 9 ans [47].

Dans notre étude, les chevaux âgés de plus de 6 ans présentent 7,2 fois plus de risque de développer une tendinopathie du perforant dans le pied (résultat statistiquement significatif).

A l'opposé, les jeunes individus âgés de moins de 6 ans sont donc 7,2 fois moins fréquemment atteints que les autres.

Cependant, Blunden [9] note l'absence de relation entre l'âge et la présence de modifications histologiques, autant dans le groupe sain que dans le groupe de constitués de chevaux présentant une douleur palmaire du pied.

Ces données permettent de calculer l'odds ratio de 7,2 pour un chi 2 de 151,58 ce qui signifie qu'un cheval âgé de plus de 6 ans présente 7,2 fois plus de risque de présenter une tendinopathie du T.F.P.D. en région digitale distale.

Les chevaux âgés de 6 ans ou moins présentent un facteur de protection et sont 0,14 fois moins fréquemment atteints.

4. Sols

Il est admis que la qualité des sols influence sur les contraintes ostéo-articulaires, tendineuses et ligamentaires exercées, particulièrement sur les régions distales.

Par exemple, Château [18] a démontré que, au pas et sur sol dur, l'absence de déformabilité du sol s'ensuit d'un impact en talons suivi d'une bascule du sabot vers l'avant. Sur sol meuble, l'impact en talons est suivi de l'enfoncement des talons, sans bascule vers l'avant.

Le travail sur des sols défavorables tels que les sols profonds (augmentation des contraintes tendineuses et ligamentaires), les sols durs (majoration des contraintes ostéo-articulaires) ou encore glissants (pouvant faire déraiper le pied) sont des facteurs de risque à l'apparition de lésion.

5. Défaut de conformation

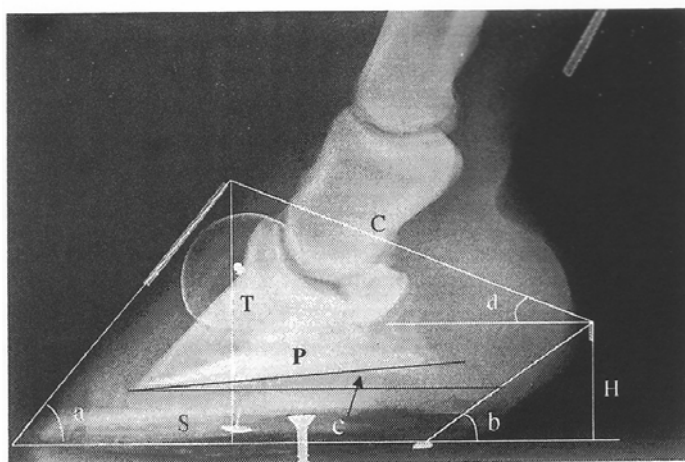
5.1. Conformation du pied : talons plats et pince longue

Dans notre étude, plusieurs pieds atteints présentent des talons bas et une pince excessivement longue mais ce critère n'a pas été quantifié dans l'étude. Différents auteurs ont expliqué qu'un défaut de conformation du pied peut modifier les forces exercées.

Du point de vue de la biomécanique du pied, l'angle entre la face solaire de la phalange distale et l'horizontale varie de 2 à 10 ° chez les chevaux sains, et cet angle diminue lorsque les talons s'affaissent et que la pince se rallonge [72].

Les talons plats s'accompagnent d'une moindre flexion inter-phalangienne ce qui augmente la pression exercée sur les structures palmaires du pied [25]. Eliashar établit une corrélation entre la conformation du pied et les contraintes exercées sur le T.F.P.D. : l'étude de la hauteur de la pince et des talons semble être un meilleur indicateur que l'étude de l'angle de la pince et des talons [49, 50] (figure 79).

Figure 79 : Définition de la hauteur de la pince (T) et des talons (H) et de l'angle de la pince (a) et des talons (b), d'après Eliashar [49].



Bowker [11, 12] a remarqué que des modifications lésionnelles en regard de l'insertion distale du T.F.P.D. ont été identifiées sur des chevaux avec des talons faibles. Ceci conforte la théorie qu'une mauvaise conformation de pied pourrait constituer un facteur prédisposant aux tendinopathies du tendon perforant [11].

Cependant, quelques études menées n'ont pas réussi à mettre en évidence de relation entre l'angulation de la phalange distale par rapport au sol et la survenue d'une tendinopathie du perforant [85].

5.2. Parage et ferrure défectueux

Un excès de longueur de la pince, des talons plats, des fers trop courts, des fers sans relevé de pince, des fers à crampons ou à éponges prolongées majorent les contraintes exercées sur le pied du cheval en s'opposant au roulement du pied, en retardant son élévation et son déplacement vers l'avant.

5.3. Forme de l'os sésamoïde distal

Par ailleurs, la forme de l'os sésamoïde distal pourrait influencer les pressions qui lui sont imposées et ainsi favoriser l'apparition d'un syndrome podo-trochléaire [39, 40]. Les chevaux présentant un bord articulaire droit ou convexe développent plus rarement un syndrome podo-trochléaire. A l'opposé, un bord concave ou ondulé semble constituer un facteur de risque de développement de syndrome naviculaire. Ce critère n'a pas été inclus dans notre étude.

5.4. Défauts d'aplomb, d'après Denoix [36].

Les défauts d'aplombs s'accompagnent d'une modification de la répartition des forces de pression exercées.

Des talons plats et / ou une pince longue provoquent une surcharge de l'appareil podo-trochléaire, notamment de la partie digitale distale du T.F.P.D. et de son ligament accessoire.

Inversement, des talons hauts et / ou une pince courte diminuent les contraintes exercées sur l'appareil podo-trochléaire mais s'accompagnent d'une surcharge de l'articulation métacarpo-phalangienne, du ligament suspenseur du boulet et du tendon fléchisseur superficiel du doigt

Le valgus et / ou la rotation externe provoquent une compression médiale de l'articulation inter phalangienne distale, de l'articulation métacarpo-phalangienne ainsi qu'une traction sur les structures tendineuses et ligamentaires latérales telles que la branche latérale du ligament suspenseur du boulet.

Le varus et / ou la rotation interne provoquent une compression latérale de l'articulation inter phalangienne distale, de l'articulation métacarpo-phalangienne ainsi qu'une traction sur les structures tendineuses et ligamentaires médiales telles que la branche médiale du ligament suspenseur du boulet.

II - EXAMEN PHYSIQUE DES CHEVAUX PRESENTANT UNE TENDINOPATHIE DISTALE DU PERFORANT

L'examen physique apporte fréquemment de nombreuses informations et constitue ainsi un point clé de l'examen locomoteur du cheval.

Lors d'une « boiterie de pied », plusieurs tests et signes locaux peuvent se révéler très informatifs, avec une sensibilité et une spécificité variable.

A - SIGNES D'APPEL

1. Position antalgique

La position du pied est assez spécifique de la douleur et de sa localisation. Ainsi, le poser du membre en protraction est une position antalgique présentée par 37,3 % des chevaux de notre étude. Lorsque la douleur siège dans la partie palmaire du pied, le cheval porte fréquemment son membre en protraction et en abduction [31] : cette attitude est fréquemment décrite comme « le chemin de Saint-Jean » en référence à la rue de Paris où se trouvaient les abattoirs.

2. Signes de soulagement chronique

Une modification de la conformation du pied est fréquemment notée sur nos chevaux. En effet, lors d'atteinte unilatérale, 46,8 % des chevaux présentent une asymétrie de pied avec un pied lésé plus petit, souvent décrit comme « atrophié » par le propriétaire. Lors d'atteinte bilatérale, une asymétrie de pied est moins fréquente puisque seuls 26,8 % des chevaux présentent ce signe physique.

L'asymétrie de pied peut constituer en plusieurs critères, souvent associés : pied plus étroit, talons plus haut, fourchette plus étroite et sole plus concave... Ces signes orientent vers un soulagement chronique du membre, c'est-à-dire, au travail mais également en station.

Lorsque le soulagement est ancien, il est également possible de noter une amyotrophie proximale.

Sur les membres antérieurs, il est possible d'observer une fonte musculaire de l'épaule (muscle triceps brachial), du bras ou du poitrail. Seuls deux cas d'amyotrophie de l'épaule sont notés dans notre étude.

Lors de boiterie postérieure, une amyotrophie fessière et/ou des muscles jambiers caudaux peuvent être notées. Il est également possible de remarquer à une asymétrie des tuber sacrale : l'élongation des ligaments sacro-iliaques sur le membre sain par appui préférentiel sur ce membre provoque une proéminence du tuber sacrale du côté sain [31]. 3 des 5 chevaux de l'étude avec une atteinte postérieure présentent une amyotrophie fessière. L'amyotrophie proximale semble donc être plus fréquemment notée lors d'affection d'un membre pelvien.

Cependant, les atrophies musculaires proximales sont plutôt caractéristiques d'affections proximales.

Les chevaux qui nous sont présentés en consultation sont fréquemment au repos puisque le CIRALE est un centre de référence et la boiterie est souvent ancienne ; ceci peut expliquer l'amélioration voire la disparition des signes physiques.

B - SIGNES LOCAUX

Pour les différents test cités ci-dessous, il est fortement probable que l'étude inclut des tests faussement négatifs ; ceci est particulièrement remarquable lorsque le cheval est au repos et que l'inflammation locale est diminuée. Dans notre étude, étant donné que le CIRALE est un centre de référence, les chevaux sont fréquemment au repos ou en activité réduite le jour de la consultation et il est probable que nous ayons un excès de faux négatifs par rapport aux consultations réalisées par nos confrères en première intention : parmi les 241 pieds lésés ayant fait l'objet d'un examen physique, 35,4 % d'entre eux ne présentent aucune anomalie.

1. Sensibilité

Le test de la planche, réalisé sur les membres antérieurs permet de reproduire une hyper extension inter-phalangienne, semblable à celle produite lors de la phase postérieure de la foulée. Différentes études de biomécaniques prouvent que les forces exercées sur l'appareil podo-trochléaire sont maximales au cours de la deuxième moitié de la foulée, c'est-à-dire lors de l'extension inter-phalangienne distale (cf. infra). Aux niveaux distaux, les formations mobilisées au cours de ce test sont les suivantes : le T.F.P.D., le ligament sésamoïdien collatéral, le ligament collatéraux des articulations inter-phalangiennes. Les formations relâchées sont le tendon extenseur dorsal du doigt et les capsules articulaires inter-phalangiennes dorsales. Les formations comprimées sont la bourse podo-trochléaire et l'os sésamoïde distal. Ainsi, une réponse positive à ce test n'est pas spécifique d'une pathologie [32].

Lors de syndrome podo-trochléaire, l'extension inter-phalangienne est responsable de la douleur en région palmaire du pied et le cheval peut mal tolérer voire ne pas tolérer le test de la planche. Dans notre étude, le test de la planche est positif sur 45,7 % des pieds lésés.

Une réponse positive est plus fréquemment attribuée aux formes tendineuse et ligamentaire de syndrome podo-trochléaire. Cependant, une douleur osseuse peut également être responsable de la positivité du test [86].

Le test de la pince exploratrice vise à révéler voire à localiser une sensibilité de pied : le test est réalisé en pince mamelles, quartiers et talons, en région furcale et en talon - talon. Parmi les cas inclus dans l'étude, 16,0% des pieds lésés présentent une sensibilité à ce test.

La fiabilité de ce test est sujette à controverses : la sensibilité du test de sensibilité de la région palmaire du pied varie entre 11 et 72,9 % [86].

Dans le cadre du diagnostic des boiteries de pied, les tests mobilisation passive (flexion digitale (membres antérieurs) et flexion globale (membres postérieurs)) sont intéressants. La flexion digitale pourrait provoquer une compression sur l'os sésamoïde distal par les phalanges moyenne et distale [86]. Ces critères ne sont pas fréquemment relevés et n'ont pas été répertoriés.

2. Déformation de la face palmaire du paturon

Une atteinte du tendon fléchisseur profond du doigt peut être associée à une déformation de sa forme et l'épaississement du creux du paturon est fréquemment noté. En région distale, il est difficile d'objectiver une déformation lors de l'examen physique. La variation de silhouette du tendon peut tenir en un arrondissement du tendon, une déformation de son profil ou encore une asymétrie des branches en région phalangienne.

Une distension du récessus distal de la gaine digitale peut également être associée à une tendinopathie du T.F.P.D. en région digitale distale.

Dans notre étude, 80 % des chevaux présentant une distension du récessus distal de la gaine digitale présente une atteinte de composante supra-sésamoïdienne.

Rappelons que l'engorgement local ou étendu du paturon constitue une indication clinique de l'examen échographique du paturon [30].

3. Déformation de la face dorsale du paturon

Cette étude rétrospective montre que, parmi les 71 distensions inter-phalangiennes distales, 61 sont associées à une atteinte de la région supra-sésamoïdienne et 27 de la région infra-sésamoïdienne. Ainsi, la distension inter-phalangienne distale est plus souvent notée lors d'atteinte proximale.

4. Autres

Lors d'une inflammation distale marquée, les artères digitales se dilatent et le pouls est plus fort. Cependant, le pouls digital peut, lors de lésions sévères, être plus marqué sur le membre sain en raison de la surcharge exercée sur ce membre [31]. Lors de suspicion d'une inflammation siégeant en région digitale distale, il est donc important d'évaluer le pouls digital et la chaleur des pieds.

Dans notre étude, aucune modification du pouls digital n'a été notée. Nos chevaux nous sont le plus fréquemment présentés en période de repos ou d'activité réduite ce qui pourrait expliquer une diminution de l'inflammation distale et donc l'absence de modification du pouls digital.

Non évaluée dans notre étude, la rupture de l'axe pied paturon, due à une pince longue et des talons bas pourrait également être indicatrice puisqu'une étude menée par WRIGHT sur 118 chevaux atteints de syndrome podo-trochléaire conclut que 71,2 % d'entre eux présentent un axe pied paturon brisé vers l'arrière en raison d'un allongement de la pince et d'un affaissement des talons. Cette conformation augmenterait les contraintes imposées à l'appareil podo-trochléaire [100].

III - EXAMEN DYNAMIQUE DES CHEVAUX PRESENTANT UNE TENDINOPATHIE DISTALE DU PERFORANT

De nombreuses boiteries sont liées à une douleur siégeant en région podale. La clinique de ces chevaux est souvent évocatrice : boiterie d'appui, aggravée sur cercle dur et à main correspondante, améliorée en ligne droite et sur sol souple...

L'anatomie du pied du cheval est complexe et plusieurs structures anatomiques peuvent être responsables d'une boiterie caractérisée comme « boiterie de pied ».

En 2005, Dyson [45] réalise une étude rétrospective sur 199 chevaux présentant une boiterie d'origine podale confirmée par la réalisation d'anesthésie à visée diagnostique et ayant subi un examen d'imagerie par résonance magnétique. Parmi ces chevaux, la tendinopathie du T.F.P.D. est la pathologie la plus fréquemment rencontrée (117 chevaux soit 59 % des cas). Parmi ces chevaux, 65 présentent uniquement une tendinopathie du T.F.P.D. en région digitale distale et 27 présentent une atteinte conjointe du T.F.P.D. et de l'os sésamoïde distal. La deuxième cause de boiterie de pied est la desmopathie du ligament collatéral de l'articulation inter-phalangienne distale.

Le tableau 48 rapporte la sémiologie des principales boiteries de pied chez le cheval.

Tableau 48 : Sémiologie comparée des principales boiteries de pied chez le cheval d'après Spriet [86].

atteinte lésionnelle critères	<u>Syndrome</u> <u>podo-</u> <u>trochléaire</u> <u>« forme</u> <u>tendineuse</u> <u>ou</u> <u>ligamentaire</u> <u>»</u>	<u>Syndrome</u> <u>podo-</u> <u>trochléaire</u> <u>« forme</u> <u>osseuse »</u>	<u>Arthropathi</u> <u>e, synovite</u> <u>IPD</u>	<u>Desmopathie</u> <u>ligaments</u> <u>collatéraux</u> <u>IPD</u>	<u>Bleimes</u> <u>en talons</u>	<u>Fourbure</u> <u>chronique</u> <u>ou contusion</u> <u>P3</u>
<u>Grade de la</u> <u>boiterie</u>	1 à 3/5	1 à 3/5	1 à 3/5	1 à 4/5	1 à 3/5	1 à 3/5
<u>Attitude,</u> <u>démarche</u>	- Phase postérieure de la foulée diminuée.	- Phase postérieure de la foulée diminuée.	- Variable, - Test de flexion souvent positif.	- Variable, - Test de flexion souvent positif.	- Poser du pied en pince, - Phase postérieure diminuée.	- Variable
<u>Conformation</u> <u>du pied</u>	- Pied étroit et plus haut en talons si trouble chronique.					
			- Distension récessus dorsal possible.		- Pieds plats.	- Pieds larges, - Sole fine.
<u>Chaleur, pouls</u> <u>digital</u>	- Variables.	- Variables.	- Normaux.	- Normaux.	- Augmentés.	- Augmentés.
<u>Sensibilité à la</u> <u>pince</u> <u>exploratrice</u>	- Variable en fourchette et en talon-talon.	- Variable en fourchette et en talon-talon.	- Négative.	- Négative.	- Positive en talons.	- Positive en sole.
<u>Test de</u> <u>planche (ou</u> <u>d'extension</u> <u>inter</u> <u>phalangiennes)</u>	- Positif.	- Positif.	- Variable.	- Variable.	- Variable.	- Négatif.
<u>Anesthésie</u> <u>nerveuse</u> <u>digitale distale</u>	- Positive.	- Positive.	- Positive.	- Positive.	- Positive.	- Variable.

Tableau 48 : Sémiologie comparée des principales boiteries de pied chez le cheval d'après Spriet [86].

atteinte lésionnelle critères	<u>Syndrome podo- trochléaire « forme tendineuse ou ligamentaire »</u>	<u>Syndrome podo- trochléaire « forme osseuse »</u>	<u>Arthropathie, synovite IPD</u>	<u>Desmopathie ligaments collatéraux IPD</u>	<u>Bleimes en talons</u>	<u>Fourbure chronique ou contusion P3</u>
<u>Anesthésie nerveuse digitale proximale</u>	- Positive.	- Positive.	- Positive.	- Variable.	- Positive.	- Positive.
<u>Anesthésie intra- articulaire IPD</u>	- Variable.	- Variable.	- Positive.	- Variable.	- Négative, - Positive si volume d'anesthésique important.	- Variable.
<u>Anesthésie de la bourse podo- trochléaire</u>	- Variable.	- Variable.	- Négative sauf si diffusion.	- Négative.	- Négatif sauf si diffusion.	- Négative sauf si diffusion.
<u>Techniques d'imagerie</u>	- Absence de signes radiographiques, - Présence d'images échographiques anormales fréquentes, - Signal anormal à l'examen d'I.R.M.	- Signes radiographiques variables, - Présence d'images échographiques anormales variable, - Signal anormal à l'examen d'I.R.M.	- Signes radiographiques variables.	- Présence d'images échographiques anormales variable, - Signal anormal à l'examen d'I.R.M.		- Signes radiographiques présents sauf si contusion osseuse.

A - NOTIONS DE BIOMECHANIQUE

Un grand nombre de publications, entreprises par Xenophon [103.], ont décrit les mouvements des différents segments du corps chez les chevaux [66, 95].

Différentes approches sont disponibles pour étudier la locomotion du cheval. L'analyse cinématique décrit, pour une région donnée les mouvements dans l'espace, les trajectoires, les angles articulaires, la vitesse de déplacement et les accélérations. Cependant, les études cinématiques ne permettent pas définir tous les critères spécifiques tels que la distribution des forces entre les tendons, les adaptations de l'appareil locomoteur à la douleur ou les effets des différentes thérapeutiques.

Une approche qualitative basée sur les lois dynamiques de Newton et considérant le corps comme un ensemble de segments reliés entre eux a permis l'introduction par Elftman de l'analyse dynamique inversée en 1939 [48]. Cette technique se base sur la cinématique (position des différents segments calculée par des caméras), la cinétique (les forces exercées entre le sabot et le sol et mesurées par une plaque posée au sol), et des mesures géométriques internes (mesurées à partir de clichés radiographiques) ou des propriétés d'inertie de la partie distale du membre. L'approche décrite par Birch et coll. [8] et Schryver et coll. [83] a été utilisée à plusieurs reprises pour évaluer les contraintes articulaires et les forces exercées sur les tendons en région distale des membres, sur des chevaux sains et boiteux.

1. Notion de force et de moment de force

Pour définir les conditions d'équilibre d'un corps, il est nécessaire d'introduire la notion de moment M d'une force, qui est un vecteur mesurant l'effet rotatif de cette force. Sa norme est égale au produit de l'intensité de la force par sa distance à l'axe de la rotation, cette distance étant mesurée perpendiculairement à la direction de la force. Le moment algébrique d'une force est compté positivement si cette force contribue au mouvement, et négativement si elle s'oppose au mouvement.

La grandeur vectorielle associée au moment de la force est définie par le produit vectoriel de la force par le vecteur; le vecteur moment est perpendiculaire à la force exercée et au bras de levier et sa norme est égale à l'intensité de la force multipliée par le bras de levier (distance OM).

2. Application : l'articulation inter-phalangienne distale, d'après Buchner [13]

Appliquons ces notions à l'étude de la mécanique du pied du cheval (figure 80).

Pour étudier les mouvements de flexion et d'extension de l'articulation inter-phalangienne distale, il faut tenir compte de la force de réaction exercée par le sol sur le pied (« ground reaction force » = GRF) et de la force exercée par le T.F.P.D. sur l'articulation inter phalangienne distale.

La force de réaction du sol varie en longueur et en orientation au cours de la foulée. Cette force est définie par :

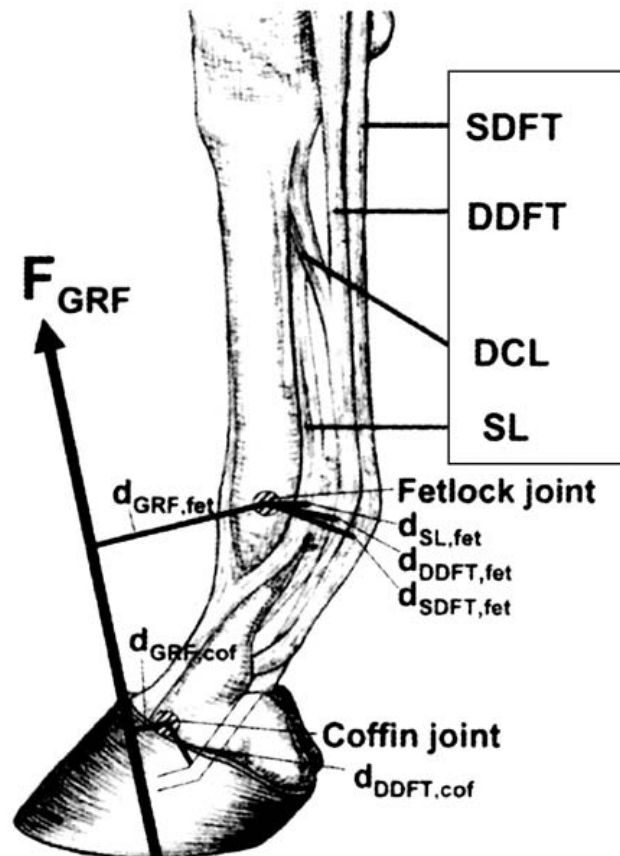
- * le vecteur force de la réaction du sol : F_{GRF} ,
- * la distance perpendiculaire du vecteur force au centre de rotation articulaire : d_{GRF} ,
- * le moment de la force exercée par le sol : $M_{GRF} = F_{GRF} * d_{GRF}$.

La force de réaction du sol est contrecarrée par la force exercée par le T.F.P.D. sur l'articulation inter-phalangienne distale au cours de la foulée. La force tendineuse est corrélée à la contraction musculaire et à la résistance à l'élongation. Cette force est définie par :

- * le vecteur force exercée par le T.F.P.D. sur l'articulation inter-phalangienne distale $F_{T.F.P.D.}$,
- * la distance perpendiculaire entre le tendon et le centre de rotation de l'articulation : $d_{T.F.P.D.}$,
- * le moment de la force $M_{T.F.P.D.}$ qui correspond au produit de la force exercée $F_{T.F.P.D.}$ par $d_{T.F.P.D.}$: $M_{GRF} = M_{T.F.P.D.} = F_{T.F.P.D.} * d_{T.F.P.D.}$.

Figure 80 : Schéma des forces exercées en région digitale distale, d'après Buchner [12].

F_{GRF} = vecteur force de la réaction du sol, d_{GRF} = distance perpendiculaire du vecteur force au centre de rotation articulaire, M_{GRF} = moment de la force exercée par le sol.



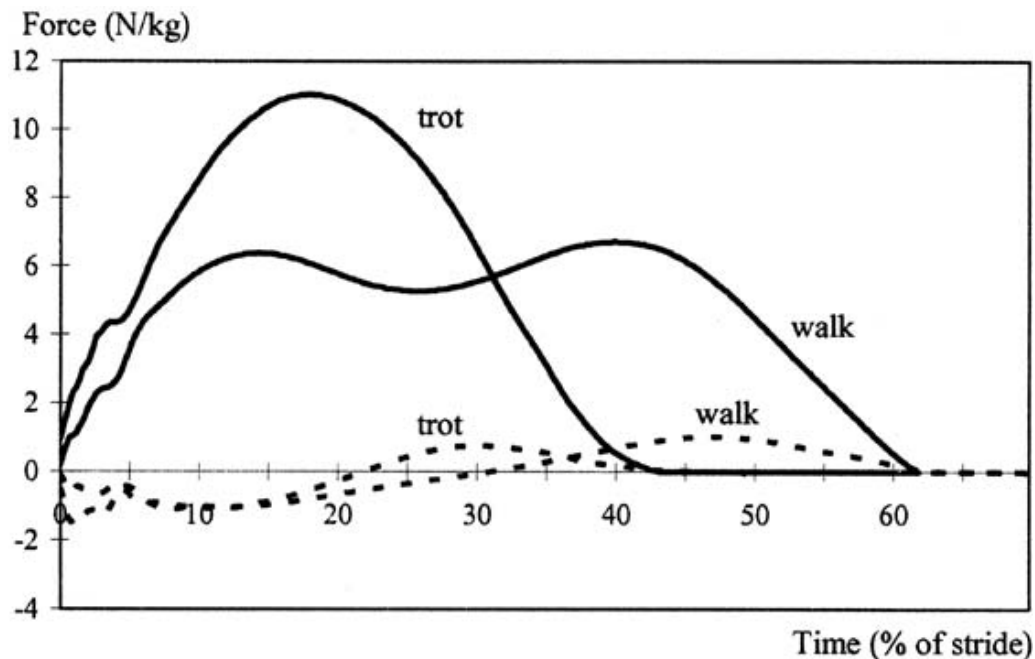
3. Résultats

3.1. Chevaux sains

- * Evolution de la force exercée par le sol sur l'articulation inter-phalangienne distale (figure 81) :

Lors de la marche au pas, le vecteur force de la réaction du sol varie peu au cours de la foulée et atteint 6 N / kg. Au trot, le pic se produit à mi-foulée et atteint 9 à 12 N / kg.

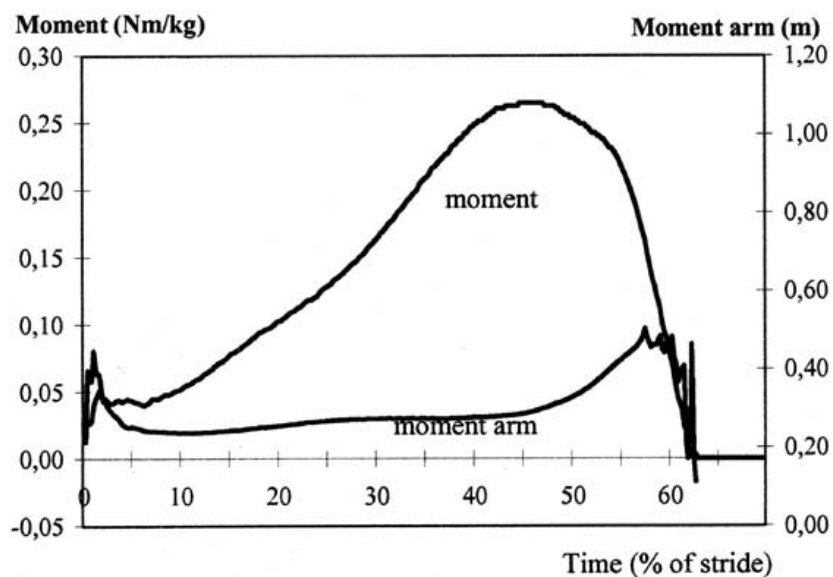
Figure 81 : Force de réaction du sol verticale (ligne continue) et horizontale (ligne en pointillés) sur le membre antérieur au pas et au trot, moyenne obtenue sur 6 chevaux, d'après Buchner [12].



Lorsque le sabot établit un contact complet au sol, le point d'application de la GRF se situe au centre du pied, à mi-distance entre la pince et les talons. Lors de la phase postérieure, il se rapproche de la pince.

Le M_{GRF} , obtenu par combinaison de ces deux critères augmente discrètement pendant la première moitié de la foulée puis augmente fortement dans le dernier quart de la foulée (phase postérieure) (figure 82).

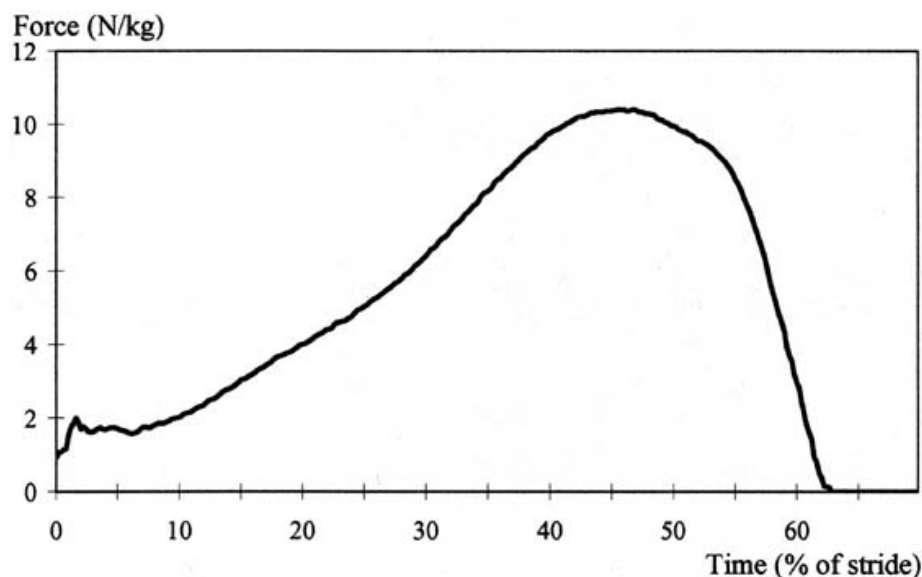
Figure 82 : Evolution du M_{GRF} sur le membre antérieur au pas, moyenne obtenue sur 6 chevaux, d'après Buchner [12].



* Evolution de la force exercée par le T.F.P.D. sur l'articulation inter-phalangienne distale (figure 83) :

La seule force limitant le M_{GRF} est exercée par le T.F.P.D. ($F_{T.F.P.D.}$). Elle évolue dans le même sens que le F_{GRF} . Elle atteint un pic de 10 N / kg au cours de la phase postérieure de la foulée. Cependant, il faut préciser que la force exercée par le T.F.D.P. inclut la force exercée le tendon lui-même et celle exercée par son ligament accessoire (bride carpienne).

Figure 83 : Force exercée par le T.F.P.D. sur un membre antérieur au pas, moyenne obtenue sur 6 chevaux, d'après Buchner [12].



* Evolution de la force exercée par le T.F.P.D. sur l'os sésamoïde distal.

Une autre variable qui intervient est la force de compression exercée par le T.F.P.D. sur l'os sésamoïde distal. Cette force est importante du point de vue thérapeutique car elle peut être modifiée par la ferrure. Cette force de compression du T.F.P.D. exercée sur l'os sésamoïde distal évolue de manière similaire à $F_{T.F.P.D.}$ (force exercée par le T.F.P.D. sur l'articulation inter-phalangienne distale) et est influencée par l'angle de l'articulation inter-phalangienne distale. Lorsque cette articulation est en flexion (phase antérieure de la foulée), les pressions exercées sur l'os sésamoïde distal diminuent. Au cours de la phase postérieure, l'extension inter-phalangienne distale s'accompagne d'une augmentation de pression sur l'os sésamoïde distal (au trot, environ 6 N/kg) [97, 99].

3.2. Chez les chevaux présentant un syndrome podo-trochléaire

Des études complémentaires ont évalué les forces et les moments en région distale sur des chevaux boiteux. Wilson et coll. [99] ont comparé la force exercée sur l'os sésamoïde distal chez des chevaux sains et chez des chevaux présentant un syndrome naviculaire.

Les résultats suggèrent que la force exercée par le T.F.P.D. sur l'os sésamoïde distal est supérieure chez les animaux boiteux. Ceci démontre que les chevaux présentant un syndrome naviculaire essaient de soulager leurs talons en augmentant la force exercée par le T.F.P.D.; Wilson et coll. [99] suggèrent deux hypothèses à ce paradoxe : les autres structures de la région palmaire du pied sont également douloureuses ou alors le cheval ne parvient pas à localiser le site de la douleur.

B - SEMIOLOGIE DE LA BOITERIE

1. Grade de la boiterie

Les chevaux présentant un syndrome podo-trochléaire et notamment une tendinopathie du fléchisseur profond présente une boiterie de degré variable, pouvant évoluer entre deux examens orthopédiques réalisés à quelques jours d'intervalle [42]. Notre étude relate des boiteries d'intensité variable : 31,0 % de boiterie discrète (ou soulagement, c'est-à-dire une boiterie de grade < 1/5), 37,6 % de boiterie franche (gradées de 1 ou 2/5), 22,8 % de boiterie sévère (grade supérieur à 2/5).

Les confrères relatent fréquemment un grade de boiterie supérieur lors de leur(s) visite(s) antérieure(s). Rappelons que le CIRALE est un centre de référence ; ainsi, le jour de la consultation au centre, le cheval est souvent au repos voire en restriction d'activité et la gêne locomotrice est fréquemment améliorée [42].

2. Circonstances de l'examen

Inclus dans le terme de « boiteries de pied », le syndrome podo-trochléaire s'accompagne généralement d'une boiterie qui est aggravée sur cercle dur et à main correspondante. La locomotion de 55,3 % chevaux de l'étude est aggravée dans cette circonstance.

Dans le cas particulier des formes tendineuses et ligamentaires, une persistance sur sol meuble peut être observée [42, 62]. Seuls 5,0 % des chevaux de l'étude présentent une dégradation maximale de leur locomotion sur cercle sur sol souple. Cependant, le critère de « persistance » de la boiterie sur sol meuble n'a pas été retenu dans l'étude.

3. Phases de la foulée

3.1. Diminution de la phase postérieure de la foulée

Comme nous venons de l'exposer, certains auteurs s'appuient sur des notions de biomécaniques pour expliquer le raccourcissement de la phase postérieure de la foulée qui, en diminuant l'extension inter-phalangienne limite les contraintes appliquées sur les différentes entités constituant l'appareil podo-trochléaire [23, 80].

D'un point de vue anatomique, la relation entre le T.F.P.D. et l'os sésamoïde distal varie au cours des différentes phases de la foulée.

Lors de la phase antérieure, le T.F.P.D. est en contact avec le seul bord distal de l'os sésamoïde distal. Au cours de la phase de soutien, le T.F.P.D. participe passivement à la flexion inter-phalangienne. Enfin, lors de la phase postérieure de la foulée (propulsion), le T.F.P.D. établit un contact étroit avec le scutum moyen (insertion du ligament sésamoïdien droit sur la phalange moyenne) et avec la totalité de la face palmaire de l'os sésamoïde distal. Les tensions exercées sur le T.F.P.D., la contraction musculaire active et l'élasticité du tendon et son ligament accessoire sont maximales lors de l'extension inter-phalangienne distale [29].

Dans l'étude de Ueltschi [93], l'auteur démontre également que les forces exercées sur l'appareil podo-trochléaire et notamment l'os sésamoïde distal sont maximales au cours de la phase postérieure de la foulée.

Les résultats de notre étude sont en corrélation avec ces publications puisque 43,1 % des chevaux présentent une diminution de la phase postérieure unilatérale et 4,6 % présentent une diminution de la phase postérieure de la foulée bilatérale. La diminution de phase postérieure est d'autant plus fréquente que le grade de boiterie est élevé ; ceci pourrait être lié au stade inflammatoire de la lésion.

3.2. Diminution de la phase antérieure de la foulée

Dans notre étude, seuls 2,3 % des chevaux présentent une diminution de la phase antérieure de la foulée. Certains autres auteurs expliquent qu'une réduction de la phase antérieure de la foulée avec un poser en pince constituent une tentative de soulagement de la région des talons [67, 92].

Une diminution de la phase antérieure de la foulée est accompagnée d'un défaut de descente du boulet ; ainsi les forces de pression exercées sur le T.F.P.D. en face palmaire du boulet sont amoindries : un défaut de phase antérieure oriente ainsi plutôt vers une tendinopathie plus proximale du fléchisseur profond [62]. Les chevaux de notre étude avec un défaut de phase antérieur ne présentent cependant aucune atteinte proximale supplémentaire du T.F.P.D.

4. Poser du pied

Stashak explique que l'examen du poser du pied est intéressant à prendre en compte lors de l'examen locomoteur. Lors d'une douleur en région palmaire du pied telle que le syndrome podo-trochléaire, un poser en pince peut être observé [88, 91]. Ce critère n'est pas apprécié dans notre étude.

5. Tests de flexion

La réponse au test de flexion est très variable : elle peut être discrète, modérée ou plus sévère [42].

Dans notre étude, il existe une bonne corrélation entre la positivité du test de flexion et le grade de boiterie en locomotion spontanée (cependant, ces tests sont fréquemment non réalisés lors de boiterie sévère). Ceci pourrait s'expliquer par le fait que la positivité du test et la sévérité de la boiterie sont toutes deux corrélées à l'état inflammatoire.

Un test positif est en faveur d'un élément anatomique relâché par la mobilisation articulaire ; ceci est le cas pour le T.F.P.D. [62].

6. Ancienneté de la boiterie

Le syndrome podo-trochléaire débute le plus souvent par une boiterie insidieuse et intermittente. Ce problème chronique, d'ordre dégénératif, évolue sur plusieurs mois voire plusieurs années et enfin, le cheval présente un accès aigu de boiterie.

Les résultats de l'étude sont en accord avec cette description puisque 80 % des chevaux présentés en consultation présentent une boiterie évoluant depuis plus de un mois. Parmi ceux-ci, 59,5 % des chevaux présente une boiterie chronique datant de plus de 3 mois.

C - ANESTHESIES DIAGNOSTIQUES

Lors de réalisation d'anesthésies à visée diagnostique, il est important de rechercher l'apparition d'une boiterie du membre contro-latéral [2, 42].

1. Anesthésies tronculaires

1.1. Anesthésie digitale distale

Dans notre effectif, l'anesthésie digitale distale est positive dans la quasi-totalité des cas (97,1 % des cas) et la boiterie est le plus souvent améliorée à plus de 50 %.

Nos résultats sont en accord avec le travail de Dyson [47] qui étudie la réponse aux anesthésies distales chez des chevaux présentant une tendinopathie du T.F.P.D. seule (32 chevaux, groupe I) ou associée des lésions de l'os sésamoïde distal (14 chevaux, groupe II).

Dans cette étude, l'amélioration de la boiterie signifie que l'anesthésie a permis d'améliorer la boiterie de 50 à 100 %.

L'anesthésie digitale distale améliore la boiterie chez 72 % des chevaux du groupe I et 78 % du groupe II.

Après anesthésie digitale distale, la boiterie est très fréquemment améliorée mais disparaît rarement. L'absence d'amélioration est très rare et donc peu évocatrice d'un syndrome podo-trochléaire, et en particulier d'une tendinopathie du perforant [42].

1.2. Anesthésie digitale proximale

L'anesthésie digitale proximale assure fréquemment une disparition de la boiterie en cas de syndrome podo-trochléaire [42].

Dans notre étude, 87,0 % des chevaux présentent une anesthésie digitale proximale. Cependant, l'étude considère le critère « positif > 50 % » sans préciser les cas de disparition complète de la boiterie.

Des anesthésies digitales proximale et distale positives constituent des indications cliniques de l'examen échographique du paturon [30]. Cependant, il n'existe pas de corrélation étroite entre la réponse aux anesthésies tronculaires digitales et la localisation proximo-distale de la tendinopathie du T.F.P.D. [43].

2. Anesthésies synoviales

2.1. Anesthésie de l'articulation inter-phalangienne distale

Parmi les 23 anesthésies articulaires inter-phalangiennes distales retenues, 91,3 % d'entre elles sont positives à plus de 50 %.

Dyson décrit moins de réponses positives que dans notre étude [47]. Parmi les 33 chevaux du groupe I (tendinopathie du T.F.P.D. seule), l'anesthésie articulaire inter-phalangienne distale améliore 63 % des boiteries. Cette anesthésie est réalisée sur 12 chevaux du groupe II (tendinopathie du T.F.P.D. associée à des lésions de l'os sésamoïde distal) et est positive à plus de 50 % dans 91 % des cas. Cette anesthésie articulaire semble donc produire une meilleure amélioration lorsque l'atteinte concerne plusieurs structures de l'appareil podo-trochléaire.

En accord avec Dyson, Birch énonce 70 % des boiteries associées à un syndrome podo-trochléaire améliorées après une anesthésie de l'articulation inter-phalangienne distale [7]. Nos résultats sont bien supérieurs aux données relatées dans la littérature ; il pourrait s'agir d'un biais de sélection des candidats à l'anesthésie.

2.2. Anesthésie de l'articulation inter-phalangienne distale

Dans notre étude, toutes les anesthésies synoviales de la bourse podo-trochléaire ont améliorées la boiterie d'au moins 50%. Ce résultat est certes peu significatif en raison du faible nombre de cas.

Dans l'étude précitée [47], Dyson pratique l'anesthésie synoviale de la bourse podo-trochléaire sur 18 chevaux du groupe I ; cette anesthésie est positive à plus de 50 % chez 66 % des individus. Parmi les 11 chevaux du groupe II sur lesquels elle a été réalisée, Dyson note une amélioration de la boiterie dans 100 % des cas. L'anesthésie de la bourse podo-trochléaire paraît donc également plus souvent positive lors d'atteintes de plusieurs structures de l'appareil podo-trochléaire.

Enfin, dans l'étude de Dyson [47], 20 % des chevaux non améliorés par l'anesthésie de l'articulation inter phalangienne distale sont améliorés après anesthésie de la bourse podo-trochléaire.

2.3. Conclusion : formations insensibilisées par les anesthésies synoviales et lésions rencontrées

Tableau 49 : Anesthésies synoviales et interprétation, d'après Birague [7].

Anesthésie de l'articulation inter phalangienne distale et lésions les plus fréquemment rencontrées	
<i>Formations insensibilisées → A.I.P.D. positive</i>	
<u>Articulation inter phalangienne distale :</u> - Membrane synoviale, capsule articulaire - Ligaments collatéraux de l'articulation inter phalangienne distale	- arthropathie, synovite, capsulite - desmopathie
<u>Phalange distale :</u> - Os sous-chondral	- contusion osseuse
Anesthésie de la bourse podo-trochléaire et lésions les plus fréquemment rencontrées	
<i>Formations insensibilisées → B.P.T. positive</i>	
<u>Bourse podo-trochléaire</u>	- bursite podo-trochléaire
<u>Bord dorsal du T.F.P.D.</u>	- tendinopathie
<u>Ligament sésamoïdien collatéral</u>	- desmopathie, enthésopathie
<u>Ligament sésamoïdien distal impair</u>	- desmopathie, enthésopathie

En conclusion, rappelons que les anesthésies synoviales de l'articulation inter phalangienne distale et de la bourse podo-trochléaire ne sont pas spécifiques [7] (tableau 49).

Lorsque les anesthésies synoviales de l'articulation inter-phalangienne distale et de la bourse podo-trochléaire, il est peu probable que la boiterie du cheval soit associée à un syndrome podo-trochléaire et notamment à une tendinopathie du fléchisseur profond du doigt [42].

IV - INVESTIGATIONS REALISEES PAR IMAGERIE

A la fin des années 70, certains auteurs ont décrits des cas de « syndromes naviculaires » sans lésions radiographiquement visibles [1, 17].

Il est désormais admis que le syndrome podo-trochléaire n'est pas systématiquement associé à des lésions radiographiquement visibles : une atteinte des tissus mous est alors suspectée [26]. Sept types de syndrome podo-trochléaire sont décrits selon les entités anatomiques lésées (tableau 50).

Tableau 50 : Les sept types de syndrome podo-trochléaire.

<u>Sept types de syndrome podo-trochléaire</u>
Articulaire
Tendineux
Ligamentaire
Sclérosant
Kystique – ostéolytique
Composite
Fractures

Un des objectifs de notre travail est d'évaluer l'intérêt et la fiabilité diagnostique des différentes d'imagerie en cas de tendinopathie du fléchisseur profond en région digitale distale.

A - **REPARTITION LESIONNELLE**

1. Membres atteints

Le syndrome podo-trochléaire, et notamment la tendinopathie du tendon perforant en région distale sont connus comme étant des pathologies affectant principalement les pieds antérieurs. Dans notre étude, la tendinopathie du perforant en région digitale distale atteint surtout les membres antérieurs (98,0 % des cas).

Dans de rares cas (5 cas soit 2,0 % des cas dans notre étude), de telles tendinopathies sont cependant diagnostiqués sur les pieds postérieurs.

20,5 % des chevaux de l'étude présentent une atteinte bilatérale. Ce résultat souligne la nécessité d'examiner le membre contro-latéral lorsqu'une tendinopathie du perforant est diagnostiquée. Plus qu'une boiterie, les chevaux affectés d'une atteinte bilatérale présentent alors typiquement un inconfort sur les antérieurs qui peut se caractériser par un raccourcissement des allures.

2. Localisation lésionnelle

Dans notre étude, 69,2 % des lésions sont circonscrites dans une des trois zones considérées (infra-sésamoïdienne, sésamoïdienne, supra-sésamoïdienne). Parmi ces atteintes focales, plus de la moitié concernent la région supra-sésamoïdienne.

Notre travail révèle 30,8 % d'atteinte multi-focale avec une atteinte supra-sésamoïdienne quasi-systématique.

La région supra-sésamoïdienne apparaît comme la zone la plus fréquemment lésée : en effet, 4/5 des cas de tendinopathie présentent une composante supra-sésamoïdienne.

Les lésions infra-sésamoïdiennes et sésamoïdiennes sont le plus souvent étendues proximo-distalement.

Dyson [47] a réalisé un travail sur 46 chevaux présentant une boiterie associée à une tendinopathie du perforant en région digitale confirmée à l'I.R.M. Les lésions s'étendent généralement du milieu de la phalange moyenne au bord proximal de l'O.S.D. (localisation supra-sésamoïdienne) ou distalement à l'O.S.D. (localisation infra-sésamoïdienne), à proximité de la zone d'insertion distale du T.F.P.D. sur la phalange distale. Dans cette étude, les localisations lésionnelles sont réparties de la manière suivante : 1 lésion confinée à l'insertion, 16 lésions impliquant l'insertion et s'étendant plus proximale et 15 lésions supra-sésamoïdiennes.

3. Lobe(s) atteint(s)

Dans notre travail, l'atteinte tendineuse n'affecte qu'un seul lobe dans 72,1 % des cas. Le lobe médial est atteint dans 85 cas et le lobe latéral dans 70 cas.

Les lésions de perforant affectent le plus souvent un des deux lobes du T.F.P.D. Lorsque les deux lobes sont atteints, l'un d'entre eux présente en général des signes lésionnels plus sévères [47].

4. Examen du membre contro-latéral

Parmi les 42 atteintes bilatérales, la localisation lésionnelle est similaire sur les deux pieds dans 73,8 % des cas.

B - EXAMEN ECHOGRAPHIQUE

Peu d'études établissent une corrélation entre les signes échographiques et les lésions observées post-mortem. Ainsi, pour évaluer la fiabilité de l'examen échographique du pied du cheval, il nous semble judicieux de comparer les résultats échographiques aux résultats de l'examen par I.R.M. puisque cet examen présente d'excellentes sensibilité et spécificité [43].

1. Images échographiques anormales du T.F.P.D.

L'épaississement constitue le signe échographique le fréquent ; il est noté dans 77,7 % des cas. Les modifications de l'échogénicité (diminution, augmentation et / ou hétérogénéité) sont également souvent observées.

La fréquence des signes échographiques évolue peu en fonction de la localisation. Quelle que soit la localisation, l'épaississement demeure le signe le plus fréquemment retranscrit.

Les modifications d'échogénicité présentent également un intérêt diagnostique : la lésion supra-sésamoïdienne présente le plus souvent une augmentation de l'échogénicité tandis que les lésions plus distales présentent le plus souvent une diminution de l'échogénicité.

Le caractère le plus remarquable dans l'examen échographique de la partie digitale du T.F.P.D. est la fréquence de lésions hyper-échogènes correspondant à des zones de minéralisation et / ou à une métaplasie osseuse, signant des lésions chroniques et pouvant ainsi modifier les propriétés biomécaniques du tendon [62]. Dans notre étude, les minéralisations peuvent affecter les trois régions.

2. Lésions de l'appareil podo-trochléaire diagnostiquée par échographie

La lésion du tendon perforant est très fréquemment associée à celle d'autres structures de l'appareil podo-trochléaire.

La bursite podo-trochléaire est la pathologie la plus fréquemment associée à la tendinopathie du T.F.P.D. et elle est notée dans 38,5 % des cas. Environ 20 % des tendinopathies sont associées à des lésions du ligament annulaire digital distal, de l'O.S.D., ou du ligament sésamoïdien collatéral.

3. Intérêt de l'examen échographique par le vétérinaire « non spécialisé »

L'examen échographique par le creux du paturon est plus facilement abordable que l'examen trans-furcal pour les vétérinaires débutant en échographie. Dans notre étude, seules 21,9 % des tendinopathies ne présentent pas de composante supra-sésamoïdienne. En réalisant l'échographie du creux du paturon, le vétérinaire pourrait alors diagnostiquer 4/5 des tendinopathies du perforant (même si l'étendue exacte n'est pas précisée) et mettre en place le traitement approprié.

De plus, l'épaississement est un signe quasi-constant des tendinopathies supra-sésamoïdiennes. Ainsi, de manière très pragmatique, l'observation de l'épaississement du tendon en coupe transversale du creux du paturon, qui est abordable par les non-spécialistes, permet de diagnostiquer la majeure partie des tendinopathies de perforant dans le pied (158 tendinopathies dans notre étude).

4. Comparaison entre examen échographique et I.R.M. (cf. infra)

Les résultats de notre étude montrent que, parmi les 34 pieds examinés par I.R.M., 10 cas de tendinopathie n'ont pas été détectés avec l'examen échographique. Ce résultat met en avant l'intérêt de l'I.R.M. dans l'examen du pied du cheval. Cependant, l'I.R.M. est une technique d'imagerie typiquement utilisée en seconde intention c'est-à-dire en l'absence de signes radiographiques et échographiques. Ainsi, ce résultat nous semble peu pertinent.

L'examen d'I.R.M. a confirmé la bonne sensibilité de l'échographie pour l'examen de l'appareil podo-trochléaire. En effet, concernant les diverses entités de cet appareil, l'I.R.M. n'a détecté que des lésions préalablement objectivées à l'échographie. Seules des lésions du cartilage articulaire inter-phalangien distal ont été mises en avant par l'examen d'I.R.M. sans aucun signe échographique.

C - EXAMEN RADIOGRAPHIQUE

1. Intérêt de la radiographie dans l'examen du pied du cheval

Dans le cas de suspicion clinique de syndrome podo-trochléaire, la présence de signes radiographiques sur le pied du cheval est très fréquente [64, 87]. Ainsi, ce type de boiterie constitue une indication à la réalisation de clichés radiographiques du pied ; cependant, la radiographie permet surtout l'évaluation des structures ostéo-articulaires, et pas celle des tissus mous. Dans notre étude, 195 chevaux ont eu un examen radiographique du pied.

Les clichés radiographiques suivants sont les plus intéressants pour imager l'appareil podo-trochléaire d'un point de vue radiographique : face sur cale, profil et vue tangentielle du pied.

L'atteinte étant fréquemment bilatérale, il est également utile de réaliser des clichés du pied contro-latéral dans un but thérapeutique (boiterie bilatérale) ou diagnostique préventif (boiterie unilatérale). Au sein de notre effectif, tous les chevaux présentant une boiterie bilatérale ont eu un examen radiographique des deux pieds ; parmi les 163 cas de boiterie unilatérale, 51 chevaux ont eu un examen radiographique des deux pieds.

2. Fiabilité de la radiographie dans l'examen du pied du cheval

L'examen radiographique est très peu sensible pour l'évaluation lésionnelle du tendon perforant ; en effet, la présence d'images anormales sur le T.F.P.D. demeurent peu fréquentes avec 8 cas de minéralisation tendineuse rapportées dans notre étude.

La spécificité de cet examen est excellente pour les minéralisations du tendon, puisque ces signes radiographiques sont systématiquement associés à des images échographiques et / ou d'I.R.M. anormales.

Cependant, la sensibilité de ce test est médiocre pour l'évaluation du tendon perforant puisque seuls 3,4 % des lésions tendineuses sont révélés au cours de cet examen d'imagerie.

3. Evaluation de la région infra-sésamoïdienne du T.F.P.D. (enthèse)

Pour l'évaluation de l'enthèse distale du tendon, la sensibilité de l'examen de l'examen est améliorée mais demeure peu satisfaisante. Ce travail révèle 19 images radiographiques anormales en regard de l'insertion distale du T.F.P.D. phalange distale parmi lesquelles 13 sont associées à une lésion infra-sésamoïdienne du tendon perforant.

A l'inverse, parmi les 84 lésions avec une composante infra-sésamoïdienne, seules 15,5 % d'entre elles (13 cas) sont associées à des signes radiographiques. La radiographie est donc un examen très peu spécifique car l'absence de signes radiographiques anormaux ne permet pas d'identifier une absence d'atteinte infra-sésamoïdienne.

4. Evaluation de la région sésamoïdienne du T.F.P.D.

Parmi les 125 pieds avec des images radiographiques anormales sur l'os sésamoïde distal, 32,8 % (41 cas) comportent une atteinte sésamoïdienne en regard.

Plusieurs études révèlent qu'en l'absence d'images radiographiques sur l'os sésamoïde distal, les lésions de T.F.P.D. sont plus fréquemment situées proximale à l'os sésamoïde

distal. Par contre, en présence de signes radiographiques sur l'os sésamoïde distal, la majorité des lésions de T.F.P.D. siègent en régions sésamoïdienne et / ou infra-sésamoïdienne. [43, 46]. Notre étude ne permet pas d'établir de telles corrélations entre la localisation lésionnelle et les signes radiographiques observés.

5. Evaluation de l'appareil podo-trochléaire

L'évaluation de l'appareil podo-trochléaire par radiographie semble plus intéressante. Dans notre étude, $\frac{3}{4}$ des chevaux avec une tendinopathie du fléchisseur profond distalement présentent au moins une image radiographique anormale sur les structures composant l'appareil podo-trochléaire. Ainsi, l'examen radiographique conserve un intérêt diagnostique important en raison de l'association fréquente entre une tendinopathie du perforant et la présence d'images radiographiques anormales :

- * L'os sésamoïde distal est l'entité anatomique présentant le plus fréquemment des images radiographiques anormales : les remodelages et / ou remaniements osseux ainsi que les fossettes synoviales élargies sont très fréquemment observées.

- * Des images anormales sont également notées sur l'articulation inter phalangienne distale et la phalange distale en regard de l'insertion distale du T.F.P.D. et du ligament sésamoïdien distal impair.

L'examen radiographique se limite à l'évaluation des tissus minéralisés ; une modification de la densité osseuse n'est visible radiographiquement que lorsqu'elle est modifiée d'au moins 40 % et des anomalies précoces passent ainsi facilement inaperçues [16].

D - EXAMEN D'IMAGERIE PAR RESONNANCE MAGNETIQUE

Plusieurs études récemment publiées présentent l'intérêt de l'examen d'I.R.M. pour l'imagerie du pied du cheval et notamment pour le diagnostic des tendinopathies du T.F.P.D. En effet, l'imagerie par résonance magnétique s'impose comme un examen particulièrement sensible et spécifique pour l'examen du pied du cheval [14, 43, 70, 89].

1. Evaluation lésionnelle par I.R.M.

L'examen I.R.M. du pied du cheval permet d'imager les différentes entités anatomiques du pied du cheval, parmi lesquelles les structures constituant l'appareil podo-trochléaire, et ce malgré la présence de la boîte cornée [37, 46, 47].

1.1. Evaluation du T.F.P.D.

En accord avec nos résultats, les images anormales du tendon perforant sont les anomalies de signal, des modifications de taille (épaississement, asymétrie) ou une altération du contour (fibrillation, encoche). La figure 84 présente quelques images d'I.R.M.

Dans la majorité des cas, les lésions du tendon perforant n'affectent qu'un des deux lobes. Les lésions du corps et les fibrillations dorsales sont les lésions les plus fréquemment observées à l'examen du T.F.P.D. par I.R.M. [43].

Le lobe affecté est souvent élargi [43]. Cet épaississement est mieux imagé sur les coupes transverses et peut être confirmé par des coupes sagittales. L'augmentation de taille de l'insertion distale du T.F.P.D. s'accompagne d'une réduction, parfois d'une disparition de l'espace entre le

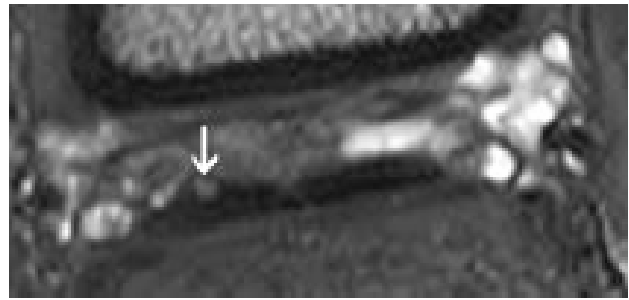
tendon et le ligament sésamoïdien distal impair ; cet espace peut être occupé par la bourse podo-trochléaire lors d'effusion synoviale.

Les enthésopathies distales s'accompagnent d'une irrégularité du cortex palmaire de la phalange distale. Visibles sur les coupes dorsales et sagittales, ces anomalies sont particulièrement visibles sur les coupes transverses [43].

Figure 84 : Exemples d'images lésionnelles du T.F.P.D. à l'I.R.M., d'après Dyson *et al.* [47].



Coupe transversale du pied en pondération T2 : épaississement et augmentation du signal du lobe médial du T.F.P.D. dans sa partie dorsale (face médiale à droite de l'image).



Coupe transversale en saturation de graisse : lésion focale du bord dorsal du lobe latéral (face médiale à droite de l'image) et prolifération de la membrane synoviale de la bourse podo-trochléaire.



Coupe transversale du pied en pondération T1 : irrégularité du bord dorsal du lobe médial du T.F.P.D. (face médiale à gauche de l'image).



Coupe sagittale du pied antérieur gauche en pondération T2 : épaississement du T.F.P.D. en regard de son insertion distale.

1.2. Evaluation des autres structures de l'appareil podo-trochléaire

L'I.R.M. présente également un intérêt dans l'évaluation des autres structures du pied et notamment dans l'évaluation lésionnelle de l'appareil podo-trochléaire (figure 85). Dans notre étude, des images anormales les plus fréquentes sont détectées sur la bourse podo-trochléaire (16 cas), l'os sésamoïde distal (15 cas) et le ligament annulaire digital distal (12 cas).

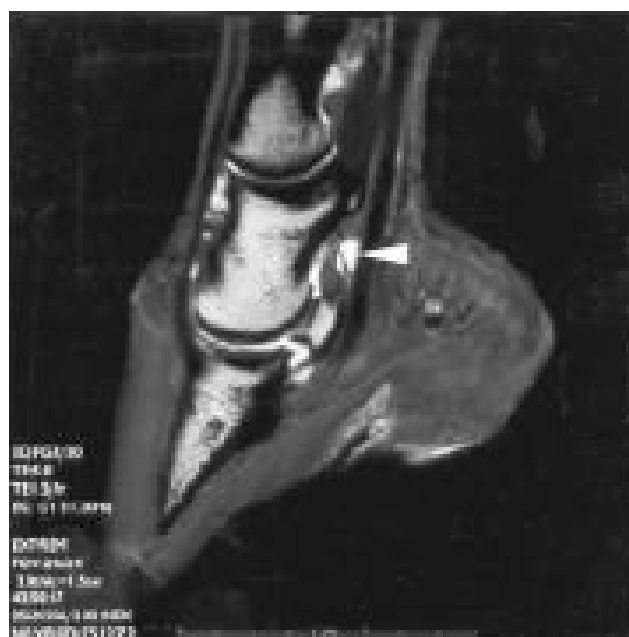
Nos résultats sont en accord avec ceux de Dyson [47]. L'auteur précise en effet qu'une distension de la bourse podo-trochléaire, avec ou sans prolifération synoviale est fréquemment associée aux atteintes du T.F.P.D. Lors de lésions aiguës, le bord dorsal du tendon peut faire protrusion dans la bourse. Selon Dyson [47], une augmentation de signal de la facies flexoria de l'os sésamoïde distal est notée chez 43,5 % des chevaux sur les images obtenues en saturation de graisse.

L'examen permet également de diagnostiquer des lésions de l'articulation interphalangienne distale (cartilage articulaire – 3 cas, articulation synoviale – 6 cas, ligaments collatéraux), de la phalange distale (4 cas), des ligaments sésamoïdiens collatéral (4 cas) et distal impair (3 cas), et de la gaine digitale.

Figure 85 : Exemples d'images lésionnelles des autres structures de l'appareil podotrochléaire, d'après de [46].



Coupe sagittale du pied antérieur gauche en pondération T2 :
effusion synoviale des récessus dorsal et proximo-palmaire de l'articulation interphalangienne distale.



Coupe sagittale du pied antérieur gauche en pondération T2 :
effusion synoviale de la bourse podo-trochléaire.

2. Sensibilité et spécificité de l'I.R.M. pour l'examen du pied du cheval

Murray [70] et Blunden [9] ont étudié la corrélation entre les images obtenues par I.R.M. et les lésions histologiques observées post-mortem, sur des chevaux dits « sains », c'est-à-dire sans antécédents de boiterie et sur des chevaux présentant une « boiterie de pied », c'est-à-dire très améliorée voire rétrocedant à une anesthésie digitale distale. Les auteurs remarquent que les sites lésionnels identifiés à l'I.R.M. coïncident parfaitement avec les sites de lésions histologiques.

Aucun cheval de l'étude n'a pu faire l'objet d'analyse histologique. Cependant, il est intéressant de rappeler que **toutes** les lésions imagées par échographie ont été objectivées par l'I.R.M.

Cependant, l'examen par I.R.M. peut révéler des conclusions faussement négatives. L'étude de Murray [70] présente 5 pieds avec des lésions histologiques, certes discrètes, de type métaplasie, fissure ou fibrillation superficielle, parmi les 17 pieds indemnes d'images I.R.M. anormales.

Murray précise que l'augmentation du nombre de séquences effectuées permet d'améliorer la qualité de l'examen et d'augmenter ainsi les sensibilité et spécificité de la technique ; les images obtenues en saturation de graisse semblent être les images les plus intéressantes pour le diagnostic de lésion du T.F.P.D. Pour les lésions aiguës, les séquences T1 et T2 sont toutes aussi intéressantes. Pour le diagnostic des lésions chroniques, les séquences T1 apparaissent plus intéressantes.

Récemment, Mair [68] a utilisé un examen d'I.R.M. à faible champ réalisé sur cheval debout pour évaluer le T.F.P.D. en région podale. La localisation et l'apparence des lésions sont similaires à celles diagnostiquées par I.R.M. à champ magnétique élevé dans d'autres études.

Ainsi, malgré l'utilisation d'un faible champ magnétique, la qualité diagnostique de l'examen demeure pertinente et un tel examen semble constituer une technique d'imagerie prometteuse dans l'évaluation des lésions du pied du cheval.

3. Corrélation entre images I.R.M. et lésions histologiques

Murray [7] et Blunden [9] ont étudié la corrélation entre les images obtenues par I.R.M. et les lésions histologiques observées post-mortem, sur des chevaux dits « sains », c'est-à-dire sans antécédents de boiterie et sur des chevaux présentant une « boiterie de pied », c'est-à-dire très améliorée voire rétrocedant à une anesthésie digitale distale.

Au niveau cellulaire, les modifications histologiques suivantes altèrent la densité de protons et / ou leur mobilité et sont à l'origine de l'augmentation de signal I.R.M. : la modification de la matrice telle qu'un œdème interstitiel ou une altération de la trame de collagène, une altération du réseau vasculaire (hémorragie, occlusion des vaisseaux sanguins...), une fibroplasie ou encore une métaplasie cartilagineuse.

Les irrégularités de surface correspondent à une zone fibrillation des fibres tendineuses superficielles. Une augmentation de signal au trajet linéaire correspond à une fissure du tendon de sévérité variant de la fibrillation à la déchirure tendineuse.

4. Comparaison entre I.R.M. et examen échographique – intérêt diagnostic

Les examens d'imagerie par résonance magnétique, par tomодensitométrie (technique non disponible au centre) et par échographique constituent les techniques d'imagerie les plus intéressantes dans le cadre de l'examen du pied du cheval.

L'imagerie par scanner n'est pas disponible au CIRALE. La technique la plus sensible à notre disposition est donc l'examen I.R.M. Il est intéressant d'étudier la corrélation entre l'échographie et l'I.R.M. Pour ce faire, nous nous attachons aux 25 chevaux et aux 34 pieds lésés ayant l'objet d'un examen par I.R.M. et par échographie.

Toutes les lésions révélées par l'échographie ont été mises en évidence par l'I.R.M.

Parmi les lésions imagées à l'I.R.M., dix atteintes n'ont pas été objectivées à l'examen échographique. Il s'agit de 7 cas de tendinopathie strictement supra-sésamoïdienne, deux cas de tendinopathie sésamoïdienne et supra-sésamoïdienne et un cas d'atteinte sésamoïdienne.

Notre étude positionne l'échographie comme un examen assez sensible qui tient compte de la qualité du matériel et de l'expérience des cliniciens du centre. Ainsi, la réalisation d'un examen échographique minutieux réalisé dans de bonnes conditions permet de diagnostiquer des tendinopathies et l'examen I.R.M. ne s'impose pas comme une technique de première intention.

Précisons que cette remarque s'applique au diagnostic de tendinopathie uniquement mais que l'examen I.R.M. présente un intérêt notable dans l'évaluation des structures ostéo-articulaires, ligamentaires et tendineuses des autres structures anatomique du pied du cheval. Dans notre étude, des lésions de la bourse podo-trochléaire, de l'os sésamoïde distal ou encore du ligament annulaire digital distal sont fréquemment imagées à l'I.R.M.

5. Intérêts comparés de l'I.R.M. et de la tomодensitométrie

L'examen tomодensitométrique, communément appelé scanner est basé sur les mêmes principes physiques que la radiologie.

Le principe de base est la reconstitution des structures à partir de multiples projections. Un mince faisceau de rayons X est émis par un tube qui tourne autour d'un corps. Le faisceau traverse ce corps et est capté par un ou plusieurs récepteur(s) qui suit(vent) un mouvement symétrique à celui du tube. La somme des projections obtenues permet de construire l'image de ce corps.

5.1. Qualité de l'examen

Ces deux techniques d'imagerie offrent une représentation en trois dimensions de la structure examinée.

La tomодensitométrie est indiquée pour l'évaluation des tissus osseux, et, dans une moindre mesure des tissus mous.

Cependant, l'I.R.M. offre une meilleure résolution en contraste que le scanner ; l'excellente discrimination des différents tissus mous fait de l'I.R.M. une technique de choix dans l'examen des articulations.

5.2. Technique d'imagerie

Ces techniques requièrent une anesthésie générale.

L'I.R.M. ne fait pas appel aux rayons X ce qui limite l'exposition des patients et des cliniciens aux radiations ionisantes.

Néanmoins, l'utilisation d'aimants puissants pour l'I.R.M. nécessite l'installation d'un blindage. De plus, tout implant métallique dans l'organisme du patient est susceptible de se déplacer (ceci est particulièrement important en médecine humaine : pacemakers, implants chirurgicaux...).

E - EXAMEN SCINTIGRAPHIQUE

1. Réalisation de l'examen scintigraphique

1.1. Phases de l'examen

Dyson conclut que la **phase tissulaire** est plus sensible pour l'exploration des tendinopathies du T.F.P.D. Cependant, l'auteur conclut également à une mauvaise corrélation entre une augmentation de l'activité scintigraphique du T.F.P.D. pendant la phase tissulaire et l'activité scintigraphique de la phalange distale en regard de l'insertion du tendon perforant pendant la phase osseuse [44].

Au CIRALE, la phase tissulaire est rarement réalisée en raison de la forte exposition du personnel. De plus, elle nécessite de cibler la région à examiner puisque l'examen doit se faire rapidement. Il semble que la phase tissulaire soit intéressante pour le diagnostic des lésions tendineuses aiguës tandis que l'intérêt est limité pour l'exploration de tendinopathies chroniques.

Parmi les 21 chevaux de l'étude ayant eu un examen scintigraphique, 5 cas ne présentent aucune modification de l'activité scintigraphique sur le pied lésé et sur le pied contro-latéral. Il est envisageable que l'examen scintigraphique perde de la sensibilité puisqu'au CIRALE, seule la phase osseuse est réalisée.

Les enthésopathies peuvent être mises en évidence lors de la phase osseuse si les remodelages et les remaniements osseux sont importants.

1.2. Incidences effectuées

Dyson précise que l'incidence latérale représente l'incidence la plus sensible pour le diagnostic des tendinopathies du T.F.P.D. [44].

Au CIRALE, l'examen scintigraphique est standardisé ; ainsi l'examen des membres antérieurs inclut les vues de face, de profil et solaire ; l'examen des postérieurs inclut des vues de face et de profil. L'intérêt diagnostique des différentes incidences n'a pas été évalué dans notre étude.

2. Modification de l'activité scintigraphique du pied du cheval – comparaison à l'étude de Dyson [44]

2.1. Matériel et méthodes

Dyson [44] a évalué l'intérêt de l'examen scintigraphique du pied du cheval dans les cas de douleur podale. L'auteur effectue une étude rétrospective sur 138 chevaux regroupés en quatre catégories :

Le premier groupe inclut 15 chevaux de C.S.I.O. présentant une locomotion satisfaisante ; le deuxième intéresse 53 chevaux présentant une boiterie de pied ; le troisième inclut 21 chevaux présentant une boiterie avec une atteinte podale associée à une atteinte plus proximale ; le dernier groupe de 49 chevaux concerne des chevaux dont l'origine de la boiterie est située proximement au pied.

Chaque cheval a fait l'objet d'un examen scintigraphique du pied comprenant des incidences latérale et dorsale du pied et la vue solaire du pied, lors des phases tissulaire et osseuse. Le pied est divisée en cinq régions: l'os sésamoïde distal, la surface d'insertion du T.F.P.D. sur la phalange distale, et les trois régions périphériques que sont la pince et les faces médiale et latérale de la phalange distale.

Pour chacune de ces régions est réalisé un comptage des pixels, représentatif de l'activité scintigraphique. L'auteur compare ainsi, de manière quantitative, l'activité scintigraphique de l'os sésamoïde distal et de la surface d'insertion du T.F.P.D. sur la phalange distale par rapport à l'activité scintigraphique des régions périphériques du pied, obtenue par moyenne des pixels des trois régions. (Si l'image scintigraphique révèle une forte augmentation de l'activité scintigraphique sur la phalange distale, évoquant une lésion osseuse telle qu'une fracture de processus palmaire, le cheval est exclu de l'étude).

2.2. Modifications de l'activité scintigraphique sur l'os sésamoïde distal et la phalange distale

L'augmentation de l'activité osseuse concerne l'os sésamoïde distal dans 11 cas de l'étude et la phalange distale dans 3 cas.

Chez 97 % des chevaux sains, il y a moins de 10 % de variation de l'activité scintigraphique de l'os sésamoïde distal et de la surface d'insertion du T.F.P.D. sur la phalange distale par rapport aux régions périphériques de la phalange distale.

Les chevaux présentant une atteinte du pied présentent une activité scintigraphique significativement augmentée par rapport aux chevaux sains.

Cependant, l'étude compte 12 chevaux considérés comme faux positifs, c'est-à-dire présentant une activité scintigraphique augmentée de plus de 10 % sur l'os sésamoïde distal ou sur la zone d'insertion du T.F.P.D. sur la phalange distale et ne présentant pas d'atteinte du pied. Cependant dans la quasi-totalité de ces cas, l'augmentation d'activité scintigraphique est bilatérale et symétrique. 3 de ces 12 chevaux présentaient des talons fuyants.

Dans notre travail, 60 % des augmentations sur l'os sésamoïde distal sont associés à des radiographies de pieds sans image anormale. L'examen scintigraphique est plus sensible que la radiographie pour évaluer le turn-over osseux. Malheureusement, les chevaux concernés n'ont

pas fait l'objet d'un examen d'I.R.M. et il est difficile de savoir s'il s'agit de cas faux négatifs ou de détection plus précoces que l'examen radiographique.

2.3. Corrélation entre examen scintigraphique et localisation lésionnelle

Notre travail révèle une mauvaise corrélation entre la localisation lésionnelle et les modifications de l'activité scintigraphique.

En effet, parmi les 10 cas d'augmentation d'activité scintigraphique sur l'os sésamoïde distal, seuls 30 % ont une atteinte tendineuse sésamoïdienne. Parmi les 2 chevaux avec une modification de l'activité scintigraphique de la phalange distale, seul un cheval présente une lésion infra-sésamoïdienne.

3. Corrélation entre examen scintigraphique et anesthésies diagnostiques

Dyson [44] précise l'existence d'une bonne corrélation entre une réponse positive aux anesthésies intra-articulaires inter-phalangienne distale ou de la bourse podo-trochléaire et une activité augmentée sur l'os sésamoïde distal.

4. Cartographie de l'activité scintigraphique

La cartographie de l'activité scintigraphique du membre antérieur a été comparée chez des chevaux sains exploités en C.S.O. ou en trot. Le profil de fixation scintigraphique entre les deux groupes révèle des différences significatives. Sur la vue solaire du pied, l'insertion distale du T.F.P.D. est 25 % plus active que l'os sésamoïde distal chez les chevaux de C.S.O. Cette particularité n'est pas retrouvée chez les trotteurs puisque ces deux zones présentent alors une activité scintigraphique comparable. L'os sésamoïde distal est 33 % plus actif que la phalange distale chez les trotteurs alors que ces zones présentent une activité comparable chez les chevaux de C.S.O. Cette différence de fixation est à mettre en relation avec les contraintes biomécaniques spécifiques à la discipline pratiquée [61].

F - EXAMEN THERMOGRAPHIQUE

La thermographie est un examen extrêmement sensible et une bonne interprétation nécessite plusieurs précautions :

- * L'examen doit se faire à l'abri de toute source de chaleur extérieure :
 - idéalement dans une salle à l'abri de rayonnements lumineux,
 - une plaque de polystyrène est glissée entre les membres antérieurs et postérieurs, sous le ventre du cheval afin d'éviter la superposition des sources de chaleur.
- * La longueur de poil doit être uniforme,
- * Les membres doivent être situés à une même distance de la caméra,
- * Un simple contact cutané peut suffire à modifier la température superficielle et modifier les résultats,
- * L'application de topiques, de vésicatoire ou de bandage peut également fausser l'interprétation des images obtenues.

Malgré la prise en compte de ces critères, l'examen thermographique ne présente pas de réel intérêt diagnostique. En effet, une zone de chaleur augmentée de manière significative peut être objectivée par palpation avec la paume de la main. Par ailleurs, l'augmentation de température peut siéger en regard de la lésion mais également sur le membre sain si le cheval se soulage en le surchargeant.

Enfin, dans notre étude, l'examen thermographique offre une très mauvaise corrélation entre la localisation de la tendinopathie et la localisation de la zone de chaleur.

V - THERAPEUTIQUE ET CONDUITE À TENIR

Parmi les différentes pathologies affectant l'appareil locomoteur, ce sont les lésions tendineuses qui ont le panel thérapeutique le plus restreint. Beaucoup de tentatives thérapeutiques ont été essayées sans grands résultats.

Les conseils de gestion et la thérapeutique mise en place lors de diagnostic de tendinopathie distale du T.F.P.D. visent à améliorer les propriétés mécaniques initiales du tendon et la tolérance du cheval à ses lésions en vue de permettre un retour en compétition.

A - ACTIVITE

1. Restriction d'activité

Dans l'étude, lorsqu'elle est prescrite, la période de réduction d'activité conseillée est très variable.

Cette période d'inactivité est corrélée à l'intensité de la boiterie et à la gravité lésionnelle.

La période de repos est également définie en fonction des différentes structures anatomiques lésées.

En phase aiguë, il est essentiel de diminuer l'activité du cheval voire le mettre au repos. Il peut être conseillé de maintenir le cheval au box strict ou alors de le placer dans un petit paddock. Cette décision tient compte du caractère de l'animal, de la disponibilité éventuelle et de la qualité des paddocks.

La remise en activité tient compte de différents critères. La clinique est l'élément primordial de la décision de reprise de l'activité. L'aspect échographique de la lésion tendineuse peut également être un facteur important à prendre en compte dans les cas de tendinopathies du tendon perforant en région digitale même q'il semble que le suivi échographique soit plus intéressant pour les lésions tendineuses en région métacarpienne (-tarsienne) (tableau 51).

Tableau 51 : Apport de l'échographie dans la détermination du niveau d'activité d'un cheval avec une lésion tendineuse, d'après Denoix [34].

Activité	Suivi échographique de la lésion		
	AMELIORATION	STABILITE	DEGRADATION
Croissante	Peut augmenter	Peut augmenter	Doit diminuer
Stable	Peut augmenter	Stable ou diminue	Doit diminuer
Décroissante	Peut augmenter ou stable	Doit rester faible	Repos

2. Reprise de l'activité

Dans notre étude, les consignes de travail les plus fréquemment utilisées concernent la qualité des sols, l'échauffement et les figures réalisées.

2.1. Qualité du sol

Dans les cas de tendinopathie distale du T.F.P.D., le cheval doit travailler sur sol souple :

* En effet, les sols profonds augmentent les contraintes exercées sur les structures tendineuses et ligamentaires auxquelles appartient le tendon fléchisseur profond du doigt.

* L'évolution sur un sol dur comme certains terrains en herbe contraint fortement les articulations distales et annule l'effet bénéfique des mesures de maréchalerie instaurées [18].

2.2. Echauffement

Un échauffement prolongé de 20 minutes au pas est conseillé dans la quasi totalité des cas.

2.3. Figures de travail

Pour les chevaux présentant une tendinopathie distale du T.F.P.D., les cliniciens du centre déconseillent d'effectuer des cercles serrés. En effet, les virages serrés majorent les contraintes exercées (mouvements de collatéro-motion par exemple) sur les structures ostéo-articulaires, tendineuses et ligamentaires, particulièrement en région distale.

Non envisagés dans les cas de l'étude, la balnéothérapie, le travail en piscine ou sur tapis roulant peuvent également être envisagés.

B - MARECHALERIE

D'après Denoix [25, 36] et Parks [71].

Le syndrome podo-trochléaire correspond à une douleur en région palmaire (plantaire) du pied. Plusieurs principes de maréchalerie permettent de diminuer les forces exercées sur cette région.

Le parage et le type de ferrure constituent des points-clés dans la gestion des chevaux présentant un syndrome podo-trochléaire. La ferrure vise à rétablir l'alignement phalangien et à répartir les contraintes biomécaniques.

La déformabilité du sol peut influencer l'orientation du pied ce qui justifie l'emploi de ferrure thérapeutique. Ainsi, ces types de ferrure trouvent leur efficacité sur sol souple alors qu'elles n'ont que très peu, voire aucun effet sur sol dur [18].

1. Augmenter le support en région palmaire (plantaire) du pied

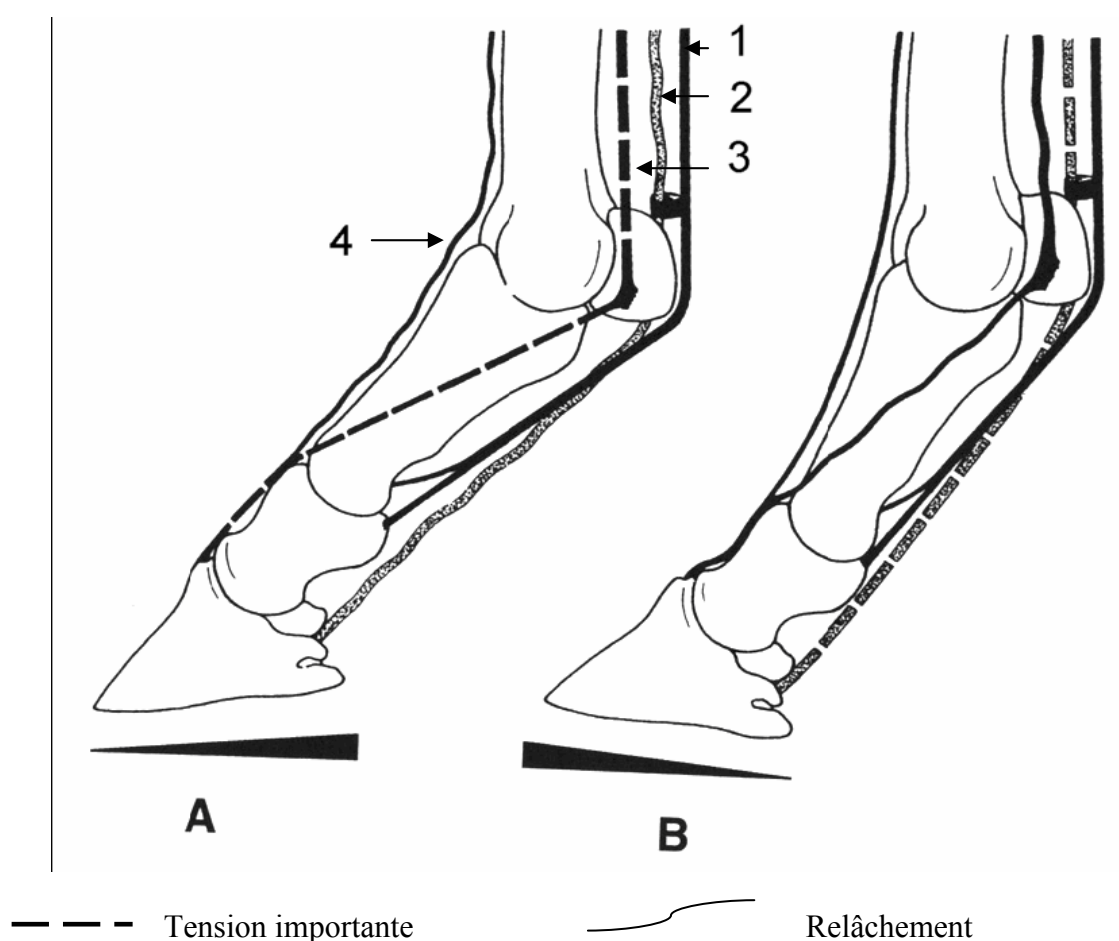
L'effet du soutien de la région palmaire du pied a été évalué par des méthodes analytiques et le soutien en talons est classiquement employé dans la gestion des syndromes podo-trochléaires.

Ainsi, Denoix [29] montre que l'élévation des talons diminue les tensions exercées sur le tendon fléchisseur profond du doigt et sur son ligament accessoire (figure 86).

Parallèlement, l'auteur explique que l'élévation et l'allongement de la pince majorent les tensions exercées sur le tendon perforant et son ligament accessoire et une telle ferrure est donc à proscrire dans le cas de tendinopathie du fléchisseur profond.

Figure 86 : Modification de l'état de tension des tendons fléchisseurs et du ligament suspenseur du boulet provoquées par l'élévation des talons (A) et par l'élévation de la pince (B), d'après Denoix [29].

- 1 – Tendon fléchisseur superficiel du doigt,
- 2 – Tendon fléchisseur profond du doigt,
- 3 – Ligament suspenseur du boulet,
- 4 – Tendon extenseur dorsal du doigt.



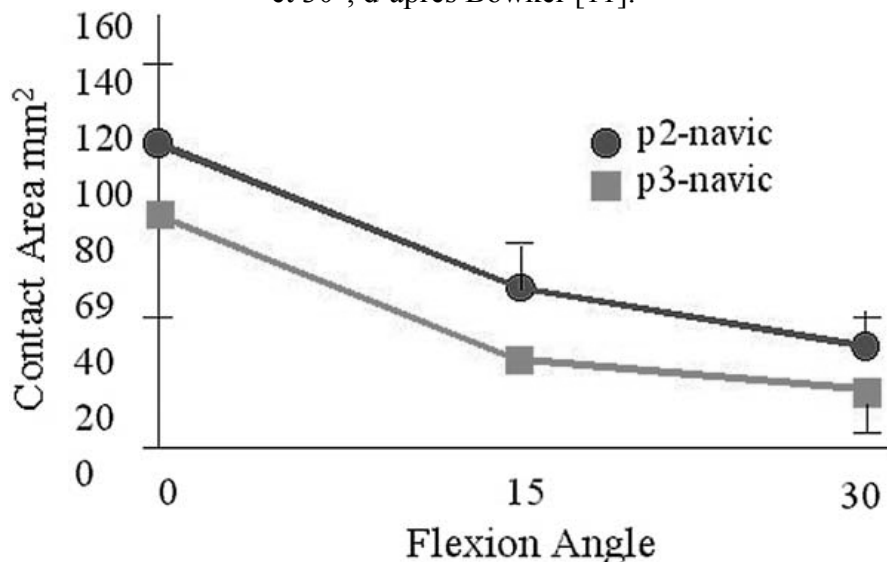
1.1. Elever les talons

Willemen et coll. [97] étudient l'influence de différents types de ferrure sur les forces exercées par le T.F.P.D. sur l'os sésamoïde distal. Chez des chevaux sains, une élévation des talons de 6° permet de diminuer de 24 % la force de pression maximale exercée par le T.F.P.D. sur l'os sésamoïde distal.

L'élévation des talons permet également de diminuer les contraintes exercées sur l'os sésamoïde distal. Une étude menée par Bowker [11] évalue la surface de contact de l'os sésamoïde distal avec les phalanges moyenne et distale lors de la flexion du doigt, pour des

angles sole du pied – sol de 0°, 15° et 30°. La figure 87 montre que la surface de contact et donc les forces exercées sur l'os sésamoïde distal sont amoindries lorsque les talons sont surélevés, c'est-à-dire lors de la flexion digitale.

Figure 87 : Evolution de la surface de contact entre la phalange moyenne et l'os sésamoïde distal (en rond) et entre la phalange distale et l'os sésamoïde distal (en carré) lors de flexion de 0°, 15° et 30°, d'après Bowker [11].

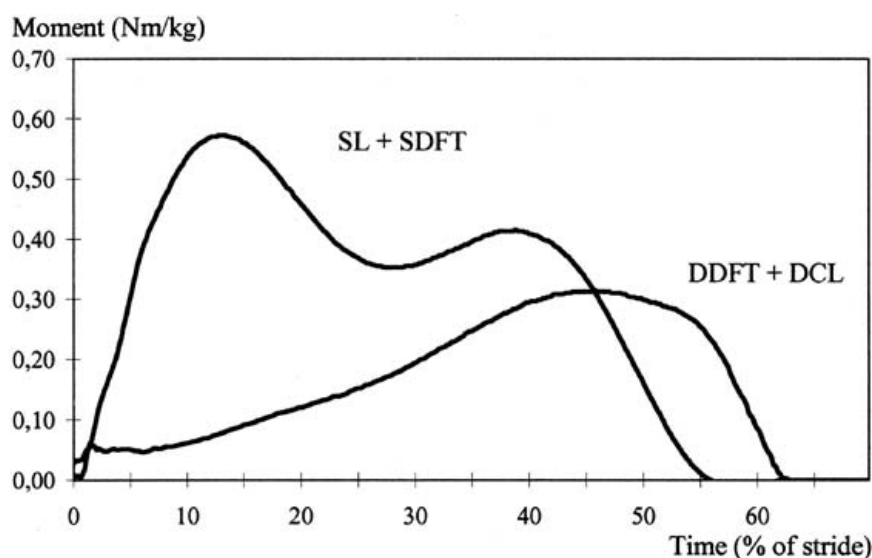


Cette ferrure semble donc être parfaitement indiquée pour les chevaux présentant un syndrome podo-trochléaire.

La figure 88 expose la biomécanique appliquée à l'articulation métacarpo-phalangienne. Dans l'articulation du boulet, la force de réaction du sol est contre carrée par le perforant avec son ligament accessoire et par l'action conjointe du ligament suspenseur du boulet et du tendon perforé ; ces forces évoluent en sens inverse.

Ainsi, la diminution de force exercée sur le tendon perforant s'accompagne d'une descente accrue du boulet et donc d'augmentation de la tension exercée sur l'appareil suspenseur du boulet, et notamment sur le ligament suspenseur du boulet et le tendon perforé.

Figure 88: Moments des forces exercées conjointement sur le ligament suspenseur du boulet et le T.F.S.D. et de la force exercée sur le T.F.P.D. (avec son ligament accessoire) dans l'articulation d'un boulet antérieur, moyenne sur 6 chevaux, d'après Buchner [12].



De plus, lorsqu'une telle ferrure est conservée pendant un certain temps, il est possible de provoquer une rétraction tendineuse.

Pour ces raisons, l'élévation des talons n'est indiquée que dans des cas aigus et est utilisée pour une durée prédéfinie et la plus courte possible (1 à 2 ferrure(s)).

1.2. Augmenter la surface portante en talons

L'augmentation du soutien en talons limite l'enfoncement des talons sur terrain meuble (le pied impose son empreinte au sol) et diminue les tensions exercées sur l'appareil podotrochléaire. Ainsi, l'extension inter-phalangienne est diminuée et les contraintes exercées par le T.F.P.D. sur l'os sésamoïde distal sont amoindries.

* Fer inversé (figure 89) :

152 chevaux de l'étude se sont vus prescrire un fer à l'envers. L'utilisation du fer à l'envers limite les forces exercées en partie palmaire (plantaire) du pied et facilite le roulement antéro-postérieur du pied (cf. infra). De plus, ce fer augmente la surface d'appui en région postérieure du pied.

Figure 89: Ferrure à l'envers avec compensation en talons, plaque ouverte en fourchette et résine MV2 en région postérieure du pied.



* Fer ovale ou fer en « œuf » :

Seuls 5 chevaux de notre étude repartent du centre avec une telle prescription. L'utilisation du fer ovale (ou fer en « œuf » ou egg-bar-shoe) a été évaluée par Willemen et coll. L'analyse dynamique inversée compare les forces exercées par le T.F.P.D. sur l'os sésamoïde distal chez des chevaux sains déferés et ferrés avec des egg-bar-shoe. Aucune différence significative n'est mise en évidence.

* Fers à planche :

Seuls deux chevaux, un trotteur et un selle français ont reçu une prescription de fer à planche. Les fer à planches permettent, de manière similaire aux fers ovales d'assurer un support de la partie postérieure du pied.

* Fer à éponges couvertes :

Aucune ferrure de ce type n'a été conseillée sur les chevaux de l'étude. La couverture des éponges (oignons) avec une pince étroite assure un soutien en talons mais l'effet est peu marqué.

2. Favoriser le roulement antéro-postérieur du pied

Faciliter le roulement antéro-postérieur du pied permet, en favorisant la bascule du pied de diminuer les contraintes en région palmaire (plantaire) du pied. En effet, comme cela a été exposé précédemment (cf. biomécanique), le centre de rotation du pied se rapproche de la pince au cours de la phase postérieure de la foulée. Ainsi, favoriser le roulement en pince permet de diminuer les contraintes mécaniques sur le pied.

Le parage permet de conserver une pince courte c'est à dire bien tronquée. Willemen et coll. montrent que la force maximale de pression exercée sur l'os sésamoïde distal est inférieure de 14 % sur un pied non ferré par rapport à une ferrure à plat. L'auteur propose une explication pour ce résultat : chez les chevaux ferrés, la protraction de l'épaule est plus réduite que les chevaux déférés.

Le choix et la pose du fer sont également des étapes primordiales. Le roulement du fer peut être favorisé la présence d'un biseau de la rive externe en pince et mamelles (fer de type Eventer Sainte-Croix Forge), la pose d'un fer à l'envers ou en reculant le fer (fer de type « New Balance Shoe » à pince carrée, très reculés mais délicat à poser).

3. Diminuer les vibrations

3.1. Alléger la ferrure

L'utilisation de certains matériaux comme l'aluminium permet, à épaisseur et couverture équivalente de diminuer le poids du fer et ainsi de diminuer les vibrations exercées sur la partie distale du membre au soutien, et ce particulièrement à vive allure.

Il est également possible de diminuer le poids du fer en diminuant son épaisseur (acier mince) ou sa couverture.

3.2. Améliorer l'amortissement

L'utilisation de plaque permet d'améliorer l'amortissement.

4. Diminuer les contraintes latéro-médiales

Lorsque la lésion est latéralisée, il est intéressant de modifier l'équilibre médio latéral.

Pour diminuer les contraintes biomécaniques exercées sur un tendon ou un ligament en position abaxiale, il convient d'augmenter la couverture de la branche du fer du côté de la lésion. Cette technique a pour effet de fermer l'articulation du côté où le ligament ou le tendon est lésé.

5. Choix de la ferrure prescrite

De nombreuses options de maréchalerie sont disponibles pour la gestion du cheval présentant un syndrome podo-trochléaire.

Dans notre étude, la sévérité de la boiterie influence le type de ferrure prescrite. En général, le choix de la ferrure évolue de la manière suivante : fer roulant de type « Everter – Sainte Croix Forge », puis fer à oignons, puis fer ovale ou à l’envers, puis fer à l’envers et compensé dans les cas les plus sévères.

6. Ferrures contre-indiquées

En accord avec les résultats des études de biomécaniques, il est déconseillé d'utiliser un fer assurant un soutien de la partie antérieure du pied qui pourrait être indiqué dans le cas d'enthésopathie proximale du ligament suspenseur du boulet ou d'une tendinopathie du fléchisseur superficiel du doigt (figure 90).

Figure 90 : Fer couvert en pince, avec éponges étroites et biseautées, contre-indiqué en cas de tendinopathie du T.F.P.D.



C - TRAITEMENT MEDICAL

1. Traitement par voie générale

1.1. Anti-inflammatoires non stéroïdiens (A.I.N.S.)

Le CIRALE est un centre de référence et les vétérinaires référents examinent systématiquement le cheval en première intention. Ce sont donc nos confrères qui mettent en place, si besoin, un traitement anti-inflammatoire.

Idéalement, le cheval ne doit avoir reçu aucun traitement les jours précédents la consultation afin de ne pas interférer avec notre examen.

* Indications :

L'utilisation des A.I.N.S. constitue une thérapeutique symptomatique de gestion de la douleur et de l'inflammation.

Les A.I.N.S. permettent, en phase aigue afin d'améliorer le confort du cheval et d'éviter une surcharge du membre contro-latéral [38].

En phase chronique, les anti-inflammatoires peuvent être utilisés lors de la remise en activité.

* Molécules disponibles (liste non exhaustive) :

Différents principes actifs à action anti-inflammatoire sont disponibles.

- La phénylbutazone demeure la molécule de choix dans le traitement des douleurs d'origine ostéo-articulaires chez le cheval pour des raisons pratiques et économiques.

Précisons que Pool [77] a montré en 1989 que l'utilisation de phénylbutazone sur des chevaux présentant une lésion de l'os sésamoïde distal ralentit le turn-over de l'os [77].

- La flunixin méglumine est également fréquemment utilisée.

- Le méloxicam à la posologie de 0,6 mg/kg par voie orale récemment mis sur le marché vétérinaire équin peut être intéressant par son effet antalgique puissant malgré un délai d'attente avant compétition nettement inférieur à la phénylbutazone et à la flunixin méglumine.

* Durée du traitement :

De préférence le traitement anti-inflammatoire doit être instauré sur une période limitée par exemple en phase inflammatoire aiguë ou en phase de rééducation.

1.2. Anti-inflammatoires stéroïdiens (corticoïdes)

Les anti-inflammatoires stéroïdiens (corticoïdes) sont plus fréquemment utilisés par voie locale en raison du risque de fourbure consécutive à une administration par voie générale.

1.3. Biphosphonates

D'après Platt [75] et Poircuitte [76].

Les biphosphonates sont utilisés depuis 25 ans en médecine humaine dans le cadre du traitement de la maladie de Paget et de l'ostéoporose post-ménopausique. L'acide tiludronique constitue le premier biphosphonate disponible en médecine vétérinaire.

* Structure chimique :

Les biphosphonates possèdent une structure similaire au pyrophosphate, un constituant inorganique de l'os qui limite sa déminéralisation et la calcification.

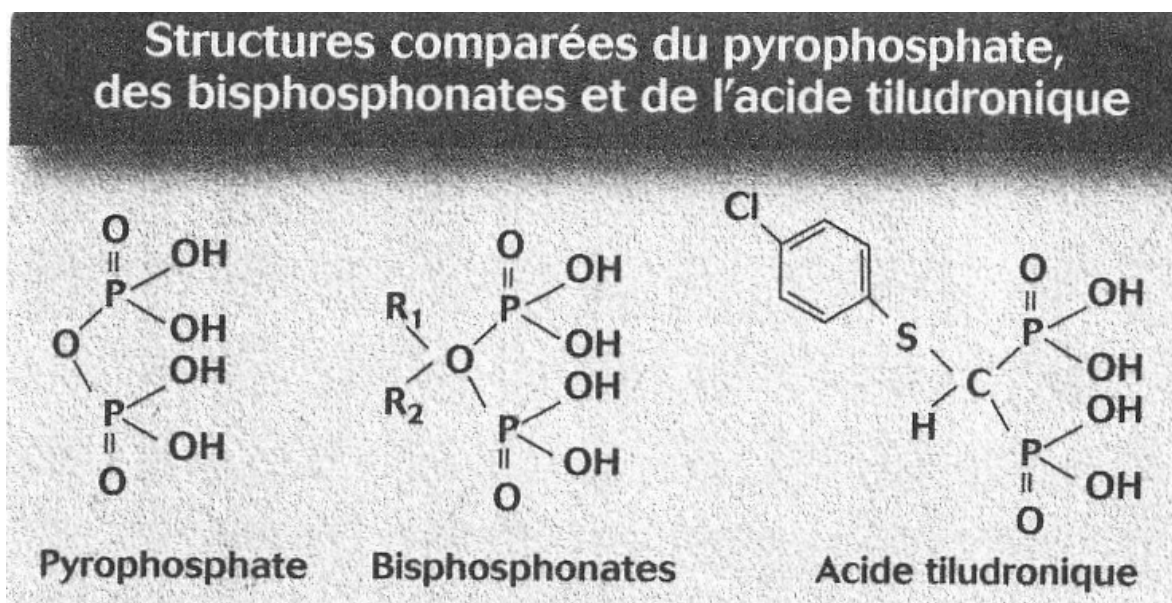
Les biphosphonates sont des analogues de structure non hydrolysables du pyrophosphate. Ainsi, de manière semblable au pyrophosphate, les biphosphonates inhibent in vivo les calcifications et la résorption osseuse.

Ils possèdent deux groupes phosphonates attachés par un unique atome de carbone formant une structure « P-C-P ». Cette structure les rend plus stables que le pyrophosphate qui a une structure « P-O-P ». Les deux fonctions phosphorylées sont nécessaires au maintien de la molécule sur la trame osseuse.

Ils possèdent également deux groupes attachés à l'atome de carbone central (R1 et R2) qui varient. Les substituants R1 et R2 sont à l'origine de la capacité à limiter la résorption osseuse (figure 91).

Le tiludronate est un biphosphonate de troisième génération qui comporte un groupement chlorophénol attaché au carbone central de la structure centrale P-C-P. Son nom chimique est le [(4-Chlorophenyl) thio] méthylène biphosphonate.

Figure 91 : Structures comparées du pyrophosphate, des biphosphonates et de l'acide tiludronique, d'après Platt [75].



* Effet sur les ostéoclastes (figure 92) :

Les biphosphonates **limite l'ostéolyse** en diminuant le nombre d'ostéoclastes et en limitant leur activité :

- L'acide tiludronique pénètre au sein des ostéoclastes. En désorganisant l'agencement du cytosquelette, l'acide tiludronique entraîne une perte de la bordure en brosse et donc des pompes à protons. Le phénomène de déminéralisation est ainsi réduit.
- En pénétrant dans les ostéoclastes, la molécule inhibe les pompes à protons présentes sur les cellules. En diminuant ainsi la libération de protons, ils limitent l'acidification du milieu. Cette augmentation du pH permet une meilleure stabilité de la trame osseuse car la dissolution de la matrice est amoindrie.
- De plus, l'acide tiludronique a la capacité de réagir avec l'AMP pour produire une molécule cytotoxique à l'origine de l'apoptose des ostéoclastes. La libération des enzymes protéolytiques induit une dissolution de la matrice organique.

* Effets sur les ostéoblastes (figure 92) :

Sur le métabolisme osseux, il a été reporté que l'Il-6 stimule la résorption osseuse et induit la formation d'ostéoclastes et inhibe la formation osseuse.

En inhibant la synthèse d'interleukine-6 par les ostéoblastes, les biphosphonates favorisent la différenciation cellulaire ostéoclastique. L'acide tiludronique limite donc la osseuse (calcification).

* Effets sur le métabolisme du calcium (figure 93) :

L'acide tiludronique potentialise l'absorption du calcium ingéré et favorise la fixation du calcium sanguin et sa fixation au sein des cristaux d'hydroxyapatite.

Figure 92 : Mécanismes d'action du tiludronate, d'après Poircuitte, d'après Thibaud [76].

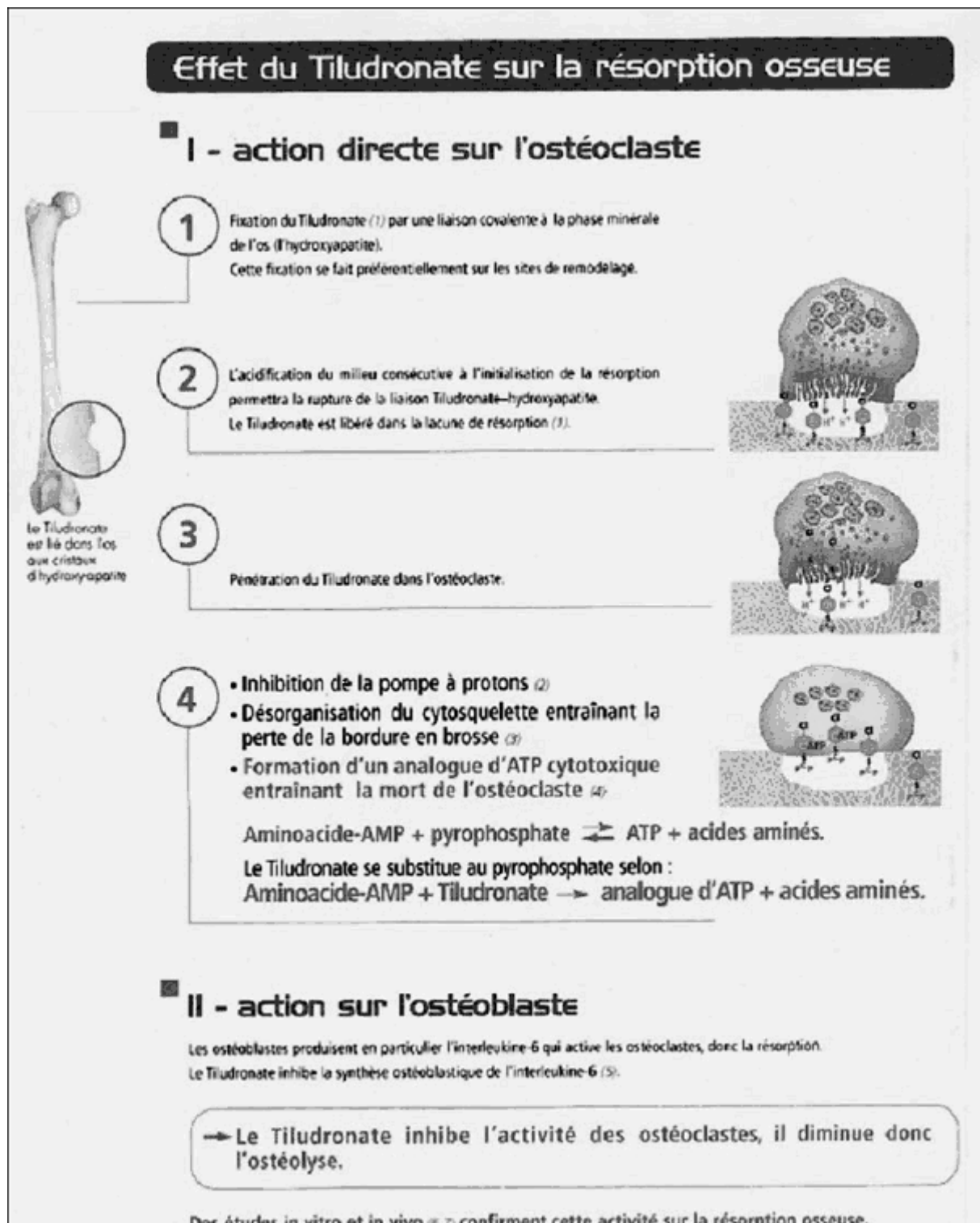
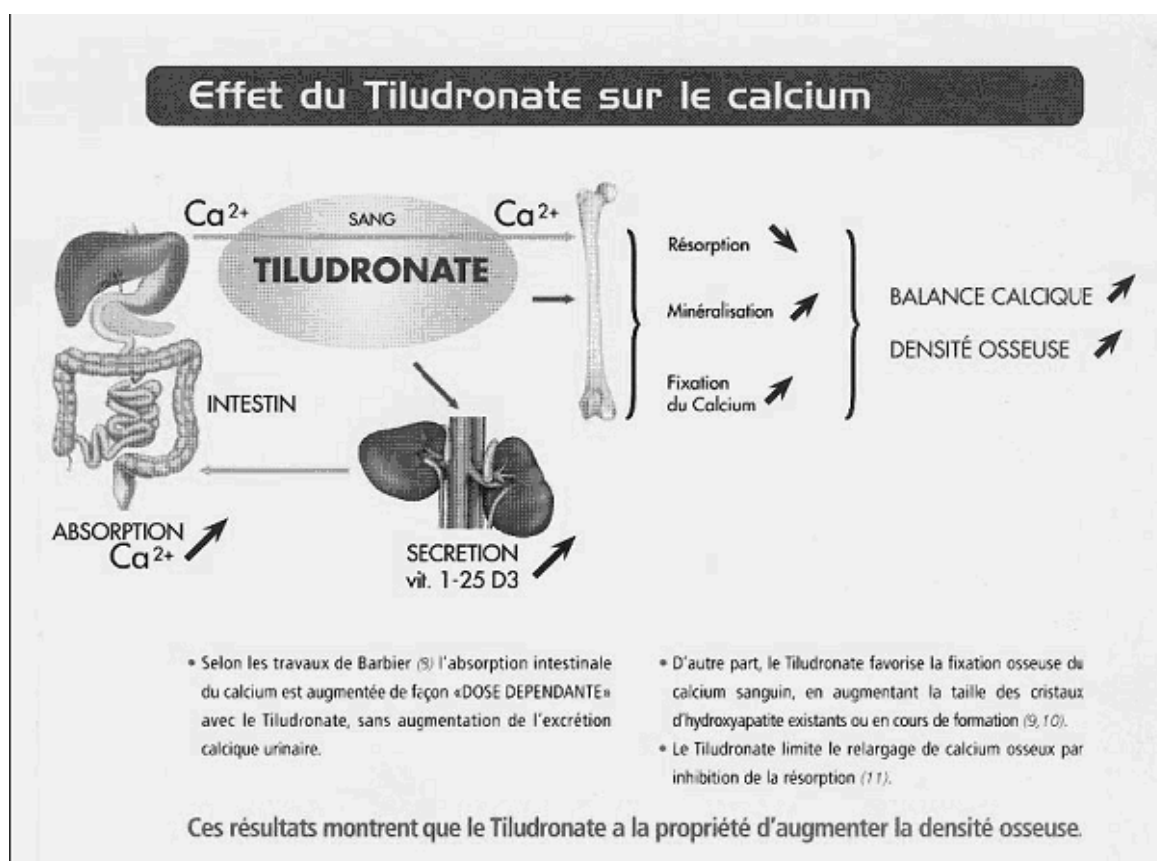


Figure 93 : Effet du tiludronate sur le calcium, d'après Poircuitte, d'après Thibaud [76].



Pour étudier l'efficacité du tiludronate sur la maladie naviculaire, Denoix et coll. (2002) [22] ont sélectionné 73 chevaux âgés de plus de deux ans présentés en consultation avec une boiterie (gradée de sévère à marquée) pour laquelle il a été diagnostiqué une maladie naviculaire. Les critères d'inclusion supplémentaires étaient un test de planche positif (extension inter-phalangienne distale), une anesthésie digitale distale positive et des signes radiographiques significatifs.

50 chevaux ont été maintenus dans l'étude à la fin de la période de suivi et divisés en deux sous populations : 33 cas récents, et 17 cas chroniques. Ces chevaux ont été séparés en trois groupes à l'aveugle : un groupe recevait le placebo et deux groupes recevaient le tiludronate à la dose respective de 0,5mg/kg et 1mg/kg. Les chevaux ont été suivis avec un examen clinique à un, deux et six mois avec un examen radiographique à six mois.

L'efficacité du traitement est apparue être dépendante de l'ancienneté de la boiterie [22, 76].

En ce qui concerne les cas récents (boiterie survenue au plus tard six mois auparavant) :

- le pourcentage d'échec a été dose-dépendant : 0% à la dose de 1mg/kg, 17% à la dose de 0,5mg/kg et 56% dans le groupe placebo (figure 17).

- 67% des chevaux traités à la dose de 1mg/kg ont eu une réponse positive alors pour seulement 13% pour le groupe placebo.

- le nombre de chevaux avec un niveau d'activité normal a augmenté régulièrement pendant toute la durée de l'étude pour le groupe traité à la dose de 1mg/kg (8% à l'inclusion, 60% à 2mois et 75% à 6mois) alors qu'il est resté stable dans le groupe placebo à 25%.

- 6 mois après traitement, 50% des chevaux traités à la dose de 1 mg/kg n'étaient pas ou peu boiteux en comparaison avec 27% des chevaux traités à la dose de 0,5 mg/kg et 12,5% dans le groupe placebo.

En ce qui concerne les cas anciens (boiterie survenue depuis plus de six mois), il n'y a pas eu de différence significative entre les groupes. Cependant, parmi ces chevaux, ceux qui ont reçu de nouveau un traitement à deux mois et à quatre mois ont été jugés comme répondant positivement deux mois après le dernier traitement additionnel.

Il n'y a pas eu de modifications des signes radiographiques, quelque soit le groupe.

* Schéma thérapeutique :

Le TILDREN ND est une préparation extemporanée. La boîte contient 10 flacons de poudre (50 mg d'acide tiludronique par flacon) et 10 flacons d'eau pour préparation injectable (flacon de 10 ml).

Le tiludronate s'administre par voie intraveineuse chez le cheval à la posologie de 1mg/kg.

Le protocole recommandé par le laboratoire MERIAL est assez contraignant : une injection intraveineuse lente à la dose de 0,1 mg d'acide tiludronique par kilo (soit un flacon de 10 ml pour un cheval de 500 kg) et par jour pendant 10 jours consécutifs.

Pour une administration par injection intraveineuse quotidienne pendant 10 jours, il faut mettre en solution le tiludronate sous forme de poudre lyophilisée : un flacon de poudre (50 mg d'acide tiludronique) doit être dilué en solution aqueuse à l'aide de 10mL d'eau pour préparations injectables fournies.

Cependant, il est désormais établi qu'un traitement unique en perfusion lente sur trente minutes à la posologie de 1 mg / kg permet d'obtenir une même efficacité.

Pour une administration en perfusion lente, il faut diluer le tiludronate dans une solution de 1L de chlorure de sodium à 0,9%. Les solutés contenant des ions divalents comme le Lactate de Ringer sont à éviter en raison du risque de réaction entre ceux-ci et le tiludronate. La possibilité de formation de complexes ou d'agrégats avec le calcium ou les ions divalents sanguins peut induire une hypocalcémie et une insuffisance rénale, c'est pourquoi la perfusion est passée sur une durée minimale de 30 minutes.

Contrairement au pyrophosphate, les biphosphonates ne sont pas hydrolysés dans le tube digestif et ne peuvent pas être utilisés par voie orale. La biodisponibilité de l'acide tiludronique administré per os est inférieure à 10 %.

* Effets indésirables :

Le cheval peut présenter des signes d'inconfort abdominal qui disparaissent généralement après un traitement anti-spasmodique.

1.4. Glycosaminoglycanes - Acide hyaluronique (sels sodiques)

Un seul cheval de l'étude a reçu une prescription de ce traitement à base de glycosaminoglycanes polysulfatés (ADEQUAN ND) par voie intramusculaire.

Ces traitements peuvent parfois présentés un intérêt lors d'atteinte cartilagineuse et /ou synoviale.

* Indications :

L'acide hyaluronique est un glycosaminoglycane, composant essentiel du cartilage articulaire. Egalement présent dans le liquide synovial, il en assure la viscoélasticité et agit comme principal lubrifiant [63].

* Schéma thérapeutique :

L'acide hyaluronique administré par voie intraveineuse à raison de trois injections de 40 mg à une semaine d'intervalle permettrait de diminuer l'effusion synoviale et d'améliorer la qualité du liquide synovial. Par ailleurs, il exercerait également une action anti-inflammatoire et stimulerait la production endogène d'acide hyaluronique [69].

Un traitement à base de glycosaminoglycanes polysulfatés par voie intramusculaire à raison de sept injections de 500 mg espacées de 4 jours permet d'améliorer les qualités physiques du cartilage et en inhiberait sa dégradation.

La glucosamine et la chondroïtine constituent des formes de glycosaminoglycanes administrables par voie orale. L'absorption et la biodisponibilité de ces substances sont sujettes à controverse.

1.5. Isoxsuprine

Ce traitement est décrit pour mémoire. Aucun cas de l'étude n'a fait l'objet d'une telle prescription.

L'isoxsuprine hydrochloride exerce principalement une action sur les récepteurs β du système nerveux orthosympathique et produit une vasodilatation périphérique. Il a également été supposé que l'isoxsuprine avait un effet anti-inflammatoire. Ce principe actif était indiqué lorsque une origine ischémique était supposée dans le syndrome naviculaire. Actuellement, cette hypothèse est remise en cause et l'utilisation d'isoxsuprine semble peu justifiée [50, 56].

De plus, en raison de l'absence de données sur les limites maximales de résidus, l'isoxsuprine a été retirée du marché français.

2. Traitement par voie locale

2.1. Infiltrations intra synoviales

Lors de syndrome podo-trochléaire, deux structures synoviales peuvent être atteintes et présenté une composante douloureuse. Il s'agit de l'articulation inter-phalangienne distale et de la bourse podo-trochléaire.

* Indications :

L'intérêt de réaliser une infiltration de ces structures est basé sur les résultats de l'investigation lésionnelle réalisée par imagerie. Une effusion synoviale, la présence de spots échogènes dans le liquide synovial ou un épaissement de la membrane sont des éléments qui signent une atteinte plus ou moins chronique et qui peuvent constituer une indication à

l'infiltration. La positivité d'une anesthésie intra-articulaire à visée diagnostique peut également constituer une bonne indication de traitement par cette voie.

* Molécules utilisées :

L'utilisation d'anti-inflammatoires stéroïdiens par voie locale permet d'obtenir une plus forte concentration locale en comparaison d'une administration par voie générale et limite les effets secondaires [38].

De nombreux produits sont utilisés chez le cheval. La bétaméthasone phosphate disodique (CELESTENE ND), la bétaméthasone acétate (CELESTENE CHRONODOSE ND), le cortivazol (ALTIM ND), l'acétonide de triamcinolone (KENACORT ND).

Les effets indésirables décrits lors des infiltrations intra-articulaires à base de corticoïdes sont l'arthrite microcristalline, l'infection, l'arthropathie stéroïdienne, la calcification péri-articulaire lors d'injections péri-articulaires [27]. La rupture du T.F.P.D. est également décrite lors d'infiltrations répétées de la bourse podo-trochléaire à base de corticostéroïdes [21].

L'utilisation d'acide hyaluronique par voie locale est également utilisée [27]. Cependant, des réactions inflammatoires importantes sont fréquemment notées lors de l'injection intra-articulaire inter-phalangienne distale d'acide hyaluronique seule et il est conseillé d'associer à l'acide hyaluronique des anti-inflammatoires stéroïdiens.

2.2. Application d'un vésicatoire

En phase subaiguë, un vésicatoire sous pansement en face dorsale du pied peut être intéressant dans certains cas de syndrome podo-trochléaire. Le vésicatoire agit par contre irritation en favorisant une néo-vascularisation cutanée et favorise la cicatrisation du tendon ou du ligament lésé. Cependant, la boîte cornée en limite l'efficacité.

2.3. Ondes de choc

Les ondes de choc sont des ondes sonores atteignant une pression maximale en un temps très court et dont la fréquence est très élevée.

Ces ondes ont des propriétés de destruction cellulaire et de dislocation tissulaire.

En médecine vétérinaire équine, les ondes de choc sont utilisées depuis peu pour les affections de l'appareil locomoteur du cheval. Les indications sont les enthésopathies et tendinopathies (avec ou sans calcification), les arthropathies dégénératives, les fractures, les contractures musculaires.

L'enthésopathie demeure une des meilleures indications des ondes de choc. En effet, l'enthèse constitue une interface entre deux milieux d'impédance acoustique différente, l'os et les tissus mous. Ainsi, au niveau de cette interface, l'énergie des ondes de choc est maximale et leur action biomécanique aussi.

Ainsi, l'ancienneté distale du T.F.P.D. en regard de son insertion sur la phalange distale est une indication de traitement par onde de choc. En général, un protocole de trois traitements espacés de 10 jours est instauré.

L'action antalgique nécessite un exercice contrôlé pendant 10 jours minimum afin d'éviter l'aggravation de lésions.

Dans notre étude, un traitement par ondes de chocs a été prescrit à 11 reprises parmi lesquelles on dénombre : 8 atteintes strictement supra-sésamoïdienne, 2 atteintes sésamoïdienne et supra-sésamoïdienne et 1 atteinte focale sésamoïdienne.

2.4. Kinésithérapie

En cours de cicatrisation ou de rééducation, un travail de kinésithérapie peut se révéler bénéfique lors de tendinopathie du perforant.

Pour ce faire, on utilise la planche et on provoque, après échauffement, une hyper extension inter-phalangienne : cette manipulation dure 15 secondes et est répétée 5 à 10 fois. Cette manipulation permet de favoriser l'élongation du tendon fléchisseur profond du doigt.

D - TRAITEMENT CHIRURGICAL

Dans l'étude, le seul traitement chirurgical prescrit est la névrectomie des nerfs digitaux propres. Cependant, d'autres options chirurgicales sont disponibles en cas de syndrome podotrochléaire.

1. Névrectomie des nerfs digitaux propres

Dans notre étude, la névrectomie a été conseillée à 7 reprises, en traitement de seconde intention, en cas d'échec des traitements conservateurs. Nos candidats sont les chevaux qui présentent une boiterie ancienne (dans 6 cas, datant de plus de 6 mois).

Cette technique chirurgicale a pour principe d'anéantir la douleur siégeant en région palmaire du pied par la section du nerf digital propre responsable de la sensibilité douloureuse de cette région.

Cette intervention ne traite pas la lésion ; elle peut même parfois conduire à son aggravation car la sensibilité douloureuse ne permet plus de contrôler les contraintes exercées sur la zone lésée.

Rappelons également que d'un point de vue légal, tout cheval ayant subi cette intervention chirurgicale est interdit de compétitions.

Au CIRALE, la névrectomie est conseillée en cas d'échec après mise en place des traitements conservateurs usuels décrits précédemment.

En effets, des échecs à courts et longs termes sont décrits :

- Les échecs immédiats sont dus à des variations anatomiques individuelles avec persistance de l'innervation douloureuse après la chirurgie.
- Les échecs différés sont liés à un phénomène régénératif du nerf sectionné ou à la formation d'un névrome.

De plus, des complications peuvent survenir. Une rupture du perforant peut être provoquée par la **dilacération progressive** du tendon sur la **face postérieure de l'os sésamoïde distal**. Lorsqu'elle se produit, le cheval pose son pied en talon et la pince est relevée [78].

Avec les fibres de la sensibilité douloureuse sont sectionnées des fibres nerveuses orthosympathiques et parasympathiques ; ceci peut entraîner des troubles trophiques et vasomoteurs pour la peau et les organes profonds du pied. Ainsi, la chute du sabot est une des complications les plus dramatiques de la névrectomie.

2. Autres techniques chirurgicales

Non recommandées dans notre étude, d'autres techniques chirurgicales peuvent être employées lors de syndrome podo-trochléaire [74].

2.1. Ténoscopie bourse podo-trochléaire

Cet acte n'a pas été prescrit dans notre étude.

La bursite septique (« clou de rue ») constitue une des principales indications de cette chirurgie. Cette approche présente un intérêt diagnostique et permet, outre le lavage synovial, un débridement des fibrillations tendineuses superficielles (figures 94 et 95).

Figure 94 : Abord chirurgical lors de la ténoscopie de la bourse podo-trochléaire, d'après Rossignol et Perrin [81].

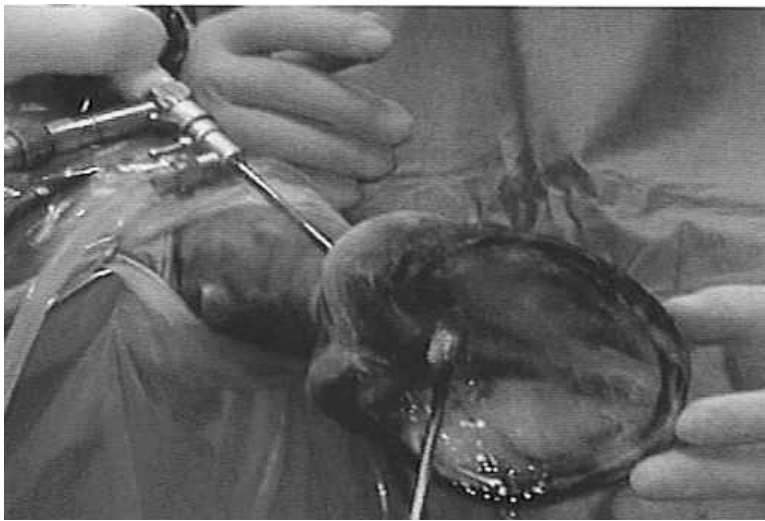
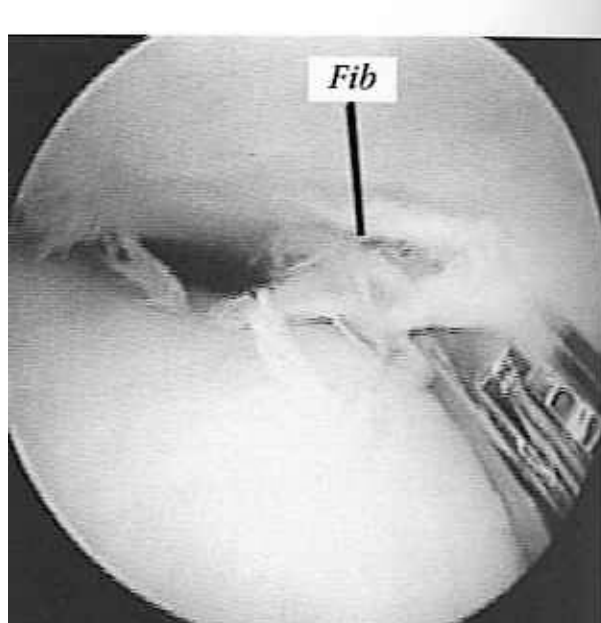


Figure 95 : Image de ténoscopie de la bourse podo-trochléaire : fibrillation du tendon fléchisseur profond du doigt, d'après Rossignol et Perrin [81].



2.2. Desmotomie des ligaments sésamoïdiens collatéraux

Une première étude présente en 1986 la technique de la desmotomie des ligaments sésamoïdiens collatéraux dans le traitement des syndrome naviculaire [60] : parmi 16 chevaux, Wright explique que 13 d'entre eux retrouve une locomotion satisfaisante. Dans une publication ultérieure, le même auteur mène une étude sur 118 chevaux et décrit 76 % de chevaux non boiteux 6 mois après la chirurgie mais seuls 43 % d'entre eux conservent une locomotion satisfaisante 3 ans après.

A la lueur des divers résultats publiés, il semble que la boiterie soit améliorée à court terme, ç'est à dire dans les 6 mois à 1 an suivant la chirurgie. Par contre, les résultats à long terme sont plus décevants. L'étude menée sur des membres isolés a montré que la desmotomie des ligaments sésamoïdiens collatéraux induit une instabilité inter-phalangienne distale.

2.3. Injection de kystes osseux sous-chondraux de la phalange distale

Lorsque les investigations lésionnelles révèlent la présence de kystes osseux sous-chondraux de la phalange distale, il est envisageable de réaliser une injection de ces kystes.

E - CONCLUSION : OPTIONS THERAPEUTIQUES DISPONIBLES DANS LE CAS DE SYNDROME PODO-TROCHLEAIRE CHEZ LE CHEVAL

Le tableau 52 présente les différentes options thérapeutiques à la disposition du clinicien lors de syndrome podo-trochléaire.

Tableau 52 : Intérêt des différentes options thérapeutiques disponibles dans les cas de syndrome podo-trochléaire chez le cheval, d'après Heiles et Descamps [60].

Lésions les plus fréquemment rencontrées	Maréchalerie	Traitement médical général	Traitement médical local	Traitement chirurgical	Activité
Tendinopathie du tendon fléchisseur profond en région digitale distale	- Pieds courts - Fer à l'envers, - Fer léger en aluminium ou acier mince	- AINS en phase aiguë - Biphosphonates : si enthésopathie - Acide hyaluronique et glycosaminoglycanes polysulfatés : + - Isoxuprine : Ø	- Infiltration articulaire inter phalangienne distale : Ø - Infiltration de la bourse podo-trochléaire : + - Vésicatoire : ± - Ondes de choc : ++	- Névrectomie : + mais risque de rupture du TFPD - Bursographie : + - Injection de kyste : Ø - Desmotomie : Ø	- Repos : au moins 3 mois - Indisponibilité : 6 mois à 1 an
Desmopathie du ligament sésamoïdien distal impair ou du ligament sésamoïdien collatéral	- Pieds courts, - Fer à l'envers, asymétrique si lésion latéralisée, - Fer léger en aluminium ou acier mince.	- AINS en phase aiguë - Biphosphonates : si enthésopathie - Acide hyaluronique et glycosaminoglycanes polysulfatés : ± en prévention - Isoxuprine : Ø	- Infiltration articulaire inter phalangienne distale : + si anesthésie + - Infiltration de la bourse podo-trochléaire : + si anesthésie + - Vésicatoire : Ø - Ondes de choc : +	- Névrectomie : + en dernier recours - Bursographie : + - Injection de kyste : Ø - Desmotomie : Ø	- Repos : au moins 3 mois - Indisponibilité : 6 mois à 1 an
Lésion de l'os sésamoïde distal	- Pieds courts, - Fer à l'envers, - Fer léger, en aluminium ou acier mince.	- AINS en phase aiguë - Biphosphonates : ++ - Acide hyaluronique : + si synovite - Glycosaminoglycanes polysulfatés : + - Isoxuprine : +	- Infiltration articulaire inter phalangienne distale : + si anesthésie + - Infiltration de la bourse podo-trochléaire : + si anesthésie + - Vésicatoire : Ø - Ondes de choc : +	- Névrectomie : + en dernier recours - Bursographie : + si cartilage lésé - Injection de kyste : + si kyste - Desmotomie : ±	- Repos : 15 jours - Indisponibilité : 1 mois (sauf kyste 6 mois)
Lésion inter-phalangienne distale	- Pieds courts, - Fer roulant de type Eventer Sainte-Croix Forge, - Fer léger en aluminium ou acier mince.	- AINS en phase aiguë - Biphosphonates : + - Acide hyaluronique : et glycosaminoglycanes polysulfatés : + - Isoxuprine : Ø	- Infiltration articulaire inter phalangienne distale : ++ - Infiltration de la bourse podo-trochléaire : ± - Vésicatoire : ± - Ondes de choc : ±	- Névrectomie : + en dernier recours - Bursographie : Ø - Injection de kyste : Ø - Desmotomie : Ø	- Repos : au moins 15 jours - Indisponibilité : au moins 1 mois

||

||

CONCLUSION

Le syndrome podo-trochléaire est une affection fréquente chez le cheval qui affecte quasi-exclusivement les pieds antérieurs (242 atteintes antérieures – 5 atteintes postérieures). L'appareil podo-trochléaire regroupe plusieurs entités anatomiques parmi lesquelles, le tendon fléchisseur profond du doigt.

Notre étude rétrospective regroupe 205 chevaux (dont 42 cas d'atteinte bilatérale) présentant une tendinopathie en région digitale distale, c'est-à-dire distale au scutum moyen.

L'examen physique du cheval permet d'objectiver des signes d'appel comme un membre en protraction (79 cas), ou un pied « atrophié » (88 cas). Le test de la planche, provoquant une extension inter-phalangienne, est souvent positif (111 cas) et les signes locaux les plus fréquents sont la distension inter-phalangienne distale (71 cas) et l'engorgement du creux du paturon (46 cas).

Le syndrome podo-trochléaire présente une évolution insidieuse et les troubles locomoteurs évoluent à bas bruit et sont souvent anciens (80 chevaux boitent depuis plus de 6 mois). Les chevaux présentent une boiterie souvent caractéristique, généralement aggravée sur le cercle dur à main correspondante (156 cas), avec un défaut de la phase postérieure de la foulée (43,1 % des cas) et un test de flexion positif d'autant plus marqués que la boiterie est franche. La locomotion du cheval est améliorée par les anesthésies tronculaires digitales et les anesthésies synoviales de l'articulation inter-phalangienne distale et de la bourse podo-trochléaire.

La tendinopathie du T.F.P.D. en région digitale distale est d'origine multifactorielle, par exemple des microtraumatismes répétés fragilisent le tendon. Notre étude dégage des facteurs de risque tels que l'appartenance au sexe hongre ou aux races selle français et anglo-arabes, la pratique du C.S.O. et l'âge.

La tendinopathie distale est le plus souvent focale (69,2 % des cas) mais peut s'étendre proximo-distalement. La région supra-sésamoïdienne est atteinte dans 193 des 247 tendinopathies digitales distales. Cette pathologie est fréquemment bilatérale (42 cas) et il est judicieux d'examiner le pied contro-latéral.

Les chevaux présentent habituellement une forme combinée de syndrome podo-trochléaire ; la tendinopathie du perforant est souvent associée à une bursite podo-trochléaire, à une desmite du ligament annulaire digital distal ou du ligament sésamoïdien collatéral, ou encore à des lésions de l'os sésamoïde distal.

L'examen échographique offre un intérêt diagnostique satisfaisant ; l'épaississement et les modifications d'échogénicité du tendon sont les signes les plus fréquemment notés. L'ultrasonographie permet également une bonne évaluation des autres structures de l'appareil podo-trochléaire.

La radiographie présente une mauvaise spécificité pour l'évaluation des tissus mous et notamment du tendon T.F.P.D. : les images lésionnelles du tendon sont des minéralisations observées tardivement dans des cas évolués et anciens de tendinopathie. Cependant, les clichés radiographiques du pied demeurent intéressants pour l'évaluation ostéo-articulaire puisque, dans un grand nombre de cas, les chevaux présentent une forme combinée de syndrome podo-

trochléaire avec présence d'images radiographiques anormales sur l'os sésamoïde distal et la phalange distale.

L'I.R.M. demeure l'examen de choix pour imager le pied du cheval. Cette technique permet une très bonne évaluation des tissus mous ; les lésions du tendon perforant se traduisent souvent par des anomalies de signal, de taille et de forme.

La gestion du cheval repose sur la maréchalerie qui permet un support des talons et favorise le roulement antéro-postérieur du pied. Les infiltrations synoviales sont les traitements locaux les mieux adaptés ; les ondes de choc présentent également un intérêt, particulièrement lors d'enthésopathie distale. La perfusion d'acide tiludronique est indiquée lors de remodelages et / ou remaniement osseux tandis que les glycosaminoglycanes pourront être prescrits lors d'atteinte synoviale. En cas d'échec des traitements précités, des techniques plus invasives telles que la névrectomie des nerfs digitaux propres palmaires pourront être envisagées.

Une prochaine étape dans l'évaluation de cette pathologie pourrait être l'établissement d'un suivi ou encore l'évaluation des différentes thérapeutiques proposées.

||

||

BIBLIOGRAPHIE

1. ACKERMAN N., JOHNSON J.H., DORN C.R. (1977) Navicular disease in the horse : risk factors, radiographic changes and response to therapy. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, **170**, 183-187.
2. ADAMS O.R. (2002) *Les boiteries du cheval*, 3^{ème} ed., Paris : Maloine, 450p.
3. BARONE R. (1986) *Anatomie comparée des mammifères domestiques – Tome 1 : ostéologie*, 3^{ème} ed., Paris : Vigot.
4. BARONE R. (1986) *Anatomie comparée des mammifères domestiques – Tome 2 : arthrologie et myologie*, 3^{ème} ed., Paris : Vigot.
5. BEGON D. (1999) L'échographie. *Cours dispensés à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort*.
6. BEGON D. (1999) Technique radiographique. *Cours dispensés à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort*.
7. BIRAGUE M. (2005) Anesthésies nerveuses et intra articulaires du pied du cheval, *Le Nouveau Praticien Vétérinaire – équine*, **6**, 17-21 ?
8. BIRCH H.L., BARTEL D.L, SCHRYVER H.F., LOWE J.E. (1978) Locomotion in the horse : a procedure for computing the internal forces in the digit. *Am. J. Vet. Res.*, **39**, 1721-1727.
9. BLUNDEN A., DYSON S. J., MURRAY R., SCHRAMME M. (2006) Histopathology in horses with chronic palmar foot pain and age-matched controls. Part 2 : The deep digital flexor tendon, *Equine Vet. J.*, **38** (1), 23–27.
10. BONKS W.J. (1993) Applied Veterinary Histology, 3rd ed, 226-228.
11. BOWKER R. (2003) Contrasting structural morphologies of good and bad footed horses. In: *Proceedings of the 49th Ann. Am. Assoc. Equine Pract. Conv.*, 186-209.
11. BOWKER R. (2001) Effect of contact stress in bones of the distal interphalangeal joint on microscopic changes in articular cartilage and ligaments. *Am. J. Vet. Res.*, **62**, 414-424.
12. BUCHNER F. (2005) Distal limb internal dynamics : joint moments, tendon forces, and lessons for orthopedic shoeing. In: *51 Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners – AAEP 2005 - Seattle*.
13. BUSONI V., DENOIX J-M. (2001) Ultrasonography of the podotrochlear apparatus in the horse using a transcuneal approach : technique and reference images. *Vet. Radiol. and Ultrasound*, **42** (6), 534-540.
14. BUSONI V., HEIMANN M., TRENTÉSEAU J., SNAPS F., DONDELINGER R.F. (2005) Magnetic resonance imaging findings in the equine deep digital flexor tendon and distal sesamoid bone in advanced navicular disease – an ex vivo study. *Vet. Radiol. and Ultrasound*, **46** (4), 279–286.

15. BUSONI V., SNAPS F., TRENTÉSEAU J., DONDELINGER R.F. (2004) Magnetic resonance imaging of the palmar aspect of the equine podotrochlear apparatus : normal appearance. *Vet. Radiol. and Ultrasound*, **45** (3), 198-204.
16. BUTLER J., COLLES C., DYSON S.J., KOLD S., POULOS P. (2000) The foot, pastern and fetlock. In : *Clinical Radiology of the Horse*, 2nd ed, Blackwell Scientific : Oxford, 27-130.
17. CAMPBELL J.R., LEE R. (1972) Radiographical techniques in the diagnosis of navicular disease. *Equine Vet. J.*, **4**, 135-138.
18. CHATEAU H., DEGUEURCE C., DENOIX J-M. (2003) Influence de la nature du sol et de la ferrure sur la biomécanique des articulations digitales. In : *Proceeding AVEF 2003*, 272-273.
19. COLLES C.M. (1979) Ischaemic necrosis of the navicular bone and its treatment. *Vet Rec.*, **104**, 133-137.
20. COLLES C.M., HICKMAN J. (1977) The arterial supply of the navicular bone and its variations in navicular disease. *Equine Vet. J.*, 9-150.
21. DABAREINER R.M. (2003) Injection of corticosteroids, hyaluronate, and amikacin into the navicular bursa in horses with signs of navicular area pain unresponsive to other treatments : 25 cases (1999-2002). *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, **223** (10), 1460-1474.
22. DENOIX J-M. (2002) Efficacy of tiludronate, a new bisphosphonate, in the treatment of navicular disease and bone spavin. A multicentric European clinical trial. *Ippologia*, **13** (4), 7-9.
23. DENOIX J-M. (2000) Pathologie locomotrice et intolérance à l'effort chez les chevaux de sport. *Pratique Vétérinaire Equine*, **32**, 33-40.
24. DENOIX J-M. (2000) *Le doigt du cheval : Atlas d'Anatomie Clinique et d'Imagerie*, Manson Publishing, Librairie du Point Vétérinaire : Maisons-Alfort, 390 p.
25. DENOIX J-M. Functional anatomy of the equine interphalangeal joints. In : *Proc. Am. Assoc. Equine Pract.*
26. DENOIX J-M. (1998) Symptomatology and diagnosis of the navicular syndrome. In : *Proceedings of the Journée de la Société des Vétérinaires Suisses*, 76-78.
27. DENOIX J-M. (1997) Medication with articular aim. In : *Proceeding AVEF 1997*.
28. DENOIX J-M. (1996) Ultrasonographic examination in the diagnosis of joint disease. In : MCILWRAITH C.W., TROTTER W.B., *Joint disease in the Horse*, 1st ed, Philadelphia : WB Saunders, 165-202.
29. DENOIX J-M. (1994) Functional anatomy of tendon and ligaments in the distal limbs (manus and pes), tendon and ligament injuries : part I. *Vet. Clin. North Am. : Equine Pract.*, **10**, 273-322.

30. DENOIX J-M. (1993) L'examen échographique du paturon chez le cheval. *Pratique Vétérinaire Equine*, **25** (1), 19-26.
31. DENOIX J-M. (1992) Approche sémiologique des boiteries du cheval : premières étapes. *Le Point vétérinaire*, **142** (23), 15-24.
32. DENOIX J-M. (1992) Les tests de mobilisation dans le diagnostic des boiteries chez le cheval. *Le Point vétérinaire*, **142** (23), 29-44.
33. DENOIX J-M. (1992) Les anesthésies sémiologiques nerveuses digitales. *Pratique Vétérinaire Equine*, **24** (2), 125-138.
34. DENOIX J-M. (1989 à 1999) Bases physiques de l'échographie. *Document d'enseignement post-universitaire d'échographie de base de l'appareil locomoteur du cheval – Recueil d'articles de 1989 à 1999*.
35. DENOIX J-M., AZEVEDO C. (1991) Images échographiques des lésions du tendon fléchisseur profond du doigt. *Pratique Vétérinaire Equine*, **23** (2), 15-24.
36. DENOIX J-M., BROCHET J-L., HOULIEZ D., VAILLANT J., DUVERNAY B. (2004) Notes de maréchalerie. *Document d'enseignement post-universitaire*.
37. DENOIX J-M., CREVIER N., ROGER B., LEBAS J-F. (1993). Magnetic resonance imaging of the equine foot. *Vet. Radiol. and ultrasound.*, **34**, 405-411.
38. DENOIX J-M., DELANNOY I. (1992) Utilisation des anti-inflammatoires en pathologie articulaire chez le cheval. *Recueil de Médecine Vétérinaire, spécial anti-inflammatoires*.
39. DIK V., VAN DEN BELT J-M., ENZERINK E., VAN DEN WEEREN P.R. (2001) The radiographic development of the distal and proximal double contours of the equine navicular bone on dorso-proximal-palmaro-distal oblique (upright pedal) radiographs from age 1 to 11 months. *Equine Vet. J.*, **33** (1), 70-74.
40. DIK V., VAN DEN BELT J-M., VAN DEN BROEK J. (2001) Relationships of age and shape of the navicular bone to the development of navicular disease : a radiological study. *Equine Vet. J.*, 33-172.
41. DOWLING B.A., DART A.J., HODGSON D.R., SMITH R.K.W. (2000) Superficial digital flexor tendonitis in the horse. *Equine Vet. J.*, **32** (5), 369-378.
42. DYSON S.J. (2003) Navicular disease and other soft tissue causes of palmar foot pain, In : ROSS M.W., DYSON S.J., *Diagnostic and management of lameness in the horse*, Philadelphia: Saunders, 286-299.
43. DYSON S.J. (2003) Primary lesions of the deep digital flexor tendon within the hoof capsule. In : ROSS M.W., DYSON S.J., *Diagnostic and management of lameness in the horse*, Philadelphia: Saunders, 305-309.
44. DYSON S.J. (2002) Subjective and quantitative scintigraphic assesement of the equine foot and its relationship with foot pain. *Equine Vet. J.*, **34** (2), 164-170.

45. DYSON S.J., MURRAY R., SCHRAMME M.C. (2005) Lameness associated with foot pain : results of magnetic resonance imaging in 199 horses (January 2001 – December 2003) and response to treatment. *Equine Vet. J.*, **37** (2), 113-121.
46. DYSON S.J., MURRAY R., SCHRAMME M., BRANCH M. (2003) Magnetic resonance imaging of the equine foot : 15 horses. *Equine Vet. J.*, **35** (1), 18-26.
47. DYSON S.J., MURRAY R., SCHRAMME M., BRANCH M. (2003) Lameness in 46 horses associated with deep digital flexor tendonitis in the digit : diagnosis confirmed with magnetic resonance imaging. *Equine Vet. J.*, **35** (7), 681-690.
48. ELFTMAN H. (1939) Forces and energy changes in the leg during walking. *Am. J. Physiol.*, **125**, 339-356.
49. ELIASHAR E., MCGUIGAN M.P., WILSON A.M. (2004) Relationship of the foot conformation and force applied to the navicular bone of sound horses at the trot. *Equine Vet. J.*, **36** (5), 431-435.
50. ERKERT R.S., MAC ALLISTER C.G. (2003) Isoxuprine hydrochloride in the horse : a review. *J. Vet. Pharmacol. Ther.*, **25** (2), 81-87.
51. FACKELMAN G.E. (1973) The nature of tendon damage and its repair. *Equine Vet. J.*, **5** (4), 141-149.
52. FELBLINGER J. Imagerie par résonance magnétique. *Cours dispensés au C.H.U. de Nancy*.
53. FISCHER A. (2002) *La tendinite digitale distale du fléchisseur profond du doigt du cheval : étude rétrospective sur 39 cas cliniques*. Thèse méd. vét., Alfort.
54. GOODSHIP A.E. (1993) The pathophysiology of flexor tendon injury in the horse. *Eq. Vet. Ed.*, **5** (1), 23-29.
55. GOODSHIP A.E., BIRCH H.L., WILSON A.M. (1994) The pathobiology and repair of tendon and ligament injury. *Vet. Clin. North Am. : Equine Pract.*, **10** (2), 323-349.
56. HARKINS J.D. (1998). Absence of detectable pharmacological effects after oral administration of isoxuprine. *Equine Vet. J.*, **30** (4), 294-299.
57. HAUSER M.L. (1998) Ultrasonographic appearance and correlative anatomy of the soft tissues of the distal extremities in the horse. *Vet. Clin. North Am. : Eq. Pract.*, **6** (2), 127-144.
58. HAUSER M.L., RANTANEN N.W. (1982) Ultrasound examination of the distal interphalangeal, navicular bursa, navicular bone and deep digital flexor tendon. *Eq. Vet. Sc.*, **2**, 95-97.
59. HAUSER M.L., RANTANEN N.W., MODRANSKY P.D. (1982) Ultrasound examination of distal interphalangeal joint, navicular bursa, navicular bone and deep digital flexor tendon. *Eq. Vet. Sc.*, **2**, 95-97.

60. HEILES P., DESCAMPS C. (2005) Stratégie thérapeutique lors de syndrome podotrochléaire chronique chez le cheval. *Le nouveau praticien vétérinaire – équine*, **6**, 33-38.
61. HEITZMANN A-G., DIDIERLAURENT D., DENOIX J-M., AUDIGIE F. (2005) Cartographie de l'activité scintigraphique du membre antérieur chez les chevaux athlètes sains en fonction de leur discipline (C.S.O. et trot), *Proceeding AVEF 2005*, 43-44.
62. HERRERA A., DENOIX J-M. (1996) Tendinopathie du fléchisseur profond du doigt à la face palmaire du paturon, *Pratique Vétérinaire équine*, **28** (2), 125-128.
63. HOXARD R.D., MCILWRAITH C.W. (1996) Hyaluronan and its uses in the treatment of equine joint disease. In : MCILWRAITH C.W., TROTTER W.B., *Joint disease in the Horse*, 1st ed, Philadelphia : WB Saunders, 165-202.
64. KEEGAN K., DYSON S.J. (2003) Clinical investigation of foot pain. In : ROSS M.W., DYSON S.J., *Diagnostic and management of lameness in the horse*, St-Louis : Saunders, 242-249.
65. KRISTOFFERSEN M., THOEFNER M.B. (2003) Ultrasonography of the navicular region in horses. *Eq. Vet. Educ.* **15** (3), 150-157.
66. LEACH D.H., DAGG A.I. (1983) Evolution of equine locomotion research. *Equine Vet. J.*, **15**, 87-92.
67. MAC GREGOR C.M. (1984) *Studies on the pathology and treatment of navicular disease*. Thèse méd. vét., Edinburgh.
68. MAIR T.S. (2005) Deep digital flexor tendonitis in the equine foot diagnosed by low-field magnetic resonance imaging in the standing horse. *Vet. Radiol. And Ultrasound*, **46** (6), 458-466.
69. MCILWRAITH C.W. (1996) Intraarticular and systemic medications for the treatment of equine joint disease. *Proceeding AAEP 1996*, 42-101.
70. MURRAY R.C., BLUNDEN S.B., SCHRAMME M.C., DYSON S.J. (2006) How does magnetic imaging represent histologic findings in the equine digit?. *Vet. Radiol. and Ultrasound*, **47** (1), 17-31.
71. PARKS A. (2003) The foot and shoeing. In : ROSS M.W., DYSON S.J., *Diagnostic and management of lameness in the horse*, St-Louis : Saunders, 250-275.
72. PARKS A. (2003) Form and function of the equine digit. *Vet. Clin. North Am.: Equine Pract.*, **19**, 285-307.
73. PARK R.D., NELSON T.R., HOOPES P.J. (1987) Magnetic resonance imaging of the normal equine digit and metacarpo-phalangeal joint. *Vet. Radiol. and Ultrasound*, **28**, 105-116.
74. PERRIN F. (2002) Arthroscopie et téno-scopie du pied. *Pratique Vétérinaire Equine*, **34** (numéro spécial), 103-110.

75. PLATT D. (1997) Review of current methods available for the treatment of bone spavin. *Eq. Vet. Ed.*, **9** (5), 258-264.
76. POIRCUITTE G. (2004) *Le tiludronate : mode d'action et utilisation thérapeutique dans l'espèce équine en pathologie locomotrice*. Thèse méd. vét., Alfort.
77. POOL R.R., MEAGHER D.M., STOVER S.M. (1989) Pathophysiology of navicular syndrome. *Vet. Clin. North Am.: Equine Pract.*, **5**, 109-129.
78. POWIS R.L. (1986) Ultrasound Science for the Veterinarian. *Vet. Clin. North Am. : Equine Pract.*, **2** (1), 3-27.
79. REDDEN R.F. (2003) Clinical and Radiographic Examination of the Equine Foot. In: *49th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioner, AAEP, 2003*, Ithaca NY : American Association of Equine Practitioners, 625-1103.
80. ROBERT C. (1997) Corrélation entre les signes cliniques et les signes radiographiques sur l'os sésamoïde distal (os naviculaire) dans une population de 80 jeunes chevaux : méthodologie et résultats préliminaires. *23^{ème} journée d'étude CEREOPA*.
81. ROSSIGNOL F, PERRIN F. (2002) Cinq cas de sepsis de la bourse naviculaire chez des chevaux et poneys: traitement à l'aide de la ténoscopie. *Pratique Vétérinaire Equine*, **34** (numéro spécial), 111-118.
82. SAGE A.M., TURNER T.A. (2002) Ultrasonography of the soft tissue structures of the equine foot. *Eq. Vet. Educ.*, **14**, 221-224.
83. SCHRYVER H.F., BARTEL D.L., LANGRANA N. (1978) Locomotion in the horse: kinematics and external and internal forces in the normal equine digit in the walk and trot. *Am. J. Vet. Res.*, **39**, 1728-1733.
84. SERRAUD N. (2005) Les principales images échographiques du pied chez le cheval. *Le nouveau praticien – équine*, **6**, 27-31.
85. SMITH S.S., DYSON S.J., MURRAY R.C., WEEKES J. (2004) Is there an Association Between Distal Phalanx Angles and Deep Digital Flexor Tendon Lesions. In: *50th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, Denver*, Ithaca NY : American Association of Equine Practitioners.
86. SPRIET M. (2005) L'examen clinique et les affections rencontrées lors de douleurs chroniques du pied chez le cheval. *Le Nouveau Praticien Vétérinaire - équine*, **6**, 6-12.
87. SPRIET M. (2005) Images radiographiques normales et anormales de l'extrémité digitée. *Le Nouveau Praticien Vétérinaire - équine*, **6**, 22-26.
88. STASHAK T.S. (1998) Navicular syndrome (Navicular disease). In : WHITE and MOORE J. : *Current techniques in equine surgery and lameness*, 2nd ed, Philadelphia : Saunders WB, 537-543.

89. TAPPREST J., RADIER C., AUDIGIE F., COUDRY V., RIEU F., MATHIEU D, DENOIX J-M. (2002) Principes et applications de l'imagerie par résonance magnétique chez le cheval. *Pratique Vétérinaire Equine*, **34** (133), 49-55.
90. TAPPREST J., RADIER C., AUDIGIE F., COUDRY V., RIEU F., MATHIEU D, DENOIX J-M. (2002) Diagnostic des affections locomotrices chez le cheval via l'imagerie par résonance magnétique. *Pratique Vétérinaire Equine*, **34** (133), 57-62.
91. TURNER T.A. (1999) « Navicular disease » (navicular syndrome). In : COLAHAN P., MAYHEW G, MERITT A. and MOORE J. *Equine medicine and surgery*, 5th ed, St-Louis : Mosby, 1513-1520.
92. TURNER T.A. (1989) Diagnosis and treatment of the navicular syndrome in horses. *Vet. Clin. North Am. : Equine Pract.*, **5**, 131-144.
93. UELTSCHI G. (1998) Communication personnelle.
94. VAN WULFEN K.K., BOWKER R.M. (2002) Microanatomic characteristics of the insertion of the distal sesamoidean impar ligament and deep digital flexor tendon on the distal phalanx in healthy feet obtained from horses. *Am. J. Vet. Res.*, **63** (2), 215-221.
95. WEEREN VAN P.R. (2001) History of locomotor research. In: BACK W. and CLAYTON H.(ed). *Equine locomotion*, London: Saunders, 1-35.
96. WHITCOMB M.B. (2005) How to perform a complete ultrasonographic evaluation of the pastern. In: *51th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioner, AAEP, 2005, Seattle*, Ithaca NY : American Association of Equine Practitioners.
97. WILLEMEN M.A., SAVELBERG H.H.C.M., BARNEVELD A. (1999) The effect of orthopedic shoeing on the force exerted by the deep digital flexor tendon on the navicular bone in horses. *Equine Vet. J.*, **31**, 25-30.
98. WILLIAM I.F., HEATON A., MC CULLAAGH K.G. (1980) Cell morphology and collagen types in equine tendon scar. *Res. Vet. Sc.*, **28**, 302-310.
99. WILSON A.M., MCGUIGAN M.G., FOURACRE L., et al. (2001) The force and contact stress on the navicular bone during trot locomotion in sound horses and horses with navicular disease. *Eq. Vet. J.*, **33**, 159-165.
100. WRIGHT I.M. (1993) A study of 118 cases of navicular disease : clinical features. *Eq. Vet. J.*, **25**, 488-492.
101. WRIGHT I.M., DOUGLAS J. (1993) Biomechanical considerations in the treatment of navicular disease. *Vet. Rec.*, **133**, 109-114.
102. WRIGHT I.M., KIDD L., THORP B.H. (1998) Gross, histological and histomorphometric features of the navicular bone and related structures in the horse. *Eq. Vet. J.*, **30**, 220-234.
103. XENOPHON (1965) Über die Reitkunst. In: *WIDDRA K. and XENOPHON*, Reitkunst. Berlin : Schriften und Quellen der alten Welt.

ANNEXES

Annexe 1 : Présentation des 205 cas de tendinopathie du T.F.P.D. en région digitale distale.

Annexe 2 : Examen physique des chevaux de l'étude.

Annexe 3 Réponse aux anesthésies diagnostiques effectuées par le vétérinaire référant et par les cliniciens du centre

Annexe 4 : Tendinopathies et signes échographiques sur le T.F.P.D.

Annexe 5 : Annexe 5 : Tendinopathies et signes radiographiques.

Annexe 6 : Lésions des autres structures de l'appareil podo-trochléaire détectées par l'examen échographique.

Annexe 7 : Résultats des examens scintigraphiques.

Annexe 1 : Présentation des 205 cas de tendinopathie du T.F.P.D. en région digitale distale.

Cheval	Age (ans)	Sexe	Race	Discipline	Motif cons°.	Ancienneté boiterie (mois)	Mb _{tend}	Autre Mb _{tend}	Grade	Flexion	Circons-tance
1	9	F	SF	C.S.O.	B.A.D.	18	AD	0	3/5	NR	C.D.C.
2	5	F	SF	C.S.O.	IA	3	AG	0	NR	NR	NR
3	14	H	SF	C.S.O.	B.A.D.	48	AD	0	3/5	NR	0
4	7	F	QH	Reining	B.A.D.	4	AD	0	2/5	NR	C.D.C.
5	7	H	Westphalien	C.S.O.	IA	0,5	AD	0	NR	NR	NR
6	9	M	SF	C.S.O.	B.A.D.	1	AD	0	NR	NR	NR
7	5	H	SF	C.S.O.	B.A.G.	7	AG	0	4/5	NR	0
8	6	F	SF	C.S.O.	B.A.D.	2	AD	0	0	0	0
9	9	F	SF	C.S.O.	IA	2	AG	0	NR	NR	NR
10	10	H	SF	C.S.O.	IA	48	AD	0	4/5	NR	0
11	9	H	SF	C.S.O.	B.A.D.	5	AD	0	2/5	2/5	0
12	7	M	SF	C.S.O.	B.A.G.	0	AD	0	2/5	2/5	C.D.C.
13	9	M	AA	C.C.E.	B.A.G.	13	AG	0	3/5	1/5	C.M.C.
14	10	M	SF	C.S.O.	IA	6	AG	0	4/5	0	C.D.C.
15	5	F	AA	C.C.E.	B.A.D.	5	AD	0	1/5	NR	C.D.C.
16	4	F	PS	Galop	IPG	1	PG	0	3/5	0	CD
17	12	F	SF	C.S.O.	B.A.D.	13	AD	AG	3/5	0	C.D.C.
18	10	F	SF	C.S.O.	B.A.D.	5	AD	0	2/5	< 1/5	C.D.O.
19	6	H	AA	C.C.E.	Scintigraphie	15	PG	0	2/5	2/5	CD
20	8	H	TF	Trot	Scintigraphie	6	PG	0	2/5	2/5	0
21	10	F	SF	C.S.O.	B.A.G.	48	AG	0	3/5	0	C.D.C.
22	9	H	SF	C.S.O.	B.A.G.	0,5	AG	0	2/5	1/5	C.D.C.
23	10	F	SF	C.S.O.	IA	7	AG	AD	NR	NR	NR
24	11	M	SF	C.S.O.	IA	6	AD	AG	1/5	0	C.D.O.
25	7	H	SF	C.S.O.	B.A.G.	12	AG	0	3/5	0	C.D.C.
26	11	H	SF	C.C.E.	B.L.	30	AD	0	2/5	0	C.D.C.
27	9	F	SF	C.S.O.	I.A.	18	AD	0	2/5	0	C.D.C.
28	8	H	SE	C.S.O.	B.A.D.	3	AD	0	2/5	2/5	CD
29	6	H	SF	C.S.O.	B.A.D.	8	AD	0	2/5	0	C.D.C.
30	9	H	SF	C.S.O.	BAB	9	AG	0	2/5	0	C.D.C.
31	6	F	SF	C.S.O.	B.A.D.	12	AD	0	1/5	2/5	C.D.O.
32	8	F	SF	C.S.O.	I.A.	4	AG	0	NR	NR	NR
33	9	H	SF	C.S.O.	I.A.	4	AG	0	4/5	0	C.D.C.
34	5	M	TF	Trot	B.L.	0	AD	0	0	2/5	0
35	9	H	SF	C.S.O.	I.R.M.	19	AG	AD	1/5	1/5	C.D.C.
36	12	M	SE	C.S.O.	B.A.G.	12	AG	0	1/5	0	C.D.C.
37	11	M	SF	C.S.O.	B.L.	0	AG	0	1/5	0	C.D.C.
38	13	H	SF	C.C.E.	B.A.D.	18	AD	0	2/5	2/5	C.D.C.
39	7	H	SF	C.S.O.	B.A.D.	26	AD	0	1/5	0	C.D.C.
40	5	M	Trotteur italien	Trot	Scintigraphie	0	AG	0	< 1/5	1/5	0
41	9	H	SF	C.S.O.	B.A.G.	6	AG	0	3/5	0	0
42	5	M	Trakhenner	Dress.	I.A.	22	AD	0	< 1/5	0	0

Cheval	Age (ans)	Sexe	Race	Discipline	Motif cons°.	Ancien- neté boiterie (mois)	Mb _{tend}	Autre Mb _{tend}	Grade	Flexion	Circons- tance
43	10	H	SF	C.C.E.	B.A.D.	36	AD	0	< 1/5	0	C.M.C.
44	8	H	SF	Dress.	Experi- men- -tation HN	48	AG	AD	< 1/5	0	CD
45	4	M	TF	Trot	Scintigr aphie	4	AD	AG	1/5	1/5	CD
46	14	F	SF	Loisir	B.A.G.	21	AG	0	2/5	0	C.M.O.
47	7	F	SF	C.S.O.	I.A.	1	AG	0	2/5	0	C.D.C.
48	8	F	SF	C.S.O.	I.A.	9	AG	0	2/5	1/5	C.D.O.
49	11	H	SE	Dress.	B.A.G.	6	AG	0	3/5	1/5	C.D.C.
50	12	F	AA	C.S.O.	Scintigr aphie	18	AG	0	2/5	2/5	C.D.C.
51	8	H	SE	Dress.	I.R.M.	12	AG	0	2/5	3/5	C.D.C.
52	13	H	SF	C.S.O.	I.R.M.	14	AG	AD	1/5	2/5	C.D.C.
53	8	F	SF	C.S.O.	B.A.D.	5	AD	AG	2/5	2/5	CD
54	7	H	SF	C.S.O.	B.L.	72	AD	0	2/5	2/5	C.M.O.
55	11	H	SF	C.S.O.	B.A.G.	1	AG	0	2/5	2/5	L.D.
56	12	H	SE	Dress.	B.A.G.	2	AG	0	1/5	0	CD
57	11	F	SF	C.S.O.	BAB	36	AG	0	2/5	0	CD
58	8	F	SF	C.S.O.	B.A.G.	2	AG	0	2/5	1/5	C.D.C.
59	7	F	SF	C.S.O.	BAB	24	AG	AD	2/5	< 1/5	C.D.O.
60	8	F	SF	C.S.O.	B.A.G.	4	AG	0	1/5	0	C.D.C.
61	11	H	SF	C.S.O.	B.A.G.	12	AG	0	< 1/5	0	C.D.O.
62	6	M	SF	C.S.O.	B.P.D.	3	PD	0	NR	NR	NR
63	4	M	SF	C.S.O.	B.A.G.	2	AG	0	< 1/5	2/5	L.D.
64	11	H	AA	Autres	B.A.D.	40	AD	0	2/5	0	C.D.C.
65	10	F	SF	C.S.O.	B.A.G.	2	AG	0	3/5	NR	C.D.O.
66	10	M	Espagnol	Loisir	I.A.	3	AG	0	1/5	0	C.D.C.
67	7	F	TF	Trot	B.A.G.	2	AG	0	1/5	< 1/5	L.D.
68	10	F	SF	C.S.O.	I.A.	24	AG	0	3/5	0	C.D.C.
69	8	H	SF	C.S.O.	Scintigr aphie	24	AG	0	2/5	1/5	C.D.C.
70	11	F	SF	C.S.O.	B.A.D.	15	AD	0	2/5	< 1/5	CD
71	12	H	SF	C.S.O.	B.A.D.	72	AD	0	3/5	0	0
72	6	H	AA	C.S.O.	B.A.D.	4	AD	0	2/5	0	C.D.O.
73	11	H	SE	C.S.O.	I.R.M.	2	AD	0	2/5	0	CD
74	8	M	SF	C.S.O.	I.R.M.	3	AD	0	< 1/5	< 1/5	C.D.C.
75	9	H	SF	C.S.O.	B.A.D.	17	AD	0	3/5	1/5	C.D.C.
76	11	F	QH	Loisir	B.A.G.	84	AG	0	2/5	1/5	C.D.C.
77	11	F	SF	Loisir	B.A.D.	24	AD	0	2/5	1/5	C.D.C.
78	4	M	SF	C.S.O.	B.A.D.	4	AD	AG	1/5	2/5	C.D.C.
79	8	H	SF	C.S.O.	B.A.D.	13	AD	0	2/5	2/5	C.D.C.
80	8	F	SF	C.S.O.	I.A.	26	AG	AD	2/5	1/5	C.D.C.
81	10	H	SF	C.S.O.	I.A.	1	AD	0	3/5	0	0
82	9	H	SF	C.S.O.	I.R.M.	3	AD	0	2/5	1/5	CD
83	1	F	PS	Non débouré	B.A.G.	0,5	AG	0	4/5	0	0
84	9	F	SF	C.S.O.	B.A.D.	4	AD	AG	< 1/5	2/5	C.D.C.
85	13	M	SF	C.S.O.	B.A.G.	2	AG	0	4/5	0	C.D.C.

Cheval	Age (ans)	Sexe	Race	Discipline	Motif cons°.	Ancien- neté boiterie (mois)	Mb _{tend}	Autre Mb _{tend}	Grade	Flexion	Circons- tance
86	10	H	SF	C.S.O.	I.R.M.	3	AG	0	2/5	1/5	CD
87	10	F	Westphalien	C.S.O.	Scintigraphie	0	AG	0	0	0	0
88	9	F	SF	C.S.O.	I.A.	1	AD	AG	2/5	1/5	C.D.C.
89	9	H	SF	C.S.O.	B.A.D.	6	AD	AG	0	1/5	0
90	7	H	SF	C.S.O.	BAB	2	AD	AG	3/5	0	C.D.C.
91	7	H	SF	C.S.O.	BAB	14	AG	0	2/5	2/5	C.D.C.
92	7	H	SF	C.S.O.	I.A.	9	AD	0	< 1/5	1/5	C.D.C.
93	6	F	SF	C.S.O.	B.A.G.	10	AG	0	3/5	1/5	C.D.C.
94	4	H	SF	C.S.O.	I.A.	2	AD	0	< 1/5	1/5	C.D.C.
95	10	H	SE	C.S.O.	I.A.	5	AD	0	1/5	2/5	C.D.C.
96	12	F	SE	C.S.O.	I.R.M.	4	AD	0	2/5	1/5	C.D.C.
97	15	H	SF	C.S.O.	I.A.	0,5	AG	0	1/5	0	C.D.C.
98	6	H	PS	Trot	I.A.	1	AD	AG	2/5	1/5	C.D.C.
99	13	M	SF	C.S.O.	Scintigraphie	0	AG	0	0	0	0
100	8	F	SF	C.S.O.	I.R.M.	0	AG	0	0	< 1/5	0
101	7	H	SF	C.S.O.	B.L.	3	AG	AD	2/5	< 1/5	C.D.C.
102	8	H	SF	C.S.O.	B.A.G.	6	AG	0	2/5	1/5	C.D.C.
103	14	M	OI	Loisir	B.A.G.	12	AG	0	3/5	2/5	C.D.O.
104	2	M	TF	Trot	I.R.M.	9	AD	0	4/5	0	0
105	14	H	SF	C.S.O.	I.R.M.	12	AG	0	3/5	< 1/5	0
106	9	F	SE	C.S.O.	I.R.M.	2	AD	0	1/5	1/5	C.M.O.
107	8	H	AA	C.C.E.	B.A.G.	15	AG	0	< 1/5	0	C.D.C.
108	9	F	SF	C.S.O.	B.A.D.	3	AD	0	2/5	1/5	L.D.
109	8	H	SF	C.C.E.	B.A.G.	7	AG	0	0	< 1/5	0
110	10	F	SF	Loisir	BAB	2	AG	0	0	0	0
111	7	F	SF	C.S.O.	B.A.G.	5	AG	0	2/5	0	C.D.C.
112	6	H	SF	C.S.O.	I.A.	5	AG	AD	2/5	2/5	C.D.C.
113	7	F	SF	C.S.O.	B.A.D.	32	AD	0	2/5	0	C.D.C.
114	3	M	SF	C.S.O.	Expertise	0,5	AG	0	1/5	1/5	C.D.C.
115	8	F	SF	Dress.	Scintigraphie	0,5	AG	0	3/5	0	C.D.C.
116	17	H	PS	Dress.	B.A.G.	15	AG	AD	3/5	0	C.D.C.
117	8	M	SF	C.S.O.	I.R.M.	3	AG	0	NR	NR	NR
118	13	H	SF	Loisir	B.A.D.	9	AD	0	3/5	1/5	C.D.C.
119	14	H	SF	Loisir	B.A.D.	12	AD	AG	2/5	0	C.M.O.
120	9	H	AA	Loisir	B.A.D.	8	AD	0	2/5	2/5	C.D.C.
121	15	F	SF	C.S.O.	B.A.G.	9	AG	0	1/5	1/5	C.D.O.
122	7	F	SF	Loisir	B.A.D.	4	AD	0	3/5	0	C.D.C.
123	6	H	SF	C.S.O.	B.A.G.	3	AG	0	0	0	0
124	12	H	SF	C.S.O.	Scintigraphie	7	AD	0	< 1/5	0	0
125	7	F	SF	C.S.O.	I.A.	4	AD	0	2/5		0
126	8	H	SF	C.S.O.	Scintigraphie	13	AD	0	1/5	0	C.D.C.

Cheval	Age (ans)	Sexe	Race	Discipline	Motif cons°.	Ancien- neté boiterie (mois)	Mb _{tend}	Autre Mb _{tend}	Grade	Flexion	Circons- tance
127	8	H	SF	C.S.O.	B.A.D.	0	AD	0	2/5	< 1/3	C.D.C.
128	10	H	SF	C.S.O.	B.P.D.	1,5	PD	0	2/5	1/3	C.D.C.
129	8	H	SF	C.S.O.	I.A.	24	AD	0	2/5	1/3	C.D.C.
130	10	M	SF	C.S.O.	I.A.	1	AG	0	0	0	0
131	7	H	SF	C.S.O.	Scintigr aphie	0	AG	0	< 1/5	1/3	L.D.
132	15	H	SF	Dress.	B.L.	0	AG	0	0	1/3	0
133	15	F	Argentin	Polo	I.A.D	5	AD	0	1/5	0	C.D.C.
134	6	F	SE	C.S.O.	B.A.D.	2	AD	0	2/5	1/3	C.D.C.
135	10	F	SE	C.S.O.	I.R.M.	5	AG	0	2/5	1/3	CD
136	10	F	SF	C.S.O.	BAB	35	AD	AG	2/5	< 1/3	C.D.C.
137	7	H	SF	Dress.	B.A.D.	9	AD	0	3/5	1/3	0
138	9	H	SF	C.C.E.	I.R.M.	13	AG	0	3/5	0	0
139	13	H	SE	Dress.	B.A.D.	3	AG	AD	2/5	0	C.D.O.
140	8	F	OI	Loisir	B.A.D.	4	AD	0	1/5	1/3	C.D.C.
141	15	F	SF	C.S.O.	B.A.D.	10	AD	0	2/5	1/3	0
142	7	H	SF	C.S.O.	BAB	5	AG	AD	2/5	< 1/3	C.D.C.
143	8	F	SF	C.S.O.	B.A.G.	24	AG	0	2/5	1/3	C.D.C.
144	6	H	SF	C.S.O.	B.A.D.	92	AD	AG	3/5	0	C.D.C.
145	11	F	AA	C.C.E.	B.A.D.	1	AD	AG	3/5	0	0
146	8	F	SF	C.S.O.	B.A.D.	2	AD	AG	2/5	< 1/3	C.D.C.
147	5	F	OI	Club	B.A.G.	5	AG	0	3/5	0	C.D.C.
148	6	F	SF	Loisir	I.A.	2	AD	AG	0	0	C.D.C.
149	9	M	SF	C.S.O.	B.A.D.	1	AD	0	2/5	1/3	C.D.C.
150	6	F	SF	C.S.O.	B.A.G.	8	AG	0	2/5	0	C.D.C.
151	7	H	SF	C.S.O.	B.A.D.	3	AD	0	2/5	1/3	C.D.C.
152	10	H	SF	C.S.O.	Scintigr aphie	5	AG	AD	1/5	2/3	C.D.C.
153	10	H	SF	C.S.O.	I.A.	1	AG	0	2/5	< 1/3	0
154	13	M	SF	C.S.O.	I.A.	48	AD	0	< 1/5	NR	0
155	6	H	SF	C.S.O.	B.L.		AD	0	1/5	1/3	C.D.C.
156	7	F	SF	C.S.O.	B.A.G.	1	AG	0	1/5	0	C.D.C.
157	11	H	SF	Instruction	B.A.G.	0,5	AD	AG	2/5	1/3	C.M.O.
158	8	F	SF	C.S.O.	B.L.	2	AD	0	1/5	1/3	C.D.C.
159	9	H	PS	Galop	B.A.G.	0	AD	0	3/5	0	0
160	9	F	SF	C.S.O.	B.A.D.	2	AD	0	1/5	2/3	CD
161	14	H	AA	C.C.E.	B.A.D.	2	AD	0	3/5	1/3	CD
162	9	H	AA	C.C.E.	B.A.G.	1	AG	0	1/5	1/3	C.D.C.
163	6	H	SF	C.S.O.	B.A.D.	12	AD	0	3/5	1/3	C.D.C.
164	7	F	SE	C.S.O.	B.A.D.	6	AD	0	2/5	< 1/3	C.D.C.
165	9	H	SF	C.S.O.	B.A.D.	1	AD	0	< 1/5	1/3	C.D.C.
166	7	H	AA	C.C.E.	B.A.D.	3	AD	0	1/5	1/3	C.D.C.
167	4	H	PS	Galop	B.L.	0	AD	0	0	1/3	0
168	14	H	SF	C.S.O.	I.R.M.	4	AD	0	3/5	1/3	C.D.C.
169	7	F	SF	C.S.O.	B.A.D.	3	AG	0	1/5	0	C.D.C.
170	9	H	NRPS	Dress.	Scintigr aphie	0	AD	0	0	0	0

Cheval	Age (ans)	Sexe	Race	Discipline	Motif cons°.	Ancien- neté boiterie (mois)	Mb _{tend}	Autre Mb _{tend}	Grade	Flexion	Circons- tance
171	10	H	SF	C.S.O.	B.A.D.	6	AD	AG	4/5	0	C.D.C.
172	11	H	SF	C.S.O.	B.A.G.	15	AG	AD	< 1/5	0	0
173	10	M	SF	C.S.O.	BAB	2	AG	AD	0	0	0
174	10	H	SF	C.S.O.	I.R.M.	13	AG	AD	1/5	0	C.D.C.
175	8	H	SE	C.S.O.	I.R.M.	18	AD	0	1/5	0	C.D.C.
176	9	M	SE	C.S.O.	I.R.M.	13	AD	0	1/5	0	C.D.C.
177	9	H	SE	C.S.O.	Scintigr aphie	0	AD	AG	< 1/5	1/3	C.D.C.
178	8	H	SF	C.S.O.	I.A.	13	AG	AD	2/5	2/3	CD
179	8	F	SF	Dress.	B.A.G.	3	AG	0	2/5	2/3	C.M.O.
180	7	M	SF	C.S.O.	B.A.G.	2	AG	0	2/5	1/3	C.D.C.
181	13	H	SF	C.S.O.	B.L.	48	AD	0	1/5	0	C.D.C.
182	8	F	SF	Dress.	Autres	0	AD	0	1/5	< 1/3	C.D.C.
183	13	F	SF	Dress.	B.A.D.	5	AD	AG	2/5	2/3	C.D.C.
184	8	F	SF	C.S.O.	I.R.M.	7	AD	AG	1/5	0	C.D.C.
185	9	M	SF	C.S.O.	Scintigr aphie	0	AD	0	0	0	0
186	10	M	SF	C.S.O.	Scintigr aphie	0	AD	0	0	0	0
187	10	H	SF	Loisir	B.A.G.	6	AG	0	2/5	2/3	C.D.C.
188	7	F	SF	C.S.O.	B.A.D.	5	AD	0	< 1/5	0	C.D.C.
189	6	M	TF	Trot	B.A.G.	5	AG	0	3/5	2/3	0
190	6	F	SF	C.S.O.	B.A.G.	4	AG	0	< 1/5	< 1/3	L.D.
191	8	H	SF	C.S.O.	Scintigr aphie	18	AD	0	1/5	< 1/3	C.M.O.
192	15	H	TF	Loisir	B.A.D.	3	AD	0	3/5	1/3	C.D.C.
193	9	H	SF	C.S.O.	B.L.	0	AD	AG	< 1/5	0	C.D.C.
194	4	F	TF	C.S.O.	B.A.D.	0,5	AD	0	1/5	1/3	C.D.C.
195	9	H	SF	C.C.E.	B.A.D.	3	AD	0	3/5	NR	0
196	7	F	SF	C.S.O.	B.A.D.	2	AD	AG	2/5	2/3	C.D.C.
197	9	H	SF	C.S.O.	B.A.G.	4	AG	0	2/5	0	CD
198	10	H	SF	C.S.O.	I.A.	8	AG	AD	1/5	< 1/3	C.D.C.
199	8	H	AA	C.C.E.	B.A.D.	12	AD	0	< 1/5	< 1/3	L.D.
200	7	F	SF	C.S.O.	I.R.M.	7	AG	AD	3/5	< 1/3	C.D.O.
201	7	H	SF	C.S.O.	B.A.G.	3	AG	0	3/5	1/3	C.D.C.
202	10	H	SE	C.S.O.	I.R.M.	13	AD	0	3/5	2/3	C.M.O.
203	8	F	SF	C.S.O.	Scintigr aphie	36	AG	0	1/5	2/3	C.D.C.
204	13	H	SF	C.C.E.	B.A.D.	1	AD	0	2/5	0	C.D.C.
205	4	M	SF	C.S.O.	B.A.D.	4	AD	AG	2/5	2/3	C.D.O.

S = sexe : F femelle, H hongre, M mâle

Discipline : C.S.O. concours de saut d'obstacles, C.C.E. concours complet d'équitation, Dress. Dressage.

Motif cons° = motif de consultation : B.A.G. boiterie antérieure gauche (B.A.D. droite), BAB boiterie antérieure bilatérale, B.P.G. boiterie postérieure gauche (B.P.D. droite), B.L. bilan locomoteur, I.A. imagerie des pieds antérieurs

Mb_{tend} = membre présentant une tendinopathie du T.F.P.D. en région digitale distale (membre le plus boiteux).

Autre Mb_{tend} = autre membre présentant une tendinopathie du T.F.P.D. en région digitale distale (membre le moins boiteux).

Grade = grade de la boiterie (échelle de 0 à 5) (membre le plus boiteux).

Flexion = test de flexion de Mb_{tend} (membre le plus boiteux).

Circonstance = circonstance de l'examen locomoteur dans laquelle la boiterie est maximale : C.D.C. cercle dur à main correspondante, C.D.O. cercle dur main opposée, C.M.C. cercle mou main correspondante, C.M.O. cercle mou main opposée, L.D. ligne droite, 0 pas de circonstance particulièrement aggravante.

Annexe 2 : Examen physique des chevaux de l'étude.

Cheval	Mb tendinop	Autre Mb tendinop	Position antalgique	Pied étroit et / talons hauts	Test de la planche	Distension IPD	Engorgement creux paturon	Sensibilité pince exploratrice	Distension gainé digitale
1	AD	0	Protraction	0	2	1	0	0	0
2	AG	0	N.R.						
3	AD	0	Protraction	0	0	0	1	0	0
4	AD	0	0	1	0	0	1	1	0
5	AD	0	Protraction	1	0	0	0	0	0
6	AD	0	N.R.						
7	AG	0	0	1	1	0	1	0	0
8	AD	0		1	1	0	1	1	0
9	AG	0	N.R.						
10	AD	0	Protraction	1	2	0	1	0	1
11	AD	0	Protraction	1	1	0	1	0	0
12	AD	0	Protraction	1	1	0	0	0	0
13	AG	0	0	1	0	0	0	0	0
14	AG	0	Protraction	1	1	0	0	0	0
15	AD	0	0	0	1	0	0	0	0
16	PG	0		0	0	0	0	1	0
17	AD	AG	0	1	1	0	0	0	0
18	AD	0	0	0	2	0	0	0	0
19	PG	0	0	<i>Amyo fessière</i>	0	0	1	0	0
20	PG	0	Protraction	0	0	0	1	1	1
21	AG	0	Protraction	<i>Amyo épaule</i>	2	0	0	0	0
22	AG	0	0	0	0	0	0	0	0
23	AG	AD	N.R.						
24	AD	AG	0	0	0	0	1	0	0
25	AG	0	0	0	0	1	0	0	0
26	AD	0	0	1	0	1	0	1	0
27	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
28	AD	0	0	1	1	0	0	0	0
29	AD	0	0	0	1	0	0	1	0
30	AG	0	Protraction	0	1	1	0	1	0
31	AD	0	0	1	1	1	0	0	0
32	AG	0	0	0	1	0	0	1	0
33	AG	0	Protraction	1	1	1	0	1	0
34	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
35	AG	AD	0	0	0	0	0	0	0
36	AG	0	0	1	1	0	0	0	1
37	AG	0	0	0	1	1	0	0	1
38	AD	0	Protraction	0	1	0	0	0	0
39	AD	0	0	1	0	1	0	0	0
40	AG	0	0	0	0	0	0	0	0
41	AG	0	Protraction	1	1	0	0	1	0
42	AD	0	Rétraction	1	1	0	0	0	0
43	AD	0	0	1	0	0	1	1	0
44	AG	AD	0	0	0	0	0	0	0
45	AD	AG	0	0	0	0	0	0	0
46	AG	0	0	0	1	1	1	0	0

Cheval	Mb tendinop	Autre Mb tendinop	Position antalgique	Pied étroit et / talons hauts	Test de la planche	Distension IPD	Engorgement creux paturon	Sensibilité pince exploratrice	Distension gaine digitale
47	AG	0	Protraction	0	0	0	0	0	0
48	AG	0	0	0	1	0	0	1	0
49	AG	0	Protraction	0	1 (AD)	2	1	0	0
50	AG	0	0	1	1	0	0	1	0
51	AG	0	0	0	1	1	0	1	0
52	AG	AD	Protraction	0	0	2	1	1	0
53	AD	AG		0	0	0	1	0	0
54	AD	0	Protraction	1	1	2	0	1	0
55	AG	0	Protraction	0	1	1	0	0	1
56	AG	0	0	1	0	1	0	1	0
57	AG	0	Protraction	0	2	0	0	0	0
58	AG	0	Protraction	1	1	0	0	1	0
59	AG	AD	Protraction	0	1	0	0	0	0
60	AG	0	0	0	0	1	0	0	0
61	AG	0	0	1	1	2	0	0	0
62	PD	0	0	1 + amy fessière	0	0	0	0	0
63	AG	0	0	1	0	0	1	1	0
64	AD	0	0	1	1	0	1	1	0
65	AG	0	Protraction	0	1	0	1	0	0
66	AG	0	0	0	0	0	0	0	1
67	AG	0	Protraction	0	0	0	1	1	0
68	AG	0	Protraction	0	1	2	0	0	0
69	AG	0	Protraction	0	1	2	0	0	0
70	AD	0	0	1	1	0	0	1	0
71	AD	0	0	1	1	0	0	0	0
72	AD	0	0	1	0	1	0	0	0
73	AD	0	0	0	0	0	1	0	0
74	AD	0	0	0	1	1	0	0	0
75	AD	0	0	0	1	1	0	0	0
76	AG	0	0	1	2	0	1	0	0
77	AD	0	0	1	1	1	0	1	0
78	AD	AG	Protraction	0	1	0	0	0	0
79	AD	0	Protraction	1	0	0	0	1	0
80	AG	AD	Protraction	0	1	0	0	0	0
81	AD	0	Protraction	0	0	0	0	0	0
82	AD	0	0	0	1	0	0	0	0
83	AG	0	Suppression appui	0	0	0	1	1	0
84	AD	AG	0	0	0	1	0	0	0
85	AG	0	Protraction	0	1	2	0	1	0
86	AG	0	Protraction	0	0	0	0	0	0
87	AG	0	0	0	1	1	1	0	0
88	AD	AG	0	0	0	0	0	0	0
89	AD	AG	Protraction	0	0	0	0	1	0
90	AD	AG	Protraction AD	0	2	0	0	0	0
91	AG	0	0	1	1	0	0	0	1
92	AD	0	0	0	0	0	0	0	0

Cheval	Mb tendinop	Autre Mb tendinop	Position antalgique	Pied étroit et / talons hauts	Test de la planche	Distension IPD	Engorgement creux paturon	Sensibilité pince exploratrice	Distension gaine digitale
93	AG	0	0	0	1	0	0	0	0
94	AD	0	0	0	0	1	0	0	0
95	AD	0	0	1	1	0	1	0	0
96	AD	0	Campée sur les 2 antérieurs	0	0	0	0	0	1
97	AG	0	0	1	1	1	0	1	0
98	AD	AG	Protraction	0	2	1	0	0	0
99	AG	0	0	0	1	0	0	0	0
100	AG	0	0	0	0	0	1	0	0
101	AG	AD	Protraction AG	0	0	0	0	0	0
102	AG	0	Protraction	0	1	0	1	0	0
103	AG	0	Protraction	0	0	0	0	0	0
104	AD	0	Protraction	1	1	0	0	1	0
105	AG	0	0	0	1	1	0	0	0
106	AD	0	Protraction	0	1	0	1	0	0
107	AG	0	Protraction	0	1	0	1	0	0
108	AD	0	Protraction	0	2	1	0	0	0
109	AG	0	0	0	0	0	1	0	0
110	AG	0	0	0	2	2	0	1	0
111	AG	0	Protraction	1	0	0	0	0	0
112	AG	AD	0	1	0	2	0	0	0
113	AD	0	0	1	0	1	1	0	0
114	AG	0	0	0	0	0	0	0	0
115	AG	0	0	0	0	0	0	0	0
116	AG	AD	0	1	1	0	0	0	0
117	AG	0	0	0	1	0	1	0	0
118	AD	0	0	1	1	0	0	0	0
119	AD	AG	0	0	1	0	0	0	0
120	AD	0	Protraction	0	0	0	0	0	0
121	AG	0	0	1	0	0	0	0	0
122	AD	0	Protraction	1	2	2	0	0	0
123	AG	0	0	0	1	2	0	1	0
124	AD	0	0	1	0	0	0	0	1
125	AD	0	0	0	0	0	1	0	1
126	AD	0	0	0	1	1	1	0	0
127	AD	0	Protraction	0	0	0	0	0	0
128	PD	0	0	0	0	0	0	0	0
129	AD	0	Protraction	1	2	0	0	0	0
130	AG	0	Protraction	0	1	0	1	0	0
131	AG	0	0	0	0	0	0	1	0
132	AG	0	Protraction	0	0	2	1	0	0
133	AD	0	Protraction	1	1	0	0	0	0
134	AD	0	Protraction	0	1	1	0	1	0
135	AG	0	0	1	0	0	0	0	0
136	AD	AG	Protraction AD	1	2	0	0	0	0
137	AD	0	Protraction	1	1	0	0	0	0
138	AG	0	Protraction	0	1	0	1	0	0

Cheval	Mb tendinop	Autre Mb tendinop	Position antalgique	Pied étroit et / talons hauts	Test de la planche	Distension IPD	Engorgement creux paturon	Sensibilité pince exploratrice	Distension gaine digitale
139	AG	AD	0	0	0	0	0	0	0
140	AD	0	Protraction	0	0	1	0	1	0
141	AD	0	Protraction	0	1	0	1	0	0
142	AG	AD	Protraction	0	1	2	0	0	0
143	AG	0	0	0	0	1	0	0	0
144	AD	AG	Protraction	1	0	2	0	1	0
145	AD	AG	Protraction	1	0	1	0	0	0
146	AD	AG	Protraction	0	0	0	0	0	0
147	AG	0	Protraction	1	1	0	0	0	0
148	AD	AG	Protraction	0	1	0	0	0	0
149	AD	0	Protraction	1	0	0	0	0	0
150	AG	0	Protraction	0	0	0	0	0	0
151	AD	0	Protraction	1	1	1	0	0	0
152	AG	AD	0	0	0	0	0	0	0
153	AG	0	Rétraction	1 + amy épaule	0	0	0	0	0
154	AD	0	0	1	0	1	1	0	0
155	AD	0	0	1	0	0	1	0	0
156	AG	0	0	1	0	0	0	0	0
157	AD	AG	Protraction	1	1	0	0	0	0
158	AD	0	0	1	0	0	1	0	0
159	AD	0	0	1	0	0	0	0	0
160	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
161	AD	0	Protraction	1	0	0	0	0	0
162	AG	0	0	0	1	2	0	0	0
163	AD	0	Protraction	1	0	0	1	0	0
164	AD	0	Protraction	1	1	2	0	0	0
165	AD	0	0	1	1	0	0	0	0
166	AD	0	0	1	0	0	0	0	0
167	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
168	AD	0	0	1	1	0	0	1	0
169	AG	0	0	1	0	0	1	0	0
170	AD	0	0	1	0	0	0	0	0
171	AD	AG	Protraction	0	1	1	0	1	0
172	AG	AD	Protraction	1	0	0	0	0	0
173	AG	AD	0	0	0	1	0	0	0
174	AG	AD	0	1	2	2	0	0	0
175	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
176	AD	0	0	1	0	0	0	0	0
177	AD	AG	0	1	0	0	0	0	0
178	AG	AD	0	0	1	0	0	0	0
179	AG	0	0	0	0	0	0	1	0
180	AG	0	Protraction	1	0	0	0	0	0
181	AD	0	Campée sur les 2 antérieurs	1	0	0	1	0	0
182	AD	0	0	1	0	0	1	0	0
183	AD	AG	Protraction	0	1	0	0	0	0
184	AD	AG	Protraction	0	2	0	0	0	0

Cheval	Mb tendinop	Autre Mb tendinop	Position antalgique	Pied étroit et / talons hauts	Test de la planche	Distension IPD	Engorgement creux paturon	Sensibilité pince exploratrice	Distension gaine digitale
185	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
186	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
187	AG	0	Protraction	0	0	1	1	0	0
188	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
189	AG	0	Protraction	1	1	0	0	0	0
190	AG	0	0	1	0	0	0	0	0
191	AD	0	0	1	0	0	1	0	0
192	AD	0	Protraction	1	0	1	0	0	0
193	AD	AG	0	0	1	0	0	0	0
194	AD	0	0	0	1	0	1	0	0
195	AD	0	Rétraction	1	0	0	0	0	0
196	AD	AG	Protraction	1	1	0	0	0	0
197	AG	0	0	1	1	0	0	0	0
198	AG	AD	Protraction	0	1	0	0	0	0
199	AD	0	Rétraction	1	0	0	0	0	0
200	AG	AD	Protraction	0	0	0	0	0	0
201	AG	0	0	1	0	0	0	0	0
202	AD	0	0	1	0	1	0	0	0
203	AG	0	0	1	0	0	0	0	0
204	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
205	AD	AG	0	0	0	0	0	1	0

☐ 1 = *présent*

☐ 0 = *absent*

Annexe 3 : Réponse aux anesthésies diagnostiques effectuées par le vétérinaire référant et par les cliniciens du centre.

Cheval	Mb tendinop	A.D.D.	A.D.M.	A.D.P.	A.I.P.D.	Anesth B.P.T.
1	AD	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR
2	AG	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR
3	AD	Nevrèctomie nerfs digitaux propres il y a un an				
4	AD	+ ≤ 50 %	NR	NR	+ > 50 %	NR
5	AD	NR	NR	NR	NR	NR
6	AD	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR
7	AG	NR	NR	NR	NR	NR
8	AD	NR	NR	NR	NR	NR
9	AG	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR
10	AD	NR	NR	NR	NR	NR
11	AD	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR
12	AD	NR	+ > 50 %	NR	NR	NR
13	AG	+ > 50 %	NR	+ > 50 %	NR	NR
14	AG	NR	NR	NR	NR	NR
15	AD	NR	+ > 50 %	NR	NR	NR
16	PG	NR	NR	NR	NR	NR
17	AD	+ > 50 %	+ > 50 %	NR	NR	NR
18	AD	NR	NR	NR	NR	NR
19	PG	NR	NR	+ ≤ 50 %	NR	NR
20	PG	NR	NR	NR	NR	NR
21	AG	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR
22	AG	+ > 50 %	+ > 50 %	NR	NR	NR
23	AG	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR
24	AD	+ > 50 %	NR	NR	négatif	NR
25	AG	NR	NR	NR	+ > 50 %	NR
26	AD	+ > 50 %	+ > 50 %	NR	NR	NR
27	AD	+ > 50 %	NR	NR	+ ≤ 50 %	NR
28	AD	+ > 50 %	négatif	NR	NR	NR
29	AD	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR
30	AG	NR	NR	NR	+ > 50 %	NR
31	AD	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR
32	AG	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR
33	AG	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR
34	AD	NR	NR	NR	NR	NR
35	AG	NR	NR	NR	NR	NR
36	AG	NR	NR	NR	NR	NR
37	AG	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR
38	AD	NR	NR	NR	NR	NR
39	AD	NR	+ > 50 %	NR	NR	NR
40	AG	NR	NR	NR	NR	NR
41	AG	NR	NR	NR	NR	NR
42	AD	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR
43	AD	NR	NR	NR	NR	NR
44	AG	NR	+ > 50 %	NR	NR	NR
45	AD	NR	NR	+ > 50 %	NR	NR
46	AG	NR	NR	+ > 50 %	NR	NR
47	AG	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR

Cheval	Mb tendinop	A.D.D.		A.D.M.	A.D.P.	A.I.P.D.	Anesth B.P.T.
48	AG	NR		NR	NR	+ > 50 %	NR
49	AG	NR		NR	NR	NR	NR
50	AG	NR		NR	NR	NR	NR
51	AG	NR		NR	NR	NR	NR
52	AG	+ > 50 %		NR	NR	NR	NR
53	AD	NR		+ > 50 %	NR	NR	NR
54	AD	NR		NR	NR	NR	NR
55	AG	NR		NR	+ > 50 %	NR	NR
56	AG	NR		NR	NR	NR	NR
57	AG	+ > 50 %		NR	NR	NR	NR
58	AG	NR		+ > 50 %	NR	NR	NR
59	AG	NR		+ > 50 %	NR	NR	NR
60	AG	NR		NR	+ > 50 %	+ > 50 %	NR
61	AG	+ > 50 %		NR	NR	NR	NR
62	PD	NR		NR	NR	NR	NR
63	AG	NR		NR	NR	NR	NR
64	AD	+ > 50 %		NR	NR	NR	NR
65	AG	NR		NR	NR	NR	NR
66	AG	NR		NR	NR	NR	NR
67	AG	NR		NR	NR	NR	NR
68	AG	NR		NR	+ > 50 %	NR	NR
69	AG	NR		NR	NR	NR	NR
70	AD	+ > 50 %		NR	NR	NR	NR
71	AD	+ > 50 %		NR	NR	NR	NR
72	AD	NR		NR	+ > 50 %	NR	NR
73	AD	+ > 50 %	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR
74	AD	négatif		NR	NR	+ > 50 %	NR
75	AD	+ > 50 %		+ > 50 %	NR	NR	NR
76	AG	négatif		NR	NR	NR	NR
77	AD	NR		NR	NR	NR	NR
78	AD	NR		+ > 50 %	NR	NR	NR
79	AD	NR		NR	NR	NR	NR
80	AG	NR		NR	NR	NR	NR
81	AD	NR		NR	+ > 50 %	+ > 50 %	NR
82	AD	NR		NR	NR	NR	NR
83	AG	NR		NR	NR	NR	NR
84	AD	NR		NR	NR	+ > 50 %	NR
85	AG	NR		+ > 50 %	NR	NR	NR
86	AG	NR		NR	NR	NR	NR
87	AG	NR		NR	NR	NR	NR
88	AD	NR		NR	+ > 50 % bilatérale	NR	NR
89	AD	NR		NR	NR	NR	NR
90	AD	NR		NR	NR	NR	NR
91	AG	NR		+ > 50 %	NR	NR	NR
92	AD	NR		NR	NR	NR	NR
93	AG	+ > 50 %		NR	NR	+ > 50 %	NR
94	AD	+ > 50 %		NR	NR	NR	NR
95	AD	négatif		NR	NR	NR	NR

Cheval	Mb tendinop	A.D.D.		A.D.M.	A.D.P.	A.I.P.D.	Anesth B.P.T.
96	AD	+ > 50 %		NR	NR	NR	NR
97	AG	NR		NR	NR	NR	NR
98	AD	+ > 50 %		NR	NR	NR	NR
99	AG	NR		NR	NR	NR	NR
100	AG	+ > 50 %		NR	NR	NR	NR
101	AG	NR		NR	NR	NR	NR
102	AG	NR		NR	NR	NR	NR
103	AG	+ > 50 %		NR	NR	NR	NR
104	AD	NR		NR	NR	NR	NR
105	AG	NR		NR	NR	+ > 50 %	+ > 50 %
106	AD	NR		NR	NR	NR	NR
107	AG	NR		NR	NR	NR	NR
108	AD	NR		NR	NR	NR	NR
109	AG	NR		NR	NR	NR	NR
110	AG	NR		NR	NR	NR	NR
111	AG	+ > 50 %		NR	NR	+ > 50 %	NR
112	AG	NR		+ > 50 %	NR	NR	NR
113	AD	+ > 50 %		NR	NR	NR	NR
114	AG	NR		NR	NR	NR	NR
115	AG	NR		NR	NR	NR	NR
116	AG	+ > 50 %		NR	NR	NR	NR
117	AG	+ > 50 %		NR	NR	NR	NR
118	AD	NR		NR	NR	NR	NR
119	AD	NR		NR	NR	NR	NR
120	AD	NR		NR	NR	NR	NR
121	AG	NR		0 (également surcharge condyle métacarpien)	NR	NR	NR
122	AD	NR		NR	NR	NR	NR
123	AG	NR		NR	NR	+ > 50 %	NR
124	AD	+ > 50 %		NR	NR	NR	NR
125	AD	+ > 50 %		NR	NR	NR	NR
126	AD	négatif		NR	NR	NR	NR
127	AD	NR		+ > 50 %	NR	NR	NR
128	PD	+ > 50 %	+ > 50 %	NR	+ > 50 %	NR	NR
129	AD	NR		NR	NR	NR	NR
130	AG	NR		NR	NR	NR	+ > 50 %
131	AG	NR		NR	NR	NR	NR
132	AG	NR		NR	NR	NR	NR
133	AD	NR		NR	NR	NR	NR
134	AD	NR		NR	+ > 50 %	NR	NR
135	AG	NR		NR	NR	NR	NR
136	AD	+ > 50 % bilatérale		+ > 50 %	NR	NR	NR
137	AD	+ > 50 %		NR	NR	NR	NR
138	AG	NR		NR	NR	NR	NR
139	AG	NR		NR	NR	+ > 50 %	NR
140	AD	NR		NR	NR	NR	NR

Cheval	Mb tendinop	A.D.D.	A.D.M.	A.D.P.	A.I.P.D.	Anesth B.P.T.
141	AD	NR	NR	NR	+ > 50 %	NR
142	AG	NR	NR	+ > 50 % bilatérale	NR	NR
143	AG	NR	NR	NR	NR	NR
144	AD	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR
145	AD	NR	NR	NR	NR	NR
146	AD	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR
147	AG	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR
148	AD	NR	NR	NR	+ > 50 %	NR
149	AD	NR	NR	NR	NR	NR
150	AG	NR	+ > 50 %	NR	NR	NR
151	AD	NR	+ > 50 %	NR	+ > 50 %	NR
152	AG	NR	+ > 50 %	NR	NR	NR
153	AG	NR	NR	+ > 50 %	NR	NR
154	AD	NR	+ > 50 %	NR	NR	NR
155	AD	NR	NR	NR	NR	NR
156	AG	+ > 50 % bilatérale	NR	NR	NR	NR
157	AD	NR	NR	NR	NR	NR
158	AD	NR	NR	+ > 50 %	NR	NR
159	AD	NR	NR	NR	NR	NR
160	AD	NR	NR	NR	NR	NR
161	AD	NR	NR	+ > 50 %	NR	NR
162	AG	+ > 50 %	NR	NR	+ > 50 %	NR
163	AD	NR	NR	NR	NR	NR
164	AD	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR
165	AD	NR	NR	+ > 50 %	NR	NR
166	AD	+ > 50 %	NR	NR	+ > 50 %	NR
167	AD	NR	NR	NR	NR	NR
168	AD	NR	NR	NR	NR	NR
169	AG	NR	NR	NR	NR	NR
170	AD	NR	NR	NR	NR	NR
171	AD	NR	NR	NR	NR	NR
172	AG	néгатif	NR	NR	néгатif	NR
173	AG	NR	NR	NR	NR	NR
174	AG	NR	NR	NR	+ > 50 %	+ > 50 %
175	AD	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR
176	AD	+ > 50 %	NR	NR	NR	+ > 50 %
177	AD	NR	NR	NR	NR	NR
178	AG	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR
179	AG	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR
180	AG	NR	+ > 50 %	NR	NR	NR
181	AD	NR	NR	NR	NR	NR
182	AD	NR	NR	NR	NR	NR
183	AD	NR	NR	+ > 50 %	NR	NR
184	AD	NR	NR	NR	+ > 50 %	NR
185	AD	NR	NR	NR	NR	NR
186	AD	NR	NR	NR	NR	NR
187	AG	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR
188	AD	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR
189	AG	NR	NR	+ > 50 %	NR	NR

Cheval	Mb tendinop	A.D.D.	A.D.M.	A.D.P.	A.I.P.D.	Anesth B.P.T.
190	AG	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR
191	AD	NR	négatif	négatif	NR	NR
192	AD	NR	NR	NR	NR	NR
193	AD	NR	NR	NR	NR	NR
194	AD	NR	NR	+ > 50 %	NR	+ > 50 %
195	AD	NR	NR	NR	NR	NR
196	AD	NR	NR	NR	NR	NR
197	AG	NR	NR	NR	NR	NR
198	AG	NR	NR	NR	NR	NR
199	AD	NR	NR	NR	NR	NR
200	AG	+ > 50 %	NR	NR	NR	NR
201	AG	NR	+ > 50 %	NR	NR	NR
202	AD	NR	NR	NR	NR	NR
203	AG	+ ≤ 50 %	NR	négatif	NR	NR
204	AD	NR	+ > 50 %	NR	NR	NR
205	AD	NR	NR	NR	NR	NR

	anesthésie réalisée par le vétérinaire référant
	réalisée par les cliniciens du centre

A.D.D. : anesthésie digitale distale,

A.D.M. : anesthésie digitale moyenne,

AD.P. : anesthésie digitale proximale,

A.I.P.D. : anesthésie de l'articulation inter-phalangienne distale,

Anesth B.P.T. : anesthésie synoviale de la bourse podo-trochléaire.

Négatif	= négatif
+ ≤ 50 %	= positif, boiterie améliorée à moins de 50 %
+ > 50 %	= positif, boiterie améliorée à plus de 50 %

	= absent
--	----------

Annexe 4 : Tendinopathies et signes échographiques sur le T.F.P.D.

Cheval	Mb tendinop	Locali- -sation	Lobe	Epaissi- -ssement	Echogénicité diminuée	Echogénicité augmentée	Minérali- -sation	Hétérogénéité
1	AD	S+SS	M		1			
2	AG	SS	M		1			
3	AD	SS	2	1				
4	AD	S+SS	L			1		
5	AD	S	2					
6	AD	S+SS	M	1			1	
7	AG	SS	L	1				
8	AD	SS	M	1				1
9	AG	IS	0	1				
10	AD	IS+S+SS	2	1			1	1
11	AD	SS	M	1				
12	AD	SS	2			1		
13	AG	SS	2	1				1
14	AG	SS	M					
15	AD	IS	0	1				
16	PG	SS	L			1		
17	AD	SS	M	1				
17	AG	SS	M	1				
18	AD	IS	0	1				
19	PG	IS	0	1				
20	PG	S	2	1				
21	AG	IS	0	1				
22	AG	SS	L	1				
23	AG	IS+SS	2	1	1			
23	AD	IS+SS	2			1		
24	AD	S+SS	M	1	1		1	
24	AG	S+SS	M	1	1			
25	AG	SS	M	1				
26	AD	S	M	1				
27	AD	IS	0		1			
28	AD	SS	L	1			1	1
29	AD	IS+S+SS	L	1				
30	AG	SS	L	1				
31	AD	IS+S	2		1			
32	AG	S	2					
33	AG	S+SS	L	1	1			
34	AD	IS	0					
35	AG	S	L	1				
35	AD	S	2	Absence de signes échographiques - Diagnostic par I.R.M.				
36	AG	SS	M			1		
37	AG	IS+S	L		1			
38	AD	SS	L	1				
39	AD	S+SS	2	1		1		
40	AG	IS	0	1				
41	AG	S+SS	M	1	1			
42	AD	SS	2			1		1
43	AD	SS	2	1				
44	AG	S+SS	M	Absence de signes échographiques - Diagnostic par I.R.M.				
44	AD	S+SS	M	Absence de signes échographiques - Diagnostic par I.R.M.				
45	AD	S	2					1
45	AG	S	2					1
46	AG	IS+S+SS	2	1				1
47	AG	S	L		1		1	
48	AG	S+SS	M	1		1		

Cheval	Mb tendinop.	Locali- -sation	Lobe	Epaissi- -sment	Echogénicité diminuée	Echogénicité augmentée	Minérali- -sation	Hétérogénéité
49	AG	S+SS	L	1				
50	AG	IS+S+SS	L	1		1		
51	AG	SS	L	Absence de signes échographiques - Diagnostic par I.R.M.				
52	AG	IS+S	M		1			1
52	AD	SS	2	Absence de signes échographiques - Diagnostic par I.R.M.				
53	AD	SS	2	1			1	
53	AG	SS	2	1				
54	AD	SS	L	1	1			
55	AG	IS	0	1	1			
56	AG	SS	2			1		
57	AG	IS+S+SS	L	1		1		
58	AG	IS	0		1			
59	AG	IS	0	1	1			
59	AD	IS	0	1	1			
60	AG	IS+SS	M	1				
61	AG	SS	L	1				
62	PD	S+SS	M	1			1	
63	AG	S+SS	2	1				
64	AD	SS	2	1				1
65	AG	SS	M	1		1	1	
66	AG	SS	2				1	
67	AG	SS	M	1				
68	AG	IS+S	0	1	1			
69	AG	IS+SS	2	1	1		1	1
70	AD	S	2				1	1
71	AD	IS+S	2	1				1
72	AD	SS	M		1			
73	AD	SS	2	1				
74	AD	S+SS	M	1		1		
75	AD	IS+SS	L					
76	AG	S	2	1			1	
77	AD	IS+S+SS	2	1	1		1	
78	AD	IS	0			1		
78	AG	IS	0					1
79	AD	IS+SS	M	1				1
80	AG	SS	M				1	
80	AD	SS	M				1	
81	AD	IS+S+SS	M	1				
82	AD	S+SS	M	1	1	1		
83	AG	IS+S+SS	L	1	1	1		
84	AD	SS	L	1				1
84	AG	SS	M	1				1
85	AG	S+SS	M	1				
86	AG	SS	L	1		1		
87	AG	SS	M	1		1		
88	AD	SS	M			1		1
88	AG	SS	M	1				1
89	AD	SS	M	1				
89	AG	SS	M	1	1			
90	AD	SS	L	1		1		
90	AG	SS	M	1	1			
91	AG	SS	2		1	1		
92	AD	SS	M	1				
93	AG	SS	M	1				1
94	AD	S	2			1		
95	AD	SS	M	1				

Cheval	Mb tendinop	Locali- -sation	Lobe	Epaissi- -sment	Echogénicité diminuée	Echogénicité augmentée	Minérali- -sation	Hétérogénéité
96	AD	SS	2	Absence de signes échographiques - Diagnostic par I.R.M.				
97	AG	SS	2					1
98	AD	SS	L	1	1			
98	AG	SS	M	1				1
99	AG	SS	M					1
100	AG	IS+SS	M	1				
101	AG	SS	M	1	1			
101	AD	SS	M	1	1			
102	AG	SS	M	1	1			
103	AG	SS	L	1				
104	AD	IS+S	M	1				
105	AG	S+SS	L	1				
106	AD	IS+S+SS	M	1	1			
107	AG	SS	M	1				1
108	AD	S+SS	2	1	1			
109	AG	SS	2	1	1			
110	AG	SS	2			1		
111	AG	IS+S+SS	M	1				
112	AG	IS+S+SS	L	1	1			
112	AD	IS+S+SS	L	1	1			
113	AD	SS	2	1				1
114	AG	IS	0	1				
115	AG	IS+SS	M	1				1
116	AG	IS+SS	L	1				
116	AD	SS	M	1				
117	AG	IS+S+SS	M	1				
118	AD	SS	2	1				
119	AD	SS	M	1				
119	AG	SS	M	1				
120	AD	IS+SS	M	1	1			
121	AG	SS	M	1				
122	AD	SS	2	1				
123	AG	IS+SS	M	1	1			
124	AD	SS	L	1				
125	AD	SS	2	1				1
126	AD	SS	2					
127	AD	IS+S+SS	2	1			1	1
128	PD	SS	M	1				
129	AD	SS	2	1				
130	AG	SS	2			1		
131	AG	S	L	1				
132	AG	SS	2	1				1
133	AD	S+SS	L				1	
134	AD	SS	L	1		1		
135	AG	S+SS	L	1		1		
136	AD	SS	2					
136	AG	SS	2	1				
137	AD	SS	L	1				1
138	AG	SS	L	1				
139	AG	SS	L	1				
139	AD	SS	L	1				
140	AD	IS	0	1	1			
141	AD	SS	L	1	1	1		
142	AG	SS	L	1				
142	AD	SS	M	1				
143	AG	SS	M	1				

Cheval	Mb tendinop	Locali- -sation	Lobe	Epaissi- -sment	Echogénicité diminuée	Echogénicité augmentée	Minérali- -sation	Hétérogénéité
144	AD	SS	L	1		1		
144	AG	SS	L	1		1		
145	AD	IS+S+SS	M	1	1			1
145	AG	SS	M	1				1
146	AD	IS+SS	L	1				
146	AG	IS	0					
147	AG	IS	0	1	1		1	1
148	AD	IS+S	M	1		1		
148	AG	IS	M	1	1			
149	AD	SS	M	1		1		
150	AG	IS+SS	M	1		1		
151	AD	S+SS	M	1			1	
152	AG	IS	0	1	1			
152	AD	SS	L	1				
153	AG	IS+SS	L	1		1		
154	AD	IS+SS	2	1				
155	AD	IS+SS	2	1	1			
156	AG	SS	M	1				
157	AD	IS+SS	2	1	1	1		
157	AG	IS+SS	2	1	1	1		
158	AD	IS	0	1	1			
159	AD	IS+S+SS	L	1			1	
160	AD	SS	2	1				
161	AD	SS	M	1				
162	AG	SS	L	1			1	1
163	AD	SS	L	1			1	
164	AD	IS+S+SS	L	1	1			1
165	AD	SS	M	1				
166	AD	SS	M	1		1		1
167	AD	IS	0	1				
168	AD	S+SS	L	1				1
169	AG	S+SS	2	1				
170	AD	SS	L	1				
171	AD	SS	2	1		1		
171	AG	SS	L	1		1		
172	AG	SS	L	1				1
172	AD	SS	M	1				1
173	AG	IS	0	1	1			
173	AD	IS	0	1	1			
174	AG	IS+SS	L	1				1
174	AD	SS	L	Absence de signes échographiques - Diagnostic par I.R.M.				
175	AD	SS	L	Absence de signes échographiques - Diagnostic par I.R.M.				
176	AD	SS	L	Absence de signes échographiques - Diagnostic par I.R.M.				
177	AD	SS	L	1		1		1
177	AG	IS	0					1
178	AG	SS	L	1		1		
178	AD	SS	L	1				
179	AG	SS	L	1				1
180	AG	IS	0		1			
181	AD	SS	M	1				
182	AD	SS	2	1	1			
183	AD	IS+SS	L	1				1
183	AG	IS	M	1	1			
184	AD	IS+SS	2	1				1
184	AG	SS	M	1				
185	AD	IS	0					1

Cheval	Mb tendinop	Locali- -sation	Lobe	Epaissi- -sment	Echogénicité diminuée	Echogénicité augmentée	Minérali- -sation	Hétérogénéité
186	AD	SS	M	1				
187	AG	IS+S+SS	L	1			1	
188	AD	SS	L					
189	AG	IS+S	2	1	1			
190	AG	IS+SS	M	1	1	1		
191	AD	SS	M	1		1		
192	AD	IS+SS	M	1				1
193	AD	IS	0	1	1			
193	AG	SS	M	1				1
194	AD	SS	L	1				
195	AD	IS	0	1				1
196	AD	SS	L	1		1		
196	AG	SS	M	1		1		
197	AG	SS	L	1		1		1
198	AG	SS	L	1				1
198	AD	SS	M	1				
199	AD	SS	M	1		1		
200	AG	IS+SS	2	1		1		
200	AD	IS	0	1		1		1
201	AG	IS	0	1				
202	AD	SS	2	Absence de signes échographiques - Diagnostic par I.R.M.				
203	AG	IS+SS	L	1	1	1		1
204	AD	IS	0		1			
205	AD	SS	L	1				
205	AG	SS	M	1				

Lobe : M médial, L latéral, 2 atteinte de deux lobes

☐ 1 = présent

☐ = absent

Annexe 5 : Tendinopathies et signes radiographiques.

Cheval	Mb tendinop	O.S.D. rem	O.S.D. fsyn	F.FLEX rem	P3 insert° T.F.P.D. rem	P3 insert° L.S.D.I. rem	T.F.P.D. miner	A.I.P.D. dist°	A.I.P.D. arthrop
1	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
2	AG	N.R.							
3	AD	0	0	0	1	0	0	0	1
4	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
5	AD	1	1	1	0	0	0	0	0
6	AD	1	0	0	0	0	1	0	0
7	AG	0	0	0	0	0	1	0	1
8	AD	1	0	0	0	1	0	0	0
9	AG	N.R.							
10	AD	1	0	0	0	0	1	0	0
11	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
12	AD	0	0	1	0	0	0	0	1
13	AG	1	0	0	0	0	0	0	0
14	AG	1	0	0	0	0	0	0	0
15	AD	1	0	0	0	0	0	0	0
16	PG	1	0	0	0	0	0	0	0
17	AD	0	0	1	0	0	0	0	0
18	AD	1	0	0	0	0	0	0	0
19	PG	1	0	0	1	0	0	0	0
20	PG	0	0	0	1	0	0	0	1
21	AG	0	1	0	0	0	0	0	0
22	AG	1	1	1	0	0	0	0	0
23	AG	N.R.							
24	AD	1	0	0	0	0	0	0	0
25	AG	1	1	0	0	0	0	0	0
26	AD	1	0	1	0	0	0	0	0
27	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
28	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
29	AD	1	0	1	0	0	0	0	0
30	AG	1	0	1	0	0	0	0	1
31	AD	0	0	1	0	0	0	0	0
32	AG	0	0	1	0	0	0	0	0
33	AG	1	0	1	0	0	0	0	0
34	AD	0	0	0	1	0	0	0	0
35	AG	1	0	1	0	0	0	1	1
36	AG	0	1	1	0	0	0	0	0
37	AG	1	0	1	1	0	0	0	0
38	AD	1	0	0	0	0	0	0	0
39	AD	0	0	1	0	0	0	0	0
40	AG	0	1	0	1	0	0	0	0
41	AG	0	0	1	0	0	0	0	0
42	AD	0	0	1	0	0	0	0	0
43	AD	0	0	1	1	0	0	0	0
44	AG	0	0	1	0	0	0	0	0
45	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
46	AG	1	0	0	0	0	0	0	0
47	AG	1	1	0	0	0	0	0	1
48	AG	1	0	1	0	0	0	0	0
49	AG	1	1	1	0	1	0	0	0
50	AG	0	1	1	0	0	0	0	0
51	AG	0	1	1	0	0	0	1	1
52	AG	0	0	0	0	0	0	0	0

Cheval	Mb tendinop	O.S.D. rem	O.S.D. fsyn	F.FLEX rem	P3 insert° T.F.P.D. rem	P3 insert° L.S.D.I. rem	T.F.P.D. miner	A.I.P.D. dist°	A.I.P.D. arthrop
53	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
54	AD	1	0	0	0	0	0	0	0
55	AG	0	0	1	0	0	0	0	
56	AG	1	0	0	0	0	0	0	1
57	AG	0	0	1	0	0	0	0	0
58	AG	1	0	0	0	0	0	0	0
59	AG	0	1	0	0	0	0	0	0
60	AG	1	0	0	0	0	0	0	0
61	AG	1	0	0	0	0	0	0	0
62	PD	1	0	1	0	0	0	0	0
63	AG	1	0	0	0	0	0	0	0
64	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
65	AG	0	0	0	0	0	0	0	0
66	AG	0	0	0	0	0	0	0	0
67	AG	1	0	0	0	0	0	1	0
68	AG	0	0	1	0	0	0	0	0
69	AG	1	1	0	0	0	0	1	1
70	AD	1	0	1	0	0	0	0	0
71	AD	1	0	1	0	0	0	0	0
72	AD	1	1	0	0	0	0	0	0
73	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
74	AD	0	0	0	1	0	0	0	1
75	AD	1	0	0	1	0	0	0	0
76	AG	0	1	1	0	0	0	0	0
77	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
78	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
79	AD	1	0	1	0	0	0	0	1
80	AG	1	0	0	0	0	0	0	0
81	AD	0	0	1	0	0	0	0	0
82	AD	0	0	1	0	0	0	0	0
83	AG	0	0	0	0	0	0	0	0
84	AD	1	1	0	0	0	0	0	0
85	AG	0	1	1	0	0	0	0	0
86	AG	1	0	1	0	0	0	0	0
87	AG	0	0	0	0	0	0	0	0
88	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
89	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
90	AD	1	1	0	0	0	0	0	0
91	AG	0	0	1	0	0	0	0	0
92	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
93	AG	0	0	0	0	0	0	0	0
94	AD	1	0	0	0	0	0	0	0
95	AD	1	0	0	0	0	0	0	0
96	AD	1	1	0	0	0	0	0	0
97	AG	0	0	1	0	0	0	0	0
98	AD	0	0	1	1	0	0	0	0
99	AG	N.R.							
100	AG	0	0	1	0	0	0	0	0
101	AG	0	0	0	0	0	0	0	0
102	AG	0	0	0	0	0	0	0	0
103	AG	1	0	0	0	0	1	0	0
104	AD	0	0	0	1	0	0	0	0
105	AG	0	0	1	0	0	1	0	0
106	AD	0	0	0	0	0	1	0	0

Cheval	Mb tendinop	O.S.D. rem	O.S.D. fsyn	F.FLEX rem	P3 insert° T.F.P.D. rem	P3 insert° L.S.D.I. rem	T.F.P.D. miner	A.I.P.D. dist°	A.I.P.D. arthrop
107	AG	0	0	1	0	0	0	1	0
108	AD	0	0	1	0	0	0	0	0
109	AG	0	0	0	0	0	0	0	0
110	AG	1	0	0	0	1	0	1	0
111	AG	1	0	0	0	0	0	0	0
112	AG	0	0	1	2	0	0	0	0
113	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
114	AG	0	0	0	0	0	0	0	0
115	AG	0	0	0	0	0	0	0	0
116	AG	1	0	0	1	0	0	0	0
117	AG	0	0	0	0	0	0	0	0
118	AD	1	0	0	0	0	0	0	0
119	AD	1	0	0	0	1	0	0	0
120	AD	0	0	1	0	0	0	0	0
121	AG	0	1	0	0	0	0	0	0
122	AD	1	1	0	0	0	0	0	0
123	AG	1	0	0	1	0	0	0	0
124	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
125	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
126	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
127	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
128	PD	0	0	1	0	0	0	0	0
129	AD	1	0	0	0	0	0	0	0
130	AG	N.R.							
131	AG	0	0	0	0	0	0	0	0
132	AG	1	0	0	0	0	0	0	0
133	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
134	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
135	AG	0	0	1	0	0	0	0	0
136	AD	0	0	2	0	0	0	0	0
137	AD	0	0	1	0	0	0	0	0
138	AG	1	0	1	0	0	0	0	0
139	AG	0	0	0	0	0	0	0	0
140	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
141	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
142	AG	1	1	0	0	0	0	1	0
143	AG	0	0	0	0	0	0	0	0
144	AD	1	0	0	1	1	0	0	0
145	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
146	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
147	AG	0	0	1	0	0	0	0	0
148	AD	0	0	1	1	0	0	0	0
149	AD	1	0	0	0	0	0	0	0
150	AG	0	0	0	0	0	0	0	0
151	AD	1	0	0	0	0	0	1	0
152	AG	1	0	0	0	0	0	0	0
153	AG	1	0	0	0	0	0	0	0
154	AD	0	0	0	0	0	0	1	1
155	AD	1	0	0	0	0	0	0	0
156	AG	0	0	0	0	0	0	0	0
157	AD	1	0	0	0	0	0	0	0
158	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
159	AD	0	1	0	1	0	1	0	0
160	AD	N.R.							

Cheval	Mb tendinop	O.S.D. rem	O.S.D. fsyn	F.FLEX rem	P3 insert° T.F.P.D. rem	P3 insert° L.S.D.I. rem	T.F.P.D. miner	A.I.P.D. dist°	A.I.P.D. arthrop
161	AD	0	0	0	0	0	0	0	1
162	AG	1	0	0	0	0	0	0	0
163	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
164	AD	0	0	1	0	0	0	0	0
165	AD	1	1	0	0	0	0	0	0
166	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
167	AD	N.R.							
168	AD	0	0	1	0	0	0	0	0
169	AG	0	0	0	0	0	0	0	0
170	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
171	AD	1	0	0	0	0	0	1	0
172	AG	1	0	0	0	0	0	0	0
173	AG	0	0	0	0	0	0	1	0
174	AG	1	0	1	0	0	1	0	1
175	AD	0	1	1	0	0	0	1	0
176	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
177	AD	1	0	0	0	0	0	0	0
178	AG	0	1	0	0	0	0	0	0
179	AG	0	0	1	0	0	0	0	0
180	AG	1	0	0	0	1	0	0	0
181	AD	1	0	0	0	0	0	1	0
182	AD	0	1	0	0	0	0	0	0
183	AD	0	0	1	0	0	0	0	0
184	AD	N.R.							
185	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
186	AD	1	0	0	0	0	0	0	0
187	AG	0	0	0	0	0	0	0	0
188	AD	N.R.							
189	AG	1	0	1	0	0	0	0	0
190	AG	0	0	1	0	0	0	1	0
191	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
192	AD	0	0	0	0	0	0	1	0
193	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
194	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
195	AD	0	0	1	1	0	0	0	0
196	AD	1	1	0	0	0	0	0	0
197	AG	0	0	1	0	0	0	0	0
198	AG	1	0	0	0	0	0	0	0
199	AD	0	0	0	0	0	0	0	0
200	AG	2	0	0	0	0	0	0	0
201	AG	0	0	0	0	0	0	0	0
202	AD	0	0	1	0	0	0	0	0
203	AG	0	0	0	0	0	0	0	0
204	AD	0	0	0	0	0	0	1	0
205	AD	0	0	0	0	0	0	0	0

Signes radiographiques :

O.S.D. rem = remodelages et / ou remaniements osseux sur l'os sésamoïde distal autre que sur la faciès flexoria.

O.S.D. fsyn = fossettes synoviales élargies sur le bord distal de l'os sésamoïde distal.

FFLEX rem = remodelages et / ou remaniements osseux sur la faciès flexoria.

P3 inser° T.F.P.D. rem = remodelages et / ou remaniements osseux sur la phalange distale en regard de l'insertion distale du T.F.P.D.

P3 inser° L.S.D.I. rem = remodelages et / ou remaniements osseux sur la phalange distale en regard de l'insertion distale du ligament sésamoïdien distal impair.

T.F.P.D. miner = minéralisation au sein du T.F.P.D.

A.I.P.D. dist° = épaissement des tissus mous en regard du récessus dorsal de l'articulation inter-phalangienne distale.

A.I.P.D. arthrop : remodelages osseux peri-articulaires de l'articulation inter-phalangienne distale.

N.R. : examen non réalisé.

☐ 1 = présent

☐ 0 = absent

Annexe 6 : Lésions des autres structures de l'appareil podo-trochléaire détectées par l'examen échographique.

Cheval	Mb _{tend}	Localisation	B.P.T.	L.S.D.I.	L.A.D.D.	L.S.COLL.	O.S.D.	A.I.P.D.	Gaine Dig.
1	AD	S+SS				1			
2	AG	SS			1				
3	AD	SS		1					
4	AD	S+SS							
5	AD	S	1	1					
6	AD	S+SS							
7	AG	SS			1				
8	AD	SS			1				
9	AG	IS	1						
10	AD	IS+S+SS	1		1				
11	AD	SS		1	1	1			
12	AD	SS							
13	AG	SS		1		1			
14	AG	SS							
15	AD	IS							
16	PG	SS							
17	AD	SS	1						
17	AG	SS							
18	AD	IS	1						
19	PG	IS							
20	PG	S			1				
21	AG	IS							
22	AG	SS							
23	AG	IS+SS				1			
23	AD	IS+SS							
24	AD	S+SS			1				
24	AG	S+SS							
25	AG	SS			1				
26	AD	S				1	1		
27	AD	IS							
28	AD	SS			1				
29	AD	IS+S+SS				1	1		
30	AG	SS				1	1		
31	AD	IS+S	1				1		
32	AG	S							
33	AG	S+SS							
34	AD	IS							
35	AG	S				1			
35	AD	S							
36	AG	SS					1		
37	AG	IS+S	1			1	1		
38	AD	SS	1						
39	AD	S+SS					1	1	

Cheval	Mb _{tend}	Localisation	B.P.T.	L.S.D.I.	L.A.D.D.	L.S.COLL.	O.S.D.	A.I.P.D.	Gaine Dig.
40	AG	IS							
41	AG	S+SS					1		
42	AD	SS		1		1	1		
43	AD	SS					1		
44	AG	S+SS							
44	AD	S+SS							
45	AD	S					1		
45	AG	S							
46	AG	IS+S+SS							
47	AG	S					1		
48	AG	S+SS	1				1	1	
49	AG	S+SS					1	1	1
50	AG	IS+S+SS							
51	AG	SS	1	1		1	1		
52	AG	IS+S	1					1	1
52	AD	SS							
53	AD	SS							
53	AG	SS							
54	AD	SS	1			1			
55	AG	IS		1					1
56	AG	SS		1					
57	AG	IS+S+SS		1				1	
58	AG	IS	1						
59	AG	IS	1		1				
59	AD	IS							
60	AG	IS+SS	1	1					
61	AG	SS	1	1				1	
62	PD	S+SS		1					
63	AG	S+SS	1						
64	AD	SS	1						
65	AG	SS			1				
66	AG	SS							
67	AG	SS	1	1			1		
68	AG	IS+S	1				1	1	
69	AG	IS+SS							
70	AD	S					1		
71	AD	IS+S		1	1				
72	AD	SS							
73	AD	SS							
74	AD	S+SS					1		
75	AD	IS+SS	1						
76	AG	S							
77	AD	IS+S+SS		1		1			
78	AD	IS		1		1		1	
78	AG	IS							
79	AD	IS+SS							
80	AG	SS							
80	AD	SS							

Cheval	Mb _{tend}	Localisation	B.P.T.	L.S.D.I.	L.A.D.D.	L.S.COLL.	O.S.D.	A.I.P.D.	Gaine Dig.
81	AD	IS+S+SS					1		
82	AD	S+SS				1	1		
83	AG	IS+S+SS					1		1
84	AD	SS					1		
84	AG	SS							
85	AG	S+SS							
86	AG	SS	1						
87	AG	SS							
88	AD	SS	1		1			1	
88	AG	SS			1				
89	AD	SS	1						
89	AG	SS	1						
90	AD	SS				1			
90	AG	SS				1			
91	AG	SS	1					1	
92	AD	SS	1						
93	AG	SS	1		1				
94	AD	S	1						
95	AD	SS	1			1			1
96	AD	SS			1				
97	AG	SS					1		
98	AD	SS			1	1	1		
98	AG	SS							
99	AG	SS							
100	AG	IS+SS	1						
101	AG	SS	1						
101	AD	SS	1						
102	AG	SS					1		
103	AG	SS							
104	AD	IS+S							
105	AG	S+SS			1	1			
106	AD	IS+S+SS	1		1				
107	AG	SS	1				1	1	
108	AD	S+SS	1				1		
109	AG	SS	1						
110	AG	SS	1						
111	AG	IS+S+SS	1	1			1		
112	AG	IS+S+SS							
112	AD	IS+S+SS							
113	AD	SS				1			
114	AG	IS							
115	AG	IS+SS	1						
116	AG	IS+SS	1						
116	AD	SS							
117	AG	IS+S+SS	1						
118	AD	SS	1			1			
119	AD	SS							
119	AG	SS							

Cheval	Mb _{tend}	Localisation	B.P.T.	L.S.D.I.	L.A.D.D.	L.S.COLL.	O.S.D.	A.I.P.D.	Gaine Dig.
120	AD	IS+SS							
121	AG	SS							
122	AD	SS				1	1		
123	AG	IS+SS	1					1	
124	AD	SS							
125	AD	SS		1					1
126	AD	SS	1			1			
127	AD	IS+S+SS		1	1	1		1	
128	PD	SS							
129	AD	SS	1		1	1			
130	AG	SS	1	1					
131	AG	S							
132	AG	SS	1						
133	AD	S+SS	1			1			
134	AD	SS				1			
135	AG	S+SS			1				
136	AD	SS				1			
136	AG	SS							
137	AD	SS							
138	AG	SS		1			1	1	
139	AG	SS							
139	AD	SS							
140	AD	IS							
141	AD	SS	1		1			1	
142	AG	SS	1	1				1	
142	AD	SS	1	1					
143	AG	SS	1						
144	AD	SS					1		
144	AG	SS							
145	AD	IS+S+SS			1				
145	AG	SS							
146	AD	IS+SS							
146	AG	IS							
147	AG	IS	1		1		1		
148	AD	IS+S	1		1				
148	AG	IS	1		1				
149	AD	SS			1				
150	AG	IS+SS	1						
151	AD	S+SS	1						
152	AG	IS	1						
152	AD	SS							
153	AG	IS+SS	1						
154	AD	IS+SS	1		1				
155	AD	IS+SS	1		1				
156	AG	SS	1						
157	AD	IS+SS	1	1	1				
157	AG	IS+SS	1		1				
158	AD	IS							

Cheval	Mb _{tend}	Localisation	B.P.T.	L.S.D.I.	L.A.D.D.	L.S.COLL.	O.S.D.	A.I.P.D.	Gaine Dig.
159	AD	IS+S+SS				1			
160	AD	SS			1				
161	AD	SS							
162	AG	SS	1			1			
163	AD	SS	1		1				
164	AD	IS+S+SS	1						
165	AD	SS					1		
166	AD	SS	1						
167	AD	IS							
168	AD	S+SS			1	1			
169	AG	S+SS	1		1				
170	AD	SS							
171	AD	SS	1	1					
171	AG	SS							
172	AG	SS	1				1		
172	AD	SS					1		
173	AG	IS							
173	AD	IS							
174	AG	IS+SS		1	1				
174	AD	SS			1				
175	AD	SS			1		1		
176	AD	SS			1				
177	AD	SS							
177	AG	IS							
178	AG	SS							
178	AD	SS							
179	AG	SS	1	1					
180	AG	IS		1	1				
181	AD	SS	1			1			
182	AD	SS							
183	AD	IS+SS					1		
183	AG	IS							
184	AD	IS+SS	1		1			1	
184	AG	SS	1						
185	AD	IS	1						
186	AD	SS							
187	AG	IS+S+SS	1						
188	AD	SS	1						
189	AG	IS+S					1		
190	AG	IS+SS	1	1					
191	AD	SS							
192	AD	IS+SS	1						
193	AD	IS							
193	AG	SS							
194	AD	SS							
195	AD	IS	1						
196	AD	SS	1		1				
196	AG	SS	1						

Cheval	Mb _{tend}	Localisation	B.P.T.	L.S.D.I.	L.A.D.D.	L.S.COLL.	O.S.D.	A.I.P.D.	Gaine Dig.
197	AG	SS	1						
198	AG	SS	1				1		
198	AD	SS	1				1		
199	AD	SS	1						
200	AG	IS+SS	1		1	1			
200	AD	IS	1		1				
201	AG	IS	1					1	
202	AD	SS	1				1		
203	AG	IS+SS				1			
204	AD	IS	1						
205	AD	SS	1				1		
205	AG	SS	1						

Cheval :

☐ atteinte bilatérale

Localisation : IS infra-sésamoïdienne, S sésamoïdienne, SS supra-sésamoïdienne.

B.P.T. : bourse podo-trochléaire,

L.S.D.I. : ligament sésamoïdien distal impair,

L.A.D.D. : ligament annulaire digital distal,

L.S.COLL. : ligament sésamoïdien collatéral,

O.S.D. : os sésamoïde distal,

A.I.P.D. : articulation inter-phalangienne distale,

Gaine Dig. : gaine digitale.

☐ 1 = présent

☐ = absent

Annexe 7 : Résultats des examens scintigraphiques.

Cheval	Localisation	O.S.D.	Phalange distale
19	IS	0	0
20	S	1	1
40	IS	1	0
44	S+SS	0	0
45	S (AD)	1	0
	S (AG)	0	0
50	IS+S+SS	1	0
69	IS+SS	1	0
87	SS	0	1
99	SS	0	0
115	IS+SS	1	0
124	SS	1	0
126	SS	1	0
131	S	1	0
152	IS (AG)	0	0
	SS (AD)	0	0
170	SS	0	1
173	IS (AG)	0	0
	IS (AD)	0	0
177	IS (AG)	1	0
	SS (AD)	0	1
185	IS	1 (bilatéral)	0
186	SS	0	1 (insertion T.F.P.D.)
191	SS	1	0
203	IS+SS	1	0

O.S.D. : os sésamoïde distal..

0 = absence d'anomalie

1 = activité scintigraphique augmentée

LES TENDINOPATHIES DU FLECHISSEUR PROFOND DU DOIGT EN REGION DIGITALE DISTALE CHEZ LE CHEVAL : ETUDE RETROSPECTIVE SUR 205 CAS

NOM et prénom:
MERLIN Nathalie

RESUME:

Cette étude a pour but de présenter une analyse rétrospective base sur 205 chevaux présentant une tendinopathie du fléchisseur profond du doigt en région digitale distale, examinés au CIRALE entre 1999 et 2005.

Un rappel de l'anatomie du tendon ainsi que les principales techniques d'examen sont présentés.

La description de chaque cheval est considérée afin de définir une population à risque ; l'incidence varie selon l'âge, le sexe, la race et la discipline pratiquée.

Les examens physique et dynamique sont fréquemment caractéristiques d'une douleur en région palmaire du pied; les chevaux portent habituellement le (ou les) membre(s) en protraction, la boiterie est fréquemment aggravée sur le cercle dur à main correspondante et les praticiens relatent une diminution de la phase postérieure de la foulée. Des anesthésies digitales et synoviales peuvent permettre de localiser ou de confirmer la localisation de la douleur.

Les techniques disponibles pour imager le tendon fléchisseur profond du doigt et l'ensemble de l'appareil podo-trochléaire sont retranscrites. La radiologie, l'échographie, la thermographie, la scintigraphie et l'imagerie par résonance magnétique sont ainsi comparées. L'I.R.M. permet l'évaluation de tous les tissus et est particulièrement intéressante pour l'évaluation du pied du cheval puisque l'examen par échographie est limité par la présence de la boîte cornée.

Enfin, différentes suggestions thérapeutiques sont proposées : parage et maréchalerie, traitements médicaux et chirurgicaux.

Mots-clés :

CHEVAL, PIED, TENDINITE, FLECHISSEUR PROFOND DU DOIGT, SYNDROME NAVICULAIRE.

JURY :

Président : Pr.
Directeur : Pr. DENOIX
Assesseur : Dr ROBERT

Adresse de l'auteur :

Haras Les Charillons
45 230 Saint-Maurice-Sur-Aveyron

TENDINITIS OF THE DEEP DIGITAL FLEXOR TENDON IN THE EQUINE FOOT : A RETROSPECTIVE STUDY OF 205 CASES

SURNAME :

MERLIN

Given name :

Nathalie

SUMMARY :

The purpose of this study is to present a retrospective analysis based on 205 horses with tendinitis of the deep digital flexor tendon in the foot, identified in the CIRALE between 1999 and 2005.

A review of the anatomy of this tendon, and of current methods available for the assesment of the equine foot are presented.

The description of each horse is considered in order to assess the concerned population; the incidence varies among age, gender, breed and discipline.

Visual examination and clinical evaluation reveal some characteristics of heel pain; horses habitually point one or both front feet and lameness is frequently increased when the horse is moving in circles on hard surface. Practitioners notice a shortened caudal phase of the stride. Nerve and joint blocks can be used to localise or to confirm the source of pain.

Imaging technique for assessing deep digital flexor tendon and podotrochlear apparatus lesions are described. Radiology, ultrasonography, thermography, nuclear medicine and magnetic resonance imaging are then compared. MRI can assess all tissues and is particularly useful to the exam of the foot whereas ultrasonography is limited by the hoof capsule.

At last, management strategies are proposed : trimming and orthopedic shoeing, medications and surgical approach.

Key-words :

HORSE, FOOT, TENDINITIS, DEEP DIGITAL FLEXOR TENDON, NAVICULAR SYNDROME

JURY :

Président : Pr.

Directeur : Pr. DENOIX

Assesseur : Dr ROBERT

Author's Address :

Haras Les Charillons

45 230 Saint-Maurice-Sur-Aveyron