

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE D'ALFORT

Année 2017

LE DÉFERRAGE DES TROTTEURS EN COURSE : USAGE, EFFETS, LIMITES ET INCIDENCE SUR LES PERFORMANCES



THÈSE

Pour le

DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

Présentée et soutenue publiquement devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE CRÉTEIL

le..26.janvier 2017

par

Oriane, Marie, Adélaïde MOREAU

Née le 20 septembre 1990 à Eaubonne (Val d'Oise)

JURY

Président : Pr. COMPAGNON
Professeur à la Faculté de Médecine de CRÉTEIL

Membres

Directeur : Jean Marie DENOIX
Professeur à l'École Vétérinaire d'Alfort et au CIRALE
Assesseur : Henry CHATEAU
Professeur à l'École Vétérinaire d'Alfort

Liste des membres du corps enseignant

Directeur : M. le Professeur Gogny Marc

Directeurs honoraires : MM. les Professeurs : Cotard Jean-Pierre, Mialot Jean-Paul, Moraillon Robert, Parodi André-Laurent, Pilet Charles, Toma Bernard.

Professeurs émérites : Mme et MM. : Bénet Jean-Jacques, Chermette René, Combrisson Hélène, Courreau Jean-François, Députée Bertrand, Niebauer Gert, Paragon Bernard, Pouchelon Jean-Louis.

Département d'élevage et de pathologie des Équidés et des Carnivores (DEPEC)

Chef du département : Pr Grandjean Dominique - Adjoint : Pr Blot Stéphane

Unité pédagogique de cardiologie - Dr Chetboul Valérie* - Dr Gkouni Vassiliki, Praticien hospitalier - Dr Séchi-Tréhiou Emilie, Praticien hospitalier	Unité pédagogique de médecine de l'élevage et du sport - Dr Cléro Delphine, Maître de conférences - Dr Fontbonne Alain, Maître de conférences - Dr Grandjean Dominique* - Dr Maenhoudt Cindy, Praticien hospitalier - Dr Nudelmann Nicolas, Maître de conférences
Unité pédagogique de clinique équine - Dr Audigé Fabrice - Dr Bertoni Lélia, Maître de conférences - Dr Bourzac Céline, Maître de conférences contractuel - Dr Coudry Virginie, Praticien hospitalier - Dr Denoix Jean-Marie - Dr Giraudeau Aude, Praticien hospitalier * - Dr Jacquet Sandrine, Praticien hospitalier - Dr Mespoulèdes-Rivière Céline, Praticien hospitalier	Unité pédagogique de pathologie chirurgicale - Dr Fayolle Pascal - Dr Mailhac Jean-Marie, Maître de conférences - Dr Manassero Mathieu, Maître de conférences - Dr Moissonnier Pierre - Dr Viateau-Duval Véronique* - Dr Zilberstein Luca, Maître de conférences
Unité pédagogique de médecine interne - Dr Benchekroun Ghita, Maître de conférences - Dr Blot Stéphane* - Dr Campos Miguel, Maître de conférences associé - Dr Freiche-Legros Valérie, Praticien hospitalier - Dr Maurey-Guénec Christelle, Maître de conférences	Discipline : ophtalmologie - Dr Chahory Sabine, Maître de conférences
Discipline : imagerie médicale - Dr Stambouli Fouzia, Praticien hospitalier	Discipline : Urgences - soins intensifs - Dr Steblaj Barbara, Praticien Hospitalier
	Discipline : nouveaux animaux de compagnie - Dr Pignon Charly, Praticien hospitalier

Département des Productions Animales et de la Santé Publique (DPASP)

Chef du département : Pr Millemann Yves - Adjoint : Pr Dufour Barbara

Unité pédagogique d'hygiène, qualité et sécurité des aliments - Dr Augustin Jean-Christophe - Dr Bolnot François, Maître de conférences * - Dr Carlier Vincent	Unité pédagogique de reproduction animale - Dr Constant Fabienne, Maître de conférences* - Dr Desbois Christophe, Maître de conférences (rattaché au DEPEC) - Dr Bay Sarah, Praticien hospitalier - Dr Mauffré Vincent, Assistant d'enseignement et de recherche contractuel - Dr Ribeiro Dos Santos Natalia, Maître de conférences contractuel
Unité pédagogique de maladies réglementées, zoonoses et épidémiologie - Dr Dufour Barbara* - Dr Haddad/Hoang-Xuan Nadia - Dr Praud Anne, Maître de conférences - Dr Rivière Julie, Maître de conférences contractuel	Unité pédagogique de zootechnie, économie rurale - Dr Arné Pascal, Maître de conférences - Dr Bossé Philippe* - Dr De Paula Reis Alline, Maître de conférences - Dr Grimard-Ballif Bénédicte - Dr Leroy-Barassin Isabelle, Maître de conférences - Dr Ponter Andrew - Dr Wolgust Valérie, Praticien hospitalier
Unité pédagogique de pathologie des animaux de production - Dr Adjou Karim* - Dr Belbis Guillaume, Maître de conférences - Dr Millemann Yves - Dr Ravary-Plumioën Bérangère, Maître de conférences - Dr Troitsky Karine, Praticien hospitalier	

Département des sciences biologiques et pharmaceutiques (DSBP)

Chef du département : Pr Chateau Henry - Adjoint : Dr Pilot-Storck Fanny

Unité pédagogique d'anatomie des animaux domestiques - Dr Chateau Henry - Dr Crevier-Denoix Nathalie - Dr Degueur Christophe - Dr Robert Céline*	Unité pédagogique de management, communication, outils scientifiques - Mme Conan Muriel, Professeur certifié (Anglais) - Dr Desquillet Loïc, Maître de conférences (Biostatistique, Epidémiologie) * - Dr Fournel Christelle, Maître de conférences contractuelle (Gestion et management)
Unité pédagogique de bactériologie, immunologie, virologie - Dr Boulouis Henri-Jean* - Dr Le Poder Sophie, Maître de conférences - Dr Le Roux Delphine, Maître de conférences - Dr Quintin-Colonna Françoise	Unité de parasitologie, maladies parasitaires, dermatologie - Dr Blaga Radu, Maître de conférences (rattaché au DPASP) - Dr Cochet-Faivre Noëlle, Praticien hospitalier (rattachée au DEPEC) - Dr Darmon Céline, Maître de conférences contractuel (rattachée au DEPEC) - Dr Guillot Jacques* - Dr Polack Bruno, Maître de conférences - Dr Risco-Castillo Véronica, Maître de conférences
Unité pédagogique de biochimie - Dr Bellier Sylvain* - Dr Lagrange Isabelle, Praticien hospitalier - Dr Michaux Jean-Michel, Maître de conférences	Unité pédagogique de pharmacie et toxicologie - Dr Enriquez Brigitte, - Dr Perrot Sébastien, Maître de conférences * - Dr Tissier Renaud
Discipline : éducation physique et sportive - M. Philips Pascal, Professeur certifié	Unité pédagogique de physiologie, éthologie, génétique - Dr Chevallier Lucie, Maître de conférences contractuel (Génétique) - Dr Crépeaux Guillemette, Maître de conférences (Physiologie, Pharmacologie) - Dr Gilbert Caroline, Maître de conférences (Ethologie) - Dr Panthier Jean-Jacques, (Génétique) - Dr Pilot-Storck Fanny, Maître de conférences (Physiologie, Pharmacologie) - Dr Tiret Laurent, (Physiologie, Pharmacologie) *
Unité pédagogique d'histologie, anatomie pathologique - Dr Cordonnier-Lefort Nathalie, Maître de conférences - Dr Fontaine Jean-Jacques* - Dr Laloy Eve, Maître de conférences - Dr Reyes-Gomez Edouard, Maître de conférences	

REMERCIEMENTS

Au Professeur de la faculté de médecine de Créteil,
Qui a bien voulu me faire l'honneur de présider le jury de cette thèse,
Hommage respectueux.

À Monsieur le Professeur Jean-Marie DENOIX,
Professeur à l'École Vétérinaire d'Alfort et au CIRALE,
Qui m'a fait l'honneur de diriger cette thèse, pour son implication et ses conseils,
Pour tout l'enseignement apporté au cours de ma scolarité,
Qu'il trouve ici l'expression de mes sincères remerciements et de ma reconnaissance.

À Monsieur le Professeur Henry CHATEAU,
Professeur à l'École Vétérinaire d'Alfort,
Pour avoir accepté d'être mon assesseur et avoir corrigé ce travail,
Sincères remerciements.

À Monsieur Arnaud DULUARD
Chef du département Elevage et Santé Animale, Cheval Français – Vétérinaire conseil
Pour sa disponibilité et son aide dans la récupération et l'exploitation des données nécessaires
à la réalisation de ma dernière partie.
Sincères remerciements.

À Madame Claire MOIROUD
Vétérinaire et résidente au CIRALE
Pour ses précieux conseils et son aide dans la réalisation de ce travail.
Amitiés et très sincères remerciements.

Aux professionnels de la maréchalerie,
Messieurs Xavier MOREAU et Matthieu BOUTIERE
Pour avoir répondu avec indulgence à mes questions et pour votre aide dans ce travail.
Sincères remerciements

À mes parents, vous qui m'avez toujours soutenue et accompagnée dans tous mes rêves. À mon frère ce grand aventurier, prends soin de toi.

À mes grands-parents, à toi mamie sans qui toute cette grande et longue aventure n'aurait pas été possible, tu as toujours été auprès de moi.

À Thibaut, toi qui m'emmènes dans tes aventures, qui me supportes depuis toutes ces années et qui est toujours là pour m'aider à traverser les moments difficiles. Je t'aime.

À Magali, ma marraine, tu as toujours été là au bon moment.

À Hélène, pour ton énergie débordante - et parfois fatigante ^^ - dans tout ce que tu entreprends, nos séances d'équitations, nos chamailleries culinaires, ta rock-attitude et surtout ta présence tout au long de ces dernières années.

À ma petite Léa, que de chemin parcouru avec toi depuis la prépa ! À ma Chuichui, ce rayon de soleil, à Marie, ton énergie et ta bonne humeur communicatrice, à Meryl ma globetrotteuse, à ma douce Lizou, pour votre amitié bienveillante. Merci pour tout.

À mes ANCIENNES, Charlotte, Lucie et Françoise, vous qui avez su me montrer le chemin, vous êtes une belle source d'inspiration.

À Jeanne pour toutes les premières bêtises faites ensemble depuis la maternelle, à Pierrick et toutes les algues avalées de nos stages d'optimist jusqu'à nos sorties à la torche.

À Pauline, Camille ainsi que toute la Francheschi-family, Guilaine, Piero, Louis et leurs autres enfants, pour votre précieuse amitié qui a illuminé mes années de prépa et au-delà.

À Valérie qui m'a montré que la volonté vient à bout de tout.

À Nanou et Mavonne qui m'ont mis le pied à l'étrier.

À Nat', Lolo, Anne-So et tous les Gnôlasses, sans vous ces 5 années n'auraient pas été les mêmes ! À ma poulotte Florane et sa co-poulotte Aude, je vous souhaite le meilleur. À Moura et Colombe les petits derniers de la grande famille.

À tous mes maîtres de stage formidables, pour tout ce que vous m'avez transmis.

À Angelo, notre rencontre a marqué un cap qui me suivra bien au-delà de ma carrière.

À Pierre, Sacha, Françoise et Olivier, vous avez continuellement, au cours de mes stages, entretenu la flamme qui m'anime.

Aux chevaux qui ont éclairé ma vie, Sable, Joli, ma Zouzou, Aketus, Baramel, Ulex. Ils m'ont tant appris et tant donné, ils sont et resteront à jamais dans mon cœur.

TABLE DES MATIERES

Liste des figures	5
Liste des tableaux	7
Liste des annexes	9
Liste des abréviations	11
Introduction	13
Partie 1 : Généralités sur les courses au trot et le déferrage des trotteurs avant les courses	15
I. Historique des courses au trot et du déferrage des trotteurs	15
A. Histoire des courses hippiques	15
1. Origine des courses attelées : les courses de char de l'antiquité	15
a. Datation des premières courses de chars	15
b. Les attelages de l'antiquité	15
c. Les hippodromes de l'antiquité	16
d. L'importance accordée au pied du cheval dans les courses de l'antiquité	16
2. Les premières courses attelées en France	17
3. Les courses au trot	18
a. L'origine des courses au trot	18
b. Premières courses officielles au trot en France : à Cherbourg en 1836	19
c. Les premières courses à Paris	20
B. Le déferrage des trotteurs en course	21
1. L'origine du déferrage	21
2. Premiers déferrals en France	21
3. Courses déferrées à l'Etranger	22
II. Règlementation concernant le déferrage pendant les courses en France	22
A. Courses au trot	22
1. La SECF, organisme responsable de l'établissement, la diffusion et l'application de la règlementation concernant les courses au trot en France	22
2. Code des courses au trot et déferrage	23
B. Courses de galop	25
1. France galop	25
2. Code des courses au galop	25
3. Le déferrage des galopeurs en pratique	26
III. Le déferrage des trotteurs en pratique	27

A.	Les modifications à l'origine d'une amélioration des performances induites par le déferrage	27
1.	Effets du déferrage sur la locomotion du cheval.....	27
2.	Allègement du cheval déferré et contact direct du pied avec le sol	28
B.	La préparation du cheval pour la course pieds nus	28
1.	Parage	28
2.	Ferrure d'entretien	29
a.	Entretien classique.....	29
b.	Techniques récentes d'entretien du sabot.....	29
3.	La dernière ferrure avant la course	30
C.	Le déferrage le jour J.....	30
	Partie 2 : Physiologie du pied nu et limites du déferrage des trotteurs en course	31
I.	Rappels d'anatomie et de biomécanique du pied déferré	31
A.	Rappels d'anatomie	31
B.	La vascularisation du pied	33
1.	Système artériel	33
2.	Système veineux	34
3.	Rôle des cartilages unguinaux dans la vascularisation	34
C.	Biomécanique du pied lors de l'appui	35
1.	Contact initial	35
2.	Déformations de la boîte cornée lors de la phase d'appui.....	35
II.	L'aspect « dopant » du déferrage	37
A.	Physiologie du pied non ferré	37
B.	Oxygénation mécanique du sang.....	39
1.	Retrait du fer	39
2.	Mécanisme de pompe et fréquence de la foulée.....	39
3.	Amortissement du pied et types de ferrure	39
III.	L'impact du déferrage	41
A.	Contre-indications et facteurs limitant le déferrage en course	41
1.	Les allures.....	41
2.	Sensibilités et douleurs	42
3.	Facteurs extérieurs	42
4.	Répétition du nombre de déferrages	43
B.	Les limites du déferrage : conséquences pour les tissus du pied	43
1.	Méthodes d'exploration des lésions podales	43
2.	Lésions observées après déferrage.....	45

a.	Usure du pied.....	45
b.	Augmentation de la sensibilité	47
c.	Effets sur les tissus profonds	48
d.	Etat général du cheval	48
	i. Suivi de l'entraînement	48
	ii. Marqueurs du stress.....	49
e.	Autres effets.....	49
3.	Bilan et recommandations.....	49
Partie 3 : Etude de l'impact du déferrage sur les performances des trotteurs		51
I.	Effets de l'interdiction du déferrage pour les jeunes chevaux.....	51
	A. Effets du déferrage sur les disqualifications	51
	1. Disqualifications des chevaux de 2 ans.....	51
	a. Résultats.....	51
	b. Discussion	53
	2. Disqualifications des chevaux de 3 ans.....	53
	a. Résultats.....	53
	b. Discussion	54
	B. Impact de la mesure d'interdiction du déferrage sur les temps de course.....	55
	1. Effets de l'interdiction du déferrage sur les temps de course.....	55
	a. Chevaux de 2 ans	55
	b. Chevaux de 3 ans	55
	c. Résultats.....	56
	2. Classement des jeunes chevaux lors d'épreuves intergénérationnelles.....	56
	C. Conclusions concernant le déferrage des jeunes chevaux	57
II.	Analyse rétrospective de l'incidence du déferrage sur les performances des trotteurs en course	59
	A. Description de l'échantillon	59
	1. Effectif	60
	2. Nombres de courses réalisées par les chevaux	60
	3. Gains obtenus	61
	4. Pourcentage de déferrage	61
	5. Bilan.....	62
	B. Incidence du déferrage sur les performances des chevaux	63
	1. Chevaux de 4 ans	63
	a. Etude préliminaire	63
	i. Répartition du nombre de courses	63

ii.	Répartition des gains moyens.....	63
iii.	Distribution du déferrage	64
iv.	Corrélation entre le nombre de courses et les gains	65
b.	Résultats de l'influence du déferrage sur les gains	66
c.	Discussion	67
2.	Résultat concernant les chevaux de 5 ans et 6 ans	67
a.	Chevaux de 5 ans	67
b.	Chevaux de 6 ans	69
3.	Conclusions	70
C.	Analyse approfondie du déferrage des chevaux de 4 ans	70
1.	Répartition des effectifs.....	71
2.	Incidence du type de déferrage sur les gains	71
3.	Incidence du type et de la fréquence de déferrage sur les gains.....	72
a.	Chevaux déferrés uniquement des antérieurs	72
b.	Chevaux déferrés uniquement des postérieurs	73
c.	Chevaux déferrés uniquement des 4 pieds	74
d.	Bilan	75
	Conclusion	77
	Bibliographie	79
	Annexes	83

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Reconstitution d'un quadrigé grec. D'après DAVID (2007).....	16
Figure 2 : Circus Maximus à Rome. D'après DAVID 2007.	16
Figure 3 : Hipposandale. D'après LEFEBRE DES NOETTES.....	17
Figure 4 : Pied sain et fort, d'après CAURE, COSNEFROY, 2013.....	28
Figure 5 : Ferrure d'entretien pour préparer au déferrage en course. D'après CAURE, COSNEFROY, 2013.	29
Figure 6 : Artères du pied, face latérale gauche. D'après BARONE, 1986.	33
Figure 7 : Artères du pied, face palmaire AG. D'après BARONE, 1986.	33
Figure 8 : Veines du pied, face palmaire AG. D'après BARONE, 1986.	34
Figure 9 : A- Section frontale réalisée pour obtenir B-Orientation des cartilages ungulaires richement vascularisés (plexus) sur leur face interne et externe. C-Préparation des artères et veines du pied. D'après DENOIX, 2000.	34
Figure 10 : Déformation de la boîte cornée au cours de l'appui. D'après STRASSER, 1998. ...	35
Figure 11 : Mécanisme de l'appui, écartement des talons, descente de P3 et retour du sang veineux proximalement. D'après STRASSER, 2000.	36
Figure 12 : Le pied, une pompe hydraulique. D'après BARONE, 1986.	38
Figure 13 : Répercussion de l'onde de choc dans le membre avec un pied ferré. D'après CAILLERE, 2008.	39
Figure 14 : Ambleur au Quebec. Http://www.clubjockeyduquebec.com/blog/2015/02/19/prix-dete-2015-revons/	41
Figure 15 : Pied cassé. D'après CAURE, CAUSNEFROY, 2013.	42
Figure 16 : Usure de la sole marquée, notamment dans les angles et barres proéminentes. D'après DENOIX, MOIROUD, 2014.	47
Figure 17 : Test de la sensibilité solaire à la pince exploratrice. D'après DENOIX, MOIROUD, 2014.	47
Figure 18 : Test de la sensibilité pariétale par percussion au maillet. D'après. DENOIX, MOIROUD, 2014.	47
Figure 19 : Image de scintigraphie révélant une activité osseuse importante dans le pied. D'après DENOIX, MOIROUD, 2014.	48
Figure 20 : Comparaison des taux de disqualification en courses des chevaux de 2 ans avant (2012) et après (2013) l'interdiction de déferrage de jeunes chevaux soit respectivement les groupes A et B. Pour chacun des deux groupes sont distinguées les courses montées et les courses attelées. Document fourni par la SECF.	52
Figure 21 : Comparaison des taux de disqualification en courses des chevaux de 3 ans avant (2013) et après (2014) l'interdiction de déferrage de jeunes chevaux soit respectivement les groupes A et B. Pour chacun des deux groupes sont distinguées les courses montées et les courses attelées. Document fourni par la SECF.	54
Figure 22 : Effets de la mesure d'interdiction du déferrage sur les temps de course des chevaux de 2 ans. Données fournies par la SECF.	55

Figure 23 : Effets de la mesure d'interdiction du déferrage sur les temps de course des chevaux de 3 ans. Données fournies par la SECF	56
Figure 24 : Comparatif des temps des vainqueurs d'épreuves de sélection des jeunes chevaux. Seule AVILA court déferrée (postérieurs) dans ce comparatif. Données fournies par la SECF.	58
Figure 25 : Répartition des effectifs selon les différentes classes d'âge.....	60
Figure 26 : Nombre de courses moyen par cheval en fonction des classes d'âge.....	60
Figure 27 : Gain moyen par course par cheval.....	61
Figure 28 : Pourcentages moyens de déferrage en fonction de l'âge.	62
Figure 29 : Répartition des chevaux de 4 ans selon le nombre de courses réalisées en 2015.	63
Figure 30 : Répartition des effectifs des chevaux de 4 ans selon les gains par courses obtenus en 2015, par tranches de 300 €. 107 chevaux ayant gagné plus de 6 000 € de gains par course ont été retirés de cet histogramme pour en permettre la lisibilité (voir le Tableau 23 en annexe).	64
Figure 31 : Répartition des chevaux de 4 ans selon leur taux de déferrage. Voir le Tableau 26 en annexe.	64
Figure 32 : Gains en fonction du nombre de courses.	65
Figure 33 : Pourcentage moyen de déferrage en fonction du nombre de courses.	66
Figure 34 : Gain moyen par course par cheval en fonction du déferrage et barres d'erreurs (ETM) pour les chevaux de 4 ans.....	67
Figure 35 : Gain moyen par course par cheval en fonction du déferrage et barres d'erreurs (ETM) pour les chevaux de 5 ans.....	68
Figure 36 : Gain moyen par course par cheval en fonction du déferrage et barres d'erreurs (ETM) pour les chevaux de 6 ans.....	70
Figure 37 : Répartition des effectifs des chevaux de 4 ans selon le type de déferrage.....	71
Figure 38 : Gains moyens par course par cheval en fonction du type de déferrage.	72
Figure 39 : Gain moyen par course par cheval pour les chevaux de 4 ans déferrés des antérieurs, selon le pourcentage de déferrage.....	73
Figure 40 : Gain moyen par course par cheval pour les chevaux de 4 ans déferrés des postérieurs, selon le pourcentage de déferrage.....	74
Figure 41 : Gain moyen par course par cheval pour les chevaux de 4 ans déferrés des 4 pieds, selon le pourcentage de déferrage.	75
Figure 42 : Bilan des effets du déferrage selon leur type sur le gain moyen par course par cheval.	75
Figure 43 : Répartition des effectifs des chevaux de 4 ans selon les gains par courses obtenus en 2015, par tranches de 1 000 €.....	93

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Propriétés des différents éléments structurels du pied.....	31
Tableau 2 : Comparaison de l'écartement des talons entre un trotteur ferré et un trotteur déferré. D'après ROEPSTORFF, 2001.	36
Tableau 3 : Comparaison du retour veineux en fonction du type de protection du pied. D'après CAILLERE, 2008.	40
Tableau 4 : Valeurs moyennes et maximales d'usure de la paroi en pince chez un cheval courant une course déferré. Comparaison des valeurs des lots test (déferrés) et témoins (ferrés). D'après DENOIX, MOIROUD, 2014.	46
Tableau 5 : Valeurs moyennes et maximales d'usure de la sole chez un cheval courant déferré. Comparaison des valeurs des lots test (déferrés) et témoins (ferrés). D'après DENOIX, MOIROUD, 2014.	46
Tableau 6 : Moyennes et ETM sur les fréquences de disqualification pour les chevaux de 2 ans.	52
Tableau 7 : Moyennes et ETM sur les fréquences de disqualification pour les chevaux de 2 ans.	54
Tableau 8 : Vainqueurs du Prix de l'Etoile de 2013 à 2016 (déferrage interdit pour les chevaux de 3 ans). BOLERO LOVE est déferré des 4 pieds en 2016 – Données issues du site LETROT.	57
Tableau 9 : Vainqueurs du Prix des Elites de 2013 à 2016 (déferrage interdit pour les chevaux de 3 ans) – Données issues du site LETROT.	57
Tableau 10 : Bilan des données fournies par la SECF comportant pour chaque classe d'âge, le nombre de chevaux, le nombre de courses effectuées en moyenne, la moyenne des gains par course et par cheval et le pourcentage de déferrage, en 2015.	59
<i>Tableau 11 : Répartition des chevaux de 4 ans selon des tranches de 20% de déferrage.</i>	65
Tableau 12 : Gains en fonction du nombre de courses.	65
Tableau 13 : Pourcentage moyen de déferrage en fonction du nombre de courses.	66
Tableau 14 : Gain moyen par course par cheval en fonction du déferrage et ETM pour les chevaux de 4 ans.	66
Tableau 15 : Répartition des chevaux de 5 ans selon des tranches de 20% de déferrage	67
Tableau 16 : Gain moyen par course par cheval en fonction du déferrage et ETM pour les chevaux de 5 ans.	68
Tableau 17 : Répartition des chevaux de 6 ans selon des tranches de 20% de déferrage	69
Tableau 18 : Gain moyen par course par cheval en fonction du déferrage et ETM pour les chevaux de 6 ans.	69
Tableau 19 : Effectifs et gains moyens par course par cheval pour différentes catégories de déferrage sur l'ensemble de courses courues en 2015 par les chevaux de 4 ans.	71
Tableau 20 : Effectifs et gains moyens par course par cheval des chevaux de 4 ans déferrés des antérieurs.	73
Tableau 21 : Effectifs et gains moyens par course par cheval des chevaux de 4 ans déferrés des postérieurs.	73

Tableau 22 : Effectifs et gains moyens par course par cheval des chevaux de 4 ans déferrés des 4 pieds	74
Tableau 23 : Répartition des effectifs des chevaux de 4 ans selon le gain par course obtenu en 2015, par tranches de 300 €.....	92
Tableau 24 : Répartition des effectifs des chevaux de 4 ans selon le gain par course obtenu en 2015, par tranches de 1 000 €.....	92
Tableau 25 : Répartition des effectifs des chevaux de 4 ans selon le nombre de courses courues en 2015.....	94
Tableau 26 : Répartition des chevaux de 4 ans selon leur taux de déferrage par tranches de 5 %.	95
Tableau 27 : Effectifs et gains moyens par course par cheval en fonction du type de déferrage.	96

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Lexique particulier.....	83
ANNEXE 2 : Les différentes races de trotteurs.....	86
ANNEXE 3 : Les types de pistes	87
ANNEXE 4 : Calculs de l'erreur type de la moyenne pour les chevaux de 2 ans.....	88
ANNEXE 5 : Calculs de l'erreur type de la moyenne pour les chevaux de 3 ans.....	90
ANNEXE 6 : Répartition des effectifs des chevaux de 4 ans selon le gain par course obtenu en 2015.....	92
ANNEXE 7 : Répartition des effectifs des chevaux de 4 ans selon le nombre de courses courues en 2015.....	94
ANNEXE 8 : Répartition des effectifs des chevaux de 4 ans selon leur taux de déferrage par tranches de 5 %.....	95
ANNEXE 9 : Répartition des effectifs et gains moyens par course par cheval selon les modalités de déferrage des chevaux de 4 ans.....	96

LISTE DES ABREVIATIONS

SECF : Société d'Encouragement à l'élevage du Cheval Français

TF : Trotteur Français (cheval)

DAI : Disqualifié pour Allures Irrégulières

DPG : Disqualifié Poteau au Galop

P1 : Phalange proximale

P2 : Phalange moyenne

P3 : Phalange distale

AG : Antérieur Gauche

M : Male

F : Femelle

FEI : Fédération Equestre Internationale

PMU : Pari Mutuel Urbain

PMH : Pari Mutuel sur les Hippodromes

EC : Ecart-Type

ETM : Erreur Type de la Moyenne

JC : Jésus Christ

Note au lecteur : Les mots suivis d'un astérisque sont référencés dans le lexique spécifique des termes du monde du trot, situé à la fin de cette thèse.

INTRODUCTION

Les courses de chevaux ont une place importante dans de nombreuses sociétés depuis l'antiquité. Les Grecs et les Romains sont les premiers chez qui sont retrouvées des sources archéologiques conséquentes traduisant un intérêt considérable pour les courses de chevaux. Les courses de trot sont aujourd'hui, en France et dans le monde, l'aboutissement du travail de toute une filière regroupant de très nombreux professionnels et sur lesquels les courses ont une retombée économique majeure.

Les innovations sont importantes depuis la fin du XX^{ème} siècle concernant le monde des courses en France, que ce soit dans la sélection des races (apport de sang américain), l'alimentation, les soins, le matériel, la ferrure ou les performances. Le pied du cheval, son entretien et sa gestion avant et après la course, n'y fait pas exception. Le déferrage des trotteurs en course a débuté il y a une vingtaine d'années et il est désormais devenu commun de voir les chevaux disputer les courses de trot sans fers.

La pratique consistant à déferrer les chevaux avant les courses est de plus en plus répandue et les professionnels du trot affirment que le retrait des fers permet à certains chevaux d'améliorer leurs performances. Les résultats des courses montrent que cette amélioration des performances des chevaux déferrés est réelle. Cette pratique est donc suivie de près par de nombreux parieurs. L'importance économique de cette pratique et la sensibilisation du public et des professionnels au bien-être animal ont abouti à une règlementation précise en ce qui concerne notamment l'âge minimum autorisé pour que les chevaux puissent courir sans fers, la déclaration des partants non ferrés, par soucis d'équité, et les sanctions encourues en cas de non-respect de ces règlements (amendes et sanctions).

Toutefois, les études scientifiques sur les effets du déferrage, qu'elles portent sur les performances ou sur les risques encourus, sont peu nombreuses et tardent à paraître. Le manque de recul sur cette pratique relativement récente explique peut-être le peu de publications à ce sujet. Ce sont les nombreux aspects aussi bien scientifiques, économiques, que ceux se préoccupant de l'intégrité physique des chevaux qui ont motivé cette recherche.

La Société d'Encouragement à l'élevage du Cheval Français (SECF) s'efforce depuis plusieurs années de regrouper les informations concernant la race Trotteur Français et les courses de trot afin de pouvoir améliorer les connaissances et valoriser au mieux la filière trot. C'est avec l'aide de la SECF qui nous a autorisé l'accès à une partie de sa base de données qu'a été réalisé la dernière partie de cette thèse.

Ce travail aborde dans un premier temps les pratiques anciennes et modernes du monde des courses et plus particulièrement l'introduction et le développement de la filière du trot en France. La deuxième partie, consacrée aux mécanismes biomécaniques et physiologiques du pied nu, s'intéresse aux impacts du déferrage sur la santé des chevaux qui courent pieds nus. Enfin, la troisième partie regroupe et analyse des données fournies par la SECF concernant les chevaux ayant couru en 2015 afin d'étudier statistiquement l'incidence du déferrage sur les performances des trotteurs en course.

Partie 1 : Généralités sur les courses au trot et le déferrage des trotteurs avant les courses

I. Historique des courses au trot et du déferrage des trotteurs

A. Histoire des courses hippiques

1. Origine des courses attelées : les courses de char de l'antiquité

a. Datation des premières courses de chars

Les premières courses de chevaux dont on a retrouvé des traces archéologiques datent de l'antiquité d'après OSSADZOW (2007) et DAVID (2007). Un des textes les plus anciens évoquant une course de chevaux, a été rédigé par Homère au VIII^{ème} siècle avant JC. Il s'agit du chant XXII de l'Iliade qui raconte une course de chars organisée par Achille, lors de funérailles de son ami Patrocle tué par le troyen Hector. Ce texte permet d'attester qu'au VIII^{ème} siècle avant notre ère (date de sa rédaction) les courses de char étaient connues. Leur pratique est cependant supposée remonter à quatre siècles auparavant soit au XII^{ème} siècle avant notre ère.

D'après REYNALDO (2007), les courses attelées ont probablement précédé les courses montées dans lesquelles la position prise par le cavalier était jugée dégradante par les aristocrates d'Egypte et de Mésopotamie. Les premières courses organisées avaient pour but de montrer la dextérité du pilote davantage que la qualité des chevaux menés.

L'histoire des courses dans l'antiquité couvre donc une très longue période mais dont il reste assez peu de documentation. Les courses de chevaux se sont perpétuées dans le monde grec puis dans le monde romain jusqu'à la chute de l'empire au V^{ème} siècle après JC. Dans l'empire d'orient elles se sont perpétuées jusqu'à la chute de Byzance et notamment le saccage de l'hippodrome par les croisés en 1204.

Ce sont les jeux olympiques qui mettent en exergue le sport hippique avec quatre épreuves dont les courses de chars. La première olympiade que l'on puisse dater avec certitude est celle de 776 avant JC. Les épreuves hippiques étaient :

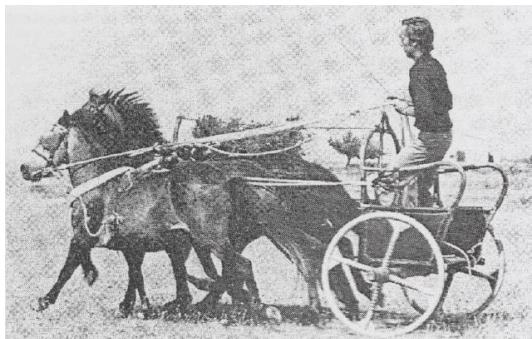
- Les courses de chevaux de selle
- Les courses de poulains montés sans selle, réservées aux jeunes gens
- Les courses acrobatiques ou « *calpé* » dans lesquelles le cavalier devait changer de monture au cours de la course.
- Les courses de chars qui étaient les plus populaires.

b. Les attelages de l'antiquité

Dans l'antiquité, les chevaux ne sont pas montés mais attelés notamment en raison de leur petite taille (1.20 à 1.30 m au garrot). Deux types d'attelage de chars se distinguaient : l'attelage de chars pour les courses et les véhicules de transport. Les chevaux sont d'abord entraînés pour la guerre avant d'être utilisés pour les courses.

Les chars sont tirés le plus souvent par deux (« biges ») ou quatre (« quadriges ») chevaux mais aussi parfois par trois chevaux (« triges »). Les courses sont souvent disputées par des attelages de quatre chevaux, les deux timoniers au centre et les bricoliers de part et d'autre des timoniers (Figure 1). Cette configuration, ainsi qu'une habile maîtrise des bricoliers, permettrait d'éviter le renversement du char dans les virages rapides et serrés. Les courses de quadriges sont plus spectaculaires mais aussi plus techniques pour le cocher (dit « *aurige* ») qui doit maîtriser chacun des chevaux dans des fonctions bien différentes lors des virages.

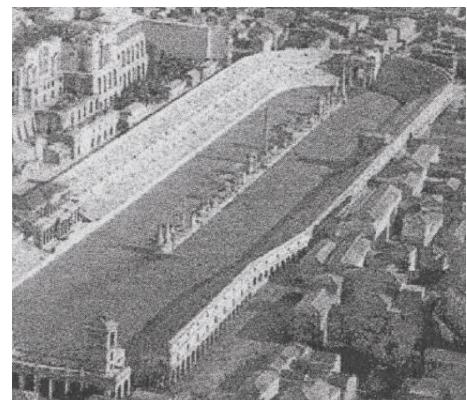
Figure 1 : Reconstitution d'un quadriga grec.
D'après DAVID (2007).



c. Les hippodromes de l'antiquité

Les premières courses ont lieu sur des terrains naturels choisis probablement en terre ou en sable (les chevaux étant pieds nus et les chars ne pouvant se déplacer à grande vitesse sur des terrains caillouteux ou trop irréguliers). Les courses se présentent sous forme d'un aller-retour du point de départ jusqu'à une borne qu'il fallait contourner avant de revenir au point de départ. Les courses antiques n'étaient pas basées que sur la vitesse, mais aussi sur la capacité à négocier les virages autour des bornes, c'est-à-dire des virages à 180 degrés, qui était à haut risque de renversement ou de casse des véhicules. Aucune mention n'est faite de l'usure des sabots sur ces types de sols ou de l'entretien que cela demande avant ou après la course.

Figure 2 : Circus Maximus à Rome.
D'après DAVID 2007.



d. L'importance accordée au pied du cheval dans les courses de l'antiquité

Dans aucun ouvrage concernant les premières courses de char, le pied du cheval n'est mentionné. Il est fort probable que les premières courses de chevaux tirant des chars se soient disputées avec des chevaux non ferrés.

D'après XENOPHON (- 430 à - 455 avant JC), l'entretien des sabots nus consiste à placer le cheval dans une cour empierrée pour préparer le pied à la dureté des chemins qu'il va emprunter : « *Une cour disposée en lit de pierre fortifiera les pieds du cheval, quand même il y resterait en repos [...] le cheval se tenant là-dessus, ce sera déjà comme s'il marchait une partie de la journée dans un chemin entièrement pierreux [...] et les pierres ainsi répandues lui raffermiront la sole* ». XENOPHON cite dans ses textes l'*embataï*, ancêtre de l'hipposandale, sorte de sandale en cuir lacé, placée ponctuellement sous le pied des chevaux pour une cérémonie, le temps de la guérison du pied ou pour des passages en terrain accidenté. Elles ne permettaient cependant que le déplacement au pas, risquant de se détacher à une allure plus vive.

Pour le cheval en liberté, l'intégrité du pied est assurée par l'équilibre entre l'usure naturelle du sabot et sa croissance. Toutefois, l'humidité et le fumier des écuries, les longs déplacements sur des sols parfois accidentés et caillouteux ou les déformations pathologiques de la corne accélèrent la détérioration du sabot. Ainsi, les Grecs et les Romains cherchent à y remédier en sélectionnant des chevaux avec une corne dure et en protégeant les sabots par des hipposandales.

Il s'agissait de plaques de bois ou de métal (CAM et POULLE-DRIEUX, 2007) glissées sous le sabot et maintenues par un laçage de lanières en cuir passant dans des anneaux ou des boucles à l'arrière et de chaque côté du paturon (Figure 3). Les semelles étaient de forme et d'épaisseur variables, adaptées au pied du cheval qui était ainsi surélevé et protégé du sol. Ces protections, utilisées de manière occasionnelle soit pour protéger une blessure au pied soit pour assurer la marche en terrain difficile, ne permettaient pas une grande vitesse de déplacement.

D'après LAZARIS (2009), si l'hipposandale est un élément majeur dans l'utilisation du cheval de transport, ce dernier pouvant parcourir des distances plus longues avec des charges plus lourdes grâce à la protection procurée par ces dispositifs, les textes ne mentionnent pas leur utilisation lors de courses.

Néanmoins, à vive allure, l'hipposandale ne reste pas en place et peut blesser le cheval. En effet, d'après LEFEBVRE DES NOËTTES (1931), la pince du pied postérieur vient accrocher la partie arrière de l'hipposandale, placée sur l'avant, et les liens qui la maintiennent se relâchent et se rompent. L'emploi de l'hipposandale reste donc occasionnel et réservé à des animaux boiteux ou menacés de boiterie par l'usure de la corne, comme chaussure d'apparat, ou encore pour mieux assurer la marche en terrain difficile.

La date de l'invention du fer à clous divise encore la communauté scientifique. M. BAUDOIN (1910) a retrouvé des signes de ferrure dans l'ouest de la France datant d'avant la conquête de la Gaule par l'empire romain. Selon PIEUCHOT RAVISY (2005), les Celtes ferraient leurs chevaux mais la ferrure n'était employée que de façon ponctuelle : « *elle devait être appliquée quand le sabot du cheval était usé ou abîmé, dès que la repousse naturelle du sabot permettait le retour à la normale, on enlevait le fer, et on laissait les pieds nus* ». Pour dater le fer à clous, une référence est utilisée, les *Tacticae Constitutiones* de l'empereur byzantin Léon VI le Sage (886-912), dans lesquelles il est explicitement mentionné pour la première fois. On situait alors l'invention du fer à clous, ou du moins son utilisation intensive en Occident et à Byzance, à partir des IX^e-X^e siècles. Le ferrage ne s'est réellement répandu qu'au X^e siècle. Des fers à crampons pour empêcher les chevaux de glisser ou des fers orthopédiques sont alors développés. Avant ces dates, le cheval courrait nus pieds.

2. Les premières courses attelées en France

Les Celtes utilisaient les chars pour combattre, mais leur utilisation en course n'est pas décrite et donc inconnue. Leurs descendants gallo-romains en revanche, disputaient des courses attelées. La présence de vestiges de cirques et hippodromes en témoigne, c'est le cas par exemple à Arles mais aussi probablement à Lyon, Nîmes et Saintes. Il est probable que les courses disputées soit de même type qu'à Rome mais peu de traces de ces courses ont été retrouvées.

Figure 3 : Hipposandale.
D'après LEFEBRE DES NOËTTES.



Selon REYNALDO (2007), C'est à partir de 1791 que voient le jour les premières courses officielles de chars grâce à l'initiative d'un officier de cavalerie nommé Esprit-Paul de Lafont-Poulot qui publie « Mémoire sur les courses de chevaux et de chars en France, envisagées sous un point de vue d'utilité publique », en s'inspirant de l'ébauche des programmes de sélection anglais et américain de chevaux de course. Il meurt avant de voir son projet abouti mais la population Française finit tout de même par succomber au charme des courses sans se soucier de mettre en valeur les chevaux. Un immense hippodrome est tracé sur le Champ de Mars à Paris sur lequel sont organisées les courses de chevaux dont des courses de chars. L'arrivée de Napoléon au pouvoir en 1804 met fin à ces manifestations.

3. Les courses au trot

a. L'origine des courses au trot

Plusieurs pays peuvent revendiquer les origines des courses de trot, notamment le Danemark et les Pays-Bas. Ces deux pays développent l'élevage de chevaux dont l'allure de base est le trot. À partir du XVII^{ème} siècle, ces chevaux sont exportés dans toute l'Europe et jusqu'en Russie. L'ajout de sang arabe sur ces chevaux donna naissance à la race de trotteur russe, l'Orlov.

Des paysans et bourgeois hollandais ou danois avaient pour coutume au XVIII^{ème} siècle de confronter leurs talents de cocher et la valeur de leurs chevaux en se lançant des défis qui consistait à couvrir une distance donnée dans le temps le plus bref. Selon REYNALDO (2007), ce furent les danois qui introduisirent en Angleterre la race de trotteurs connue sous le nom de Norfolk. Cette race nordique de belle taille et qui possédait des aptitudes pour le trot fut allégée par les anglais en la mariant avec des pur-sang, ce qui donna le « trotteur Norfolk », utilisé pour tracter les voitures. L'aristocratie anglaise férue de courses de galop et de concours hippiques voyait d'un mauvais œil ces chevaux assez lourds maniés avec dextérité par des gens de la campagne et il aurait été dégradant d'organiser des courses réservées aux trotteurs. En 1782, une jument, Phenomena, couvrit au trot soixante-douze miles (115,9 km) en six heures soit une réduction kilométrique* de 3'06''. Dix ans plus tard, en 1792, parcouru trente-deux miles (51,5 km) en deux heures et dix minutes avec une charge de 95 kg soit une réduction kilométrique de 2'31''). Il faut prendre en compte la longueur de ces distances et le chargement des chevaux pour pouvoir évaluer ces performances. La race Norfolk disparut dans les années 1930. Aux Etats Unis, la race privilégiée pour les courses de trot est le « Standardbred ».

En France, ce sont les courses de galop qui sont les premières courses organisées, bien qu'elles soient postérieures à celles organisées en Angleterre. Ce sont les émigrés français en Angleterre pendant la révolution et l'empire (1789 – 1814) qui introduisirent en France les courses de trot sous forme de paris particuliers qui existaient déjà au galop. Les chevaux étaient alors attelés à des « solkets », le terme « sulky* » n'apparaît en France que plus tard, dans les années 1860. Le mot « sulky » venait du verbe « to sulk » qui signifie bouder. Les véhicules légers à deux roues étaient ainsi appelés car ils pouvaient recevoir qu'une personne, ce qui donnait l'apparence au conducteur de « bouder ».

Les paris particuliers continuèrent bien après la création « officielle » des courses au trot en 1836.

b. Premières courses officielles au trot en France : à Cherbourg en 1836

Bien que des essais de courses au trot aient été réalisés avant, notamment à Saint Brieuc en 1807 ou à Aurillac ou Strasbourg en 1820 ou encore Nancy en 1828 et bien d'autres endroits, les premières courses de trot officielles organisées en France datent de 1836 et elles furent disputées à Cherbourg qui est considéré comme le berceau des courses en France. Un jeune officier des haras nationaux, Ephrem Houël (1807-1885) imagina dès 1830 de créer des courses au trot pour permettre la sélection des reproducteurs de la future race « Trotteur Français ». En 1836, un champ de course est tracé sur les grèves plates des terrains du polygone d'artillerie de la Marine, entre Cherbourg et Tourlaville, et les prix offerts sont suffisamment élevés pour attirer les bons chevaux de la région. Le gagnant couvre au trot quatre kilomètres en 10 minutes et 10 secondes, soit une réduction kilométrique de 2'30''. Si les premières courses de Cherbourg sont un succès, elles sont progressivement réduites à des confrontations locales et disparaissent en 1849.

C'est la ville de Caen par sa situation géo-économique qui est choisie pour remplir le rôle de ville phare de la discipline en 1837. Les épreuves étaient chronométrées et les concurrents partaient en différé en raison du mauvais état de la piste, du peu de fiabilité des voitures et du risque d'accident. Le public préférait les courses de chevaux montés, plus spectaculaires et faciles à suivre car les chevaux couraient ensemble. Concernant les allures, le règlement était sévère et n'autorisait aucune autre allure que le trot.

Les courses de trot furent organisées ensuite dans plusieurs autres villes et la construction de nombreux hippodrome vint dynamiser cette discipline. L'effet bénéfique des courses se fit rapidement sentir et un arrêté décréta qu'à partir du 1^{er} janvier 1848 aucun étalon ne serait acheté par les haras sans avoir été approuvé en concours public.

Mais en 1850, des remaniements des Haras Nationaux eurent pour conséquence la disparition des subventions de l'Etat. De nombreuses courses furent annulées et des hippodromes fermèrent, ne pouvant distribuer de prix. Les haras se mirent de nouveau à acheter les étalons en fonction de leur modèle et non plus des qualités montrées en course.

Une association, la « Société Générale des Courses de Normandie », dont l'objectif serait d'assurer le développement des courses en Normandie, est créée en 1857. Cependant, son audience reste locale et une seconde société est créée pour rivaliser avec les instances du galop et se faire entendre dans la capitale. La « Société d'Encouragement pour l'Amélioration du Cheval Français Demi-Sang » est fondée en octobre 1864, dans le but « d'encourager en France l'élevage et l'éducation du cheval de demi-sang qui constitue le cheval de service et le cheval de guerre ». L'objectif, à l'échelle du pays, est notamment pour chapeauter toutes les sociétés de courses afin de propager le trot dans toute la France et devenir le seul interlocuteur de l'Etat, ainsi qu'aider à la création d'un cheval de service dont les reproducteurs seraient sélectionnés par la compétition.

En 1867, parut le premier bulletin des courses, véritable journal officiel des courses de trot. L'année suivante parut le premier annuaire. Les courses au trot étaient désormais codifiées.

La guerre franco-prussienne de 1870 à 1871 entraîna de lourdes pertes humaines et animales. Le cheptel équin français à peine naissant fut soit décimé lors de charges contre la Prusse soit réquisitionné par l'ennemi qui fit main basse sur les meilleurs reproducteurs. Pour

relancer la filière, la Société d'Encouragement pour l'Amélioration du Cheval Français Demi-Sang se fixa comme objectif d'organiser des courses à Paris afin de faire connaître le trot dans toute la France et bénéficier de la manne des jeux commençant à apparaître sur les hippodromes de galop.

c. Les premières courses à Paris

En 1873 fut organisée une réunion appelée « Concours International de Trotteurs » dont l'objectif était d'opposer des trotteurs français à des concurrents russes et américains. Les concurrents étrangers ne s'étant pas présentés, les courses furent pauvres en partants et les épreuves ne convainquirent pas le public. En 1875, le poste de secrétaire général de la société d'encouragement pour l'amélioration du cheval français demi-sang est attribué à Henri Legoux-Longpré qui se charge de promouvoir le trot à Paris en organisant des courses sur l'hippodrome de Maisons-Laffitte à l'occasion de l'exposition universelle de 1878. Une foule considérable s'était déplacée pour assister aux courses et la dotation de soixante mille francs avait attiré de nombreux concurrents européens et américains. Si les trotteurs français, alors appelés « demi-sang normands » ou « trotteurs normands », ne remportèrent que peu de courses face aux trotteurs russes ou américains, cet événement permit au trot de sortir de l'ombre.

L'hippodrome de Vincennes fut inauguré en 1879. Jusqu'en 1905, année de la création du meeting d'hiver, son activité fut concurrencée par de nombreux autres hippodromes parisiens et normands. Il fallait organiser des programmes mixtes pour attirer le public.

En 1900, l'exposition universelle fut une nouvelle fois un tremplin pour les courses de trot. La Société du Demi-Sang organisa une grande rencontre internationale qui fut un désastre pour les représentants français qui furent dominés par des chevaux qui n'étaient pas les meilleurs de leurs pays. L'hippodrome de Saint Cloud fut le second site parisien aménagé pour les courses de trot et, bien que des courses de galop y soient également organisées, cela permettait de diffuser plus largement encore ce sport assez peu populaire.

Le cheval « Demi-Sang » (nom alors donné au trotteur), à l'inverse du pur-sang, n'était pas encore considéré comme un cheval de sport et l'apparition de l'automobile menaçait grandement son existence en tant que cheval de service. Si les ministères de l'agriculture et de la guerre voyaient d'un bon œil la sélection des trotteurs pour créer une race robuste et polyvalente, la popularité de ce cheval était en déclin et sa seule utilité restait son utilisation par l'armée. Une puissante opposition aux courses de trot s'était levée et même les militaires jugeaient le cheval demi-sang trop grand, trop rapide et trop léger pour porter des charges importantes sur de longues distances sur un champ de bataille. Des courses en plusieurs épreuves furent organisées pour démontrer que le cheval demi-sang était capable de rendre de nombreux services (les épreuves comportaient une course au trot monté, une course au galop, une course au trot attelé avec une lourde charge). A partir de 1905, Philippe du Rozier fit augmenter le nombre de courses sur les hippodromes parisiens (de 10 en 1905, le nombre global des réunions de trot passa à 38 en 1910, puis à 68 en 1925) et organisa des nocturnes en 1952.

La guerre de 1914-1918 fit des dégâts humains et économiques, mais aussi sportifs. En effet, l'armée réquisitionna 600 000 chevaux ainsi que de nombreux professionnels de la filière qui moururent sur le front. Après la guerre, quelques épreuves de sélections furent organisées et empêchèrent l'élevage français de disparaître totalement. En 1920 fut disputée

pour la première fois une course qui allait devenir célèbre : le Prix d'Amérique. Suivit la création en 1924 de quatre épreuves de prestige : Le Prix James Watt qui devint le Critérium des trois ans en 1936, le Prix de Vincennes également réservé aux trois ans, le Prix Conquérant rebaptisé Critérium des quatre ans en 1936 et le Prix du Président de la République (aussi nommé Prix de France). L'hippodrome de Saint Cloud ayant été repris par Société des courses de galop, c'est l'ouverture de l'hippodrome d'Enghien, maintenant le second hippodrome de trot en France après Vincennes, qui permit d'accroître le développement de la filière.

La seconde guerre mondiale n'eut pas le même effet que la première sur les courses. Tout d'abord, la motorisation de l'armée évita une grande réquisition des chevaux pour tracter l'artillerie, la cavalerie ayant disparu depuis longtemps. L'organisation des courses fut rétablie sous l'occupation allemande après la rapide défaite de la France.

Le monde du trot prospéra ensuite avec un engouement croissant de la part du public, des dotations plus élevées et des élevages de qualité. À partir des années 1980, le mythe du « champion » facile, véhiculé par la réussite de chevaux issus de petits élevages (comme Tidalum Pelo, Bellino II, Idéal du Gazeau, Ourasi, etc.) engendra un accroissement démographique inquiétant. Des mesures restrictives durent être prises pour limiter le nombre de naissances et réduire la menace économique d'une telle situation.

B. Le déferrage des trotteurs en course

De pratiques techniques telles que la monte en avant (position couchée sur le cheval comme en course de galop) ou le déferrage sont apparues dans la fin des années 1900.

1. L'origine du déferrage

Le déferrage des trotteurs avant les courses est une pratique originaire des pays scandinaves importée en France par l'entraîneur et driver* suédois, Ulf Nordin. Habitué à courir sur des surfaces souples en Suède, il réalise de bonnes performances sur des surfaces plus fermes en France, où il gagne notamment le Prix d'Amérique en 1950.

2. Premiers déferrals en France

Ulf Nordin s'installe en France en 1983. Il est à l'origine de modifications des méthodes françaises qui contribuent à l'amélioration des performances des trotteurs. En course, il est le premier à déferrer ses chevaux ce qui crée la surprise et le mouvement est rapidement repris par ses concurrents. À l'entraînement, il prépare ses chevaux en leur faisant faire des exercices fractionnés et répétés (« interval training »). La pratique tarde néanmoins à faire réellement sa place dans l'univers assez conservateur du trot et les entraîneurs convertis au déferrage restent, dans un premier temps, discrets. Les nombreux succès terminent de convaincre les indécis qui vont appliquer à leur tour ces méthodes.

Les professionnels du trot y voient plusieurs avantages :

- Une diminution du poids porté par les pieds du cheval qui est alors plus léger pour courir et la fréquence de la foulée est plus élevée, le cheval gagne en vitesse.
- La surprise créée pour le cheval qui, déferré pour la première fois, va courir au-dessus de sa valeur. La proprioception joue un rôle dans ce phénomène et cela participe à l'augmentation de la fréquence de la battue.
- Le déferrage rendrait les allures du cheval plus naturelles et réduirait les fautes.

- Diminution des risques de blessures dues aux fers, par exemple en cas d'interférence.

À ses débuts, la pratique du déferrage n'est soumise à aucune réglementation et les parieurs n'étaient pas avertis des décisions des entraîneurs. La pratique confidentielle déferrage est alors considéré comme un délit d'initié. Les parieurs et les journalistes hippiques s'indignent et la Société du Cheval Français, qui organise les courses de trot en France, corrige cette injustice en 2002 en obligeant les entraîneurs à annoncer un cheval courant déferré. Cette décision rend le pronostic plus facile pour les parieurs. L'avantage pour les parieurs intervient surtout lorsque le cheval est déferré pour la première fois car sa performance peut créer la surprise. Mais cela n'est pas systématique et le nombre de chevaux déferrés augmentant, il y a statistiquement de plus en plus de vainqueurs déferrés.

3. Courses déferrées à l'Etranger

Si le déferrage est une pratique courante dans les scandinaves à l'origine de ce mouvement, et dans le reste de l'Europe, il n'est pas autant répandu sur le sol américain.

À l'inverse, le déferrage des galopeurs est interdit en France ou en Angleterre alors que des courses de galop opposant des chevaux déferrés sont courantes dans d'autres pays, notamment aux Etats-Unis ou aux Emirats Arabes Unis.

II. Réglementation concernant le déferrage pendant les courses en France

Contrairement au monde des sports équestres dont le règlement est international et géré par la FEI pour les 134 fédérations affiliées, le monde des courses (de trot et de galop) est administré au niveau national par chaque pays. En France, c'est la SECF (ou Société d'Encouragement à l'Elevage du cheval Français, aussi connue sous l'appellation de « Cheval Français ») qui est une des deux sociétés mères régissant les courses, l'autre étant France Galop. Cela explique les réglementations différentes selon les pays. Le cas de la France pour les courses de trot et de galop est détaillé dans cette sous-partie.

A. Courses au trot

1. La SECF, organisme responsable de l'établissement, la diffusion et l'application de la réglementation concernant les courses au trot en France

La SECF est une association à but non lucratif relevant de la loi 1901 qui œuvre au développement des courses au trot en France et à la protection de la race trotteur Français. Elle a plusieurs missions :

- **Une mission morale** qui passe par la préservation de l'éthique des courses, l'assurance de la promotion du Trotteur Français (en France et à l'étranger), la protection des parieurs ou encore la lutte contre le dopage.
- **Une mission sportive** se traduisant par l'établissement d'un programme de courses pour la saison et l'organisation de la majorité des courses du pays.
- **Une mission économique** par le biais de primes allouées aux éleveurs, ou en accordant des subventions.

L'administration de la SECF compte 50 membres dont 16 élus parmi les différentes catégories socioprofessionnels (propriétaires, éleveurs, entraîneurs, drivers), 9 présidents des comités régionaux, 9 présidents de conseils régionaux et 16 membres cooptés. Elle regroupe 6 commissions qui sont chacune chargées d'un rôle bien précis :

- **Programme et code** : mise en place d'un calendrier des réunions des courses au trot, vérification de la bonne organisation de ces courses ; proposition d'un Code des courses au trot et toutes ses modifications (soumises au Ministre de l'Agriculture), garantie du respect de ce Code.
- **Finance et budget** : répartition des subventions pour les prix des courses ainsi que les conditions de participation, l'attribution et les taux des primes aux éleveurs de trotteurs et assurance du versement de ces primes.
- **Elevage** : encouragement de l'élevage et de l'amélioration de la race des chevaux trotteur Français en France notamment grâce aux courses au trot. Diffusion et maîtrise de la reproduction.
- **Travaux et aménagements** : participation et avis sur les travaux et aménagements.
- **Relations extérieures et promotion du trotteur** : participation à la promotion, aux actions et aux formations professionnelles liées aux courses au trot, à l'élevage et à la sélection des trotteurs.
- **Province** : délivrance des autorisations de faire courir, d'entraîner, de monter ou driver.

2. Code des courses au trot et déferrage

Le Code des courses est la référence réglementaire, notamment en matière de déferrage des chevaux engagés sur une course en France.

En voici l'extrait à propos du déferrage, issu du Bulletin de la Société d'Encouragement à l'élevage du Cheval Français du Jeudi 21 janvier 2016, ISSN 1157-0288, qui donne les conditions générales des programmes des courses au trot en France :

« Concernant les chevaux déferrés : »

« Dans toutes les courses, l'entraîneur doit sur la déclaration de partant indiquer si son cheval prendra part à l'épreuve concernée, déferré (antérieurs ou/et postérieurs).

Un cheval est réputé ferré lorsque la moitié au moins de son sabot est munie d'une protection rigide et visible qui assure cette fonction pendant tout le temps de la course (à l'exception de la résine).

Un cheval est réputé « déferré » lorsque son sabot :

- N'est muni d'aucune protection
- Ou est protégé uniquement par de la résine

Aucun cheval âgé de 2 ans (né en 2014 – lettre E) ou de 3 ans (né en 2013 – lettre D) ne peut prendre part à une épreuve régie par le code des courses au Trot s'il est déferré.

Aucune modification ne peut être apportée à cette déclaration, au moment de la course, sauf cas de force majeure admis par les Commissaires pour l'ensemble des concurrents de la course ou de la réunion ().*

Si un cheval prend part à la course en infraction avec les dispositions mentionnées ci-dessus, il est disqualifié, même si son classement à l'arrivée ne lui donne droit à aucune allocation et une amende de 500 euros est infligée à son entraîneur.

Il appartient à l'entraîneur ou son représentant de soulever les pieds de son cheval pour faciliter, à l'endroit désigné par les Commissaires, les opérations de contrôle de ferrures après la course.

D'autre part, tout cheval dont les Commissaires constateront en accord avec le vétérinaire de service, une blessure du pied en raison du déferrage, sera exclu de toutes les

courses pour une durée de deux mois et une amende de 1 000 euros sera infligée à son entraîneur.

En outre, en cas de récidive, le retrait de l'autorisation d'entraîner peut-être prononcé.

() Un cheval perdant accidentellement un fer ou une protection pendant le parcours n'est pas considéré comme ayant couru déferré. »*

Un trotteur est donc considéré **ferré** quand « **la moitié au moins de son sabot est munie d'une protection rigide et visible qui assure cette fonction pendant tout le temps de la course** (à l'exception de la résine) ».

Au contraire, un cheval est réputé **déferré** "lorsque **son sabot n'est muni d'aucune protection ou est protégé uniquement par de la résine**".

Voici les symboles typiquement utilisés sur le programme des courses ou par les sites spécialisés pour signaler le mode de ferrure d'un cheval :

- | | |
|--|-------------------------------|
| | Ferré |
| | DP = déferré postérieur |
| | DA = déferré antérieur |
| | D4 = déferré des quatre pieds |

Si le déferrage est autorisé à apparaître sur les programmes des courses depuis juillet 2000, la **déclaration du statut déferré est obligatoire 48 heures avant la course depuis mars 2002**. Toutefois, les entraîneurs pouvaient changer d'avis et se rétracter (et donc ne pas déferrer) jusqu'à 30 minutes avant la course s'ils estimaient que l'état de la piste ne permettait pas au cheval de courir déferré. Le **1^{er} mai 2009**, la règlementation impose une interdiction de se rétracter sous peine de sanctions (disqualification et amende de 500 euros), excepté cas de force majeure. Les données concernant le déferrage en course ne sont donc disponibles que depuis mars 2002. Les chevaux ayant couru avant ont pu être déferré puisque la pratique existe depuis une vingtaine d'années mais cela n'a pas toujours été mentionné. C'est le cas par exemple d'OURASI qui apparaît comme ayant toujours couru ferré alors que son statut n'est seulement pas renseigné.

Un débat récent sur le bien-être animal concernant les risques encourus par les trotteurs lorsqu'ils sont déferrés est à l'origine d'une règlementation pour les jeunes chevaux. Cette nouvelle règlementation **interdit le déferrage en course des chevaux de 2 et 3 ans**. Cette interdiction date du **11/09/2012** et a été mise en vigueur en **2013 pour les 2 ans** et en **2014 pour les 3 ans**

Ces dispositions concernent toutes les courses et quelle que soit la surface de la piste (herbe, sable, fibré*). La seule exception est le cas de force majeure admis par les commissaires, souvent de type médical, qui fait suite à une déclaration officielle.

Si une **blessure de pied** est constatée suite à une course déferrée, le cheval est exclu des courses pour une durée de deux mois et l'entraîneur encourt une amende de 1 000 euros ainsi qu'un retrait d'autorisation d'entraîner en cas de récidive.

Par ailleurs, **l'âge maximal autorisé** pour concourir au trot en France est de **10 ans**. Au-delà du 31 décembre de leur **10^{ème} année**, les trotteurs ne sont plus autorisés à courir en

France. D'autres pays peuvent autoriser les chevaux de plus de 10 ans à courir, c'est le cas par exemple dans les pays scandinaves, en Allemagne ou encore à Malte.

Le nombre d'engagements par cheval par an n'est pas limité et est souvent autorégulé par les entraîneurs, les modalités d'engagements aidant (montant fixé des allocations pour l'engagement).

Toutes ces dispositions répondent aux inquiétudes des défenseurs du bien-être animal, limitent les abus et préservent l'intégrité physique des chevaux ainsi que les intérêts des parieurs.

B. Courses de galop

Les déferrages lors des courses de galop ont des particularités propres et très différentes des courses de trot, voilà pourquoi elles sont mentionnées ici.

1. France galop

France Galop est la société mère régissant les courses de plat et d'obstacle en France.

France Galop joue un rôle similaire à celui de la SECF pour ce qui concerne les courses de galop. Comme la SECF, son activité est multiple. Elle contribue à encourager l'élevage et à améliorer les différentes races de chevaux de galop, à déterminer les allocations et les primes, à favoriser l'entraînement et assurer le bon fonctionnement de la prise des paris sur les hippodromes. La rédaction et l'application du Code des Courses est de son ressort ainsi que la délivrance des autorisations de faire courir, d'entraîner et de monter. Elle se doit de donner son approbation au programme des courses et établir le calendrier des courses de galop.

2. Code des courses au galop

La pratique du déferrage est interdite pour les courses au galop en France depuis début 2009. Cette pratique est également interdite en Angleterre.

Le paragraphe suivant est issu du code officiel des courses au galop, diffusé par France galop et dont la dernière remise à jour date du 1^{er} janvier 2016 :

« 6^e partie : Contrôle des ferrures

ART. 138

I.Définition.

Un cheval est réputé ferré lorsque la moitié au moins de son sabot est munie d'une protection rigide et visible.

II. Ferrures prohibées.

L'emploi de ferrures susceptibles d'augmenter le danger des chutes et des atteintes auxquelles les jockeys et les chevaux sont exposés pendant la course est interdit. Il s'agit des fers dont la face interne présente une proéminence quelconque et dont la rive externe n'est pas arrondie.

III. Ferrures des postérieurs.

Les entraîneurs ne peuvent présenter, pour participer à une course régie par le Code des Courses au Galop, un cheval qui ne serait pas ferré des 4 pieds.

Toutefois, dans des cas exceptionnels, les Commissaires de France Galop pourront autoriser un cheval à courir non ferré des postérieurs exclusivement si les explications et les

justificatifs que son entraîneur devra avoir fait parvenir au Secrétariat des Commissaires au moins 48 heures avant la clôture des déclarations définitives des partants de la course à laquelle ledit cheval doit participer, leur paraissent justifier une telle autorisation.

IV. Sanction de l'utilisation de ferrures prohibées ou du non-respect de la réglementation concernant les ferrures des postérieurs.

Les Commissaires des Courses doivent s'opposer au départ d'un cheval s'ils constatent, avant la course, eux-mêmes ou leur représentant, qu'il est muni d'une ferrure prohibée ou que son entraîneur n'a pas respecté la réglementation prévue au § III du présent article. L'entraîneur fautif est passible d'une amende de 75 euros à 800 euros, infligée par les Commissaires de courses. Son autorisation d'entraîner peut, en outre, lui être retirée par les Commissaires de France Galop. »

En France, les galopeurs ont pour **interdiction de courir déferrés** mais aussi de porter des ferrures trop couvrantes (*« dont la face interne présente une proéminence quelconque et dont la rive externe n'est pas arrondie »*), à haut risques de blessures.

Si le déferrage des galopeurs est prohibé en France, des dérogations existent et autorisent le déferrage des postérieurs seulement pour les chevaux présentant une justification.

3. Le déferrage des galopeurs en pratique

Il s'agirait d'une pratique très répandue dans d'autres pays où la réglementation le permet, notamment aux Etats Unis et aux Emirats Arabes.

Un champion de 3 ans en 2015 à Dubaï, MUBTAAHIJ, n'a jamais porté de fers et est présenté à chacune de ses courses pieds nus. Ce Pur-Sang Anglais a pour maréchal Declan Cronin qui a basé ses méthodes sur les théories du Dr Robert Bowker, vétérinaire fondateur du « laboratoire du pied du cheval » (*« Equine Foot Laboratory »*) dans le Michigan et Pete Ramey, maréchal fondateur des « spécialistes de la réhabilitation des sabots » (*« Hoof Rehabilitation Specialists »*). Sur six courses courues en 2015, il est trois fois vainqueur, une fois second, une fois quatrième et une fois huitième.

En France, malgré l'interdiction de galopeurs à courir non ferré, il n'est pas rare de voir des chevaux courir sans fers sur les hippodromes Français. Pour rester dans le cadre de la légalité, des justificatifs concernant souvent l'âge ou le caractère du cheval jugé trop dangereux pour le maréchal ou des justifications médicales sont parfois données afin de pouvoir courir sans fers.

A la différence des trotteurs, il ne s'agit pas d'un déferrage précédent la course mais d'un déferrage quasi permanent, les galopeurs ne courant pas sur des pistes aussi dures et abrasives que les trotteurs.

Selon Matthieu BOUTIERE, maréchal-ferrant ayant accepté de répondre à quelques questions concernant la pratique du pied nu dans le monde du galop, il s'agit d'une pratique assez complexe et individu-dépendante dans la mesure où les pur-sang ont des pieds très sensibles. Certains chevaux ne supporteront pas le déferrage alors que d'autres ne seront pas confortables avec des fers. Le déferrage des galopeurs serait possible seulement chez des chevaux peu sensibles et produisant beaucoup de corne. Les chevaux comme MUBTAAHHIJ sont donc des exceptions. L'efficacité de cette pratique serait maximale sur des surfaces

souples voire profondes comme les pistes fibrées* ou le dirt*, fréquemment rencontrées lors des courses de galop. Au contraire, sur des surfaces dures comme le gazon, les chevaux ne semblent pas réagir aussi bien que sur des surfaces souples. L'utilisation de nouveaux composites comme les plaques thermo-formables, la céramique, fréquemment utilisés chez les trotteurs serait probablement intéressante pour ces chevaux.

III. Le déferrage des trotteurs en pratique

Si les professionnels s'accordent à dire que les performances des chevaux sont améliorées par le déferrage, il existe peu d'études le démontrant et l'analyse des mécanismes en jeu est complexe.

L'intérêt de cette sous-partie est de recenser les observations perçues par les professionnels qui regroupent les raisons de leurs motivations à déferrer les chevaux et d'expliquer toutes les étapes qui permettent d'aboutir au déferrage des trotteurs le jour de la course, de la préparation au jour J. Une étude réalisée par J-M. DENOIX et C. MOIROUD réalisée sur 6 Trotteurs Français de 4 et 5 ans sur une période de 6 semaines a permis de dégager et quantifier plusieurs modifications. Le travail de synthèse des pratiques courantes de maréchalerie concernant le trotteur mené auprès de 10 maréchaux ferrants et réalisée par S. CAURE et J-Y. COSNEFROY évoque notamment le type de préparation des pieds nécessaire pour courir sans fer.

A. Les modifications à l'origine d'une amélioration des performances induites par le déferrage

1. Effets du déferrage sur la locomotion du cheval

La modification des allures du cheval qui court sans fers est un des paramètres intervenant dans l'amélioration des performances. L'observation de ces modifications d'allure et leur impact sur les performances constitue une des premières motivations des entraîneurs à la pratique du déferrage.

S. CAURE et J-Y. CAUSNEFROY ont présenté aux « équimeeting » de maréchalerie, en 2013, une vidéo d'un cheval courant ferré puis déferré afin de comparer les différences d'allures de ce cheval avec puis sans fers. Cette vidéo a permis de dégager plusieurs différences :

- La « hauteur de passage » des antérieurs et des postérieurs (ou relevé des membres) : le cheval ayant une amplitude plus grande lorsqu'il court ferré. Pour gagner en vitesse, la fréquence est plus intéressante que l'amplitude.
- Les mouvements articulaires sont moins importants lorsque le cheval n'est pas ferré ce qui implique moins de contraintes articulaires. En effet le cheval déferré présente au soutien une hyper-extension finale de la phase antérieure (juste avant le poser) et une flexion finale (des articulations interphalangiennes - distale et proximale – ainsi que l'articulation métacarpo-phalangienne) de la phase postérieure moins marquées que pour le cheval ferré.
- La pose du pied lors de la phase d'impact : le cheval ferré commence à poser son pied majoritairement en talons alors que le cheval non ferré pose son pied légèrement plus à plat.
- Le cheval déferré est plus droit dans son sulky.

Une étude sur plusieurs chevaux permettrait de vérifier ces observations réalisées sur un seul cheval.

Les drivers considèrent que le déferrage améliore les allures d'environ un cheval sur deux (DENOIX, MOIROUD. 2014). Mais si le déferrage rend au cheval ses allures « naturelles » le jour de la course, il fait également réapparaître et accentue les défauts d'aplombs des chevaux, en l'absence de l'effet correcteur du fer.

Par ailleurs, l'amélioration des performances des trotteurs déferrés est aussi due au gain en légèreté qui permet d'augmenter la fréquence des foulées (DENOIX, MOIROUD. 2014).

2. Allègement du cheval déferré et contact direct du pied avec le sol

La diminution du poids que soulève chacun des pieds du cheval joue un rôle, minime comparé à l'ensemble du poids porté par le cheval, mais qui doit être pris en compte comme un effet direct influençant les allures du cheval. Les études portant sur les bienfaits des fers en aluminium, plus légers que l'acier, allaient déjà dans ce sens.

Les observations des professionnels rapportent que le cheval retrouve des allures plus naturelles et un cheval qui aurait tendance à se toucher ou partir à la faute s'en trouverait amélioré. L'exemple de READY CASH nous prouve néanmoins que ce n'est pas toujours le cas : il est disqualifié lors du Prix d'Amérique en 2010 alors qu'il est déferré des quatre pieds pour la première fois. Il était déferré seulement des postérieurs lors de ses précédentes courses.

Tous les professionnels s'accordent pour dire que les allures des trotteurs ne sont pas les mêmes lorsque le cheval est ferré, même avec des fers en aluminium ou avec des résines, et lorsqu'il est déferré. Le contact direct du pied avec le sol modifierait vraisemblablement la proprioception ainsi que la perfusion du pied qui augmenteraient ainsi les performances. Par ailleurs, selon DESBROSSES (2002), la saturation des messages transmis aux récepteurs proprioceptifs, aux mécanorécepteurs et aux nocicepteurs modifierait l'information intégrée au niveau central.

Si l'intérêt du déferrage semble une évidence pour certains, cela reste une pratique technique complexe.

B. La préparation du cheval pour la course pieds nus

Comment, en pratique, amener un cheval à pouvoir courir déferré ?

1. Parage

Les conditions de parage permettant de pouvoir amener un cheval à trotter déferré sont un pied sain et fort (Figure 4), caractérisé par (CAURE, CAUSNEFROY, 2013) :

- une paroi solide et dure,
- une sole assez dure,
- des barres fortes et bien orientées,
- une fourchette fournie,
- un pied de forme ovoïdale
- un pied qui présente de profil une face dorsale dans le prolongement du paturon.

Figure 4 : Pied sain et fort,
d'après CAURE, COSNEFROY,
2013.



Les talons hauts qui prédisposent aux seimes sont à éviter et une fourchette venant au contact du sol lorsque le pied est à l'appui sera privilégiée. Le pied doit être sain de toute infection bactérienne ou mycose.

Le pied doit être laissé dans son aplomb naturel sans le contrarier pour éviter une usure prématuée et asymétrique de la paroi (MEAL, 2012). Les angles formés par les articulations entre les phalanges doivent permettre un aplomb correct (SAVOLDI, 2007) qui conférera aux structures internes (articulations et tissus mous) le minimum de contraintes tout en permettant à l'animal de réaliser les performances attendues de lui. Selon BOWKER (2003), le pied sain et fort est caractérisé par des cartilages ungulaires épais, un coussinet digital contenant une forte proportion de fibrocartilage et un système vasculaire plus développé.

Si l'anatomie du pied du cheval est identique d'un cheval à l'autre, sa composition structurelle varie en fonction de l'âge ou de la race du cheval, mais aussi d'un individu à l'autre (BOWKER, 2003). Ces paramètres sont pris en compte pour la préparation du pied du cheval qui sera adaptée à chaque morphologie et à chaque constitution du sabot.

2. Ferrure d'entretien

a. Entretien classique

La ferrure d'entretien (Figure 5) doit amener les meilleures conditions pour obtenir le meilleur pied possible, permettant ainsi de déferrer le cheval le jour de la course. Le but de cette ferrure est de favoriser la poussée de la paroi tout en la protégeant pour la préparer au mieux à la piste.

La majorité des maréchaux interrogés (7/10) dans l'étude menée par S. CAURE et J.-Y. CAUSNEFROY utilisent des petits fers en aciers avec une plaque de cuir et les trois autres utilisent des fers en alu dont un avec des plaques (soit huit maréchaux sur dix mettant des plaques). L'utilisation de la plaque de cuir n'a pas pour objectif l'amortissement mais c'est une matière qui s'adapte parfaitement à la forme du pied et qui n'engendre aucune lésion de la paroi. Le pied est préalablement enduit de goudron de Norvège pour lui apporter une rigidité importante. La plaque de cuir est souvent garnie en face interne de mousse et est donc très confortable pour le cheval. Moins le nombre de clous utilisés pour fixer le fer est important, plus la paroi garde son intégrité et sera plus résistante lors de la course, une fois le fer retiré. Les maréchaux utilisent en général 6 ou 7 clous, pour diminuer le nombre de clous utilisés, l'ajout d'un pinçon est indiqué et permet de remplacer 2 clous.

Figure 5 : Ferrure d'entretien pour préparer au déferrage en course.
D'après CAURE, COSNEFROY,
2013.



Toutes les ferrures spéciales ne sont pas indiquées dans l'optique de déferrer un cheval en course. Les ferrures particulières sont souvent utilisées transitoirement, dans le cadre de l'apprentissage d'un jeune cheval ou pour corriger une allure irrégulière, puis une ferrure plus simple est mise en place lorsque le problème est résolu.

b. Techniques récentes d'entretien du sabot

Lorsque le sabot ne correspond pas aux critères décrits précédemment, qu'il est trop usé par la répétition des courses sans fers ou encore que le cheval n'est pas capable de courir

pieds nus mais que le déferrage est tout de même envisagé, le sabot est protégé par la pose de résine ou de matériaux composites afin que le cheval puisse courir avec le moins de poids possible au pied et avec la sensation la plus proche du pied nu, tout en évitant les blessures.

La règlementation des courses considère le pied avec résine comme un pied « non ferré ». Toutes les autres protections du sabot sont considérées comme une « ferrure ». C'est le cas des plaques thermoformables ou encore des plaques en matériaux composites.

Les résines sont posées directement sur le sabot paré et nettoyé, en même temps que la dernière ferrure précédant la course. Le jour de la course, le fer est retiré et la résine reste en place, protégeant le sabot. L'usure très rapide de ce matériau lui confère un rôle protecteur très ponctuel (le jour de la course seulement). Il n'est pas rare de voir cette résine disparaître suite à une course.

3. La dernière ferrure avant la course

Le délai entre la dernière ferrure mise en place et le jour de la course est très variable selon les maréchaux et dépend aussi de l'état du sabot. En effet, sur les dix maréchaux ayant participé à l'étude (CAURE, CAUSNEFROY, 2013), cinq posent la dernière ferrure dans les 1 à 5 jours précédent la course, deux dans les 10 jours avant la course et trois à 3 semaines avant la course. L'idéal, selon les maréchaux interrogés, serait de ferrer dans les dix jours avant la course en faisant juste un relevé du fer précédent (réutilisation du fer en place), en changeant potentiellement la plaque de cuir si cette dernière a souffert.

Il faut essayer de mettre le moins de clous et les plus fins possibles pour cette dernière ferrure afin de limiter au maximum la fragilisation de la paroi. Si la dernière ferrure est posée 2 jours avant la course ou la veille de la course, la plaque de cuir n'est pas indispensable et il est possible de mettre 4 clous sans les river, en les coupant à ras de la paroi pour conserver au maximum l'intégrité de la paroi.

Afin de préserver la paroi, 7 à 8 mm de corne supplémentaires sont considérés comme suffisants. À Vincennes, la perte de substance par abrasion de la paroi constatée varie de 4 à 6 mm en fonction de l'hygrométrie (la piste étant plus abrasive lorsqu'elle est très humide).

C. Le déferrage le jour J

Le déferrage avant la course intervient au dernier moment, après l'échauffement (heat*), avant l'entrée en piste. Les maréchaux évitent de toucher au pied, un coup de râpe rapide peut être passé pour arrondir l'angle de la paroi et éviter tout arrachement mais il ne faut pas en faire plus car cela fragiliserait la corne. Si la corne est bien dure (l'ajout de goudron de Norvège aidant), le sabot reste intact au cours de la course. Plus le pied est long, plus les risques d'arrachement sont élevés. Voilà pourquoi les pieds sont referrés peu de temps avant la course, il s'agit de l'ultime préparation.

Le cheval est généralement referré le lendemain de la course, après son retour à l'écurie. Cette étape est primordiale pour évaluer le pied après la course et la possibilité d'un prochain déferrage.

Partie 2 : Physiologie du pied nu et limites du déferrage des trotteurs en course

Le pied est une structure anatomique complexe à la fois très solide puisque capable de supporter une charge importante lorsque le cheval est en mouvement mais aussi fragile puisqu'il suffit d'une légère modification pour porter atteinte à son intégrité et rendre le cheval boiteux et inapte à la course.

I. Rappels d'anatomie et de biomécanique du pied déferré

A. Rappels d'anatomie

Le pied du cheval est formé d'une structure externe, la boîte cornée qui est une structure épidermique avasculaire et insensible, et de parties internes vascularisées et innervées comportant la membrane kératogène (élément de continuité du derme dans le sabot), trois os (P2, P3 et l'os naviculaire) composant l'articulation inter-phalangienne distale et sur lesquels s'insèrent le tendon fléchisseur profond du doigt en face plantaire et le tendon extenseur dorsal du doigt en face dorsale, de nombreux ligaments, des synoviales, le coussinet digital et les cartilages unguinaux ainsi que des nerfs et des vaisseaux. La présence et le rôle de ces vaisseaux dans une boîte cornée déformable en absence de ferrure est primordiale dans cette étude.

Le Tableau 1 ci-dessous récapitule les différents éléments structurels composant le pied, leurs associations et leurs propriétés (CHATEAU (2012), DENOIX (2000), BARONE (1986)):

Tableau 1 : Propriétés des différents éléments structurels du pied.

STRUCTURES		PROPRIETES	
PAROI	<i>Stratum externum</i>	Corne tubulaire souple couvrant la paroi	Fin revêtement protecteur et imperméable
	<i>Stratum medium</i>	Nombreux tubules cornés parallèles connectés entre eux par la corne intertubulaire : couche la plus épaisse et la plus résistante	Solidité et résistance à la déformation lors de la mise en charge. Absorption de l'énergie lors de l'impact (amortissement)
	<i>Stratum internum</i>	Kéraphylle : corne molle produite par le podophylle (<i>corium pariétis</i>)	Déformation. Engrènement avec le podophylle : soutien de la phalange dans la boîte cornée
SOLE	Ligne blanche	Kéraphylle	Union de la sole à la paroi
	Corne solaire	Kéraphylle, plus souple et molle que la paroi. Papilles dermales face interne.	Solidité et résistance
FOURCHETTE	Revêtement du coussinet digital	Corne souple. Papilles dermales face interne. Structure uniquement tubulaire et non	Souplesse et élasticité :

		fibreuse contrairement à la sole et à la paroi)	amortissement du pied
MEMBRANE KERATOGENE	Bourrelet <i>(corium limbi, corium coronae)</i>	Bourrelet limbique ou périoplique - cellules germinatives	Synthèse du périople et du <i>stratum externum</i>
		Bourrelet coronal : Papilles filiformes, fortes et longues (tubules cornés) et cellules germinatives	Synthèse du <i>stratum medium</i> de la paroi
	Podophylle <i>(corium parietis)</i>	Lamelles dermales : engrènement des lammelles épidermales du kéraphylle. Grande surface de contact.	Cohésion très solide, Solidarisation de la phalange distale et de la boîte cornée (« suspension »)
		Vascularisation importante	Rôle nutritif
	Tissu velouté <i>(corium soleae, corium cunei)</i>	Partie de la membrane kératogène qui revêt la face solaire de la phalange distale	Synthèse de la sole et de la fourchette
		Innervation riche	Sensibilité sensorielle, fonction tactile du pied
APPAREIL COMPLEMENTAIRE	Micro - vascularisation	Réseau de capillaires avec de nombreuses anastomoses.	Thermorégulation et modulation de la pression
	Coussinet digital	Structure épaisse et élastique formée d'un réseau de travées fibreuses et de fibres élastiques. Richement innervé.	Support de la fourchette, amortissement, proprioception et sens tactile
ARTICULATION INTER-PHALANGIENNE DISTALE	Cartilages unguulaires (2)	Lames aplatis parcourues par un dense plexus veineux face interne.	Soutien. Participation à la pompe vasculaire du pied
	Surfaces articulaires	Trois os délimitent l'articulation interphalangienne distale : P2, P3 et l'os naviculaire	
	Moyens d'union	Capsule articulaire. Ligaments sésamoïdiens collatéraux et distaux. Terminaison des tendons fléchisseur profond et extenseur dorsal du doigt.	

B. La vascularisation du pied

1. Système artériel

Les artères digitales propres palmaires/plantaires latérale et médiale distribuent le **rameau du torus digital** qui fournit l'**artère coronale**. Cette dernière distribue à son tour plusieurs rameaux dont le **rameau dorsal de la phalange distale** qui passe devant la face profonde du cartilage unguinaire (voir Figure 6 et Figure 7). Chacune des deux artères (médiale et latérale) passe ensuite dans le sillon solaire de la phalange distale, traverse le foramen solaire et s'anastomose avec sa symétrique pour former l'**arcade terminale** dans le sinus semi-lunaire. De nombreuses branches perforantes sortent de cette arcade, par les multiples trous situés sur les faces pariétale et solaire de la phalange distale. Ces branches s'anastomosent en une demi couronne artérielle garnissant le bord solaire de la phalange distale, appelée artère circonflexe de l'os du pied. Tous ces rameaux permettent la nutrition des organes profonds du pied ainsi que du podophylle et du tissu velouté.

Figure 6 : Artères du pied, face latérale gauche. D'après BARONE, 1986.

- 1- Artère digitale propre plantaire latérale
- 2- Rameau du torus digital
- 3- Artère coronale
- 4- Rameau dorsal de la phalange distale
- 5- Artère du coussinet digital
- 6- Cartilage unguinaire
- a- Rameau dorsal de la phalange proximale
- b- Rameau dorsal de la phalange moyenne
- c- Rameau plantaire de P1

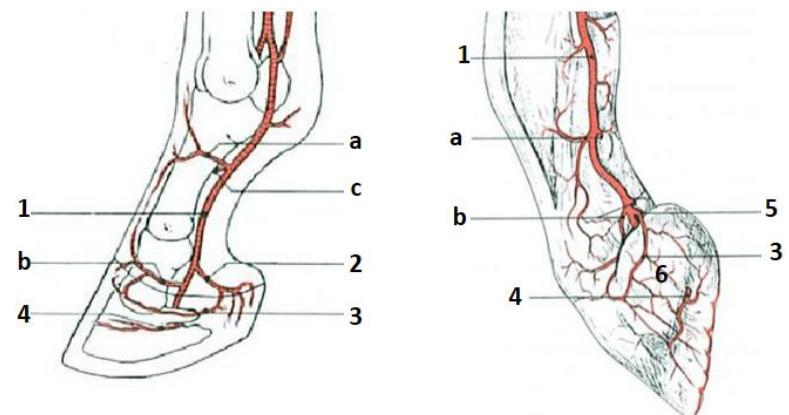
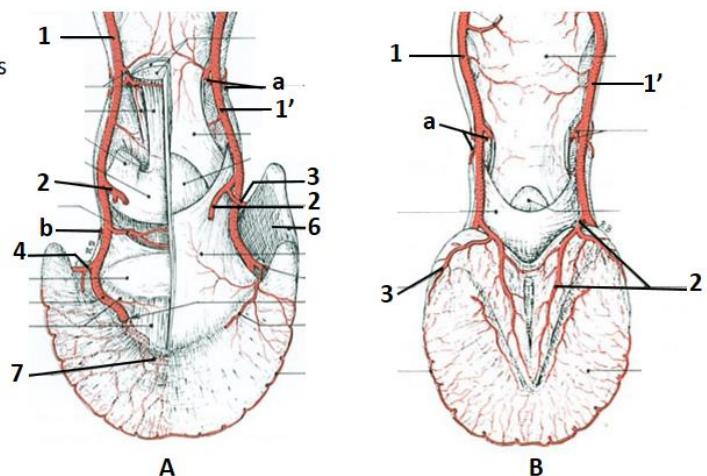


Figure 7 : Artères du pied, face palmaire AG. D'après BARONE, 1986.

- A : Vue palmaire AG
B : Vue palmaire AG, après ablation des tendons
- 1- Artère digitale propre plantaire latérale
 - 1'- Artère digitale propre plantaire médiale
 - 2- Rameau du torus digital
 - 3- Artère coronale
 - 4- Rameau dorsal de la phalange distale
 - 5- Artère du coussinet digital
 - 6- Cartilage unguinaire
 - 7- Arcade terminale
 - a- Rameau dorsal de la phalange proximale
 - b- Rameau dorsal de la phalange moyenne

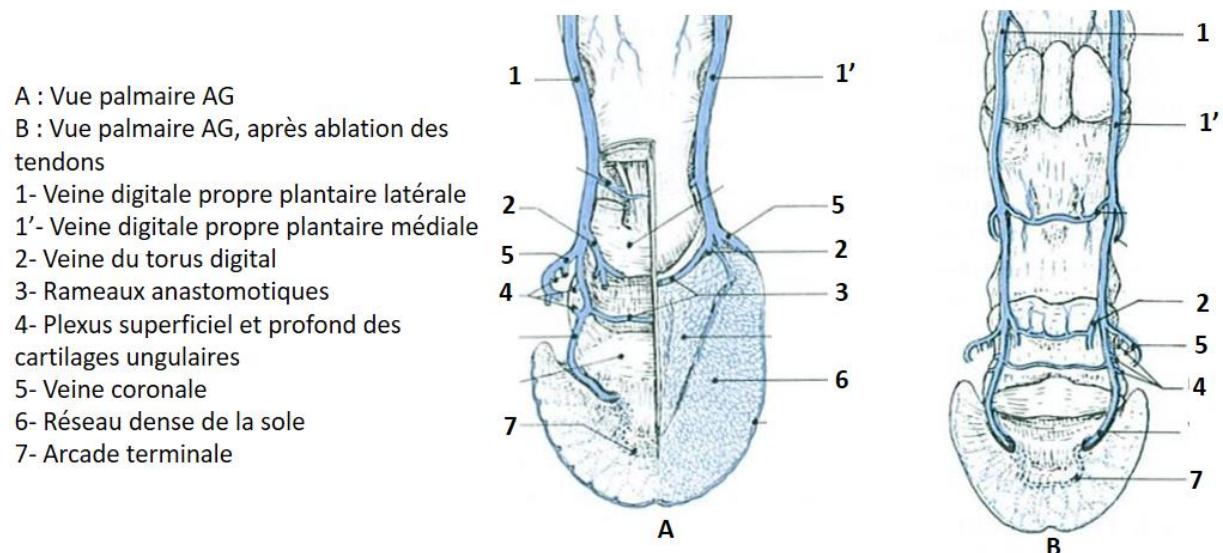


2. Système veineux

Le podophylle ou *corium parietis* dispose d'un **vaste réseau de capillaires** (Figure 8) qui possèdent entre eux de **nombreuses anastomoses**. Ces capillaires drainent le sang vers les veines axiales des lamelles dermiques primaires.

Des **anastomoses** entre les **artères** et les **veines** (**shunt artério-veineux**) sont présents dans chaque lamelle dermique et sont plus larges et plus nombreux autour des vaisseaux axiaux. Ils sont richement innervés par des fibres du système nerveux autonome et participent à la **thermo-régulation** et à la **modulation de la pression**.

Figure 8 : Veines du pied, face palmaire AG. D'après BARONE, 1986.

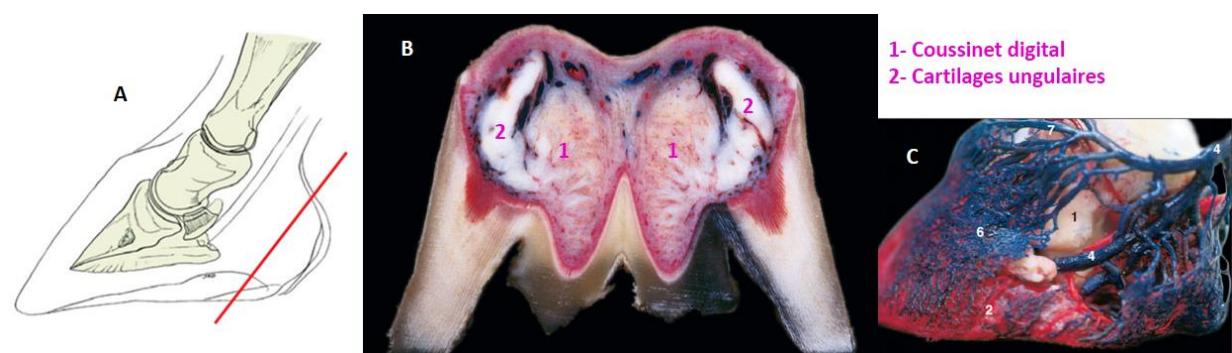


Chaque face interne des **cartilages unguiliers** est parcourue par un **dense plexus veineux** échangeant des anastomoses avec le plexus veineux de la face externe à travers des foramens perforant le cartilage. Ces deux réseaux veineux sont issus des racines de la veine digitale propre.

3. Rôle des cartilages unguiliers dans la vascularisation

Lorsque le pied vient à l'appui, les talons s'écartent, les cartilages unguiliers s'inclinent et les plexus placés de part et d'autre des cartilages unguiliers (Figure 9) sont comprimés, comme ceux de la membrane kératogène, ce qui contribue à **chasser le sang proximalement**.

Figure 9 : A- Section frontale réalisée pour obtenir B-Orientation des cartilages unguiliers richement vascularisés (plexus) sur leur face interne et externe. C-Préparation des artères et veines du pied. D'après DENOIX, 2000.



C. Biomécanique du pied lors de l'appui

1. Contact initial

L'étude biomécanique du pied par CHATEAU (2007) montre que le pied est fortement sollicité lors de la phase d'appui : « À l'impact le sabot se comporte comme une masse ayant acquis une vitesse et décélérant brutalement. (...) La sabot se déforme, la surface d'engrènement du podophylle avec le kéraphylle supporte des tractions et des cisaillements tandis que l'articulation interphalangienne distale fléchit ». Cette déformation confère au pied un effet d'amortissement lors de la phase d'appui.

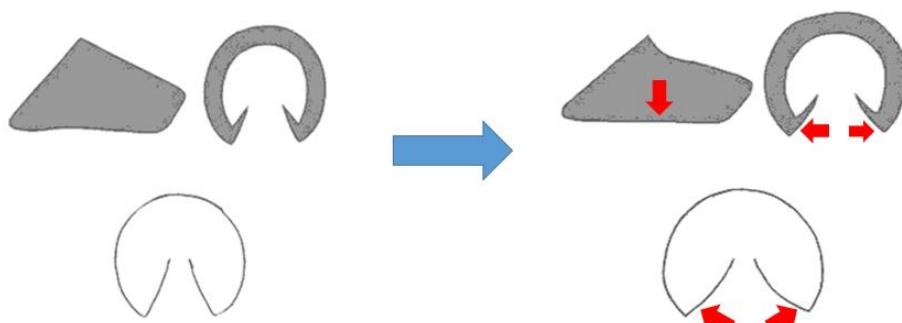
Lors du contact initial à vitesse rapide, le contact du sabot au sol se fait le plus souvent par les talons ou à plat et plus rarement par la pince. Les chevaux « attaquent » plus souvent le sol avec les talons lorsque ces derniers sont hauts. Lorsque la pince est longue, ce contact se fait plus souvent par la pince. Le contact initial dépend donc de plusieurs paramètres comme la vitesse, l'allure, la conformation du sabot, le parage, la ferrure quand elle existe, et varie d'un individu à l'autre.

La phase d'impact a lieu immédiatement après le contact initial. Le sabot subit une décélération brutale sous l'influence de forces verticales liées au poser et de forces horizontales liées au freinage. La vitesse du sabot devient nulle rapidement et l'amortissement débute.

2. Déformations de la boîte cornée lors de la phase d'appui

Les talons d'un pied non ferré s'écartent lors de la phase d'appui (Figure 10). Ce serait la position et l'orientation des talons qui permet cette déformation spontanée. La pression ainsi générée sur les talons permettrait de diminuer la pression dans la fourchette et favoriserait l'étirement du coussinet digital. Cette théorie de la « dépression » permise par l'expansion transversale de la fourchette, elle-même induite par l'écartement des talons, est exposée pour la première fois par BRACY-CLARK (1817) qui conteste le rôle de la compression de la fourchette dans l'atténuation des chocs. La fourchette constitue une réserve de tissu plus malléable qui permet la déformation de la boîte cornée lors de la phase d'appui.

Figure 10 : Déformation de la boîte cornée au cours de l'appui. D'après STRASSER, 1998.

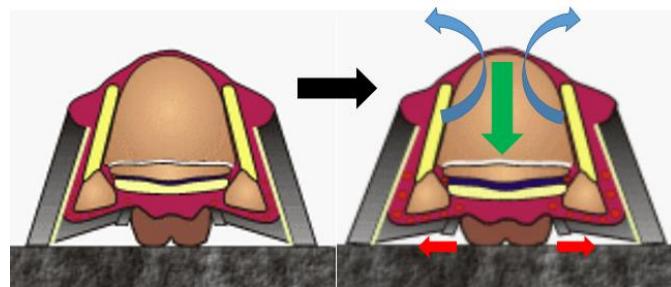


Les études de mesure in vivo de la pression dans le coussinet digital de DYHRE POULSEN (1994), ont montré que cette pression diminuait pendant la phase d'appui ce qui montre que la déformation de la boîte cornée et notamment l'écartement des talons se produit sans exercer de pression sur le coussinet digital.

C'est cette déformation qui joue un rôle majeur dans l'amortissement des chocs lors de l'appui. Elle permet également l'écartement des cartilages unguinaux, ce qui chasse le sang

des plexus veineux situés latéralement pour remplir ceux situés médialement aux cartilages unguinaux. Lors de la phase d'appui, la mise en charge du membre tend à abaisser légèrement la phalange distale dans la boîte cornée et met en pression les structures permettant sa suspension dans la boîte cornée, à savoir les lamelles engrainées de podophylle et de kéraphylle (Figure 11). Cette compression chasse la majorité du sang veineux du pied qui se comporte alors comme une pompe hydrostatique qui joue également un rôle dans la régulation thermique du pied.

Figure 11 : Mécanisme de l'appui, écartement des talons, descente de P3 et retour du sang veineux proximalement. D'après STRASSER, 2000.



Les barres limitent l'expansion de la boîte cornée en début de phase d'appui et favorisent le rapprochement des talons en fin d'appui. Ce jeu de ressort assuré par les barres serait permis par leur structure, leur disposition et leur continuité avec la muraille.

Selon ROEPSTORFF (2001), l'écartement des talons lors de la mise en charge d'un membre isolé déferré, sous presse, a été évalué à 1,27 (-/+ 0,43) mm. Les mêmes auteurs ont réalisé ces mesures *in vivo* chez des trotteurs également déferrés et ont montré que la phase d'expansion maximale des talons intervient pendant la phase d'amortissement, c'est-à-dire à 20% de la phase d'appui au pas et à 33% de la phase d'appui au trot. Puis les talons se rapprochent lors des derniers 20% de la phase d'appui. L'écartement des talons sur un pied ferré est moindre en comparaison avec un pied déferré (respectivement 0,34 mm au pas et 0,37 mm au trot pour un pied non ferré contre 0,44 mm au pas et 0,67 mm au trot pour un pied non ferré, voir Tableau 2). Le pied déferré a également une phase de rétractation augmentée en fin d'appui. Ce phénomène s'explique par l'action du fer et plus particulièrement des clous qui limitent la déformation de la boîte cornée.

Tableau 2 : Comparaison de l'écartement des talons entre un trotteur ferré et un trotteur déferré. D'après ROEPSTORFF, 2001.

Mesure de l'écartement des talons (en mm)	Cheval ferré		Cheval déferré	
	Au pas	Au trot	Au pas	Au trot
	0,34	0,37	0,44	0,67

La sole et la fourchette jouent aussi un rôle dans la déformation du sabot. Lors de la phase d'amortissement, la concavité de la sole diminue et elle s'aplanie sous l'effet de la charge créée par la phalange distale. La phalange distale étant en « suspension » dans la boîte cornée grâce à l'engrènement du podophylle et du kéraphylle, la charge est transmise et supportée par la muraille. Par ailleurs, l'articulation inter-phalangienne distale participe elle aussi à l'amortissement lors de l'appui.

Selon DESBROSSES (2007), le pied est une structure sensorielle complexe dont la sensibilité est perçue par différents types de capteurs. Les corpuscules de Pacinian présents dans les talons sont comparables à des capteurs piezo-électriques. Les corpuscules de Ruffini se situent dans le tissu conjonctif et ont un fonctionnement similaire à des capteurs à jauge de contrainte. Enfin, des récepteurs lamellés avec les faisceaux neurovasculaires ainsi que des ramifications libres disséminées dans l'ensemble du pied sont particulièrement sensibles aux variations de pression.

Le sabot possède donc des récepteurs proprioceptifs, des nocicepteurs et des mécanorecepteurs. La réception du signal sensitif est d'autant plus sensible que le « système pied » est un système clos, délimité par la boîte cornée, inextensible qui amplifie le signal.

II. L'aspect « dopant » du déferrage

A. Physiologie du pied non ferré

Lors de l'appui du pied au sol, le poids du cheval exerce une force sur les phalanges, notamment la phalange moyenne qui entame sa descente à l'entrée de la boîte cornée. Lors de cette descente, les talons s'écartent et la fourchette est déformée horizontalement, ce qui augmente la compression des cartilages ungulaires qui s'écartent alors et compriment à leur tour les plexus veineux qui leur sont latéraux.

Toutes ces forces exercent des contraintes mécaniques qui obligent la boîte cornée à se déformer dans le sens longitudinal : le sabot s'élargit en talons et se raccourcit en couronne. L'enrèglement du kéraphylle et du podophylle, solidement accroché aux tissus osseux, contribue à la contraction de la couronne lors de la descente de la phalange. Les barres, par leur puissance, maintiennent l'intégrité de la boîte cornée et participent à l'amortissement en comprimant les cartilages ungulaires.

Selon CAILLERE (2008), le système d'amortissement du pied du cheval comporte deux composantes :

- **Un amortissement mécanique** : les chocs sont amortis grâce aux contraintes citées ci-dessus.
- **Un amortissement hydraulique** : la masse sanguine présente dans le pied jouerait le rôle d'amortisseur fluide lors du début de la phase d'appui puis d'amortisseur visco-dynamique qui, lorsque le pied prend appui sur le sol (soutien), chasse la masse de sang veineux contenue dans le pied vers le cœur à grande vitesse, dans chaque membre.

Le réseau vasculaire du pied joue le rôle de « pompe » par simple pression – décompression lors de l'appui et le soutien du membre (Figure 12).

La présence du **shunt artério-veineux**, entre le système vasculaire profond longeant la phalange et le système vasculaire superficiel très fin contenu dans les lames de podophylle pour nourrir la corne, régule la pression sanguine lorsque le cheval prend appui au cours de la marche.

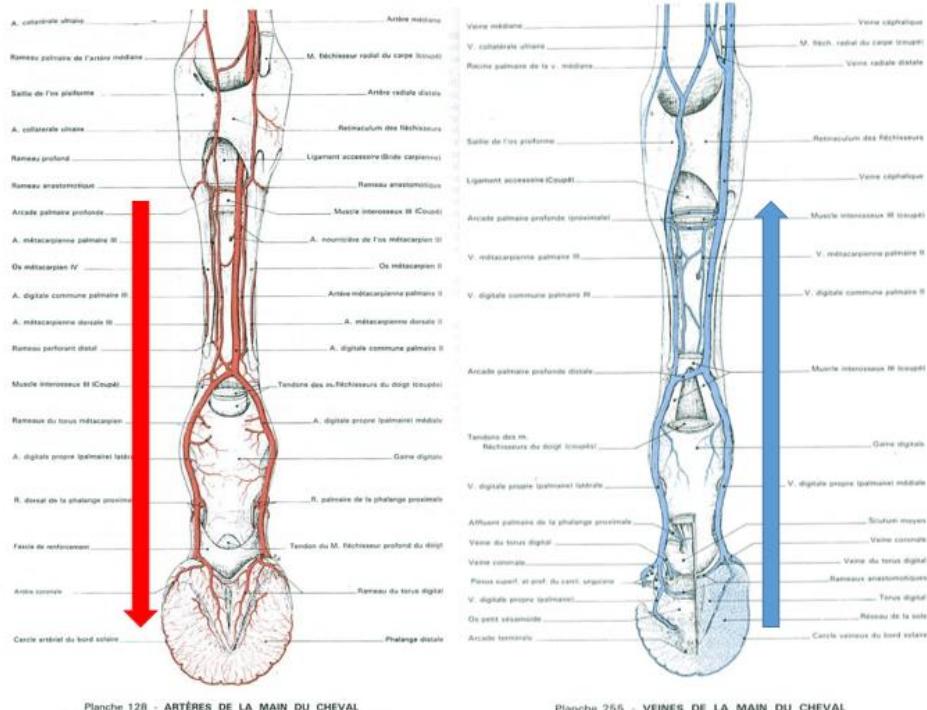
Lors de l'appui, la pression induite dans la partie distale du membre comprime le réseau vasculaire dont celui du coussinet plantaire, et le sang contenu dans le pied est chassé vers le cœur par les gros vaisseaux. Les anastomoses (ou shunts) artério-veineuses sont

ouvertes, ce qui permet au sang d'être refoulé et évite une surpression dans les capillaires nourriciers du sabot. On parle de « **pompe refoulante** ».

Lorsque le sabot se porte en pince en fin d'appui, juste avant le soutien, pour obtenir l'impulsion locomotrice, la vascularisation du coussinet est en dépression. Le sang des capillaires nourriciers est aspiré. On parle de « **pompe aspirante** ».

Ce mécanisme de « **pompe aspirante et refoulante** » permis par l'expansion et la contraction de la boîte cornée toute entière est présent à chaque foulée pour chaque pied.

Figure 12 : Le pied, une pompe hydraulique. D'après BARONE, 1986.



Pompe aspirante

Pompe refoulante

L'étude de la thermorégulation du pied du cheval montre que, malgré des conditions climatiques extrêmes, de froid ou de chaleur, le pied du cheval reste correctement vascularisé. En effet le cheval de Przewalski, petit cheval sauvage rustique des déserts de Mongolie, qui peuplait l'Europe n'a jamais eu les pieds gelés malgré des températures hivernales très rudes (-40°C). La « pompe sanguine » alimente le pied du cheval en sang à la température corporelle lorsque les pieds sont en station à l'appui, grâce aux anastomoses artério-veineuses qui, ouvertes, privilégient la circulation rapide du sang, en court-circuitant le réseau capillaire externe, et permettant donc à la phalange de baigner dans un sang chaud corporel. La boîte cornée composée de kératine isolante conserve la chaleur l'hiver et garde la fraîcheur l'été.

Par ailleurs, lorsque les chevaux ont une activité importante, la circulation sanguine augmentée et l'usure du pied constituent des stimuli favorisant la poussée de la corne.

B. Oxygénation mécanique du sang

1. Retrait du fer

Même si le poids des fers (estimé à 800 g les quatre fers, soit 200 g par fer) est infime par rapport au poids de l'ensemble du matériel porté par le cheval lors de la course (soit pour le trotteur attelé : le harnais, le sulky, les protections des membres - tendons, bottines, cloches - et le driver), c'est la position du fer à l'extrémité du membre qui engendre une gêne et alourdit le membre.

Le retrait des artifices qui protègent le cheval d'atteintes, de sections de tendons, de plaies en talons, comme les bottines ou les cloches, ou encore d'usure extrême de la corne, comme les fers, allège l'extrémité des membres et donne au cheval une allure plus naturelle, plus déliée, plus aérienne, une facilité plus grande dans le mouvement.

Cependant cette légèreté acquise par le retrait du fer n'explique pas totalement l'amélioration de la vitesse du cheval.

2. Mécanisme de pompe et fréquence de la foulée

La pompe sanguine « aspirante – refoulante » fournie par le réseau vasculaire de l'extrémité des membres est observée pour tout type de ferrure mais elle est optimisée lorsque le sabot est non ferré. En effet, l'écartement de talons est plus important si le pied est déferré et la pression est donc plus élevée dans le pied pour une même vitesse. C'est ce mécanisme qui intervient en course.

De plus, l'oxygénation du sang augmente avec la fréquence de battue des membres. La vitesse d'un trotteur dépend essentiellement de la vitesse de répétition du mouvement des membres. Plus le nombre de poser du pied au sol sera élevé et plus le retour du sang veineux au cœur et au poumon sera grand, et plus le sang sera oxygéné. La perfusion des tissus est à la fois optimale et plus rapide.

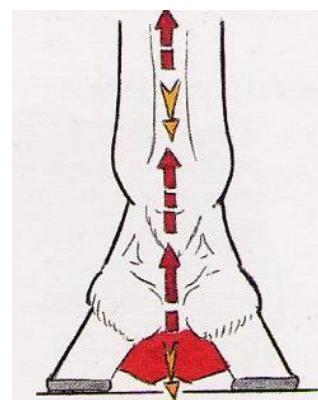
3. Amortissement du pied et types de ferrure

La fréquence de la « pompe sanguine aspirante et refoulante » qu'est le pied dépend du jeu de jambe de chaque trotteur (CAILLERE, 2008). La « force de frappe au sol » détermine la force du flux sanguin veineux qui revient au cœur. Cette force de frappe au sol dépend de la protection du pied et de son amortissement.

Lorsque le pied est ferré, ce n'est plus que le sabot qui a un rôle d'amortisseur mécanique mais aussi le fer qui joue le rôle d'amortisseur du pied car il limite sa déformation longitudinale. La fourchette ne touche presque pas le sol et le coussinet plantaire ne joue pas complètement son rôle d'amortisseur fluide et de pompe sanguine. La réduction de la dilatation des parois du pied ferré a pour conséquence une répercussion de l'onde de choc sur les articulations (Figure 13).

Le type de ferrure joue un rôle sur l'importance du retour veineux (Tableau 3). Plus le fer est couvrant, moins la force de frappe au sol est grande et plus le flux veineux rétrograde est faible. Moins la ferrure est couvrante plus la force de frappe au sol augmente.

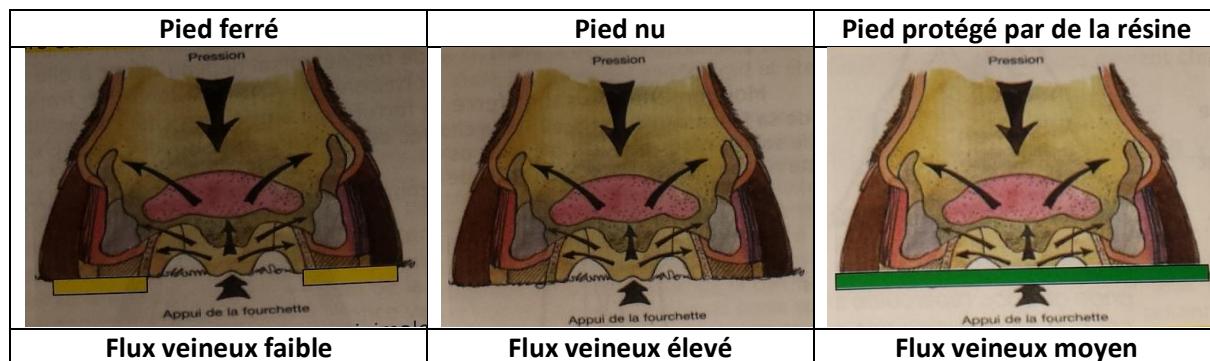
Figure 13 : Répercussion de l'onde de choc dans le membre avec un pied ferré.
D'après CAILLERE, 2008.



Sans ferrure, l'amortissement des chocs est minimal, directement assuré par le pied et la force de frappe au sol est maximale, ainsi que le retour veineux.

Avec une protection complète de la sole (de type résines, plaques thermoformables ou autres), les chocs sont amortis et le sabot est plus libre de se déformer qu'avec un fer mais moins que s'il était complètement nu, donc la force de frappe au sol est améliorée par rapport au pied ferré mais légèrement réduite par rapport à un pied non ferré.

Tableau 3 : Comparaison du retour veineux en fonction du type de protection du pied. D'après CAILLERE, 2008.



L'amortissement est aussi influencé par le **type de sol** sur lequel évolue le cheval. En effet, la réaction du pied par rapport au sol dépend de la résistance qu'offre le sol. Par exemple les pistes en sable fibré-huilé* sont significativement plus amortissantes que les autres types de surfaces*, d'après le programme de recherche SEQUISOL (CREVIER-DENOIX, CHATEAU, 2010). Les sols fuyant vont avoir un amortissement important avec un freinage du pied maximal mais aussi plus long. L'immobilisation du pied sur le sol est plus longue (enfoncement du pied dans le sol), la foulée est moins longue mais sa fréquence plus élevée et l'appui dure plus longtemps. Ce type de piste paraît moins performante qu'une piste plus dure comme celle de Vincennes, en mâchefer*, considérée comme plus rapide. Cela s'explique par une réaction du sol plus importante sur un sol dur, le sol est moins amortissant et c'est le pied qui doit amortir les chocs selon le mécanisme vu précédemment.

L'hygrométrie du sol ou teneur en eau joue également un rôle sur l'effet amortissant d'un sol (CREVIER-DENOIX, 2010). Plus le sol est chargé en eau, plus il sera profond et amortissant. Les foulées sont diminuées, de fréquence augmentée et l'appui est plus long lorsque le sable est mouillé. Le choc de l'impact est plus faible, la réaction du pied moins importante et donc l'effet d'oxygénéation mécanique du sang moins marquée sur ce type de sol.

Bilan : la force de frappe au sol sera minimale avec une ferrure couvrante qui amortit les chocs, maximale pieds nus et bonne avec des résines plastiques souples. Le pied nu confère une oxygénéation maximale mais nécessite une préparation convenable pour éviter toute lésion. Une solution intermédiaire permettant d'obtenir à la fois une oxygénéation mécanique du sang une grâce à une déformation du pied, ainsi qu'une protection du pied avec des risques de lésions minimaux semble être la résine, bien que l'oxygénéation ne soit pas complètement optimale (CAILLERE, 2008).

Comme toute pratique visant à améliorer les performances, des risques existent et le déferrage des chevaux en course soulève des problèmes d'éthique sportive pour la protection de l'intégrité physique des chevaux. En effet, l'absence de protection et la diminution de

l'amortissement peut favoriser notamment l'apparition de lésions osseuses, d'usure du sabot pouvant aller jusqu'au saignement de la sole et de sensibilités.

III. L'impact du déferrage

Les courses de trot à grande vitesse ont un impact sur le pied en termes d'usure des tissus et de confort pour le cheval. C'est pourquoi le déferrage doit être pratiqué avec prudence, en prenant en compte différentes conditions, nécessaires à la réussite de cette pratique.

A. Contre-indications et facteurs limitant le déferrage en course

Plusieurs paramètres limitent la pratique du déferrage. Les principaux sont les allures des chevaux, les douleurs de pieds mais aussi le type et l'état de la piste.

1. Les allures

Les chevaux ambleurs* ou autres chevaux ayant besoin de poids à l'avant sont très rarement déferrés des antérieurs, et parfois les steppers*, ne sont pas performants pieds nus car ils ont une amplitude trop grande. Les chevaux présentant des interférences (par exemple le cheval qui « va au genou » c'est-à-dire qui tape son carpe avec son sabot contre-latéral) ou ceux qui « n'écartent pas assez de derrière » ont souvent des ferrures très spécifiques (CAURE, CAUSNEFROY, 2013).

Pour les **ambleurs** (Figure 14), la ferrure doit avoir pour objectif de mettre du poids sur les antérieurs, les postérieurs étant souvent déferrés, afin de créer un décalage entre l'avant main et l'arrière main. Ces chevaux peuvent difficilement courir déferrés des antérieurs.

Pour les **steppers** (ou « cheval qui trotte gros »), au contraire, le but est de freiner les postérieurs. Pour cela, à l'entraînement, les antérieurs sont ferrés de manière classique alors que les postérieurs sont chargés au maximum (par exemple avec des fers à l'envers ou des fers à planche ou en plastique). En revanche, en course, ces chevaux sont souvent déferrés des postérieurs voire des quatre pieds.

Figure 14 : Ambleur au Québec.
<http://www.clubjockeyduquebec.com/blog/2015/02/19/prix-dete-2015-revons/>



Concernant les chevaux présentant des **interférences**, les avis divergent. Il s'agit souvent de chevaux panards ou de chevaux qui présentent plusieurs types d'interférences à commencer par les postérieurs qui touchent un antérieur qui va à son tour taper l'autre antérieur. Certains maréchaux (4/10) interrogés préconisent de tronquer la branche interne du fer pour limiter les chocs et éviter les atteintes. D'autres maréchaux (3/10) préconisent une branche interne couverte, sans garniture, et une branche externe plus fine pour favoriser l'enfoncement du pied dans le sol en externe et bloquer ainsi le pied en interne et faciliter le départ du pied. D'autres maréchaux encore préconisent pour les chevaux panards de tronquer en mamelle externe pour faciliter le départ du pied. Dans tous les cas, il faut que la ferrure choisie soit la plus légère possible pour ne pas aggraver le mouvement naturel déviant du cheval. Dans le cas où le cheval se touche par effet ricochet avec les postérieurs, la ferrure arrière doit permettre le freinage. Ce sont des chevaux qui courrent souvent déferrés des

antérieurs car c'est le meilleur moyen de limiter les blessures mais pour cela, la qualité de la corne doit être correcte. Le déferrage des postérieurs dépend de l'origine de l'interférence (pas conseillé en cas d'effet ricochet).

Les chevaux qui « **n'écartent pas assez de derrière** » sont souvent cagneux ou manquent de quartier ou de mamelle externe ou encore « trottent dans leur sillage ». Pour ces chevaux, le déferrage est contre indiqué et la ferrure privilégiée est une ferrure présentant une branche externe couverte pour éviter l'enfoncement dans le sol, une branche américaine (externe) pour faciliter la rotation du pied ou encore une pince carrée pour limiter l'amplitude du geste. Un maréchal a décrit utiliser régulièrement un crampon externe. Concernant la ferrure antérieure, la pince est carrée pour favoriser le départ du pied et une plaque est ajoutée pour le confort.

2. Sensibilités et douleurs

Les sensibilités et douleurs podales sont des éléments contre-indiquant la pratique du déferrage. En effet, le déferrage d'un cheval sensible des pieds ou avec de mauvais pieds va aggraver cette prédisposition et rendre le cheval inapte au travail.

Sont répertoriés ici les causes possibles de douleur de pied qui limitent le déferrage lors des courses (CAURE, CAUSNEFROY, 2013) :

- des douleurs internes (hyperostose, ostéite),
- un défaut de paroi,
- des bleimes,
- des abcès,
- des seimes,
- des douleurs dues à une mauvaise qualité de la corne ou à une mauvaise préparation du pied (Figure 15),
- une sole molle,
- des infections.

Figure 15 : Pied cassé. D'après CAURE, CAUSNEFROY, 2013.



En plus de leurs particularités morphologiques, ces douleurs podales sont caractérisées par un pied chaud (avec présence de pouls), des réactions à la pince à sonder voire l'apparition de molettes.

3. Facteurs extérieurs

Le premier facteur d'usure du pied est le **type piste** sur lequel court le cheval. Les pistes les moins dures sur lesquelles le déferrage des trotteurs est indiqué sont tout d'abord les pistes en terre, peu abrasives puis le sable de mer qui est un peu plus abrasif, les pistes fibrées*, les pistes en machefer* et enfin le vignat*, considéré comme le plus abrasif.

La **dureté du sol** influence la vitesse de poser du pied qui sera plus faible sur sol dur et plus élevée sur sol souple (CREVIER-DENOIX, 2012 ; CHATEAU, 2010). Lorsque le sol est ferme, le pied se pose d'abord en talon latéral puis il bascule vers l'avant jusqu'à poser la pince. Le choc de l'impact alors observé (décélération brutale) dépend principalement de l'état de la couche superficielle du sol. Par exemple, **l'entretien des pistes** est une manière de réduire les chocs. En effet, une étude dénommée « SEQUISOL » (CREVIER-DENOIX, 2012) réalisée sur la piste de Grosbois, a montré une diminution du choc de l'impact d'un facteur supérieur à 2

entre une partie de la piste préalablement hersée et arrosée et une autre partie fermée et laissée sans entretien pendant quelques jours.

La saison (et notamment la température) et les conditions météorologiques (plus particulièrement l'hygrométrie) peuvent par ailleurs conduire à différentes qualités de terrain qui influencera la décision de déferrer ou non.

En cas d'**humidité**, l'action abrasive des pistes est plus importante. Par exemple sur la piste en machefer de Vincennes, un trotteur perd 4 mm de paroi par temps sec et 6 mm par temps humide (CAURE, CAUSNEFROY, 2013). L'hygrométrie est donc un facteur aggravant et peu jouer sur la décision à prendre en cas de doute pour déferrer un cheval avant le départ (CAURE, CAUSNEFROY, 2013).

Le déferrage de chevaux avec une qualité de corne mauvaise ou moyenne est contre-indiqué dans le cas de pistes dures, mal entretenues, ou encore abrasives, d'autant plus si l'hygrométrie est importante.

Enfin, il faut citer les déferrages successifs et rapprochés qui affaiblissent le pied.

4. Répétition du nombre de déferrages

Les déferrages successifs répétés peuvent affaiblir le pied et limiter les déferrages suivants. Les maréchaux interrogés se sont accordés à une fréquence de déferrage généralement limitée à 2 à 3 fois successives à deux semaines d'intervalle, en laissant un temps de repos à la corne pendant 3 mois avant de renouveler le déferrage (CAURE, CAUSNEFROY, 2013).

B. Les limites du déferrage : conséquences pour les tissus du pied

Malgré son importance sur les performances, le déferrage entraîne une usure du pied qui peut porter préjudice à son intégrité notamment lorsqu'il est répété de manière trop fréquente et sur des intervalles courts.

1. Méthodes d'exploration des lésions podales

Afin de percevoir les atteintes de la boîte cornée liées au déferrage, l'exploration physique du pied est la première étape permettant de faire le bilan de la course (DENOIX, MOIROUD, 2014).

Cette exploration du pied débute par l'examen d'éléments de l'anamnèse comme la crainte du sol dur, l'apparition d'une boiterie ou d'une raideur le lendemain d'une visite du maréchal ou suite à une course déferrée qui permettent d'incriminer le pied comme la structure douloureuse.

Ensuite, une inspection permet d'évaluer des soulagements, des déformations ou des altérations de la paroi. L'inspection est prolongée lors de l'examen dynamique mais ce dernier donne rarement suffisamment d'information pour évaluer des lésions survenues lorsqu'un cheval court déferré. L'examen de la paroi permet d'observer (DEBROSSES, 2007) :

- Les sillons de croissance qui témoignent de périodes d'inflammation, changements d'alimentation.
- L'orientation des tubules cornés en quartier et en talons qui ont tendance à s'horizontaliser chez les chevaux ayant des talons fuyants.

- La vitesse de pousse du pied qui peut être évaluée en calculant la distance entre deux trous de clous (si l'on connaît les dates de pose des deux ferrures consécutives).
- Le périople qui est révélateur de comment sont supportées les charges appliquées sur la paroi. Si les charges sont concentrées en un point et que la paroi est fragile, une déformation locale convexe du périople est observée.

L'inspection de la face solaire du pied nu doit révéler une surface d'appui sur laquelle se répartissent des charges. La symétrie de la sole est évaluée par le maréchal-ferrant qui détermine le centre d'équilibre du pied situé, en général, aux deux tiers antérieurs de la fourchette. Chez un cheval sain, le centre d'équilibre se situe au centre de la surface d'appui. La visualisation de la ligne blanche permet de renseigner notamment sur la présence de fistules drainant des abcès, des décollements, des nécroses (élimination d'une inflammation ancienne), des déformations dues à la présence de kératome.

La palpation du pied permet principalement de détecter une inflammation caractérisée dans cette structure par de la chaleur et la présence de pouls dans les artères palmaires digitales propres médiale et latérale. Pour cela, il faut palper tout le pied, soit la paroi, la sole et la couronne.

Le pied est très sensible aux variations de pression. La sensibilité cutanée peut être évaluée au doigt, notamment en région de la couronne ou de la fourchette. La pression à l'aide de la pince à sonder permet de déceler une sensibilité superficielle de la sole ou une sensibilité plus profonde du pied. La percussion au maillet renseigne, lui, sur la sensibilité pariétale.

La paroi du sabot n'étant pas extensible, des interactions entre les médiateurs de l'inflammation et ceux de la douleur peuvent aboutir à la saturation des récepteurs, ce qui abaisse le seuil de sensibilité à la douleur. Suite à une inflammation du pied, un « syndrome de compartiment » peut survenir. La présence de la boîte cornée rend l'œdème invisible et le remplace par un syndrome de compartiment : l'œdème est drainé proximalement au niveau du doigt et du métacarpe ce qui provoque une déformation du plexus vasculaire. Les sensibilités profondes sont alors plus compliquées à localiser.

Les mobilisations articulaires du pied sont de deux types. La flexion du boulet (test de flexion métacarpo-phalangien) permet aussi de tester l'articulation interphalangienne distale. Ce premier test est révélateur d'une douleur localisée en région des structures dorsales du pied, de lésions ostéo-articulaires ou encore d'un syndrome compartiment par exemple en cas d'abcès de pied. L'extension de l'articulation interphalangienne distale réalisée lors du test de la planche permet d'objectiver la tolérance du cheval. L'appareil podotrochléaire est principalement sollicité lors de ce test.

Des examens complémentaires comme la radiographie, l'IRM, le scanner voire la scintigraphie peuvent apporter des informations supplémentaires. La radiographie est l'examen complémentaire de choix pour explorer le pied du cheval sur le terrain. L'observation d'anomalies du podophylle comme les abcès, les bleimes, les kératomes ou la fourbure est surtout permise par l'examen physique puis par la radiographie. L'échographie est limitée dans une structure avec une faible fenêtre acoustique telle que le sabot et la radiographie est peu sensible dans l'identification des lésions des tissus mous, c'est donc l'IRM qui est la plus indiquée pour une imagerie exhaustive du pied. En plus des informations

concernant l'épaisseur de la paroi ou de la sole résiduelle données par la radiographie, l'IRM permet notamment d'obtenir des renseignements sur d'éventuelles lésions osseuses très précoces (suite à une course), l'état du cartilage de l'articulation interphalangienne distale, l'état des tissus mous non explorables par échographie ou de potentielles lésions du podophylle. La scintigraphie est une technique d'imagerie consistant à injecter par voie intraveineuse une substance radioactive (le technetium*) émettrice de rayons γ , qui se fixe à une molécule ayant une forte affinité avec l'os en reconstruction. Les rayons émis sont captés par une caméra qui traduit la quantité de fixation sur l'os. Cela permet de révéler l'inflammation des tissus profonds.

2. Lésions observées après déferrage

Une étude réalisée par J.-M. DENOIX et C. MOIROUD en 2014, au CIRALE, analysant les conséquences du déferrage en course sur le pied des trotteurs et réalisée sur 6 Trotteurs Français de 4 et 5 ans sur une période de 6 semaines, a montré les effets néfastes sur les tissus du pied. Pour cette étude, les six chevaux ont été partagés en deux lots :

- Un lot de quatre chevaux déferrés à chaque épreuve, soit trois fois à 15 jours d'intervalle.
- Un lot de deux chevaux toujours ferrés constituant le lot témoin.

Cette étude recherche les éventuelles lésions ou douleurs sur les composantes du pied ou les articulations basses grâce à des examens spécifiques réalisés avant et/ou après chacune des 3 courses courues par ces chevaux à 15 jours d'intervalle sur une même distance et sur la même piste (hippodrome de Cabourg). Les tests et examens d'imagerie mis en place sont :

- Un examen des 4 pieds comportant une thermographie, une pression de la sole, une percussion de la paroi et une photographie de chacun des pieds est réalisé avant et le lendemain de chaque épreuve pour évaluer l'usure et la sensibilité du pied.
- Un examen dynamique avec l'évaluation du cheval au trot en ligne droite et sur tapis roulant à grande vitesse avec une mesure de l'accélération est réalisé avant et le lendemain de chaque épreuve.
- Des radiographies du profil des quatre pieds de chaque cheval sont réalisées le lendemain de chaque course pour évaluer l'usure du pied.
- Des échographies des pieds antérieurs sont réalisées le lendemain de chaque course pour rechercher d'éventuelles inflammations synoviales.
- Un examen d'imagerie par résonnance magnétique (IRM) des deux pieds antérieurs immergés dans de l'eau est réalisé deux jours après la course afin d'évaluer l'épaisseur de la sole, rechercher la présence d'œdème osseux et d'inflammation des tissus mous.

Les chevaux courant ferrés la première semaine, les résultats des examens réalisés pour cette première course ont servi de référence pour chaque cheval.

a. Usure du pied

L'analyse d'images radiographiques ou d'IRM mesurant la poussée et l'usure de la corne a permis de montrer que le déferrage induit une plus grande usure respectivement de la paroi et de la sole (DENOIX, MOIROUD, 2014). En effet, l'usure est supérieure à la poussée de corne (ou avaluure*) ce qui induit un raccourcissement du pied. Les postérieurs semblent plus atteints que les antérieurs et la croissance de leur paroi est inférieure après un déferrage.

- L'usure de la **paroi en pince** est significativement supérieure pour les épreuves déferrées que pour les épreuves ferrées (Voir Tableau 4). Elle est en moyenne de 2,55 mm sur les antérieurs (valeur maximale de 5,9 mm) et 4,21 mm sur les postérieurs (valeur maximale de 8,6 mm) après une course de 2800 m sans fers sur la piste de Cabourg avec une vitesse moyenne de 1'30. L'usure des postérieurs, supérieure à celle des antérieurs, se traduit par une verticalisation de la paroi des postérieurs (mesurée grâce à l'angle dorsal de la pince). Le rôle de propulsion des postérieurs leur confère un contact plus important avec le sol, probablement à l'origine de cette différence d'usure importante.

Tableau 4 : Valeurs moyennes et maximales d'usure de la paroi en pince chez un cheval courant une course déferré. Comparaison des valeurs des lots test (déferrés) et témoins (ferrés). D'après DENOIX, MOIROUD, 2014.

Usure de la paroi en pince	Antérieurs		Postérieurs	
	Lot test	Lot témoin	Lot test	Lot témoin
Usure moyenne (mm)	2,6	0,89	4,2	1,13
Ecart-type	1,58	0,63	1,54	0,69
Usure maximale (mm)	5,9	2,19	8,6	2,59

En moyenne, sur les 6 chevaux de cette étude, l'usure de la paroi en pince équivaut à 2 semaines de poussée de corne sur les antérieurs et 3 semaines sur les postérieurs. L'usure maximale de la paroi induite par un déferrage est égale à sa croissance pendant trois semaines et demie pour un antérieur, et presque cinq semaines pour un postérieur. La répétition de trois déferrages à 15 jours d'intervalle a révélé une usure de la paroi en pince respectivement de 1,9 fois et 2,2 fois la croissance de la paroi sur cinq semaines, pour les antérieurs et les postérieurs.

- L'usure observée de la **paroi en quartiers** est très variable selon les chevaux, certains chevaux ferrés ayant même une usure supérieure à ceux non ferrés. En général, l'usure de la paroi est supérieure en quartier latéral qu'en quartier médial.
- Une usure de la **sole** est observée dans les deux lots (ferrés et non ferrés) mais elle est significativement plus marquée chez les chevaux déferrés avec, en moyenne, un amincissement sagittal du corps de la sole de 1,25 mm (valeur maximale de 3,2 mm sur un antérieur et de 4,1 mm sur un postérieur, voir Tableau 5). L'usure des postérieurs est ici encore supérieure à celle des antérieurs. La sole perd sa couche superficielle rigide et écailleuse et devient dépressible. Cette couche est reconstituée en 2 ou 3 jours. L'usure de la sole suite au déferrage fait ressortir les barres et les zones d'amincissement maximal de la sole sont observées en quartier latéral, ainsi que dans les angles où les risques de saignements sont importants.

Tableau 5 : Valeurs moyennes et maximales d'usure de la sole chez un cheval courant déferré. Comparaison des valeurs des lots test (déferrés) et témoins (ferrés). D'après DENOIX, MOIROUD, 2014.

Amincissement de la sole	Antérieurs		Postérieurs	
	Lot test	Lot témoin	Lot test	Lot témoin
Usure moyenne (mm)	1,3	0,17	1,3	0,04
Ecart-type	0,45	0,44	0,58	0,40
Usure maximale (mm)	3,2	0	4,1	1,4

L'usure de la sole et de la paroi est plus importante lors du premier déferrage.

Ce raccourcissement du pied marque une détérioration de la boîte cornée, notamment un amincissement important de la sole (Figure 16) qui peut même aller jusqu'à l'atteinte du tissu velouté se caractérisant par des saignements solaires. L'atteinte de la paroi et de la sole entraîne la diminution de la protection des organes du pied, ce qui peut alors conduire à des lésions ostéo-articulaires.

b. Augmentation de la sensibilité

Les chevaux déferrés développent, après les épreuves, une sensibilité de pied due à l'usure et au chocs répétés.

La **sensibilité solaire** des chevaux déferrés, testée à l'aide de la pince exploratrice et gradée pour obtenir un score global par pied puis par cheval (DENOIX, MOIROUD, 2014. Voir Figure 17), est augmentée d'un facteur 4 par rapport au groupe témoin. La sensibilité est maximale le lendemain des courses déferrées et augmente avec le nombre des déferrages. Les antérieurs et les postérieurs sont sensibles, ces derniers l'étant davantage, conformément aux différences d'usure observées.

La **sensibilité pariétale**, testée par percussion au maillet en caoutchouc, en pince et en quartiers (voir Figure 18) et gradée, est elle-aussi augmentée, notamment le lendemain des épreuves déferrées. Elle est plus marquée sur les postérieurs que sur les antérieurs, ce qui s'explique par le rôle de propulsion des postérieurs et peut-être aussi par la perte de substance lors du brochage*.

La **longueur de la foulée** est mesurée grâce aux vidéos des chevaux courant sur tapis roulant à 30 km/h. Il apparaît que la foulée est significativement raccourcie le lendemain des épreuves pour les chevaux courant déferrés et ce, dès le premier déferrage. Elle est également raccourcie lors de la course. Les chevaux non ferrés perdent en moyenne 4 cm de terrain par foulée. Ils doivent alors réaliser cinq foulées supplémentaires, soit 68 m, pour couvrir la même distance de 2 800 m (hippodrome de Cabourg) après trois déferrages successifs à 15 jours d'intervalle. Ce raccourcissement des foulées est un indicateur de la sensibilité des pieds et de l'inconfort du cheval suite à des déferrages successifs rapprochés.

L'**indice de symétrie globale des allures** mesuré à l'aide d'un accéléromètre mesurant les mouvements du garrot et de la croupe, a révélé une diminution de l'amplitude des foulées postérieures pour les chevaux déferrés, dès le lendemain du premier déferrage. Les antérieurs n'ont pas montré de différence significative entre les deux groupes de chevaux.

Figure 16 : Usure de la sole marquée, notamment dans les angles et barres proéminentes. D'après DENOIX, MOIROUD, 2014.



Figure 17 : Test de la sensibilité solaire à la pince exploratrice. D'après DENOIX, MOIROUD, 2014.



Figure 18 : Test de la sensibilité pariétale par percussion au maillet. D'après. DENOIX, MOIROUD, 2014.



c. Effets sur les tissus profonds

Les lésions recherchées ici sont celles de type ostéo-articulaires ou tendineuses.

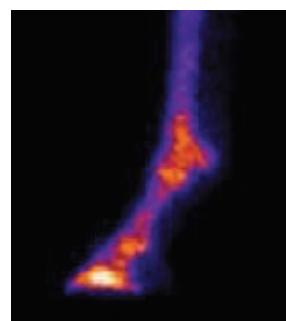
Aucune modification radiographique n'est observée sur les os et les articulations lors de cette étude. L'échographie ne montre pas non plus de modification significative de la quantité de liquide dans les récessus palmaires du pied (articulation inter phalangienne distale et bourse podotrochléaire), ce qui indique que le déferrage n'entraîne *a priori* pas d'inflammation synoviale, ni de la bourse podotrochléaire. Aucune lésion tendineuse n'est décrite.

La scintigraphie révèle une activité osseuse augmentée pour les antérieurs et les boulets des groupes déferrés alors qu'elle est constante chez le groupe ferré (témoin). Pour les postérieurs, l'activité osseuse augmente chez les deux groupes, de manière légèrement plus importante chez le groupe déferré. Dans les pieds antérieurs comme postérieurs, c'est plus particulièrement la **phalange distale** et l'**os sésamoïde distal** qui présentent une inflammation (voir Figure 19).

L'IRM confirme et précise ce résultat en révélant des signes d'inflammation et d'œdème osseux :

- Le déferrage induit un **discret œdème de la face pariétale dorsale de la phalange distale** sur 4 des 6 chevaux déferrés. Cette lésion n'apparaît pas chez les chevaux ferrés.
- Le déferrage a un **effet variable** sur les **processus palmaires**.
- Pas d'impact du déferrage visible en IRM sur l'**os sésamoïde distal**.

Figure 19 : Image de scintigraphie révélant une activité osseuse importante dans le pied.
D'après DENOIX, MOIROUD, 2014.



Le déferrage induit donc des remaniements osseux (inflammation) dans le pied et ce, dès le premier déferrage. Cette inflammation augmente avec les déferrages. Le déferrage a plus d'impact sur les os du pied que sur les os du boulet, même si une inflammation osseuse est également évaluée dans les boulets antérieurs après plusieurs épreuves.

Selon Xavier MOREAU, maréchal au centre d'entraînement de Grosbois, de très rares cas de fractures du processus palmaire (touchant surtout les postérieurs) et de fractures dorsales de la phalange distale sont décrits et apparaissent plus fréquemment lorsque les chevaux courrent déferrés.

d. Etat général du cheval

i. Suivi de l'entraînement

L'entraînement du cheval est suivi par l'évolution de la fréquence cardiaque et des lactates sanguins qui permettent de quantifier l'intensité de l'effort demandé.

- La **valeur des lactates** augmente après l'effort mais reste inchangée avant et après le déferrage, ce qui signifie que l'effort des chevaux a été de même intensité qu'ils soient ferrés ou non.
- L'évolution de la **fréquence cardiaque** à l'effort ne présente aucune différence entre les chevaux ferrés et les chevaux non ferrés.

ii. Marqueurs du stress

Le confort général du cheval est également évalué par le dosage de paramètres tels que le cortisol et l'adrénaline qui montrent une augmentation de ces bio-marqueurs lorsque les chevaux sont déferrés. Ces différences ne sont pas toutes significatives à l'exception du cortisol après la première semaine de déferrage.

e. Autres effets

La morphologie du pied est modifiée, les défauts d'aplombs ressortent après le déferrage et s'accentuent après des déferrages successifs, la fourchette semble s'aplatir (élargissement ou usure).

La pigmentation de la corne ne semble pas jouer de rôle dans l'usure de la corne ni dans l'apparition d'une inflammation osseuse pour les 6 chevaux de l'étude.

3. Bilan et recommandations

Cette étude montre les limites physiques du déferrage, notamment lorsqu'il est répété de manière fréquente, et invite à la prudence quand il s'agit de réaliser cette pratique.

Le déferrage entraîne des modifications de la morphologie du pied, une usure plus importante en paroi et en sole avec une sensibilité exacerbée. Ces modifications sont visibles dès le premier déferrage et s'accentuent si les déferrages sont répétés. Les valeurs d'usure maximales de la paroi et d'amincissement de la sole correspondent aux situations à risque au-delà desquelles le déferrage est déconseillé. Les risques encourus pour le sabot sont l'apparition de bleimes, d'abcès, de contusions et de saignements. Les répercussions ostéo-articulaires du déferrage sont principalement osseuses avec l'apparition d'une inflammation modérée de la phalange distale et de l'os sésamoïde visualisée par scintigraphie et IRM. L'inflammation et le stress répété sur les structures osseuses peuvent engendrer dans de rares cas des fractures de fatigue de la phalange distale. Les postérieurs, ayant une fonction de propulsion, sont les membres les plus à risque.

Ces données permettent de proposer des limites dans la conduite à tenir face au déferrage, notamment quant à sa fréquence afin de conserver l'intégrité du pied ou du moins d'en limiter l'atteinte. Elles sont à moduler en fonction de chaque cheval, de ses aplombs, de la qualité de son pied et de la corne et de sa sensibilité individuelle.

L'analyse de la différence entre la croissance de la corne et son usure permet de déterminer un nombre maximal de déferrages successifs. Même si les pieds du cheval le permettent, il est déconseillé d'envisager plus de 3 déferrages successifs, à 15 jours d'intervalles, suivis de 5 semaines de ferrure afin de laisser le sabot se reconstituer.

Partie 3 : Etude de l'impact du déferrage sur les performances des trotteurs

Les particularités anatomiques permettant la déformation du sabot et l'oxygénation du sang grâce à sa vascularisation ont pour effet l'amélioration des performances. Cette partie permet d'en démontrer l'impact.

La SECF, représentée par M. Arnaud DULUARD, chef du département Elevage et Santé Animale et vétérinaire conseil, a contribué à l'élaboration de cette partie en fournissant les données à l'origine de toutes les figures présentes dans cette partie.

La première partie traite le cas particulier des effets qu'a eue l'interdiction du déferrage des jeunes chevaux en 2013 et en 2014, respectivement pour les chevaux de 2 et de 3 ans. La seconde partie analyse de manière plus globale l'incidence du déferrage des trotteurs plus âgés sur leurs performances à partir des données de courses de l'année 2015.

I. Effets de l'interdiction du déferrage pour les jeunes chevaux

La règlementation interdisant le déferrage des jeunes chevaux est entrée en vigueur en 2013 pour les chevaux de 2 ans et en 2014 pour les chevaux de 3 ans. Les études qui suivent ont été réalisées par la SECF à la fin de ces deux années.

A. Effets du déferrage sur les disqualifications

1. Disqualifications des chevaux de 2 ans

Une première étude réalisée en 2012 et 2013 montre les effets de la mesure d'interdiction du déferrage sur le nombre de chevaux disqualifiés (voir Figure 20). Cette étude compare les fréquences de disqualification en courses des chevaux de 2 ans avant (2012) et après (2013) l'interdiction de déferrage de jeunes chevaux.

a. Résultats

Pour réaliser cette étude, deux groupes de chevaux de deux ans sont formés, avant et après l'interdiction de déferrage des deux ans. Les chevaux de cette étude sont recrutés sur l'ensemble des courses de leur année de 2 ans respective soit les années 2012 et 2013. Ainsi, certains chevaux de 2 ans ayant couru sur l'année **2012 sont déferrés alors qu'aucun cheval de 2 ans ayant couru en 2013 n'est déferré**.

La Figure 20 tend à montrer que le taux de disqualification est plus important dans les groupes où des chevaux sont déferrés que lorsque le déferrage n'est pas autorisé.

Figure 20 : Comparaison des taux de disqualification en courses des chevaux de 2 ans avant (2012) et après (2013) l’interdiction de déferrage de jeunes chevaux soit respectivement les groupes A et B. Pour chacun des deux groupes sont distinguées les courses montées et les courses attelées. Document fourni par la SECF.

	Attelé	Monté	Total
Courses de 2 ans « A »			
2012			
Partants	1951	40	1991
Disqualifiés	578	15	593
%	29,63	37,50	29,78
Courses de 2 ans « B »			
2013			
Partants	2037	44	2081
Disqualifiés	533	12	545
%	26,17	27,27	26,19
Attelé	-3,5 %	-10,2 %	-3,6%
Monté			
Total			

Le calcul de l'**erreur type de la moyenne** (ETM) est réalisé afin d’analyser le caractère significatif des différences observées pour les groupes montés et attelés. L’erreur type de la moyenne est un outil mathématique qui permet d’estimer l’erreur faite sur la moyenne due à la taille de l’échantillon, et se calcule à l’aide de la formule suivante :

$$ETM = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

où n est la taille de l’échantillon et s est l’écart type :

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [x_i - \bar{x}]^2} = \sqrt{\frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\bar{x})^2}$$

avec \bar{x} la moyenne. Les calculs des résultats suivants sont détaillés en ANNEXE 4 et sont présentés dans le Tableau 6 ci-dessous.

- Concernant les chevaux montés : le calcul de l’ETM permet de visualiser un recouplement des moyennes entre les années 2012 et 2013 ce qui signifie que l’écart observé de 10,2 points de pourcentage entre les deux moyennes n’est pas significatif. L’échantillon est trop petit pour mettre en évidence une éventuelle différence réelle entre les fréquences de disqualification entre les deux groupes de chevaux.
- Concernant les chevaux attelés : Le calcul de l’ETM montre qu’il n’existe pas de recouplement des moyennes. L’écart observé de 3,5 points de pourcentage entre les deux moyennes est significatif. La fréquence des disqualifications diminue lorsque les chevaux sont soumis à l’interdiction de déferrer, pour les courses attelées.

Tableau 6 : Moyennes et ETM sur les fréquences de disqualification pour les chevaux de 2 ans.

2 ans	Chevaux montés		Chevaux attelés		TOTAL	
Années	2012	2013	2012	2013	2012	2013
ETM (en points de pourcentage)	7,7	6,7	1,0	1,0	1	1
Moyenne (en %)	37,5	27,27	29,6	26,2	29,78	26,16
Moyenne + ETM (en %)	45,2	33,97	30,6	27,2	30,78	27,16
Moyenne – ETM (en %)	29,8	20,57	28,6	25,2	28,78	25,16

b. Discussion

Cette étude compare les données de tous les chevaux de 2 ans engagés sur l'année 2012 et ceux engagés sur l'année 2013, ce qui fournit un nombre d'individus important (environ 2000) pour des chevaux de cet âge, moins représentés en course que leurs aînés.

L'erreur type de la moyenne (ETM) permet d'obtenir une idée du degré de significativité du résultat. Comme attendu, plus le nombre d'individus « n » est grand, moins cette erreur est grande.

Le groupe des chevaux de 2 ans montés ne peut pas être considéré comme représentatif en raison du petit nombre d'individus recrutés (environ 40 chevaux) et l'ETM obtenue est élevée (environ 7 points de pourcentages, pour les groupes de chevaux ayant couru en 2012 et en 2013). Le recouplement des moyennes pour les deux groupes de chevaux montés montre qu'il est impossible de conclure sur la fréquence de disqualification entre les groupes montés.

Pour les chevaux de 2 ans attelés, le nombre d'individus recrutés est plus important (environ 2000 chevaux), l'ETM est faible (égal à 1 pour les deux groupes) et les moyennes ne se recoupent pas. La différence obtenue entre les deux groupes (2012 et 2013) est significative, il est possible de conclure que la fréquence de disqualification est plus faible chez les chevaux soumis à l'interdiction de déferrer.

Toutefois, pour ces deux groupes, le **taux de chevaux déferrés** parmi les chevaux de 2 ans ayant couru en 2012 (donc autorisés à pratiquer le déferrage) n'est **pas connu**. L'absence de cette donnée ne permet pas de conclure objectivement sur l'amélioration pourtant significative des résultats pour le groupe des chevaux attelés (soit une diminution des disqualifications).

2. Disqualifications des chevaux de 3 ans

Un second calcul réalisé en 2013 et en 2014 montre les effets de la mesure d'interdiction du déferrage sur le nombre de chevaux disqualifiés. Cette seconde étude compare les fréquences de disqualification en courses des chevaux de 3 ans avant et après l'interdiction de déferrage de jeunes chevaux.

a. Résultats

Cette seconde étude est réalisée sur le même principe que la précédente avec des chevaux de trois ans. Deux groupes sont recrutés, l'un avant (2013) et l'autre après (2014) l'interdiction de déferrer les chevaux de trois ans en courses. La période de temps considérée est d'environ cinq mois (du 1^{er} janvier 2013 ou 2014 au 27 mai 2013 ou 2014). Une partie des chevaux de trois ans (dont l'**effectif** est **inconnu**) ayant couru sur l'année 2013 sont déferrés alors qu'aucun cheval de trois ans ayant couru en 2014 n'est déferré.

La Figure 21 montre que la fréquence de disqualification tend à augmenter discrètement dans les groupes où des chevaux sont déferrés lorsque le déferrage n'est pas autorisé.

Figure 21 : Comparaison des taux de disqualification en courses des chevaux de 3 ans avant (2013) et après (2014) l’interdiction de déferrage de jeunes chevaux soit respectivement les groupes A et B. Pour chacun des deux groupes sont distinguées les courses montées et les courses attelées. Document fourni par la SECF.

	Attelé	Monté	Total
Courses de 3 ans « A »			
1/1/2013 au 27/05/2013			
Partants	5886	593	6479
Disqualifiés	1756	244	2000
%	29,83	41,15	30,87
Courses de 3 ans « B »			
1/1/2014 au 27/05/2014			
Partants	6195	671	6866
Disqualifiés	1854	254	2108
%	29,93	37,85	30,70
Attelé	+0,1%	-3,3%	-0,2%
Monté			
Total			

Le calcul de l'**erreur type de la moyenne** permet d’obtenir les résultats présentés dans le Tableau 7 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ci-dessous (ces calculs sont détaillés en ANNEXE 5).

- Concernant les chevaux montés : le calcul de l’ETM permet de visualiser un recouplement des moyennes ce qui signifie que l’écart observé de 3,3 points de pourcentage entre les deux moyennes n’est pas significatif. Il n’existe pas de réelle différence entre les fréquences de disqualification entre les groupes de chevaux.
- Concernant les chevaux attelés : Le calcul de l’ETM révèle un recouplement presque complet des moyennes. Le faible écart observé de 0,1 points de pourcentage entre les deux moyennes est significatif. Il n’existe pas de réelle différence entre les fréquences de disqualification entre les groupes de chevaux.

Tableau 7 : Moyennes et ETM sur les fréquences de disqualification pour les chevaux de 2 ans.

3 ans	Chevaux montés		Chevaux attelés		TOTAL		
	Années	2013	2014	2013	2014	2013	2014
ETM (en points de pourcentage)	2	1,9	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Moyenne (en %)	41,15	37,85	29,83	29,93	30,87	30,70	
Moyenne + ETM (en %)	43,2	39,75	30,4	30,5	31,47	31,3	
Moyenne – ETM (en %)	39,2	35,95	29,2	29,3	30,27	30,1	

b. Discussion

Le nombre d’individus recrutés dans cette deuxième étude est encore plus important que dans la première, que ce soit pour les chevaux montés (environ 600 individus) ou les chevaux attelés (environs 6000 individus). Le nombre d’individus n’est donc pas un frein à l’interprétation des résultats.

Que les chevaux soient montés ou attelés, un recouplement des moyennes est observé. Le nombre d’individus recrutés pour l’étude étant élevé, il n’y a pas eu de différence significative des fréquences de disqualification entre les deux échantillons.

Comme pour l’étude concernant les 2 ans, le **taux de chevaux déferrés** parmi les chevaux de 3 ans ayant couru en 2013 (donc autorisés à pratiquer le déferrage) n’est **pas connu**. L’absence de cette donnée et de différence significative entre les deux groupes de

chevaux, ne permet pas de conclure quant à l'influence du déferrage sur les fréquences de disqualification des chevaux de 3 ans. En effet si le déferrage, pourtant autorisé, n'a pas été pratiqué en 2013 (ou faiblement), il serait envisageable d'obtenir des résultats compatibles avec ceux de cette analyse quand bien même son influence sur les disqualifications seraient réelles.

B. Impact de la mesure d'interdiction du déferrage sur les temps de course

1. Effets de l'interdiction du déferrage sur les temps de course

Une autre étude réalisée par la SECF a voulu montrer les effets de la mesure d'interdiction du déferrage sur les temps en course. Pour cela deux groupes sont constitués, comprenant les chevaux de 2 et 3 ans, avant puis après l'interdiction de déferrage.

Les chevaux sont regroupés selon la distance parcourue, le type de course (attelé ou monté) et le type de départ (volté ou à l'autostart*). Les distances selon lesquelles les chevaux sont regroupés sont de trois types :

- Courte (de 2 000 m et moins),
- Moyenne (de 2 001 m à 2 699 m),
- Longue (de 2 700 m et plus).

Afin de pouvoir comparer les résultats sur des courses de longueurs différentes, les réductions kilométriques* issues des moyennes des temps de courses des gagnants sont comparées.

a. Chevaux de 2 ans

Les réductions kilométriques sont réalisées sur l'année 2012 (avant interdiction du déferrage) et l'année 2013 (après l'interdiction du déferrage) pour des chevaux de 2 ans et présentés dans la Figure 22.

*Figure 22 : Effets de la mesure d'interdiction du déferrage sur les temps de course des chevaux de 2 ans.
Données fournies par la SECF.*

	Départ	2012 « A » Déferrage autorisé	2013 « B » Déferrage interdit
- De 2000 m	Volté	1'18"8 (a)	1'19"4 (a)
	Autostart	1'17"3 (a)	1'16"7 (a)
2001 à 2 699 m	Volté	1'19" (a) 1'18"7 (m)	1'19"1 (a) 1'18"7 (m)
	Autostart	1'17"4 (a)	1'17"8 (a)
2 700 et +	Volté	1'18"6 (a)	1'17"8 (a)

b. Chevaux de 3 ans

Les réductions kilométriques sont réalisées sur l'année 2013 (avant interdiction du déferrage) et l'année 2014 (après l'interdiction du déferrage) pour des chevaux de 3 ans et présentés dans la Figure 23.

Figure 23 : Effets de la mesure d'interdiction du déferrage sur les temps de course des chevaux de 3 ans.
Données fournies par la SECF.

	Départ	2013 « A » Déferrage autorisé	2014 « B » Déferrage interdit
- De 2000 m	Volté	1'17"4 (a) 1'19"1 (m)	1'17"4 (a) 1'19"6 (m) 
	Autostart	1'17" (a)	1'16"9 (a) 
2001 à 2 699 m	Volté	1'19"4 (a) 1'17"5 (m)	1'18"9 (a) 1'17"1 (m) 
	Autostart	1'17"7(a)	1'17"5 (a) 
2 700 et +	Volté	1'18"9 (a) 1'17"4 (m)	1'18"5 (a) 1'17"1 (m) 

c. Résultats

L'**écart de temps maximal** entre le groupe où le déferrage est autorisé et celui où le déferrage est interdit est de **huit dixièmes**. Cela concerne les chevaux de 2 ans parcourant une distance longue (2 700 m ou plus) avec un départ volté*. Cette différence est relativement faible.

Le constat de ces figures est l'absence de réelle tendance liée à l'interdiction de déferrage. C'est le cas pour les chevaux de 2 ans. Les chevaux de 3 ans montrent une discrète diminution des temps de course, notamment pour les distances moyenne et longue. Le déferrage ne semble donc pas avoir d'incidence sur la performance des chevaux de 3 ans pour les distances de plus de 2 000 m, les groupes ferrés étant tous plus performants sur ces distances.

Cependant, la conclusion principale de ces figures fournies par la SECF est le manque de données, comme par exemple le nombre de chevaux pris en compte dans cette étude, ou encore les écart-types des moyennes des temps (ces données n'ont pas pu être fournies par la SECF), qui a pour conséquence une faible valeur statistique de ces résultats.

Les autres paramètres que sont les conditions de course (monté ou attelé), la distance ou le type de départ semblent également avoir une influence qui n'est pas négligeable. C'est le cas notamment du type de départ. En effet, pour une même distance, avec les mêmes groupes, les temps de courses varient selon le type de départ.

2. Classement des jeunes chevaux lors d'épreuves intergénérationnelles

Les analyses concernant le déferrage des poulains âgés de 3 ans dans les courses intergénérations réalisées par la SECF ont abouti à une suppression de ces courses intergénérations opposant des poulains et pouliches âgés de 3 ans à des chevaux de 4 et 5 ans en province. Le Prix de l'Etoile et le Prix des Elites ont fait exception de cette suppression mais la réglementation a été reprise et appliquée pour chaque génération, à savoir une interdiction de déferrer les chevaux de 3 ans et une possibilité de déferrer les chevaux de 4 ans et plus (les chevaux de 3 ans ayant 50 m d'avance sur leurs aînés au départ). Les deux courses se courront sur l'hippodrome de Vincennes avec pour particularités les points suivants :

- Le Prix de l'Etoile est une course au trot attelé dont le départ est volté.
- Le Prix des Elites est une course au trot monté avec départ à l'autostart.

Ces deux courses offrent la possibilité de comparer les résultats des jeunes chevaux (de 3 ans), obligatoirement ferrés depuis 2014 courant avec leurs aînés pouvant être déferrés.

Les deux tableaux ci-dessous (Tableau 8 et Tableau 9) regroupent les vainqueurs de ces deux courses depuis l'interdiction du déferrage des jeunes chevaux en 2014. Les vainqueurs sont presque tous des chevaux de 3 ans donc ferrés (à l'exception de BOLERO LOVE en 2016), qui l'emportent sur leurs aînés qui sont pour la plupart déferrés. En 2016, BOLERO LOVE, premier 5 ans à remporter le Prix de l'Etoile depuis 1997, abaisse le record de France du 2 200 m en départ volté, en 1'10"4. Il est alors déferré des 4 pieds.

Tableau 8 : Vainqueurs du Prix de l'Etoile de 2013 à 2016 (déferrage interdit pour les chevaux de 3 ans). BOLERO LOVE est déferré des 4 pieds en 2016 – Données issues du site LETROT.

Année	Cheval	Age	Sexe	Distance	Temps	Age du 2 ^e	Age du 3 ^e
2016	Boléro Love	5 ans	M	2 200 m	1'10"4	3 ans	3 ans
2015	Cristal Money	3 ans	M	2 150 m	1'13"2	3 ans	4 ans
2014	Black d'Avril	3 ans	M	2 150 m	1'12"8	3 ans	3 ans

Tableau 9 : Vainqueurs du Prix des Elites de 2013 à 2016 (déferrage interdit pour les chevaux de 3 ans) – Données issues du site LETROT.

Année	Cheval	Age	Sexe	Distance	Temps	Age du 2 ^e	Age du 3 ^e
2016	Dollar Macker	3 ans	M	2 150 m	1'12"7	5 ans	3 ans
2015	Coktail Meslois	3 ans	M	2 150 m	1'13"7	5 ans	5 ans
2014	Booster Winner	3 ans	M	2 150 m	1'12"5	3 ans	5 ans

Ces deux courses montrent que la mesure interdisant le déferrage n'empêche pas les jeunes chevaux de remporter des victoires face à leur aînés déferrés. Toutefois, il faut préciser que les 3 ans partent avec 50 m d'avance dans ces deux épreuves.

C. Conclusions concernant le déferrage des jeunes chevaux

L'analyse des fréquences de disqualification et des temps de course entre des groupes de chevaux autorisés à courir déferrés et d'autres pour lesquels cette pratique est interdite a permis de dégager plusieurs points :

- Pour le groupe de chevaux de 2 ans attelés, il existe une différence significative de fréquence de disqualification, en faveur des cheveux systématiquement ferrés, avant et après la mesure interdisant le déferrage des jeunes chevaux. Néanmoins, cette différence n'apparaît pas chez les 3 ans.
- Pour tous les autres groupes, que les chevaux soient montés ou attelés, les différences observées ne sont pas significatives.
- L'interdiction de déferrer n'a pas ou peu d'influence sur les temps de course. Les données fournies sont insuffisantes pour pouvoir conclure sur ce point.

Si l'interdiction de déferrer les jeunes chevaux permet de les protéger d'éventuels abus de manière équitable, elle ne les n'a pas empêché de gagner des courses (même les courses opposant des jeunes chevaux à des chevaux plus âgés et non ferrés), ni d'améliorer leurs performances.

Des comparatifs réalisés par la SECF sur les gagnants de trois épreuves de sélection des jeunes chevaux sont présentés dans la Figure 24 :

Lors de ces trois épreuves, les trois chevaux obligatoirement ferrés ont tous des réductions kilométriques inférieures à leur aîné pour la même course au même âge et sur la même piste, notamment pour BIRD PARKER qui réalise une performance bien supérieure à son aîné. Cependant, deux de ces trois chevaux pour lesquels le déferrage est autorisé sont en fait **ferrés** (ALMIRA MARENCOURT et AKIM DU CAP VERT), et seule AVILA court déferrée (des postérieurs).

Figure 24 : Comparatif des temps des vainqueurs d'épreuves de sélection des jeunes chevaux. Seule AVILA court déferrée (postérieurs) dans ce comparatif. Données fournies par la SECF.

	Déferrage autorisé	Déferrage interdit
Critérium des Jeunes (3 ans)	Avila (1'14''8)	Billie de Montfort (1'14''4)
Saint Léger des Trotteurs (3 ans)	Almira Marencourt (1'15''1)	Bird Parker (1'13''8)
Prix Ourasi (2 ans)	Akim du Cap Vert (1'15''7)	Brillantissime (1'15''4)

Ce qu'il faut retenir de ces comparaisons est que :

- L'interdiction de déferrer les jeunes chevaux règlemente un procédé d'autorégulation probablement déjà appliqué par les professionnels soucieux de protéger leurs jeunes chevaux. Cette interdiction limite donc des abus mais ne pénalise pas les chevaux qui étaient traités avec attention avant l'interdiction et qui sont par ailleurs très performants.
- L'interdiction du déferrage n'est pas un frein au gain de temps.

Il ne faut pas oublier que d'autres facteurs que le déferrage participent à l'amélioration des performances. Ainsi, la sélection génétique, l'alimentation, l'entraînement, la meilleure gestion des blessures pour une reprise optimale au même niveau mais aussi l'équipement du cheval et du driver ou cavalier, le type de piste (dure ou profonde, type de sol, etc.) et son état (damage, hygrométrie), la distance, le type de départ (volté ou à l'autostart), etc. font que les temps de course ne sont pas influencés par le seul fait de déferrer ou non les chevaux. En pratique, la prise en compte de tous ces paramètres est nécessaire à l'amélioration des performances.

Les données recueillies ici permettent très difficilement de conclure sur l'impact de la mesure interdisant le déferrage des chevaux de 2 et 3 ans. En effet, l'absence de données sur la proportion de chevaux déferrés avant que l'interdiction soit appliquée est un frein à l'interprétation des résultats.

Il est plus intéressant d'analyser les données concernant des chevaux plus âgés pour lesquels les informations disponibles sont plus nombreuses. En effet, les effectifs d'individus ferrés et déferrés concourant ensemble sont plus importants, mieux définis et permettent des conclusions plus significatives quant à l'impact du déferrage sur les performances.

II. Analyse rétrospective de l'incidence du déferrage sur les performances des trotteurs en course

Des données fournies par la SECF ont permis d'analyser des paramètres concernant tous les chevaux Trotteurs Français ayant couru en 2015, plus particulièrement leurs habitudes de déferrage et l'influence de cette pratique sur leurs gains. Les informations tirées de ce document sont présentées dans cette partie.

A. Description de l'échantillon

Les données fournies par la SECF comportaient pour chacun des chevaux ayant couru pendant l'année 2015 :

- L'âge du cheval,
- Le nombre de courses réalisées,
- Les gains totaux perçus,
- Les pourcentages de déferrage (nombre de déferrage rapporté au nombre de courses réalisées),
- Les incidences des habitudes de déferrals (nombre de déferrage des antérieurs, des postérieurs ou des 4 pieds).

De ces données brutes ont été extraits pour chaque classe d'âge allant de 2 à 10 ans :

- Le nombre de courses réalisées par cheval,
- Le gain moyen par course par cheval,
- Les pourcentages de déferrage.

La première partie de cette analyse consiste en une description de l'échantillon fourni. Les chevaux sont classés en fonction de leur âge tout au long de cette analyse. Le Tableau 10 montre les données obtenues pour chaque classe d'âge des trotteurs qui ont couru en 2015. Les chevaux qui ont été engagés seulement sur des courses à l'étranger n'ont pas été retenus dans cette étude par manque d'information les concernant.

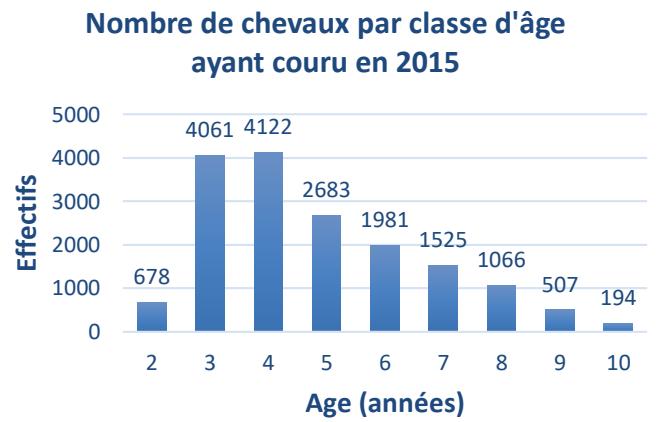
Tableau 10 : Bilan des données fournies par la SECF comportant pour chaque classe d'âge, le nombre de chevaux, le nombre de courses effectuées en moyenne, la moyenne des gains par course et par cheval et le pourcentage de déferrage, en 2015.

<i>Age</i>	<i>Effectif</i>	<i>Nombre de courses moyen</i>	<i>ETM du nombre de courses moyen</i>	<i>Gain moyen par course par cheval (€)</i>	<i>ETM du Gain moyen</i>	<i>Pourcentage de déferrage moyen</i>	<i>ETM du pourcentage de déferrage</i>
2	678	2,9	0,1	1502	110,3	0	0
3	4061	6,7	0,1	1455	35,1	0	0
4	4122	9,8	0,1	1428	38,4	36	0,5
5	2683	10,9	0,1	1652	50,9	41	0,8
6	1981	11,3	0,1	1705	66,9	42	0,8
7	1525	11,6	0,2	1680	100,1	44	1,3
8	1066	11,4	0,2	1328	101,3	47	1,2
9	507	9,7	0,3	1001	79,6	48	1,7
10	194	7,7	0,4	1586	241,5	53	3,9
Total	16817	9,4	0	1518	21,1	38,3	0,3

1. Effectif

L'échantillon de cette étude comporte un total de 16 817 chevaux répartis en 9 catégories d'âge allant de 2 à 10 ans (âge maximal autorisé en course au trot en France). La colonne des effectifs du Tableau 10 montre que les classes d'âges les plus représentées sont celles de 3 et 4 ans avec plus de 4 000 individus puis la catégorie des 5 ans avec 2 683 individus. À partir de 5 ans, plus les chevaux deviennent âgés moins ils sont engagés pour courir comme le montre la Figure 25.

Figure 25 : Répartition des effectifs selon les différentes classes d'âge.



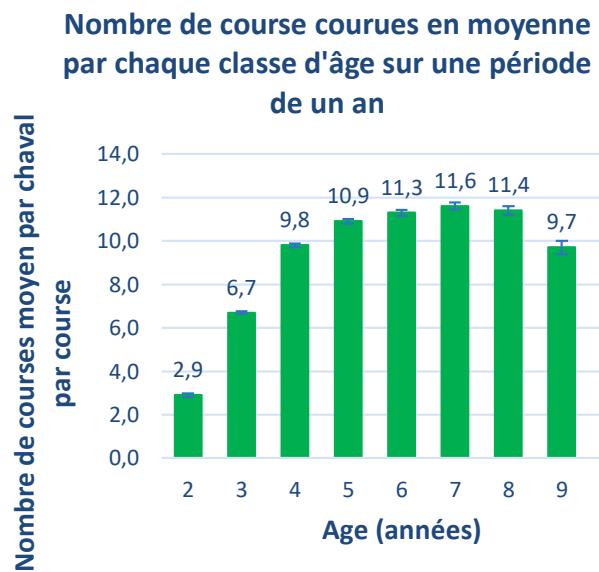
L'étude portant sur l'ensemble de la population des trotteurs ayant couru en France en 2015, le biais d'échantillonnage estimé est très faible.

2. Nombres de courses réalisées par les chevaux

Le nombre moyen de courses courues par les trotteurs en France, toutes catégories d'âge confondues, est de 9,4 courses par cheval par an.

Il existe néanmoins des variations selon les catégories d'âge (voir Figure 26). Les jeunes chevaux de 2 et 3 ans courent moins que les plus âgés avec en moyenne 2,9 courses par an pour les chevaux de 2 ans et 6,7 courses par an pour les 3 ans. Ces chevaux sont encore en croissance et les entraîneurs souhaitent probablement les préserver pour leur future carrière. Les chevaux de 4 à 9 ans, dans la force de l'âge, courrent en moyenne entre dix et onze courses par an et enfin les chevaux de plus âgés (de 10 ans), moins nombreux, participent en moyenne à 7,7 courses par an.

Figure 26 : Nombre de courses moyen par cheval en fonction des classes d'âge.



D'autre part, au sein d'une même classe d'âge, il existe de grandes fluctuations du nombre de courses selon les chevaux. Certains chevaux ne courront qu'une seule course par an alors qu'un cheval de 6 ans a couru jusqu'à 36 courses en 2015. Ces fluctuations sont quantifiables pour chaque classe d'âge grâce à l'étendue ou par l'observation de l'écart type du nombre de courses. Par exemple, pour les chevaux de 4 ans, l'étendue du nombre de course s'étale de 1 à 34 courses en 2015 et l'écart type est de 5,2 (pour une moyenne de courses de 9,8 soit un intervalle allant de 4,6 à 15 courses pour cette seule classe d'âge).

Pour limiter le biais lié aux fluctuations du nombre de courses, le gain total a été divisé par le nombre de courses réalisé pour chaque cheval. Cela a permis de dégager un « gain

moyen par course par cheval », plus représentatif de la performance sur l'ensemble de l'année pour chaque cheval.

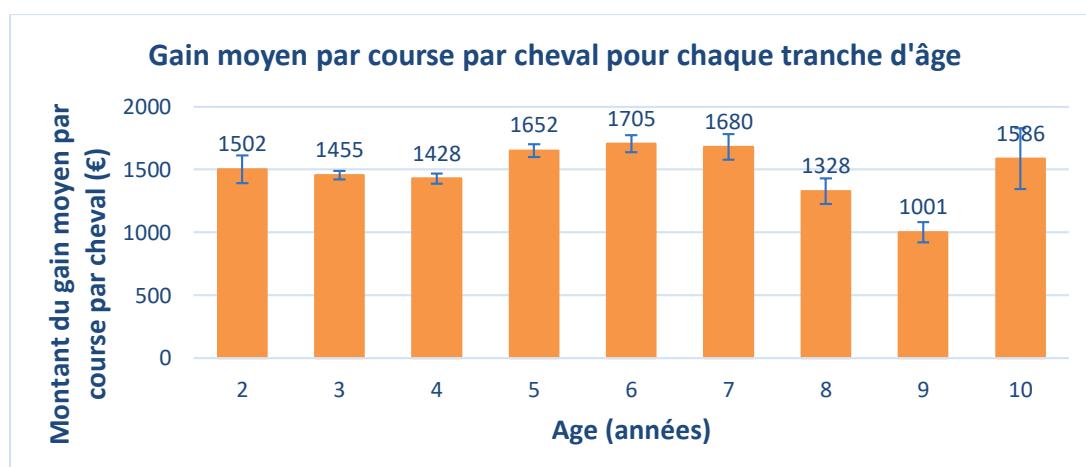
3. Gains obtenus

L'analyse de la moyenne des gains par course par cheval obtenus par tranche d'âge sur une période de 1 an renseigne sur les catégories d'âges les plus « performantes » (voir Tableau 10 et Figure 27). Il s'agit, pour l'année 2015, des 5, 6 et 7 ans.

La catégorie d'âge des 10 ans obtient des gains moyens honorables également mais leur effectif est très limité par rapport aux autres classes d'âge, il est fort probable que les rares chevaux encore engagés à cet âge soient des chevaux qui sont encore performants. OURASI en est un exemple. Il est interdit de faire courir un cheval de plus de 10 ans en France. Les chevaux plus âgés sont parfois engagés dans des épreuves à l'étranger où la réglementation est différente. En 2015, le Trotteur Français le plus âgé engagé à l'étranger avait 14 ans.

Les chevaux de 2 ans ont aussi des gains moyens légèrement au-dessus de la moyenne (qui s'élève à 1518 euros par course et par cheval). Leur effectif n'étant pas très élevé, c'est sûrement la précocité de certains jeunes chevaux qui a poussé les entraîneurs à les envoyer en course.

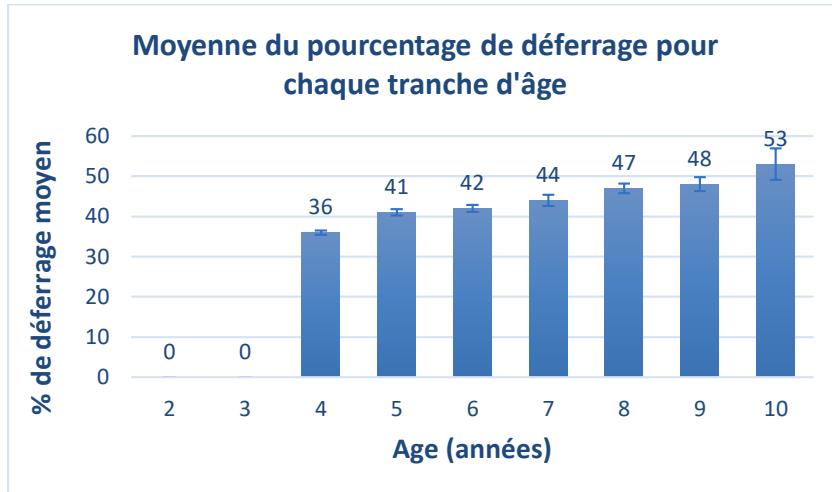
Figure 27 : Gain moyen par course par cheval.



4. Pourcentage de déferrage

Les pourcentages moyens de déferrages réalisés pour chaque classe d'âge montrent que plus les chevaux sont âgés, plus ils sont déferrés (voir Tableau 10 et Figure 28). Cette tendance est progressive et correspond peut-être à une meilleure tolérance du cheval au déferrage ainsi qu'une meilleure gestion du pied du cheval par l'équipe formée par le maréchal et l'entraîneur, qui apprennent au cours de la carrière du cheval à cerner les limites du cheval (ou à prendre plus de risques lorsqu'il avance en âge). En moyenne sur une année, les chevaux sont déferrés environ une fois sur deux (entre 36 et 53 % des cas).

Figure 28 : Pourcentages moyens de déferrage en fonction de l'âge.



Les chevaux de 2 et 3 ans n'ont pas été déferrés en 2015, conformément à la réglementation sur le déferrage des jeunes chevaux, d'où un pourcentage nul pour ces deux classes d'âge.

5. Bilan

Cette description de l'échantillon a permis de réaliser un tri dans la banque de données fournies par la SECF, notamment en termes d'effectifs, de nombres de courses courues par âge et de gains moyens par course par cheval. Il y apparaît que les chevaux âgés de 8 ans et plus ne réalisent pas autant de courses que les classes plus jeunes avec un gain plus faible et ont un effectif plus réduit. Les chevaux de 2 et 3 n'étant jamais déferrés, ils ne constitueront donc pas un intérêt pour cette étude, les effets de la mesure interdisant le déferrage ayant été abordés dans la partie précédente (Partie 3, I.).

Cette analyse se focalisera donc sur les classes d'âge allant de 4 à 6 ans qui sont les classes comportant le plus d'individus en termes d'effectifs et les plus performants en termes de gains. Ce sont donc ces classes d'âges les plus représentatives qui fourniront le plus de résultats exploitables.

La Figure 28 montre qu'il existe une association entre la fréquence de déferrage et l'âge à savoir que plus les chevaux sont âgés plus ils sont déferrés. La Figure 27 montre qu'il existe des fluctuations des gains moyens par course par cheval avec l'âge, certaines classes d'âge gagnant plus que d'autres sur la même période de temps et pour des effectifs comparables. Pour éviter des biais d'interférence entre les deux paramètres liés à l'âge que sont le pourcentage de déferrage et les gains, la suite de cette étude sépare les chevaux par classe d'âge. Cela limite l'apparition d'un biais statistique et évite d'induire une corrélation entre le déferrage et les gains qui ne dépendrait pas des résultats en courses mais de l'âge des chevaux.

B. Incidence du déferrage sur les performances des chevaux

1. Chevaux de 4 ans

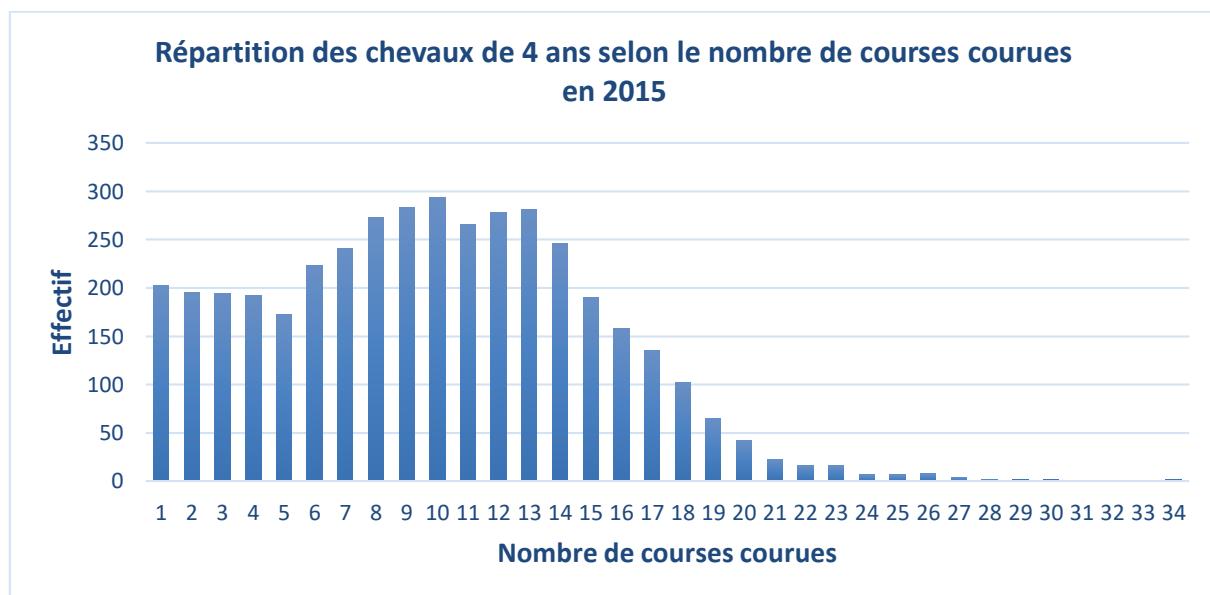
a. Etude préliminaire

i. Répartition du nombre de courses

Le Tableau 25Tableau 25 et la Figure 29 ci-dessous présentent la répartition des chevaux de 4 ans selon le nombre de courses courues dans l'année.

Le nombre total de chevaux de 4 ans ayant couru en 2015 s'élève à 4 122 individus (Tableau 10) qui courrent en moyenne 9,8 courses par an. La courbe obtenue (Figure 29) présente un pic s'étalant autour de cette moyenne. L'écart type de la série est de 5,2 ce qui équivaut à un intervalle centré sur la moyenne allant de 4,6 à 15 courses. L'étendue de cette série va de 1 course à 34 courses par an (soit presque un peu moins de 3 courses par mois pour le cheval de 4 ans ayant effectué le plus de courses dans l'année). Au-delà de 18 courses par an, soit 1,5 course par mois, les effectifs diminuent fortement et passent sous la barre des 100 chevaux.

Figure 29 : Répartition des chevaux de 4 ans selon le nombre de courses réalisées en 2015.

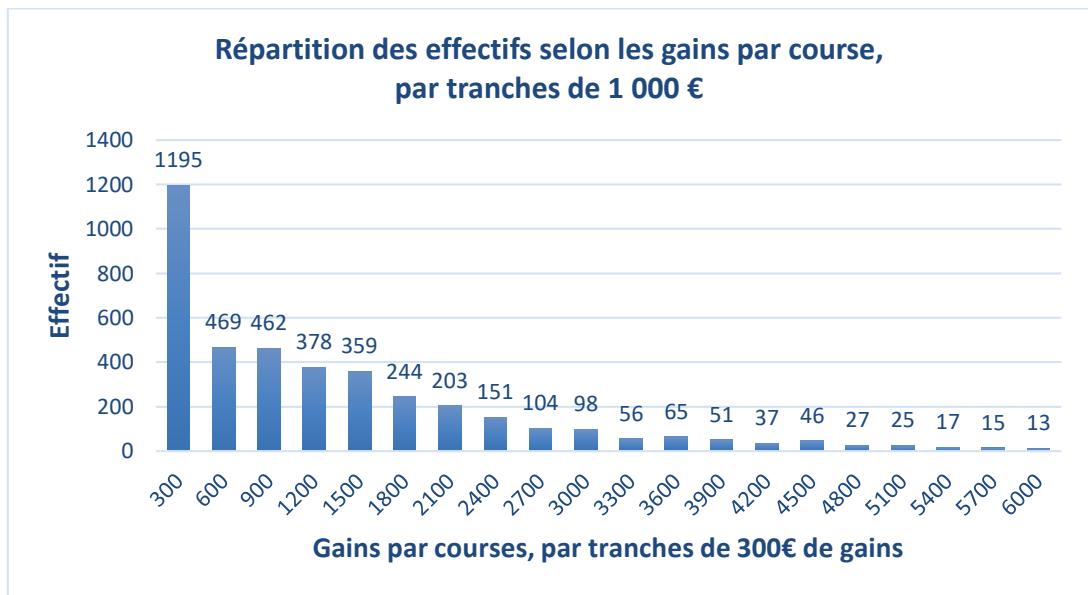


ii. Répartition des gains moyens

La Figure 30 montre que la moitié des chevaux de 4 ans (2126 chevaux soit 52 % de l'effectif) gagne moins de 900 euros de gains par course. 97 % des chevaux gagnent moins de 6 000 euros de gains par course (soit 4015/4122), au-delà de cette somme, les effectifs sont très réduits (107 chevaux gagnent plus de 6 000 €) et la série est très étendue (voir Figure 43 en annexe). Ces 107 chevaux avec un gain supérieur à 6 000 € n'apparaissent pas sur la Figure 30 pour en conserver la lisibilité.

Le gain par course maximal gagné par un cheval de 4 ans en 2015 est de 106 600 euros par course (soit un gain total de 639 600 en 2015, en courant 6 fois dont 3 déferrées). La deuxième place de ce classement des gains par course revient à cheval ayant gagné 77 778 euros de gains par course en ayant fait 9 courses, toutes en étant déferré.

Figure 30 : Répartition des effectifs des chevaux de 4 ans selon les gains par courses obtenus en 2015, par tranches de 300 €. 107 chevaux ayant gagné plus de 6 000 € de gains par course ont été retirés de cet histogramme pour en permettre la lisibilité (voir le Tableau 23 en annexe).



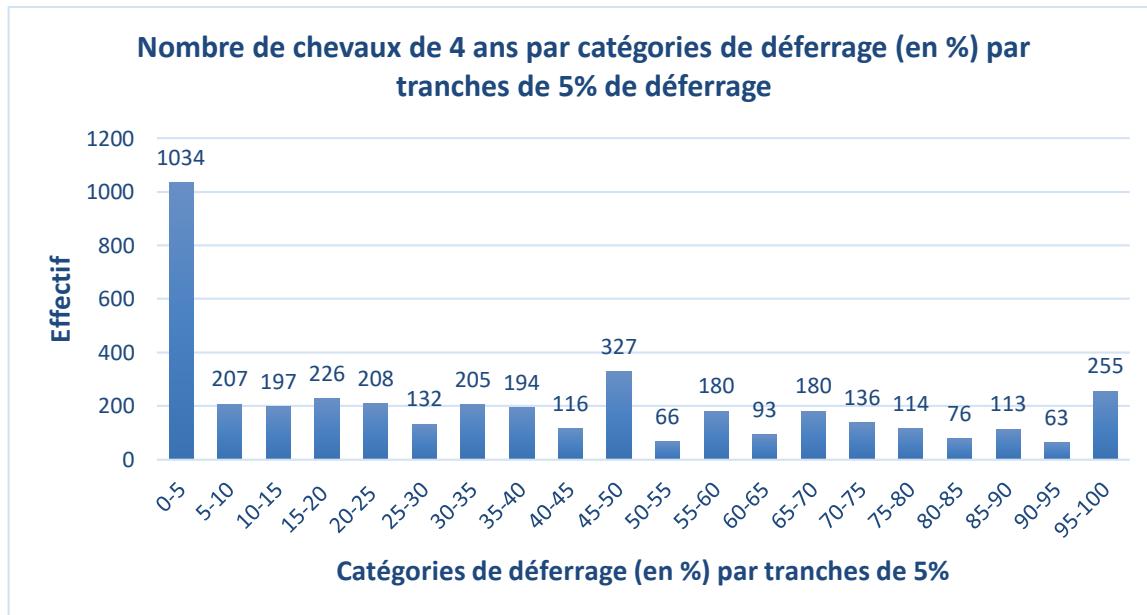
iii. Distribution du déferrage

La Figure 31 ci-dessous présente la répartition des chevaux de 4 ans selon leur taux de déferrage. Pour cela des tranches de 5 points de pourcentage de déferrals ont été réalisées.

Il apparaît que 25 % (1 034/4 122) des chevaux de 4 ans sont très rarement déferrés (moins de 5 % de déferrage en 2015). Pour les autres, la répartition des individus est très étalée et relativement homogène et ce, dans toutes les tranches de déferrage. 253 chevaux de 4 ans ont été déferrés systématiquement (100 % de déferrage) en 2015 ce qui représente 6 % (253/4122) de l'échantillon.

Le pourcentage moyen de déferrage pour cette classe d'âge est de 36 % (Tableau 10).

Figure 31 : Répartition des chevaux de 4 ans selon leur taux de déferrage. Voir le Tableau 26 en annexe.



Afin de regrouper un nombre de chevaux suffisamment important pour réaliser des statistiques, des tranches de 20 points de pourcentage sont réalisés par la suite pour cette étude. Ces tranches comptabilisent au minimum un effectif supérieur à 500 chevaux (Tableau 11).

Tableau 11 : Répartition des chevaux de 4 ans selon des tranches de 20% de déferrage.

% Déferrage	Effectif
0-20	1600
20-40	738
40-60	702
60-80	540
80-100	542

iv. Corrélation entre le nombre de courses et les gains

La Figure 29 permet de déterminer un regroupement en 3 catégories du nombre de courses courues par les chevaux de 4 ans au cours de l'année 2015 :

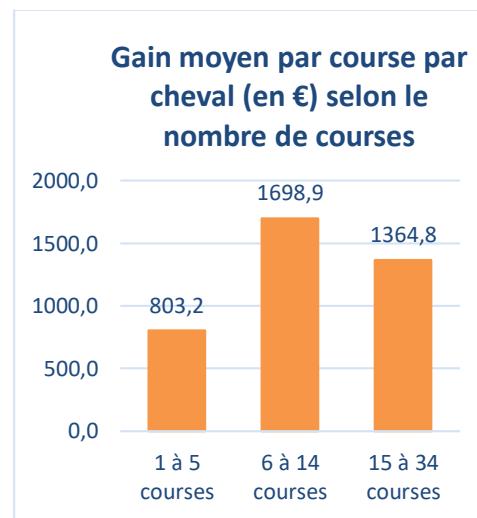
- Les chevaux ayant couru de 1 à 5 courses dont l'effectif est inférieur à 200 individus.
- Les chevaux ayant couru de 6 à 14 courses dont l'effectif est supérieur à 200 individus.
- Les chevaux ayant couru de 15 à 34 courses dont l'effectif est inférieur à 200 individus.

L'évaluation du gain en fonction de ces trois catégories de nombres de courses courues montre que les chevaux engagés sur peu de courses (moins de 6 courses par an). Les gains sont plus élevés dans les groupes où les chevaux courrent plus de 5 courses et notamment dans le deuxième groupe réalisant entre 6 et 14 courses (Tableau 12 et Figure 32).

Figure 32 : Gains en fonction du nombre de courses.

Tableau 12 : Gains en fonction du nombre de courses.

Catégories par nb de course	Gain par course par cheval
1 à 5 courses	803,2
6 à 14 courses	1698,9
15 à 34 courses	1364,8



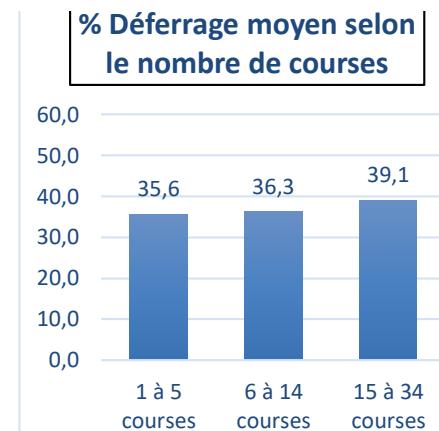
Pour vérifier que le nombre de courses n'induit aucun biais entre le déferrage et les gains moyens, le déferrage moyen selon le nombre de courses est évalué.

L'évaluation du déferrage en fonction du nombre de courses est présentée dans le Tableau 13 et la Figure 33. Le pourcentage moyen de déferrage obtenu est présent dans les mêmes proportions, indépendamment du nombre de courses courues dans l'année.

Tableau 13 : Pourcentage moyen de déferrage en fonction du nombre de courses.

Catégories par nb de course	% Déferrage
1 à 5 courses	35,6 %
6 à 14 courses	36,3 %
15 à 34 courses	39,1 %

Figure 33 : Pourcentage moyen de déferrage en fonction du nombre de courses.



Par la suite, pour étudier les liens entre le déferrage et les gains, on pourra donc considérer l'ensemble des chevaux de 4 ans, sans distinguer de catégories en fonction du nombre de courses.

b. Résultats de l'influence du déferrage sur les gains

Pour tenter de comprendre si le fait de déferrer peut avoir une incidence sur la performance des chevaux, sous la forme de leurs gains, cinq catégories sont mises en place par tranches de 20 points de pourcentage de déferrage. Le gain moyen par course par cheval est calculé pour chacune de ces catégories, ainsi que l'ETM qui s'y rapporte (Tableau 14 et Figure 34).

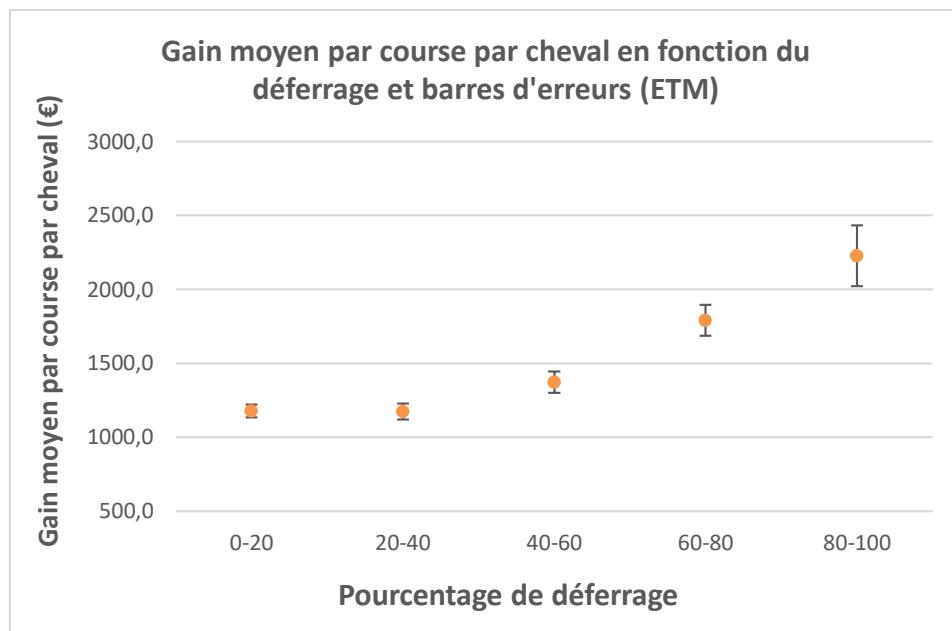
Les performances (caractérisées par le gain) semblent améliorées quand le pourcentage de déferrage est plus important : plus le pourcentage déferrage est élevé, plus le gain augmente. Il est d'ailleurs deux fois plus élevé pour la tranche de déferrage le plus important (de 80 à 100 % de déferrage) comparé à la tranche de déferrage la plus faible (de 0 à 20 % de déferrage).

Tableau 14 : Gain moyen par course par cheval en fonction du déferrage et ETM pour les chevaux de

% Déferrage	Gain moyen par course par cheval	ETM
0-20	1178,5	43
20-40	1172,8	55
40-60	1372,3	71
60-80	1791,0	103
80-100	2227,3	206

Le calcul des ETM permet de tracer les barres d'erreurs visibles sur la Figure 34. Ces barres d'erreurs ne se recoupent seulement pour les tranches de 0 à 20 % et de 20 à 40 % de déferrage, dont les valeurs de gains moyens par course par cheval étaient presque identiques (respectivement 1 179 € et 1 173 €). Le non recouplement de ces barres d'erreurs pour les autres tranches de déferrage permet de dire que l'amélioration des gains moyens en fonction de la fréquence de déferrage est significative.

Figure 34 : Gain moyen par course par cheval en fonction du déferrage et barres d'erreurs (ETM) pour les chevaux de 4 ans.



c. Discussion

Les effectifs diminuent pour chaque catégorie de déferrage (voir Tableau 11). Toutefois ils restent supérieurs à 500 individus pour chaque catégorie, ce qui est statistiquement raisonnable pour conclure sur les résultats du déferrage sur les gains moyens par course par cheval. La moyenne de déferrage pour les chevaux de 4 ans s'élevant à 36 %, il est normal de voir les effectifs diminuer, notamment au-delà de cette valeur.

L'étude préliminaire a permis de dégager les paramètres n'influencant pas l'étude comme le nombre de courses courues par chaque cheval et ceux pouvant biaiser l'étude, notamment l'âge des chevaux.

Les chevaux de 4 ans présentent une amélioration significative de leurs performances lorsqu'ils sont déferrés. L'étude des chevaux de 5 et 6 ans va permettre de confirmer ce résultat.

2. Résultat concernant les chevaux de 5 ans et 6 ans

Les deux classes d'âges sont étudiées séparément et présentées dans cette partie.

a. Chevaux de 5 ans

La même procédure est réalisée pour les chevaux de 5 ans montre une tendance similaire à savoir que les performances sont améliorées lorsque le pourcentage de déferrage augmente.

Les chevaux de 5 ans représentent 2 683 individus dont les effectifs sont répartis de manière assez homogène entre les différentes catégories de déferrage (Tableau 15) et comptent en moyenne un peu plus de 400 individus, à l'exception des chevaux peu déferrés (entre 0 et 20 % de déferrage) qui totalisent plus de 900 chevaux.

Tableau 15 : Répartition des chevaux de 5 ans selon des tranches de 20% de déferrage

% Déferrage	Effectif
0-20	957
20-40	398
40-60	413
60-80	396
80-100	519

Tableau 16 : Gain moyen par course par cheval en fonction du déferrage et ETM pour les chevaux de 5 ans.

Les gains moyens par course par cheval augmentent avec le pourcentage de déferrage et ils doublent lorsque le déferrage passe de la catégorie de 0 à 20 % à celle de 80 à 100 % et cette différence est significative (pas de recouplement des barres d'erreurs, voir Figure 35 et Tableau 16).

% Déferrage	Gain moyen par course par cheval	ETM
0-20	1143,5	49
20-40	1514,4	106
40-60	1712,4	130
60-80	2137,8	166
80-100	2274,0	159

Les barres d'erreur se recoupent pour plusieurs catégories de déferrage :

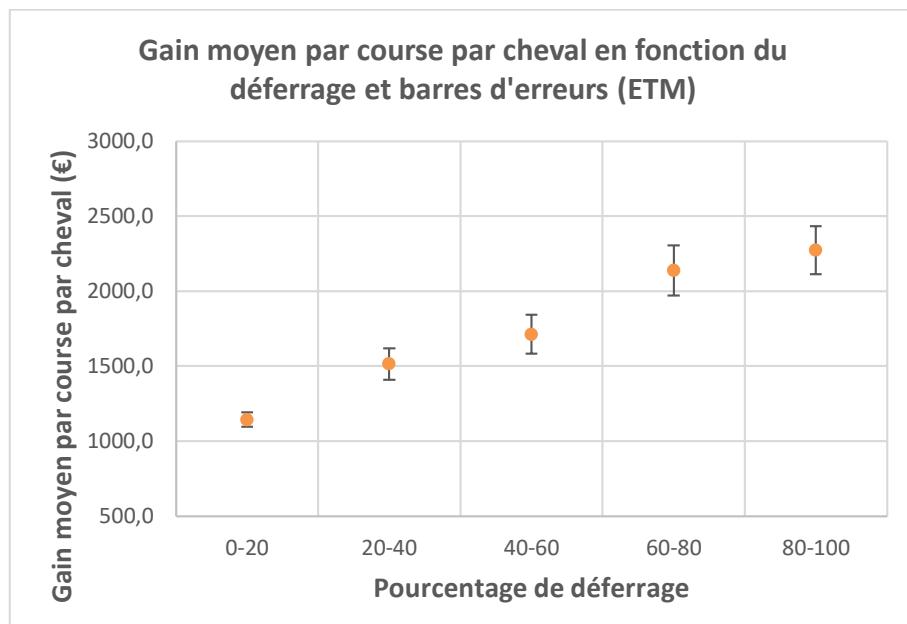
- Les catégories de 20 à 40 % de déferrage et de 40 à 60 % de déferrage.
- Les catégories de 60 à 80 % de déferrage et de 80 à 100 % de déferrage.

La différence de gain moyen par course par cheval observée pour ces deux groupes de catégories de déferrage n'est donc pas significative. En regroupant les catégories dans lesquelles un recouplement des barres d'erreurs est observé, on observe trois paliers d'augmentation significative des gains moyens en fonction du déferrage :

- Avant 20 % de déferrage
- Entre 20 et 60 % de déferrage
- Après 60 % de déferrage

Ces différences significatives permettent de conclure à un effet du déferrage sur l'amélioration des performances des chevaux de 5 ans.

Figure 35 : Gain moyen par course par cheval en fonction du déferrage et barres d'erreurs (ETM) pour les chevaux de 5 ans.



b. Chevaux de 6 ans

L'analyse des données concernant les chevaux de 6 ans montrent à nouveau une tendance en faveur de l'amélioration des performances lorsque les chevaux sont déferrés.

Les chevaux de 6 ans comportent 1 981 individus dont les effectifs sont répartis de manière assez homogène entre les différentes catégories de déferrage (Tableau 17) et comptent en moyenne un peu plus de 400 individus, à l'exception des chevaux peu déferrés (entre 0 et 20 % de déferrage) qui sont plus de 700.

Tableau 17 : Répartition des chevaux de 6 ans selon des tranches de 20% de déferrage

% Déferrage	Effectif
0-20	705
20-40	295
40-60	265
60-80	310
80-100	406

Les trois premières catégories de déferrage ne montrent pas de différences significatives dans les gains moyens par course par cheval obtenus, à savoir :

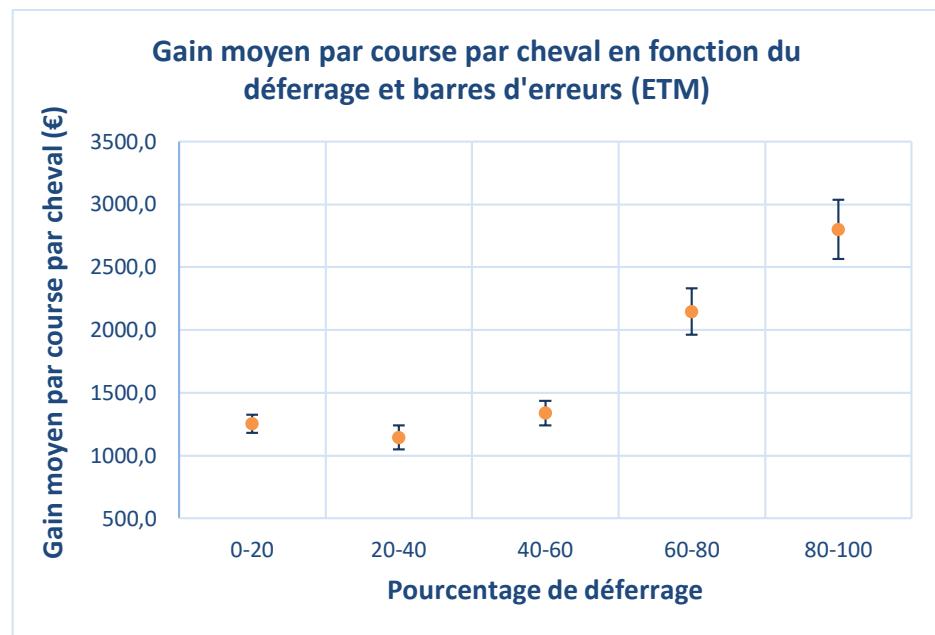
- De 0 à 20 % de déferrage,
- De 20 à 40 % de déferrage,
- De 40 à 60 % de déferrage,

Pour lesquelles les gains moyens sont sensiblement identiques.

Néanmoins, pour les deux catégories suivantes, la différence observée est significative et les gains doublent lorsque le déferrage passe de de la catégorie de 40 à 60 % à celle de 80 à 100 % (voir Tableau 18). **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Tableau 18 : Gain moyen par course par cheval en fonction du déferrage et ETM pour les chevaux de 6 ans.

Figure 36 : Gain moyen par course par cheval en fonction du déferrage et barres d'erreurs (ETM) pour les chevaux de 6 ans.



3. Conclusions

L'évaluation du déferrage moyen selon le nombre de courses a montré qu'il n'y avait *a priori* pas de corrélation entre ces deux paramètres. En revanche, l'âge des chevaux constitue un biais et il a donc été décidé de traiter les classes d'âge séparément. Par ailleurs, il s'agit d'une donnée qui est observée en course puisque les chevaux courrent souvent par catégorie d'âge. En réalisant ce regroupement, une amélioration significative des performances des chevaux de 4, 5 et 6 ans, caractérisées par les gains, est bien constatée dans cette étude.

Afin de déterminer les conditions de déferrage idéales, une étude approfondie de l'incidence du type de déferrage sur les performances des chevaux de 4 ans est réalisée.

C. Analyse approfondie du déferrage des chevaux de 4 ans

La classe d'âge des 4 ans fournit le plus grand nombre d'individus (4 122) autorisés à courir déferrés. Ce sont donc ces chevaux qui ont été choisis pour réaliser une étude approfondie permettant de visualiser l'effet du type de déferrage sur les performances, quantifiées par le gain moyen par course par cheval.

Le Tableau 19 ci-dessous regroupe les résultats en termes d'effectifs et de gains moyen par course par cheval, pour plusieurs catégories de chevaux :

- Les chevaux **déferrés des antérieurs au moins une fois** en course (puis pouvant avoir été déferrés des postérieurs ou des quatre pieds au cours de l'année 2015).
- Les chevaux déferrés des **antérieurs uniquement** (aucun autre type de déferrage n'a été enregistré pour ces chevaux au cours de l'année 2015).
- Les chevaux déferrés des **postérieurs au moins une fois** en course (puis pouvant avoir été déferrés des antérieurs ou des quatre pieds au cours de l'année 2015).
- Les chevaux déferrés des **postérieurs uniquement** (aucun autre type de déferrage n'a été enregistré pour ces chevaux au cours de l'année 2015).

- Les chevaux déferrés des **quatre pieds au moins une fois** en course (puis pouvant avoir été déferrés des antérieurs ou des postérieurs au cours de l'année 2015).
- Les déferrés des **quatre pieds** (aucun autre type de déferrage n'a été enregistré pour ces chevaux au cours de l'année 2015).

Tableau 19 : Effectifs et gains moyens par course par cheval pour différentes catégories de déferrage sur l'ensemble de courses courues en 2015 par les chevaux de 4 ans.

Type de déferrage	Effectif	Gains moyens par course par cheval	ETM
Déferrage des ANTERIEURS au moins 1 fois	595	1293	75
Déferrage des ANTERIEURS uniquement	105	1420	189
Déferrage des POSTERIEURS au moins 1 fois	1867	1609	69
Déferrage des POSTERIEURS uniquement	830	1689	124
Déferrage des 4 pieds au moins 1 fois	2112	1496	51
Déferrage des 4 pieds uniquement	818	1470	78
TOTAL chevaux de 4 ans	4122	1428	38

1. Répartition des effectifs

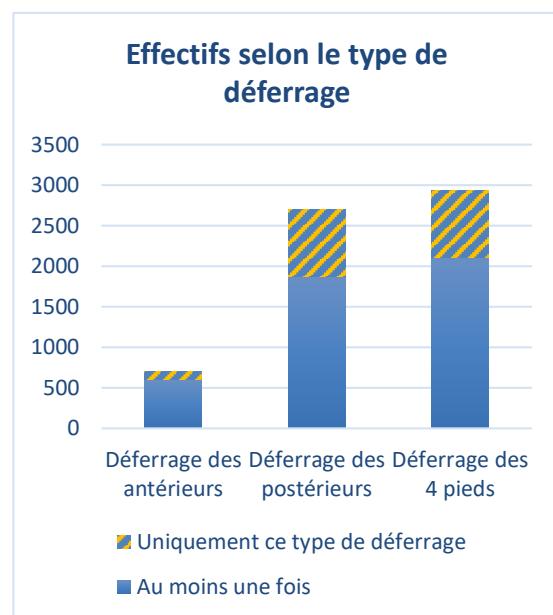
1 036 chevaux de 4 ans n'ont pas été déferrés au cours de l'année 2015 (soit un quart des effectifs) ce qui signifie que trois quarts des chevaux de 4 ans ont été déferrés au moins une fois au cours de l'année 2015.

253 chevaux de 4 ans ont été déferrés systématiquement, à chacune de leur course, en 2015 ce qui représente 6 % (253/4122) de l'échantillon.

Très peu de chevaux sont déferrés des antérieurs et encore moins de manière systématique (seulement 3 % des chevaux de 4 ans). Voir Figure 37.

La majorité des chevaux qui sont déferrés le sont des postérieurs ou des quatre pieds (20 % des chevaux de 4 ans).

Figure 37 : Répartition des effectifs des chevaux de 4 ans selon le type de déferrage.



2. Incidence du type de déferrage sur les gains

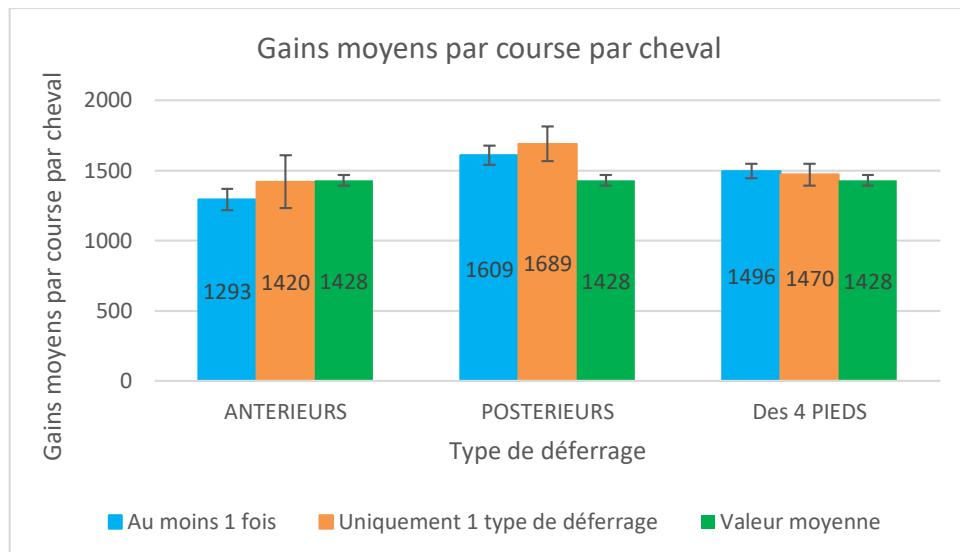
La comparaison des gains moyens par course par cheval obtenus par les chevaux déferrés des antérieurs, des postérieurs et ceux obtenus par les chevaux déferrés des quatre pieds (voir Figure 38 et Tableau 27 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, en annexe) montre que :

- Les chevaux qui sont **déferrés des antérieurs** ont des gains moyens qui semblent inférieurs à ceux obtenus par les chevaux déferrés des postérieurs ou des quatre pieds. Mais cette tendance n'est pas significative et cela, probablement en raison du faible effectif de cette catégorie de chevaux, ce qui ne permet pas de conclure.

Néanmoins, c'est la seule catégorie où le gain moyen est en-dessous de la valeur moyenne.

- Les chevaux qui sont **déferrés des postérieurs** ont de meilleurs gains moyens que la moyenne des chevaux de 4 ans. Ces différences sont significatives.
- Les chevaux **déferrés des 4 pieds** ne présentent pas de différences de gains significatives avec la moyenne des chevaux de 4 ans.

Figure 38 : Gains moyens par course par cheval en fonction du type de déferrage.



L'absence de différence significative entre les chevaux étant déferrées une ou plusieurs fois permet de réaliser le choix de ne conserver que les chevaux déferrés d'une seule manière (« un seul type de déferrage »), afin de ne pas créer d'interférences dans les résultats qui suivent.

3. Incidence du type et de la fréquence de déferrage sur les gains

Trois types de déferrals des chevaux de 4 ans sont détaillés ici :

- Les chevaux déferrés uniquement des antérieurs.
- Les chevaux déferrés uniquement des postérieurs.
- Les chevaux déferrés uniquement des quatre pieds.

Pour ces trois catégories de déferrage les chevaux sont répartis en trois classes déterminées en fonction des effectifs recrutés :

- Les chevaux présentant un faible taux de déferrage soit entre 1 et 30 % de déferrage.
- Les chevaux présentant un taux moyen de déferrage soit entre 31 et 59 % de déferrage.
- Les chevaux présentant un taux élevé de déferrage soit entre 60 et 100 % de déferrage.

a. Chevaux déferrés uniquement des antérieurs

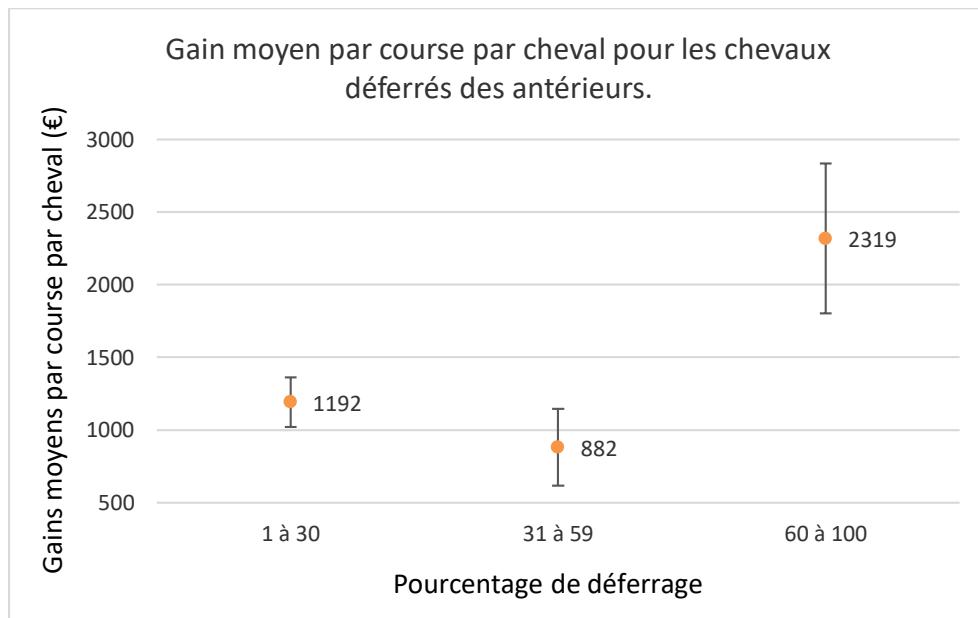
Tous les chevaux n'ayant jamais été déferrés des antérieurs ont été retirés de cette étude. N'ont été conservés que les chevaux dont tous les déferrals correspondent à un déferrage des antérieurs.

Les chevaux les plus souvent déferrés (plus de 60 % de déferrage) remportent significativement plus de gains que ceux moins souvent déferrés (Tableau 20 et Figure 39).

Tableau 20 : Effectifs et gains moyens par course par cheval des chevaux de 4 ans déferrés des antérieurs.

CV déferrés des antérieurs seulement (100 % Déferrage = 100 % Ant.)	Effectif	Gain moyen	ETM
CV rarement déferrés (1 à 30 % de déferrage)	43	1192	171
CV moyennement déferrés (31% à 59% de déferrage)	32	882	264
CV souvent déferrés (60 à 100% de déferrage)	30	2319	516
TOTAL	105	1420	189

Figure 39 : Gain moyen par course par cheval pour les chevaux de 4 ans déferrés des antérieurs, selon le pourcentage de déferrage.



b. Chevaux déferrés uniquement des postérieurs

Tous les chevaux n'ayant jamais été déferrés des postérieurs ont été retirés de cette étude. N'ont été conservés que les chevaux dont tous les déferrages correspondent à un déferrage des postérieurs.

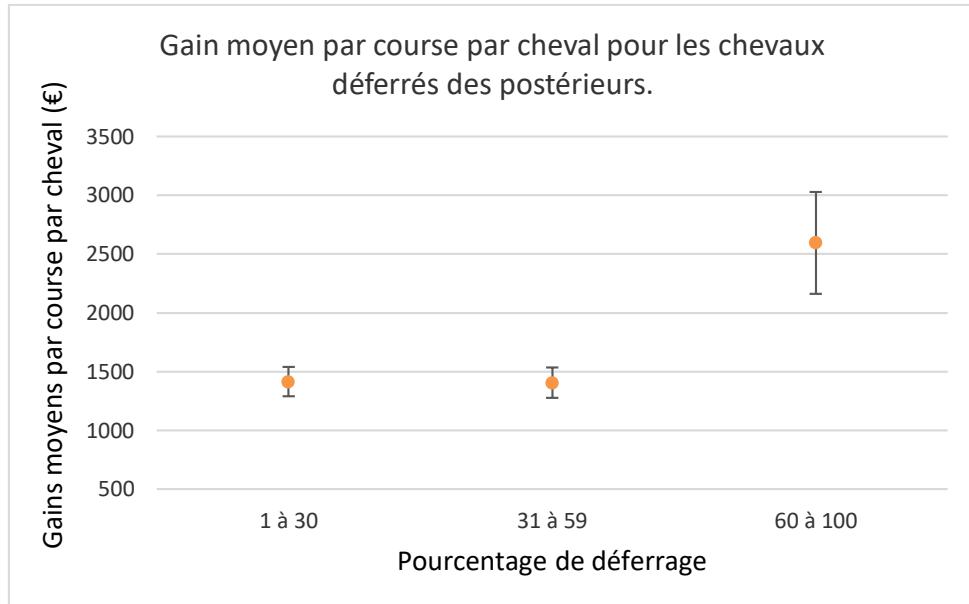
Les chevaux les plus souvent déferrés remportent (plus de 60 % de déferrage) remportent significativement plus de gains que ceux moins souvent déferrés (Voir Tableau 21 et Figure 40).

Tableau 21 : Effectifs et gains moyens par course par cheval des chevaux de 4 ans déferrés des postérieurs.

CV déferrés des postérieurs seulement (100 % Déferrage = 100% Post.)	Effectif	Gain moyen	ETM

CV rarement déferrés (1 à 30 % de déferrage)	388	1415	124
CV moyennement déferrés (31% à 59% de déferrage)	247	1405	129
CV souvent déferrés (60 à 100% de déferrage)	195	2596	433
TOTAL	830	1689	124

Figure 40 : Gain moyen par course par cheval pour les chevaux de 4 ans déferrés des postérieurs, selon le pourcentage de déferrage.



c. Chevaux déferrés uniquement des 4 pieds

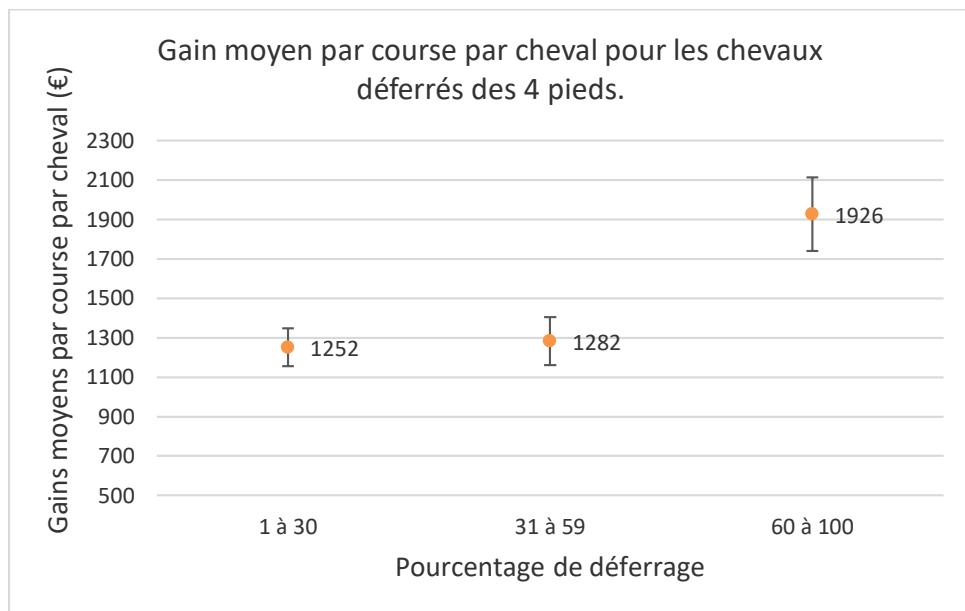
Tous les chevaux n'ayant jamais été déferrés des quatre pieds ont été retirés de cette étude. N'ont été conservés que les chevaux dont tous les déferrages correspondent à un déferrage des quatre pieds.

Les chevaux les plus souvent déferrés remportent plus de gains que ceux moins souvent déferrés (Tableau 22 et Figure 41).

Tableau 22 : Effectifs et gains moyens par course par cheval des chevaux de 4 ans déferrés des 4 pieds.

CV déferrés des 4 seulement (100 % Déferrage = 100 % des 4)	Effectif	Gain moyen	ETM
CV rarement déferrés (1 à 30 % de déferrage)	330	1252	95
CV moyennement déferrés (31% à 59% de déferrage)	234	1282	122
CV souvent déferrés (60 à 100% de déferrage)	254	1926	186
TOTAL	818	1470	78

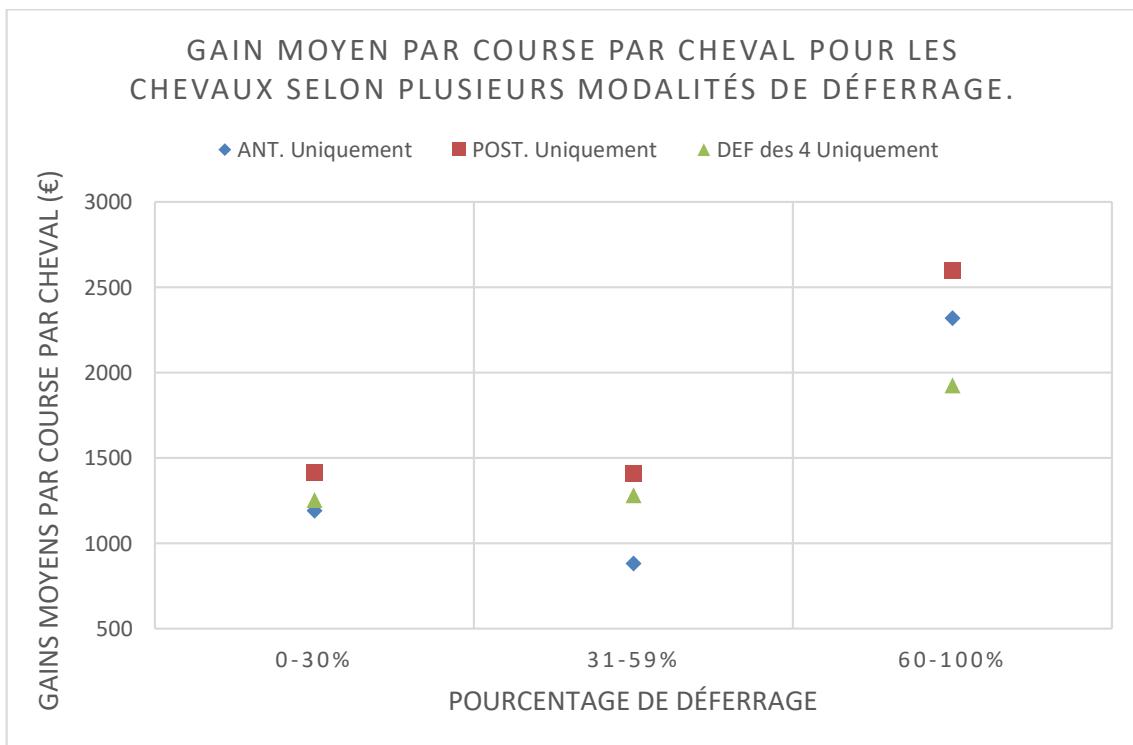
Figure 41 : Gain moyen par course par cheval pour les chevaux de 4 ans déferrés des 4 pieds, selon le pourcentage de déferrage.



d. Bilan

Quel que soit le type de déferrage, le gain moyen par course augmente avec la fréquence de déferrage de manière significative (Figure 42). De plus, il semble que le déferrage des postérieurs soit celui qui a le plus d'influence sur les performances de chevaux mais une étude avec un effectif plus important serait nécessaire.

Figure 42 : Bilan des effets du déferrage selon leur type sur le gain moyen par course par cheval.



CONCLUSION

Si les courses de char datent de l'antiquité, les courses au trot ont été introduites en Europe au XVII^{ème} siècle et codifiées dans les années 1800. Depuis, les innovations permettant d'établir de nouveaux records n'ont de cesse de se développer, dans tous les domaines de la filière (génétique, alimentation, matériel, techniques d'entraînement, maréchalerie, pistes etc.). Le déferrage est une pratique récente, importée en France en 1950 par un Suédois, qui a participé à l'amélioration des performances en course.

La SECF a dû s'adapter à cette pratique notamment en obligeant la déclaration des partants. D'autres points ont été soumis à règlementation comme le déferrage des jeunes chevaux, désormais interdit, ou encore la sanction des entraîneurs en cas de lésions podales constatées à l'issue d'une course courue sans fers. Ces mesures visent à protéger le cheval mais aussi le parieur en assurant une certaine transparence des pratiques. L'utilisation de la résine, déclarée comme un déferrage classique, montre les limites actuelles du Code des courses au trot.

Le déferrage existe chez les trotteurs et les galopeurs mais les modalités y sont très différentes. Dans le monde du trot, le déferrage consiste à retirer le fer juste avant le départ de la course, après une préparation minutieuse du pied les semaines précédant l'épreuve. Le but de cette pratique est de gagner en légèreté, redonner des allures plus naturelles au cheval qui sera donc moins fautif, améliorer sa proprioception et, surtout, permettre la déformation du pied pour en améliorer la perfusion. Tous ces paramètres contribuant à gagner en rapidité.

La capacité de déformation du sabot en fait un système d'amortissement à la fois mécanique et hydraulique grâce à l'importante vascularisation du pied qui est mise à contribution au cours de la phase d'appui. L'écartement des talons et l'étirement de la fourchette sont une aide à l'amortissement et l'action de compression des plexus veineux par les cartilages ungulaires fait augmenter la pression dans le sabot chassant le sang vers le cœur. Au soutien, le pied se gorge à nouveau de sang. Ce système de pompe sanguine favorisé par le déferrage permettrait une meilleure oxygénation du sang et une perfusion optimale des tissus.

L'efficacité de cette pompe « aspirante - refoulante » dépend du cheval (tolérance au déferrage, état du pied et de la corne), de son type de ferrure (présente ou non, ainsi que d'autres types de protection comme la résine), mais aussi du type de piste (dure ou amortissante) sur lequel il évolue. Toutefois, la surface sur laquelle court le cheval peut également avoir un effet néfaste sur le pied en termes d'usure, de développement de sensibilité voire de lésions plus profondes, notamment lorsqu'elle est très abrasive.

Grâce à plusieurs examens d'imagerie complémentaires, l'inspection du pied du cheval après plusieurs courses sans fers révèle une forte usure de la paroi et de la sole, le développement de sensibilités ainsi qu'une inflammation osseuse. Tous ces effets montrent l'impact du déferrage sur le pied nonobstant l'amélioration des performances.

Les données fournies par la SECF ont permis de montrer que la mesure récente interdisant le déferrage n'avait globalement pas ou peu eu d'effet sur les performances des jeunes chevaux. Il est probable que cette interdiction n'ait fait que normaliser une attitude protectrice vis-à-vis des jeunes poulinaires préexistante. À l'inverse, l'étude rétrospective

concernant l'impact du déferrage sur les performances des chevaux de 4, 5 et 6 ans ayant couru en 2015, a permis de montrer l'incidence du déferrage sur les performances, à savoir l'existence d'une relation statistique entre le déferrage des trotteurs et l'amélioration de leur performances en course. Cette amélioration est significative quel que soit le type de déferrage et est particulièrement notable lorsque les postérieurs sont déferrés. Il faut toutefois prendre en compte le risque de lésions induit par un déferrage trop fréquent et adopter une bonne conduite afin d'optimiser les performances sans porter préjudice à la santé du cheval.

BIBLIOGRAPHIE

- BARONE R. *Anatomie comparée des mammifères domestiques*. Tome 5 : *Angiologie*, 3^{ème} édition. Paris. Vigot. 1986. 904 p.
- BARONE R. *Anatomie comparée des mammifères domestiques*. Tome 2 : *Arthrologie et myologie*, 3^{ème} édition. Paris. Vigot. 1986. 451p.
- BAUDOUIN M. *Discussion sur l'époque d'origine des Fers de Chevaux*. « Bulletin de la Société préhistorique de France » **7**. 1910. 267.
- BIDEAULT G. *La sélection des chevaux de demi sang en France : La naissance des courses au trot et les origines du saut d'obstacles*. Ethnozootechnie n°82, Histoire des compétitions équestres et des courses. 2007. 169-186.
- BIGHAM A. S., TABATABAEI A. N. Field study of hoof wall problems in unshod working horses. Bulg. Journal Vet. Med. 10, No **3**. 2007. 179–183.
- BOWKER R.M. *Contrasting structural morphologies of « good » and « bad » footed horses*. Proceedings of the 49th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners. New Orleans. 2003. 186-209.
- BOWKER R. M., VAN WULFEN K. K., SPRINGER S. E., LINDER K. E. *Functional anatomy of the cartilage of the distal phalanx and digital cushion in the equine foot and a hemodynamic flow hypothesis of energy dissipation*. Am. J. Vet. Res. **59**. 1998. 961-968.
- BRACY-CLARCK F.L.S. *Recherches sur la construction du sabot du cheval et suites d'expériences sur les effets de la ferrure, avec une Dissertation sur quelques moyens que les anciens employaient pour protéger les pieds de leurs chevaux et sur l'origine de la ferrure actuelle*. Ed. Mme Huzard, BNF Gallica. 1817. 191 p.
- CAILLERE C. *Le doping du cheval de course*. ITF Imprimeurs. 2008. 63-78.
- CAM M.-T., POULLE-DRIEUX Y. *De l'objet au texte : l'hipposandale cloutée, à propos d'un mot corrompu de la Mulomedicina de Végèce*. Bibliothèque de l'école des Chartes, tome **165**. 2007. 525-531.
- CAURE S., COSNEFROY JY., LEVEILLARD D., GOUYA A., LEROY L. *Marechalerie du trotteur : du pied nu au pied déferré*. Proceeding des Journées Annuelles de l'Association des Vétérinaires Equins Français, Reims. 2012. 96-101.
- CHATEAU H., DEGUEURCE C., DENOIX J.-M. *Biomécanique du pied du cheval*. Pratique Vétérinaire Equine. Vol. **34**, numéro spécial. 2002. 7-15.
- CHATEAU H., ROBIN D., FALALA S., DEGUEURCE C., DENOIX J.-M., CREVIER-DENOIX N. *Anatomie et biomécanique du pied*. 10^e congrès de médecine et chirurgie équine. Genève. 2007. 49-58.

CHATEAU H., CAMUS M., HOLDEN-DOUILLY L., POURCELOT P., FALALA S., ROBIN D., DENOIX J.-M., CREVIER-DENOIX N. *Le sabot au travail*. 12e congrès de médecine et chirurgie équine. Genève. 2012. 11-13.

CHATEAU H., HOLDEN L., ROBIN D., FALALA S., POURCELOT P., ESTOUP P., DENOIX J.-M and CREVIER-DENOIX N. Biomechanical analysis of foot landing and stride parameters in harness trotter horses running on different tracks of a sand beach (from wet to dry) and on an asphalt road. Equine vet. J., **42** (Suppl.38) 2010. 488- 495.

CHUIT P. *Notion de ferrage et pathologies de la boite cornée*. Document d'enseignement. 2015.

Code des courses au trot : Bulletin de la SECF. Conditions générales des programmes des courses au trot en France. 21 janvier 2016. 142^{ème} année. N°3bis. <http://www.letrot.com/fr/> (Consulté en septembre 2016).

Code des courses au galop. 1^{er} janvier 2016. 93-94. France galop : <http://www.france-galop.com/> (Consulté en septembre 2016).

CREVIER-DENOIX N., ROBIN D., POURCELOT P., FALALA S., HOLDEN L., ESTOUP P., DENOIX J.-M., CHATEAU H. Ground reaction force and kinematic analysis of limb loading on two different beach sand tracks in harness trotters. Equine Vet. J., **42**. (suppl.38). 2010. 544-551.

CREVIER-DENOIX N., ROBIN D., POURCELOT P., RAVARY B., FALALA S., VALETTE J.-P., DENOIX J.-M. and CHATEAU H. The Sequisol project : Biomechanical evaluation of the effects of equestrian track surfaces on the equine locomotor system. Bull. Acad. Vét. France, 162, 2009. 133-143.

DAVID F. *Les courses de chevaux dans l'Antiquité*. Ethnozootechnie n°82, Histoire des compétitions équestres et des courses. 2007. 17-26.

DESBROSSE F. *Les affections du podophylle*. 10e congrès de médecine et chirurgie équine. Genève. 2007. 68-85.

DESBROSSES F. *L'exploration physique du pied. Inspection, palpation, pression et mobilisation articulaire*. PVE Vol.34, numéro spécial. 2002. 17-27.

DENOIX J.M. *The Equine Distal Limb, An Atlas of Clinical Anatomy and Comparative Imaging*. Manson Publishing. London, 2000. 1-127.

DENOIX J.M., MOIROUD C., JACQUET S., COUDRY V., AUDIGIE F., TRACSHEL D., BERTONI L., FERRIER E. Protocole Déferrage-SECF. *Incidence du déferrage sur l'usure du pied et le confort du cheval trotteur en course*. 2014. 44 p.

DYHRE-POULSEN P., SMEDEGAARD H., ROED J., KORSGAARD E. *Equine hoof function investigated by pressure transducers inside the hoof and accelerometers mounted on the first phalanx*. Equine Veterinary Journal **26**. 1994. 362-366.

FLOYD A., MANSMANN R. Equine Podiatry. Ed Saunders Elsevier. 2007. 466 p.

HOULIEZ D. *Anatomie et biomécanique du pied chez le cheval*. Thèse Alfort 1995. 94 p.

JACQUET S. Impact du déferrage chez les trotteurs en courses. La semaine vétérinaire No **1567**. 2014. 46.

KISHIDA L. *Contribution à l'étude de l'évolution de l'attelage du cheval à travers les âges*. Thèse Alfort. 2002. 528 p.

LAZARIS S. *Considérations sur l'apparition du fer à clous : contribution à l'histoire du cheval dans l'Antiquité tardive*. La veterinaria antica e medievale, Italie. 2009. 259-291.

LEFEBVRE DES NOËTTES R. *L'attelage. Le cheval de selle à travers les âges. Contribution à l'histoire de l'esclavage*. Paris. 1931. 142 p.

MEAL X. *Développer un pied fort. Mieux comprendre les structures caudales internes et leur importance pour développer un pied capable de performance*. 12^e Congrès de médecine et de chirurgie, Genève. 2012. 143-147.

OSSADZOW A. *Les courses dans la Grèce archaïque, ou Grèce des rois*. Ethnozootechnie n°**82**, Histoire des compétitions équestres et des courses. 2007. 9-15.

PIECHOT RAVISY G. *Le fer à cheval à l'époque celtique*. Mémoire pour le Diplôme d'Études Approfondies de l'EPHE, IVe section. Paris. 2005. 114 p.

POLLITT CC, *Clinical anatomy and physiology of the normal equine foot*. Equine Veterinary Journal. 1992. 219-224.

REYNALDO J.-P. *Le Trotteur Français : Histoire des courses au trot en France, des origines à nos jours*. Ed LAVAUZELLE. 2007. 4-57.

ROEPSTORFF L., JOHNSTON C., DREVEMO S. *In vivo and in vitro heel expansion in relation to shoeing and frog pressure*. Equine Veterinary Journal. Suppl. **33**. 2001. 54-57.

SAVOLDI M.-T. *La voûte de la sole établit le plan de la 3e phalange (PIII)*. 10e Congrès de médecine et chirurgie équine, Genève. 2007. 35-37.

STRASSER H. *Un sabot sain pour une vie saine. Les clés pour la santé optimale du cheval. Réhabilitation du cheval sportif non ferré après boiterie*. Editions KWASTEN. 1998. 165 p.

STRASSER H. *Le ferrage un mal nécessaire ?* Editions Knirsh-Verlag. 2000. 130 p.

TAPPREST J., AUDIGIE F., RADIER C., DIDIERLAURENT D., MATTHIEU D., DENOIX J.-M. *Examen d'imagerie par résonance magnétique du pied du cheval*. Pratique Vétérinaire Equine. Vol **34**, numéro spécial. 2002. 97-101.

XENOPHON, Traduit du Grec par le Baron de CURNIEU. *De l'équitation*. Bibliothèque nationale de France Gallica. 1840. 310 p.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Lexique particulier

Réduction kilométrique : Temps moyen que met un trotteur pour parcourir une distance ramenée sur un kilomètre. Cette vitesse est exprimée en minutes, secondes et dixièmes de seconde par kilomètre. Elle est comparable chez des chevaux ayant parcouru la même distance et sur le même terrain.

Sulky : voiture d'attelage légère à deux roues, utilisée dans les courses attelées. Le sulky est composé d'un pont sur lequel est installé le driver, et de deux brancards qui longent les flancs du cheval. Ils sont fixés au harnais, une ceinture qui entoure le thorax du cheval. Les sulkies de compétition sont de plus en plus légers et sont fabriqués dans les matériaux les plus sophistiqués, à condition d'être homologués.

Driver : Personne installée au sulky qui dirige le cheval dans les épreuves de trot attelé.

Autostart (départ à « l'autostart ») : voiture aux ailes rabattables servant à donner des départs lancés. Les chevaux se placent derrière ces ailes suivant des places préétablies. Le véhicule prend progressivement de la vitesse et, après quelques centaines de mètres, lâche les trotteurs en accélérant brutalement et en repliant ses ailes. En première ligne, il y a entre 7 et 9 places.

Volte (départ « volté ») : Ce type de départ est typiquement français. Les chevaux partent d'une façon synchronisée en réalisant une volte. Ils effectuent un quart de tour pour se lancer sur la piste. Afin de vérifier que le départ s'effectue correctement, des faisceaux lasers ou un élastique peuvent être utilisés. S'il y a faute (si l'un des partants part trop rapidement par exemple), c'est un faux-départ et les concurrents doivent donc recommencer leur départ. Le cheval fautif devra se placer derrière un autre concurrent.

Heat : Séance d'échauffement généralement organisée une heure avant le départ d'une compétition. Le heat a pour fonction d'assurer l'échauffement musculaire et une montée du rythme cardiaque. Très similaire à un échauffement d'athlète humain, le heat est personnalisé en fonction de chaque cheval, de ses caractéristiques physiques et mentales. À Vincennes, très souvent dans les plus grandes épreuves, les champions effectuent deux heats d'échauffement.

D.A.I (Disqualifié pour Allures Irrégulières) : Désigne un cheval disqualifié par les juges pour des allures non autorisées (galop, amble*, aubin*, traquenard*, etc.)

D.P.G. (Disqualifié pour avoir atteint le Poteau d'arrivée au Galop) : Cas du cheval qui est disqualifié pour s'être mis au galop dans les ultimes foulées et qui atteint le poteau d'arrivée au galop.

Triple couronne : exploit consistant à gagner la même année le prix d'Amérique, le prix de France et le prix de Paris

Trot : Allure diagonale à deux temps. Au temps 1, l'antérieur gauche se pose sur le sol simultanément au postérieur droit. Au temps 2, c'est la diagonale "antérieur droit / postérieur gauche" qui est en contact avec le sol.

Se désunir : Le cheval commence à ne plus trotter convenablement, puis il se met au galop ou dans une autre allure que le trot.

Aamble : Allure sanctionnée en France en course dans laquelle le cheval pose simultanément au sol son antérieur et son postérieur du même côté et ainsi de suite.

Traquenard : Allure sanctionnée en France en course dans laquelle le cheval trotte avec ses membres antérieurs et galope avec ses postérieurs.

Aubin : Allure sanctionnée en France en course dans laquelle le cheval galope avec ses membres antérieurs et trotte avec ses postérieurs. Cette allure est répréhensible.

Stepper : Cheval qui, au trot, présente des allures très exagérées, avec des foulées ayant beaucoup d'amplitude que ce soit des antérieurs ou des postérieurs. Aussi appelé cheval « qui trotte gros ».

Stud-book : Livre généalogique qui recense tous les chevaux issus d'une race reconnue. Tous les Trotteurs Français actuels sont inscrits au stud-book homonyme, tout comme leurs descendants sur plusieurs générations. Le règlement du Stud-Book définit les modalités obligatoires d'inscription au dit Stud-Book.

Yearling : Poulain né l'année précédente.

Surface : Il existe deux grands types de surfaces pour les courses au trot : les pistes en herbe et les pistes en sable ou assimilé (mâchefer, pouzzolane, sable de carrière, etc.).

Fibré : Revêtement de pistes de galop (« Piste en Sable Fibré » ou « PSF ») composé de silice pure associée à différents éléments tels des microfibres synthétiques, des corps gras et des microparticules. On en distingue plusieurs types : le **dirt**, le polytrack ou la **fibrée-huilée**.

Dirt : Revêtement des pistes de galop composé de sable mélangé à du limon et de l'argile.

Fibré-huilé : Type de revêtement de pistes de galop composé de silice associée à différents éléments tels des microfibres synthétiques, des corps gras et des microparticules avec un huilage qui rend l'ensemble pâteux.

Mâchefer : Le mâchefer est le résidu solide de la combustion du charbon. Il donne des pistes de trot très rapides, mais nécessite un entretien méticuleux. L'une des plus célèbres pistes en mâchefer est la piste de Vincennes.

Vignat : Type de sable à forte granulométrie utilisé pour le revêtement des pistes de trot.

PMU : Pari Mutuel Urbain, seul habilité en France à organiser et régir les paris sur les courses de chevaux. Il se subdivise en P.M.H., c'est-à-dire les guichets du Pari Mutuel sur les hippodromes, et P.M.U., c'est-à-dire les caisses du Pari Mutuel Urbain, en général situées dans les cafés-tabac.

PMH : Pari Mutuel sur les Hippodromes, voir PMU.

Brochage (issu de brocher) : acte de maréchalerie consistant à mettre les clous servant à tenir le fer à travers la paroi du sabot.

Avalure : croissance de la corne du sabot. Environ égale à 6 mm par mois, elle est compensée par l'usure si le cheval marche pieds nus sur des terrains variés ou par le parage du maréchal.

Technetium : isotope de faible demi-vie, émetteur de rayons γ , utilisé en médecine nucléaire (scintigraphie) pour effectuer de nombreux diagnostics.

ANNEXE 2 : Les différentes races de trotteurs

Il existe 4 races différentes dites « pures » (issues d'un programme de sélection) de trotteurs dans le monde :

- **Standardbred ou Trotteur Américain** : la race de trotteurs le plus répandu en nombres d'individus. Les américains ont sélectionné tout de suite la rapidité sans se soucier de l'endurance et du modèle ce qui a donné des chevaux très rapides mais moyennement conformés. L'entrée au studbook est conditionnée par le fait de pouvoir courir 1 mile en moins de 2'30" au trot ou 2'25" à l'amble. Les courses d'ambleurs ont débuté aux Etats Unis à partir des années 1860, les chevaux présentant moins de risques d'être fautifs ce qui était donc plus sûr pour les paris. Sa conformation longiligne n'est pas faite pour porter l'homme, les courses attelées sont donc privilégiées.
- **Trotteur Français** : le TF est issu d'un ancêtre commun avec le Standardbred, le Pur-Sang Arabe Darley Arabian.
- **Kallblod** ou « sang-froid » ou encore « trotteur scandinave » : Le Kallblod est LE cheval des sports hippiques les plus développés des pays scandinaves (le galop étant impossible dans ces pays qui ne conviennent ni aux chevaux ni aux pistes de galop). Le Kallblod est d'abord un cheval de ferme ou d'attelage. Les premières courses ont lieu en Suède en 1882. C'est un petit cheval moins rapide que ses cousins Européens ou Américains, massif, tout en muscles, doté d'une abondante crinière et de fanons.
- **Orlov** ou « trotteur russe » : C'est le trotteur le plus ancien courant encore de nos jours. Il s'agit d'un croisement avec des chevaux russes et un étalon arabe. Les courses sont disputées sur la neige, les fers sont alors dotés de crampons. Considéré en 1880 comme le trotteur le plus rapide d'Europe, l'Orlov est battu par un trotteur américain ce qui entraîne une massive importation de chevaux américain pour améliorer la race.
- Il existe aussi d'une race « trotteur européen » (ou « métis ») qui est un croisement franco-américain avec quelques apports de vieilles races européennes. C'est une race peu présente en France, grâce au studbook qui a protégé la race TF.

ANNEXE 3 : Les types de pistes

Il existe 6 types de surfaces utilisées pour les pistes de courses hippiques (TROT et GALOP) :

- Herbe
- Sable fibré
- Cendre
- Sable
- Pouzzolane
- Mâchefer

Les pistes en cendrée, pouzzolane et mâchefer sont des pistes aux revêtements durs sur lesquelles se déroulent des épreuves de trot.

- La pouzzolane est une roche volcanique naturelle. Mélangée avec la terre de la piste sous forme de poudre, elle donne une couleur rouge orangée caractéristique et très reconnaissable. Les propriétés de la pouzzolane permettent une meilleure évacuation de l'eau et le drainage de la piste.
- Le mâchefer est un résidu de couleur noire et particulièrement dur et abrasif issu de la combustion du charbon. Il confère aux pistes une grande rapidité et nécessite un entretien méticuleux. La piste de Vincennes est constituée d'une épaisseur de 20 cm de mâchefer.

Les pistes en sable fibré (PSF) sont des pistes au revêtement plus souple sur lesquelles se déroulent les épreuves de galop. Elles sont composées de silice pure associée à différents éléments tels des microfibres synthétiques, des corps gras et des microparticules. Plusieurs types de PSF existent et se différencient par leurs proportions entre ces différents éléments :

- Polytrack
- Fibrée huilée
- Dirt (sable mélangé à du limon et de l'argile, aussi utilisé pour des pistes de compétition de motos)

Le sable étant un support très meuble, il ne constitue pas une surface de choix pour la traction d'un sulky.

ANNEXE 4 : Calculs de l'erreur type de la moyenne pour les chevaux de 2 ans

L'erreur type de la moyenne (ETM) se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$ETM = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

où n est la taille de l'échantillon et s est l'écart type d'une variable x prenant deux valeurs (0 si le cheval n'est pas disqualifié et 1 si le cheval est disqualifié), calculé selon la formule suivante :

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [x_i - \bar{x}]^2} = \sqrt{\frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\bar{x})^2}$$

avec \bar{x} la moyenne.

Pour les chevaux de 2 ans ayant couru en 2012 :	
Pour les chevaux montés :	Pour les chevaux attelés :
<u>Données</u> : Taille de l'échantillon $n = 40$ Nombre d'individus disqualifiés = 15 Moyenne $\bar{x} = 15/40$ <u>Variable</u> : $x = 0$ si le cheval n'est pas disqualifié $x = 1$ si le cheval est disqualifié	<u>Données</u> : Taille de l'échantillon $n = 1951$ Nombre d'individus disqualifiés = 578 Moyenne $\bar{x} = 578/1951$ <u>Variable</u> : $x = 0$ si le cheval n'est pas disqualifié $x = 1$ si le cheval est disqualifié
<u>Calcul</u> : $\begin{aligned} s_x &= \sqrt{\frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\bar{x})^2} \\ &= \sqrt{\frac{1}{40} (\sum_{i=1}^{40} x_i^2) - (15/40)^2} \\ &= \sqrt{\frac{1}{40} (15) - (15/40)^2} \end{aligned}$ $\begin{aligned} ETM &= \frac{s}{\sqrt{n}} \\ &= \frac{1}{\sqrt{40}} \times \sqrt{\frac{15}{40} - (15/40)^2} \\ &= 0,07654655446 \end{aligned}$	<u>Calcul</u> : $\begin{aligned} s_x &= \sqrt{\frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\bar{x})^2} \\ &= \sqrt{\frac{1}{1951} (\sum_{i=1}^{1951} x_i^2) - (578/1951)^2} \\ &= \sqrt{\frac{1}{1951} (578) - (578/1951)^2} \end{aligned}$ $\begin{aligned} ETM &= \frac{s}{\sqrt{n}} \\ &= \frac{1}{\sqrt{1951}} \times \sqrt{\frac{578}{1951} - (578/1951)^2} \\ &= 0,0103374467 \end{aligned}$
Pour les chevaux de 2 ans ayant couru en 2013 :	
Pour les chevaux montés :	Pour les chevaux attelés :
<u>Données</u> : Taille de l'échantillon $n = 44$ Nombre d'individus disqualifiés = 12 Moyenne $\bar{x} = 12/44$ <u>Variable</u> : $x = 0$ si le cheval n'est pas disqualifié $x = 1$ si le cheval est disqualifié	<u>Données</u> : Taille de l'échantillon $n = 2037$ Nombre d'individus disqualifiés = 533 Moyenne $\bar{x} = 533/2037$ <u>Variable</u> : $x = 0$ si le cheval n'est pas disqualifié $x = 1$ si le cheval est disqualifié

Calcul :	Calcul :
$s_x = \sqrt{\frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) - (\bar{x})^2}$	$s_x = \sqrt{\frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) - (\bar{x})^2}$
$ETM = \frac{s}{\sqrt{n}}$ $= \frac{1}{\sqrt{44}} \times \sqrt{\frac{12}{44} - (12/44)^2}$ $= 0,06714081326$	$ETM = \frac{s}{\sqrt{n}}$ $= \frac{1}{\sqrt{2037}} \times \sqrt{\frac{533}{2037} - (533/2037)^2}$ $= 0,0097386998$
Totaux 2 ans	
2012	2013
Taille de l'échantillon $n = 1991$	Taille de l'échantillon $n = 2081$
Nombre d'individus disqualifiés = 593	Nombre d'individus disqualifiés = 545
Moyenne $\bar{x} = 593/1991$	Moyenne $\bar{x} = 545/2081$
$ETM = 0,01024882416$	$ETM = 0,00963797373$

Résultats :

2 ans	Chevaux montés	Chevaux attelés	TOTAL
2012			
ETM brut	0,07654655446	0,0103374466	0,010248824
ETM (en points de pourcentage)	7,7	1,0	1
Moyenne (en %)	37,5	29,6	29,78
Moyenne + ETM	45,2	30,6	30,78
Moyenne - ETM	29,8	28,6	28,78
2013			
ETM brut	0,06714081326	0,0097386998	0,009637974
ETM (en point de pourcentage)	6,7	1,0	1
Moyenne (en %)	27,27	26,2	26,16
Moyenne + ETM	33,97	27,2	27,16
Moyenne - ETM	20,57	25,2	25,16

ANNEXE 5 : Calculs de l'erreur type de la moyenne pour les chevaux de 3 ans

Pour les chevaux de 3 ans ayant couru en 2013 :	
Pour les chevaux montés :	Pour les chevaux attelés :
<p>Données : Taille de l'échantillon $n = 593$ Nombre d'individus disqualifiés = 244 Moyenne $\bar{x} = 244/593$</p> <p>Variable : $x = 0$ si le cheval n'est pas disqualifié $x = 1$ si le cheval est disqualifié</p>	<p>Données : Taille de l'échantillon $n = 5886$ Nombre d'individus disqualifiés = 1756 Moyenne $\bar{x} = 1756/5886$</p> <p>Variable : $x = 0$ si le cheval n'est pas disqualifié $x = 1$ si le cheval est disqualifié</p>
<p>Calcul :</p> $s_x = \sqrt{\frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) - (\bar{x})^2}$ $ETM = \frac{s}{\sqrt{n}}$ $= \frac{1}{\sqrt{593}} \times \sqrt{\frac{244}{593} - (244/593)^2}$ $= 0,02020810485$	<p>Calcul :</p> $s_x = \sqrt{\frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) - (\bar{x})^2}$ $ETM = \frac{s}{\sqrt{n}}$ $= \frac{1}{\sqrt{5886}} \times \sqrt{\frac{1756}{5886} - (1756/5886)^2}$ $= 0,00596357787$
Pour les chevaux de 3 ans ayant couru en 2014 :	
Pour les chevaux montés :	Pour les chevaux attelés :
<p>Données : Taille de l'échantillon $n = 671$ Nombre d'individus disqualifiés = 254 Moyenne $\bar{x} = 254/671$</p> <p>Variable : $x = 0$ si le cheval n'est pas disqualifié $x = 1$ si le cheval est disqualifié</p>	<p>Données : Taille de l'échantillon $n = 6195$ Nombre d'individus disqualifiés = 1854 Moyenne $\bar{x} = 1854/6195$</p> <p>Variable : $x = 0$ si le cheval n'est pas disqualifié $x = 1$ si le cheval est disqualifié</p>
<p>Calcul :</p> $s_x = \sqrt{\frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) - (\bar{x})^2}$ $ETM = \frac{s}{\sqrt{n}}$ $= \frac{1}{\sqrt{671}} \times \sqrt{\frac{254}{671} - (254/671)^2}$ $= 0,01872410662$	<p>Calcul :</p> $s_x = \sqrt{\frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) - (\bar{x})^2}$ $ETM = \frac{s}{\sqrt{n}}$ $= \frac{1}{\sqrt{6195}} \times \sqrt{\frac{1854}{6195} - (1854/6195)^2}$ $= 0,00581818855$
Totaux 3 ans	
2013	2014
Taille de l'échantillon $n = 6479$ Nombre d'individus disqualifiés = 2000 Moyenne $\bar{x} = 2000/6479$ $ETM = 0,00573909692$	Taille de l'échantillon $n = 6866$ Nombre d'individus disqualifiés = 2108 Moyenne $\bar{x} = 2108/6866$ $ETM = 0,00556662317$

Résultats :

3 ans	Chevaux montés	Chevaux attelés	TOTAL
2013			
ETM brut	0, 02020810485	0,00596357787	0,00573909692
ETM (en points de pourcentage)	2	0,6	0,6
Moyenne (en %)	41,15	29,83	30,87
Moyenne + ETM	43,2	30,4	31,47
Moyenne - ETM	39,2	29,2	30,27
2014			
ETM brut	0, 01872410662	0, 00581818855	0,00556662317
ETM (en point de pourcentage)	1,9	0,6	0,6
Moyenne (en %)	37,85	29,93	30,70
Moyenne + ETM	39,75	30,5	31,3
Moyenne - ETM	35,95	29,3	30,1

ANNEXE 6 : Répartition des effectifs des chevaux de 4 ans selon le gain par course obtenu en 2015

Tableau 23 : Répartition des effectifs des chevaux de 4 ans selon le gain par course obtenu en 2015, par tranches de 300 €

Gains par courses	Effectif	Gains par courses	Effectif
300	1195	3600	65
600	469	3900	51
900	462	4200	37
1200	378	4500	46
1500	359	4800	27
1800	244	5100	25
2100	203	5400	17
2400	151	5700	15
2700	104	6000	13
3000	98	>6 000	107
3300	56		

Tableau 24 : Répartition des effectifs des chevaux de 4 ans selon le gain par course obtenu en 2015, par tranches de 1 000 €

Gain par course	Effectif	Gain par course	Effectif	Gain par course	Effectif
1000	2264	25000	0	49000	0
2000	993	26000	0	50000	0
3000	406	27000	0	51000	0
4000	191	28000	1	52000	0
5000	112	29000	2	53000	0
6000	49	30000	0	54000	0
7000	32	31000	0	55000	0
8000	28	32000	1	56000	0
9000	9	33000	0	57000	0
10000	10	34000	0	58000	0
11000	8	35000	0	59000	0
12000	5	36000	0	60000	0
13000	1	37000	1	61000	0
14000	3	38000	0	62000	0
15000	3	39000	0	63000	0
16000	1	40000	0	64000	0
17000	2	41000	0	65000	0
18000	4	42000	0	66000	0
19000	0	43000	0	67000	0
20000	1	44000	0	68000	0
21000	0	45000	0	69000	0
22000	0	46000	0	70000	0
23000	0	47000	1	71000	1
24000	1	48000	0	107000	1

Figure 43 : Répartition des effectifs des chevaux de 4 ans selon les gains par courses obtenus en 2015, par tranches de 1 000 €



ANNEXE 7 : Répartition des effectifs des chevaux de 4 ans selon le nombre de courses courues en 2015

Tableau 25 : Répartition des effectifs des chevaux de 4 ans selon le nombre de courses courues en 2015.

Nb Courses	Effectif	Nb Courses	Effectif
1	203	18	102
2	195	19	65
3	194	20	42
4	192	21	23
5	173	22	16
6	224	23	16
7	241	24	7
8	273	25	7
9	283	26	8
10	294	27	4
11	266	28	2
12	278	29	1
13	282	30	1
14	246	31	0
15	190	32	0
16	158	33	0
17	135	34	1

ANNEXE 8 : Répartition des effectifs des chevaux de 4 ans selon leur taux de déferrage par tranches de 5 %.

Tableau 26 : Répartition des chevaux de 4 ans selon leur taux de déferrage par tranches de 5 %.

% Déferrage	Effectif
0-5	1034
5-10	207
10-15	197
15-20	226
20-25	208
25-30	132
30-35	205
35-40	194
40-45	116
45-50	327
50-55	66
55-60	180
60-65	93
65-70	180
70-75	136
75-80	114
80-85	76
85-90	113
90-95	63
95-100	255

ANNEXE 9 : Répartition des effectifs et gains moyens par course par cheval selon les modalités de déferrage des chevaux de 4 ans

Tableau 27 : Effectifs et gains moyens par course par cheval en fonction du type de déferrage.

Type de déferrage	Effectif	Gains moyens par course par cheval	ETM
Déferrage des ANTERIEURS au moins 1 fois	595	1293	75
Déferrage des ANTERIEURS uniquement	105	1420	189
Déferrage des POSTERIEURS au moins 1 fois	1867	1609	69
Déferrage des POSTERIEURS uniquement	830	1689	124
Déferrage des 4 pieds au moins 1 fois	2112	1496	51
Déferrage des 4 pieds uniquement	818	1470	78
TOTAL chevaux de 4 ans	4122	1428	38

LE DÉFERRAGE DES TROTTEURS EN COURSE : USAGE, EFFETS, LIMITES ET INCIDENCE SUR LES PERFORMANCES

NOM et Prénom : MOREAU Oriane

Résumé

Le sabot est l'interface privilégiée entre le cheval et le sol, souvent protégé par un fer permettant de prévenir l'usure et donner du grip, ou qui est mis en place dans un but thérapeutique. La pratique du déferrage lors des courses au trot est règlementée pour garantir l'intégrité physique des chevaux ainsi que pour informer les parieurs.

Le déferrage permettrait au pied du cheval de reprendre toute sa fonction. Par sa déformation lors de l'appui et grâce à sa vascularisation, une meilleure oxygénation du sang et des tissus serait alors possible. L'augmentation de la fréquence de la foulée qui découlerait de ce mécanisme permet une amélioration des performances du cheval.

Cependant, cette pratique est associée d'effets néfastes pour le pied, et ce, d'autant plus qu'elle est répétée dans le temps. Une bonne préparation des pieds du cheval, une connaissance de sa tolérance, de son confort en course et de la poussée de sa corne ainsi qu'un examen attentif à la fin de la course permettront de programmer ou non de prochains déferrals.

La fonction de pompe vasculaire du pied permet une meilleure perfusion des tissus et une amélioration des performances. L'impact du déferrage sur les performances a pu être quantifié dans ce travail grâce à une étude rétrospective réalisée grâce à des données fournies par la SECF. La mesure récente interdisant le déferrage des jeunes chevaux n'a globalement pas eu d'effet sur les performances de ces derniers. A l'inverse, la pratique du déferrage sur des chevaux plus âgés améliore de manière significative leurs résultats quel que soit le type de déferrage et plus particulièrement lorsque les postérieurs sont déferrés.

Une pratique raisonnée prenant en compte le risque de lésions induit par un déferrage trop fréquent est conseillée afin d'optimiser les performances sans porter préjudice à la santé du cheval.

Mots clés :

DÉFERRAGE - FERRURE - MARÉCHALERIE - PERFORMANCE - BIEN-ETRE ANIMAL - EQUIDÉ - CHEVAL DE COURSE - TROTTEUR

Jury :

Président : Pr. de la faculté de médecine

Directeur : Pr. J.-M. DENOIX

Assesseur : Pr. H. CHATEAU

UNSHOEING FRENCH TROTTERS DURING RACES : USE, EFFECTS, LIMITS AND IMPACTS ON THE PERFORMANCES

SURNAME and First name : MOREAU Oriane

Summary :

The hoof is the key interface between the horse and the ground, very often protected by a shoe which prevents from wear, gives some grip or which is put on for a therapeutic reason. The use of unshoeing during races is regulated in order to protect the physical integrity of the horse and the gamblers.

Unshoeing would allow the horse's foot to recover all its functions. Thanks to its deformation during stand phase, and because of its vascularisation, a better blood and tissue oxygenation would be possible then. The increase of the frequency of the stride which would come from this mechanism enable an improvement of horses' performances.

However, this practice is associated with side effects for the foot, especially when it is repeatedly performed. A thorough preparation of the foot, the awareness of the horses' tolerance, and his comfort during the race, the knowledge of how fast his horn is growing, and a clinical examination, will enable the planning of an upcoming unshoeing or will postpone it.

The vascular pump function of the foot provides a better tissue perfusion and an improvement of performances. The impact of unshoeing on performances have been shown in this work thanks to data given by the SECF. The latest rule which bans the unshoeing of young horses didn't really have an impact on their performances, whereas the use of unshoeing on adult horses significantly improves their performances, regardless of the type of unshoeing, and more specifically when hind feet are unshod.

A reasoned practice which considers the risk of inducing lesions by all too frequent use of unshoeing is advised to optimise performances without affecting the horse's health.

Keywords :

UNSHOEING, HORSE SHOE, TRIMMING, PERFORMANCE, ANIMAL WELFARE, HORSE, RACEHORSE, FRENCH TROTTER.

Jury :

President : Pr. de la faculté de médecine

Director : Pr. J.-M. DENOIX

Assessor : Pr. H. CHATEAU