

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE D'ALFORT

Année 2007

**SUIVI CLINIQUE DE CHEVAUX D'ENDURANCE
EN COURSE DE NIVEAU NATIONAL (CEN, CEI) :
CONTRIBUTION A LA DETERMINATION
DES PARAMETRES LES PLUS PERTINENTS**

THESE

Pour le

DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

Présentée et soutenue publiquement devant

LA FACULTE DE MEDECINE DE CRETEIL

Le

par

Amélie SENA

Née le 2 mai 1982 à Roubaix (Nord)

JURY

Président : M.

Professeur à la Faculté de Médecine de CRETEIL

Membres

Directeur : Mme Céline ROBERT

Maître de Conférences en Anatomie des Animaux Domestiques

à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

Assesseur : Mme Aude GIRAUDET

Ingénieure de Recherches en Clinique Equine

à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

REMERCIEMENTS

**A mon Président de thèse,
Monsieur le Professeur,**
De la faculté de Médecine de Créteil,

Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury de thèse,
Hommage respectueux.

**A mon directeur de thèse,
Madame le Docteur Céline Robert,**
De l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort,

Pour être à l'origine de ce projet, pour son aide et sa disponibilité dans l'élaboration de
ce travail,
Sincères remerciements.

**A mon assesseur de thèse,
Madame le professeur Aude Giraudet,**
De l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort,

Qui a bien voulu juger ce travail,
Sincères remerciements.

A mes parents, Yves et Myriam,

A qui je dédie cette thèse,
Merci pour votre soutien et votre confiance pendant ces sept années d'étude acharnées !
Avec tout mon amour et ma reconnaissance.

A mon frère et ma sœur,

Pour leur soutien.

A Théo,

Pour la joie qu'il m'apporte.

A Matthieu et Amélie,

Pour leurs encouragements, leur gentillesse, et pour m'avoir donné la chance de continuer dans la voie que j'ai choisie.

A toi, Eliot, à qui il ne manque plus que la parole,

Merci de m'avoir portée et supportée pendant toutes ces années !

A mes amis, qui se reconnaîtront,

Qui m'ont écoutée, conseillée, soutenue, et soulagée !

A mes co intenes,

Sans qui je n'aurai jamais pu finir ce travail, en espérant que l'année se poursuive aussi bien qu'elle a commencé !

TABLE DES MATIERES

Table des illustrations.....	5
Liste des abréviations.....	7
Introduction.....	9
I- Présentation de la discipline.....	11
1. L'endurance équestre en France et dans le monde.....	13
a. Les origines de la discipline.....	13
b. L'endurance équestre en France.....	13
c. L'endurance équestre dans le monde.....	14
2. Epreuves et règlements.....	15
a. Les épreuves d'endurance.....	15
b. Les règlements.....	17
3. L'examen Vétérinaire.....	19
a. Les vétérinaires d'endurance.....	19
b. La réalisation des contrôles vétérinaires.....	22
i. Aires de contrôles vétérinaires.....	22
ii. Carte du cavalier.....	22
iii. Paramètres évalués.....	23
iv. Critères d'élimination.....	27
c. Les différents contrôles réalisés.....	28
i. Contrôle initial.....	28
ii. Contrôles intermédiaire.....	28
iii. Contrôle final.....	29
iv. Contrôle du lendemain.....	29
4. Le cheval d'endurance.....	31
a. L'entraînement du cheval d'endurance.....	31
i. Généralités.....	31
ii. Première étape.....	31
iii. Deuxième étape.....	32
iv. Travail sur le plat.....	33
v. Surentraînement.....	33
vi. Evaluation des performances.....	33
b. L'alimentation du cheval d'endurance.....	35
i. Généralités.....	35
ii. Particularités du cheval.....	35
iii. Composition de la ration.....	35
iv. Transition alimentaire.....	36
v. Besoin en eau et en électrolytes.....	38
vi. Application à la course d'endurance.....	39
vii. Surpoids.....	40

II- Troubles métaboliques	41
1. Bases physiologiques de l'effort.....	43
a. Au niveau moléculaire.....	43
i. ATP.....	43
ii. Travail aérobic.....	44
iii. Sources d'énergie.....	44
b. Au niveau cellulaire.....	45
i. Couplage excitation/contraction.....	45
ii. Fibres musculaires.....	46
iii. Le travail d'endurance.....	48
iv. Evaluation du travail en aérobic.....	50
c. La thermorégulation.....	51
i. Stockage bénéfique.....	52
ii. Mécanismes thermorégulateurs.....	52
iii. Transpiration et thermorégulation.....	52
iv. Appareil respiratoire et thermorégulation.....	54
v. Circulation et thermorégulation.....	54
vi. Système nerveux central et thermorégulation.....	54
d. Le système cardiovasculaire.....	55
e. Le système respiratoire.....	56
2. Nature des troubles.....	56
a. Les boiteries.....	57
i. Fourbure.....	57
ii. Myopathie d'effort.....	58
iii. Crampes et dorsalgies.....	59
iv. Contusions de pieds.....	60
v. Lésions articulaires.....	60
vi. Tendinites.....	60
b. Les troubles métaboliques.....	61
i. Déshydratation.....	61
ii. Coup de chaleur.....	64
iii. Syndrome d'épuisement.....	64
iv. Flutter diaphragmatique.....	65
v. Colique.....	65
vi. Troubles rénaux.....	66
3. Fréquence.....	67
a. Les motifs d'élimination.....	67
b. Les affections diagnostiquées.....	68
III- Enquête analytique	71
1. Présentation de l'étude et objectifs.....	73
2. Matériel et méthodes.....	73
a. Recueil des données.....	73
i. Enquête épidémiologique.....	73

ii.	Feuilles de soins	73
iii.	Fiches de contrôle vétérinaire	74
iv.	Données sur les courses.....	74
b.	Population d'étude.....	74
i.	Chevaux soignés.....	74
ii.	Chevaux témoins	75
c.	Analyse des données	76
i.	Paramètres retenus.....	76
ii.	Valeurs limites.....	77
iii.	Outils statistiques	78
3.	Résultats	79
a.	Caractéristiques générales des courses étudiées.....	79
b.	Description de la population d'animaux soignés	83
c.	Différence observées au niveau des paramètres étudiés	88
4.	Discussion	91
a.	Sur les caractéristiques des courses et de la population de chevaux soignés étudiées en relation avec la bibliographie	91
i.	Représentativité des courses étudiées	91
ii.	Motifs d'élimination.....	91
iii.	Chevaux soignés.....	91
b.	Sur l'évaluation des paramètres étudiés	92
i.	Choix des limites fixées	92
ii.	Subjectivité des vétérinaires et notation des paramètres	92
iii.	Interprétation des résultats	92
c.	Biais et Limites de l'étude.....	95
i.	Population étudiée	95
ii.	Appariement des chevaux	95
iii.	Traitement des données	95
d.	Perspectives.....	96
i.	Sur les contrôles vétérinaires.....	96
ii.	Sur les courses.....	97
iii.	Sur l'étude	97
	Conclusion.....	99
	Références bibliographiques	101
	Annexes	109
	Annexe 1 : Carte du cavalier	111
	Annexe 2 : Exemple de feuille de synthèse vétérinaire	112
	Annexe 3 : Tableau d'appariement des chevaux en fonction des critères retenus.....	113
	Annexe 4 : Tableaux utilisés pour le classement des suivis cliniques des chevaux de l'étude.....	116
	Annexe 5 : Tableau synthétique de l'anamnèse, du diagnostic, du traitement et de l'évolution clinique des chevaux soignés pendant les épreuves.....	129
	Annexe 6 : Tableaux de calcul des Odd Ratio et du test de χ^2	133

LISTE DES ILLUSTRATIONS

- Tableau 1** : Le palmarès Français de 1984 à 2006
- Tableau 2** : Les différentes épreuves d'endurance
- Tableau 3** : Règlement des épreuves clubs
- Tableau 4** : Règlements des épreuves d'endurance départementales, régionales et nationales
- Tableau 5** : Valeurs limites de la fréquence cardiaque selon les épreuves
- Tableau 6** : Avantages et inconvénients de l'ajout de lipides dans la ration
- Tableau 7** : Comparaison des rendements énergétiques de la glycolyse et de la β oxydation
- Tableau 8** : Caractéristiques des différents types de fibres musculaires
- Tableau 9** : Composition en fibres musculaires du muscle fessier moyen chez des chevaux de races différentes
- Tableau 10** : Concentration en électrolytes de la sueur et du plasma chez le cheval
- Tableau 11** : Caractérisation des facteurs de santé
- Tableau 12** : Tableau type de calcul des Odd ratio
- Tableau 13** : Caractéristiques générales des courses sélectionnées pour l'étude
- Tableau 14** : Répartition des différents motifs d'élimination sur les courses sélectionnées pour l'étude
- Tableau 15** : Proportion de chevaux soignés ayant ou non fini la course
- Tableau 16** : Répartition des différents motifs d'élimination des chevaux soignés pendant la course
- Tableau 17** : proportions de chevaux présentant des valeurs anormales pour les paramètres cliniques étudiés à chaque contrôle
- Tableau 18** : Calculs des Odd Ratio
-
- Figure 1** : Rôle des différents vétérinaires présents sur des épreuves d'endurance
- Figure 2** : Schéma descriptif de l'aire de contrôle vétérinaire
- Figure 3** : Exemple d'utilisation du test de réexamen
- Figure 4** : Les contrôles vétérinaires réalisés pendant la course d'endurance
- Figure 5** : Relation entre fréquence cardiaque, vitesse et lactatémie
- Figure 6** : Ration type du cheval d'endurance
- Figure 7** : Filières de synthèse de l'ATP lors de l'exercice musculaire
- Figure 8** : Glycolyse et β oxydation des acides gras
- Figure 9** : Couplage excitation/contraction
- Figure 10** : Schéma simplifié des mécanismes du métabolisme aérobie
- Figure 11** : Courbes de lactatémie pendant l'exercice
- Figure 12** : Les mécanismes de la thermorégulation et leur importance
- Figure 13** : Etiopathogénie de la fourbure du cheval d'endurance
- Figure 14** : Etiopathogénie des tendinites du cheval d'endurance
- Figure 15** : Les mouvements d'ions induits par la déshydratation et la transpiration
- Figure 16** : Conséquences schématisées des mécanismes de la thermorégulation
- Figure 17** : Causes d'élimination en fonction des courses
- Figure 18** : Répartitions des éliminations et des soins selon l'avancement de la course
- Figure 19** : Proportion des différentes affections diagnostiquées
- Figure 20** : Localisation des courses sélectionnées pour l'étude
- Figure 21** : Résultats des courses sélectionnées pour l'étude
- Figure 22** : Proportion des différents motifs d'élimination sur les courses sélectionnées pour l'étude

- Figure 23** : Proportion de chevaux soignés ayant ou non fini la course
- Figure 24** : Répartition du sexe des chevaux soignés
- Figure 25** : Répartition de l'âge des chevaux soignés
- Figure 26** : Répartition de la race des chevaux soignés
- Figure 27** : Répartition de la nécessité des soins en fonction du déroulement de la course
- Figure 28** : Distribution des chevaux soignés en fonction du moment de la course et du motif d'élimination
- Figure 29** : Proportion des motifs d'élimination des chevaux soignés pendant la course
- Figure 30** : Prévalence des symptômes observés lors de l'examen clinique de la population de chevaux nécessitant des soins
- Figure 31** : Prévalence des affections diagnostiquées sur la population de chevaux nécessitant des soins

Illustration 1 : Radiographie d'un basculement de la 3^{ème} phalange lors de fourbure

LISTE DES ABREVIATIONS UTILISEES

AST = aspartate amino transphérase
ATP = adénosine triphosphate
bpm = battement par minute
CEN = Concours de Raid d'Endurance National
CEI = Concours de Raid d'Endurance International
CEIO = Concours de Raid d'Endurance International Officiel
CPK = créatine phospho-kinase
FC = fréquence cardiaque
KCl = chlorure de potassium
Kcal = kilo calorie
Km = kilomètre
Km/h = kilomètre par heure
L = litre
m = mètre
mHg = millimètre de mercure
mol = mole
mmol = milli mole
mpm = mouvement par minute
min = minute
NaCl = chlorure de sodium
O₂ = oxygène
T°C = température
VO₂ = consommation d'oxygène
% = pour cent
± = plus ou moins
°C = degré Celsius

INTRODUCTION

L'endurance équestre est de nos jours une discipline en plein essor tant par le nombre de cavaliers participants que par le nombre d'épreuves organisées.

Elle est fortement réglementée par les différentes institutions équestres pour le respect du bien être et de la santé des chevaux.

C'est un sport éprouvant qui sollicite énormément l'organisme des chevaux qui peuvent développer, sur des épreuves de haut niveau, des affections métaboliques nécessitant l'administration de soins vétérinaires. C'est pourquoi l'endurance équestre n'est toujours pas acceptée comme discipline olympique.

L'étude réalisée dans ce travail a pour objectif d'aider à la compréhension et à la prévention des troubles métaboliques chez le cheval d'endurance.

Dans une première partie, nous décrirons la réglementation des épreuves ainsi que les contrôles vétérinaires réalisés pendant les courses. Nous développerons ensuite quelques notions sur l'entraînement et l'alimentation du cheval qui sont essentiels pour sa mise en condition à l'effort.

Dans une deuxième partie, afin de mieux comprendre la sensibilité de cet athlète aux affections métaboliques et musculo-squelettiques, nous développerons les bases physiologiques du cheval d'endurance et nous décrirons les principaux troubles de la santé qui apparaissent pendant ou à la fin des épreuves.

Enfin, dans une troisième partie, nous présenterons une étude analytique réalisée sur une population de chevaux soignés sur des courses de niveau national courues en France. Cette enquête a pour objectif de déterminer la présence de paramètres cliniques annonçant l'apparition de troubles métaboliques lors des contrôles vétérinaires, dans le but d'arrêter les chevaux plus tôt sur les courses avant qu'ils ne développent des troubles métaboliques.

Ainsi ce travail vise à fournir des éléments objectifs pour protéger les chevaux des dangers de la discipline et ainsi réduire les préjugés du grand public.

Partie I – PRESENTATION DE LA DISCIPLINE

I- PRESENTATION DE LA DISCIPLINE

1. L'endurance équestre en France et dans le monde

a. Les origines de la discipline

Avant l'avènement des machines, le cheval était un outil indispensable pour de nombreux travaux, un excellent compagnon de guerre, mais aussi un excellent moyen de locomotion. Cette relation entre l'Homme et le cheval a beaucoup évolué et désormais elle est fondée sur une complicité dans le jeu, le sport voire la compétition. Chaque sport équestre, et notamment l'endurance, trouve dans son origine un morceau de l'histoire de cette relation [26].

L'endurance équestre a également été influencée par les civilisations à travers le monde [26].

L'origine de l'endurance est basée sur la transmission de messages à travers un moyen de transport rapide, efficace et endurant que constituait le cheval. En effet, on peut citer comme exemple les services postaux tels que le Pony express qui reliait le Missouri à San Francisco, et, en Europe, les services postaux anglais ou polonais [26].

L'endurance prend aussi son origine dans la conquête et la guerre puisque les militaires avaient besoin de chevaux robustes, rapides et encore une fois endurants. La sélection se faisait à l'époque, et encore au début du XXème siècle, par des épreuves éprouvantes et peu contrôlées comme celle en 1902 du raid qui reliait Bruxelles à Ostende sur une distance de 132 km et se courait à une vitesse moyenne de 19 km/h. Ceci montre que la notion de bien être et de santé animale n'était en aucun cas prise en considération [26] [44].

Les premières compétitions d'endurance sont apparues au XXème siècle en Europe, en Australie, et aux Etats-Unis avec la Tavis Cup fondée en 1955 sur un parcours d'environ 160 km effectué en une journée [32] [33].

Avec le temps, les progrès technologiques et l'évolution des mentalités, les notions de bien être et de santé animale sont devenues essentielles dans la réglementation des courses d'endurance. La profession vétérinaire y a d'ailleurs largement contribué.

b. L'endurance équestre en France

Les débuts de l'endurance équestre en France dans les années 1970 furent modestes avec très peu de participants et de nombreux problèmes rencontrés pendant les courses. En effet, plusieurs chevaux sont morts sur les premières épreuves nationales [26]. La discipline a commencé à se développer à partir du milieu des années 1990 et le nombre de participants n'a cessé d'évoluer passant de 400 adhérents à la fin des années 1980 à près de 7000 en 1999. Il est actuellement en constante augmentation. L'endurance est devenue la deuxième discipline fédérale tant en nombre de compétiteurs qu'en nombre d'épreuves organisées de niveau national et international. En 2007, 43 épreuves de niveau national, international et jeunes chevaux sont prévues en France [1] [4] [69].

La France est par ailleurs le pays leader de l'endurance au niveau mondial comme le montre le Tableau 1 qui illustre son palmarès depuis 1984. Elle a remporté 51 médailles en 20 ans dont 21 médailles d'or, 14 médailles d'argent et 16 de bronze pour les championnats, et 6 médailles en 2 ans pour les Concours de raid d'Endurance Internationaux Officiels [4] [26], [32].

Tableau 1 : Le palmarès Français de 1984 à 2006 [26] [32]

		EQUIPE	INDIVIDUEL
1984	Championnat d'Europe (Florac /France)	OR	OR, BRONZE
1985	Championnat d'Europe (Rosenau /Autriche)	OR	
1986	Championnat du Monde (Rome / Italie)	BRONZE	
1987	Championnat d'Europe (Nuremberg /Allemagne)		OR
1988	Championnat du Monde (Front Royal /USA)	BRONZE	
1989	Championnat d'Europe (Sienne/ Italie)	OR	OR, ARGENT, BRONZE
1991	Championnat d'Europe (Montélimar / France)	BRONZE	ARGENT, BRONZE
1992	Championnat du Monde (Barcelone / Espagne)	OR	ARGENT
1994	Championnat du Monde (La Haye / Hollande)	OR	ARGENT, BRONZE
1995	Championnat d'Europe (Morlaix / France)	ARGENT	OR, ARGENT
1996	Championnat du Monde (Kansas City / USA)	ARGENT	BRONZE
1997	Championnat d'Europe (Rome / Italie)	OR	OR, ARGENT, BRONZE
1997	Championnat d'Europe Jeunes (Cirencester / Angleterre)	OR	
1999	Championnat d'Europe Jeunes (Donaueschingen / Allemagne)	OR	BRONZE
1999	Championnat d'Europe Séniors (Badajoz / Espagne)		ARGENT
2000	Championnat du Monde Séniors (Compiègne / FRANCE)		OR, ARGENT, BRONZE
2002	Championnat du Monde Séniors (Jerez de la Frontera / Espagne)	OR	BRONZE
2003	Championnat d'Europe Séniors (Punchestown / Irlande)	OR	OR, ARGENT, BRONZE
2003	Championnat du Monde Jeunes (Pratoni del Vivaro / Italie)	ARGENT	BRONZE
2004	Coupe du Monde des Nations (Gubbio / Italie)	OR	OR, ARGENT, BRONZE
2005	Championnat du Monde (Dubai)		OR
2006	Championnat du Monde Séniors (Aachen/Allemagne)	OR	ARGENT, BRONZE
		EQUIPE	INDIVIDUEL
2003	1 CEIO	OR	ARGENT
2004	2 CEIO	OR, BRONZE	ARGENT, BRONZE

c. L'endurance équestre dans le monde

Au niveau international, les choses ont également beaucoup évolué. En 1982, l'endurance équestre est devenue une discipline réglementée par la Fédération Equestre Internationale (FEI) qui a imposé un règlement strict de contrôles vétérinaires pendant et à la fin des courses. Les problèmes de santé et de bien être animal ont alors nettement diminué. On peut citer comme exemple les marathons internationaux au Qatar qui se déroulaient dans les années 1990 et qui ne figuraient pas parmi les évènements FEI. Il n'y avait donc pas d'inspection vétérinaire finale. La vitesse moyenne des chevaux étaient de 26 à 30 km/h, et de nombreux morts ont été enregistrés. Une étude [13] a montré que la majorité des chevaux européens ayant participé à ce type de course n'ont jamais retrouvé leur niveau de performance antérieur, voire ils n'ont jamais pu recourir. En revanche, l'état de santé des chevaux a nettement été amélioré lors de la finale FEI coupe du monde au Qatar en 1997 sur un parcours de 100 km, et lors du raid de 160 km à Abu Dhabi/Dubaï en février 1998. Sur ces courses, l'ensemble des contrôles vétérinaires étaient imposés y compris le contrôle final, des postes d'abreuvement étaient présents le long du parcours, un espace de soins abrités était réservé au vétérinaire, et le terrain était moins éprouvant pour les chevaux. Ceci montre, en plus d'autres paramètres, l'importance de la rigueur des contrôles vétérinaires lors des raids d'endurance.

L'endurance est également la deuxième discipline équestre dans le monde avec 192 épreuves de haut niveau organisées en 2007 [4].

2. Epreuves et règlements

Une épreuve d'endurance équestre consiste à parcourir de nombreux kilomètres à une cadence moyenne élevée, pendant plusieurs heures, et en plusieurs étapes. Le but de la course est d'arriver le plus vite avec un cheval dans les meilleures conditions physiques et mentales possibles.

Le cavalier doit tout au long de la course être à l'écoute de son cheval et gérer son effort en conséquence.

a. Les épreuves d'endurance

➤ Différentes épreuves

L'endurance équestre est une discipline très réglementée, et elle relève de deux autorités représentées par la Fédération Equestre Internationale (FEI) au niveau mondial et la Fédération Française d'Equitation (FFE) au niveau national. La FFE relève de la FEI et suit ses évolutions, mais elle adapte également son règlement aux particularités françaises.

Les compétitions d'endurance, définies dans le Tableau 2, sont organisées en deux catégories :

- Les épreuves à vitesse limitée qui correspondent aux épreuves club et aux courses départementales et régionales de 20 km à 60 km
- Les épreuves à vitesse libre où seule une vitesse minimale est à respecter (> 12 km/h). Ce sont les épreuves nationales 1 à 3 étoiles (Concours de raid d'Endurance National *, **, ***) et les épreuves internationales (Concours de raid d'Endurance International). Il existe également des CEIO (Concours de raid d'Endurance International Officiel) qui diffèrent des CEI par les modalités du classement final. En effet, dans les CEIO, il y a un classement individuel et un classement par équipe, contrairement aux CEI où il n'y a qu'un classement individuel. Actuellement certaines de ces courses se courent à une vitesse moyenne de plus de 20 km/h.

Tableau 2 : Les différentes épreuves d'endurances [26] [20]

	Distance (km)	Vitesse (km/h)	Nombre d'étapes	Fréquence Cardiaque finale maximale
EPREUVES CLUBS				
CLUB	10	8 à 10	2	64/min
EPREUVES DEPARTEMENTALES				
D20	20	10 à 12	1	60/min
D30	30	10 à 12	1	60/min
EPREUVES REGIONALES				
R40	40	12 à 15	2	60/min
R60	60	12 à 15	2	60/min
EPREUVES NATIONALES				
CEN*	90	>12	3	56/min
CEN**	125	>12	3 à 4	64/min
CEN***	150	>12	4 à 6	64/min
EPREUVES INTERNATIONALES				
CEI**	125	>12	≥ 4	64/min
CEI***	150 et plus	>12	≥ 6	64/min

Pour qu'un CEN se coure à l'étranger, il doit être validé par la FEI.

➤ Déroulement d'une épreuve

Cependant quelque soit le niveau de l'épreuve, le déroulement de la course se fait de manière identique.

Le parcours de l'épreuve d'endurance est imposé et balisé tout le long de la piste. Les cavaliers étudient, avant le départ, la carte du circuit et le carnet de bord fournis par les organisateurs qui leur permettront de s'orienter pour limiter les erreurs de parcours. Sur la carte figure, en plus du trajet que doit parcourir le couple cheval/cavalier, le circuit pour les voitures d'assistance, les points d'assistance qui sont fixés avant le départ ainsi que les points d'arrêts obligatoires. Sur le carnet de bord figure le balisage et les directions à prendre pour chaque étape.

La piste s'étend sur différents types de terrain plus ou moins accidentés. Le cavalier est libre de choisir l'allure de son cheval. Généralement les courses se font au galop ou au trot. Le cavalier est également libre pour diverses raisons de descendre de sa monture, de la tenir en main et de la suivre à condition qu'il en garde le contrôle. Cependant les lignes de départ et d'arrivée doivent être franchies en selle.

La compétition comporte un certain nombre d'étapes selon le niveau de l'épreuve. Ces étapes sont séparées par un arrêt obligatoire au cours duquel le cheval et le cavalier reçoivent tous les soins nécessaires à leur bien être. A l'occasion de ces pauses, le cheval est systématiquement examiné par un vétérinaire pour savoir s'il est apte ou non à poursuivre la compétition. Pour chacune des étapes, un temps optimal est défini réglementairement mais peut être modifié par le comité organisateur, le jury de terrain et la commission vétérinaire en fonction de différents paramètres : dénivelé, état du sol, température extérieure, hygrométrie, etc. [25]

Ainsi le cavalier est jugé sur ses capacités à travers l'état général de son cheval, et la décision du jury à éliminer ou non un couple ne repose que sur la recommandation de la commission vétérinaire et sur le chronomètre.

➤ Assistance

Le cavalier et sa monture sont seuls sur la piste sauf aux points d'assistance où ils reçoivent le soutien moral et physique de leurs équipiers. Les chevaux sont abreuvés, rapidement rafraîchis et examinés. Le cavalier reçoit des informations sur ses concurrents et l'état de la piste. L'assistance joue aussi un rôle non négligeable lors des arrêts intermédiaires surtout sur les courses à vitesse non limitée où le cheval doit rentrer le plus rapidement possible dans l'aire de contrôle vétérinaire. Ainsi, la présence d'une assistance qui tient un rôle si important est propre à la discipline de l'endurance équestre. Le cheval, le cavalier et son assistance font un véritable travail d'équipe.

➤ Accès aux épreuves

La progression pour parvenir aux courses de niveau national se fait lentement [26]. Dans un premier temps, le couple commence par des épreuves départementales de 20 à 30 km avec vitesse limitée entre 11 et 13 km/h. Puis après un classement, le couple accède aux épreuves régionales de 40 à 60 km avec vitesse limitée entre 12 et 15 km/h. L'étape suivante est la course Nationale une étoile (CEN *) de 90 km avec vitesse libre. C'est à partir de cette épreuve que le cavalier doit savoir gérer au mieux la vitesse qu'il impose à sa monture car il n'est plus contraint réglementairement. Après deux classements en CEN*, l'accès aux CEN** est ouvert. Enfin, après une qualification par un seul classement en CEN**, l'accès aux

CEN*** (140-160 km ou 2x100 km) est ouvert. De plus, un âge minimum du cheval est fixé pour chacune des épreuves, ce qui empêche une progression trop rapide et exagérée du cheval.

Pour accéder aux concours de niveaux internationaux en France ou à l'étranger, il faut d'abord avoir été classé à deux reprises en Nationale*.

b. Les règlements

Chaque épreuve (départementale, régionale, Nationale *, **, ***) a son règlement. Le règlement fixe le nombre de kilomètres, la vitesse, le mode de classement, l'âge minimum du cavalier et du cheval, les fréquences cardiaques éliminatoires, et les modalités des contrôles intermédiaires. Les règlements des différentes épreuves sont présentés dans le Tableau 4.

Il existe également des épreuves dites « clubs » qui sont destinées aux centres équestres à titre ludique. Ces épreuves ont une réglementation particulière puisque toute personne accompagnée de son moniteur peut y participer, sans limite d'âge. La distance totale de l'épreuve est de 20 km séparée en deux boucles de 10 km, avec un contrôle vétérinaire intermédiaire. Ces courses se font à une vitesse imposée de 8 à 10 km/h. Les particularités de ces épreuves sont décrites dans le Tableau 3.

Quelque soit l'épreuve, le cavalier doit avant tout engagement prendre connaissance du règlement afin de s'assurer qu'il puisse avec son cheval participer à la compétition.

Tableau 3 : Règlement des épreuves clubs [26] [32]

	3 ^{ème} série	2 ^{ème} série
Distance	10 km (une seule étape)	20 km (10 km x 2)
Vitesse imposée	6 à 8 km/h	8 à 10 km/h
Mode de départ	Départ toutes les 5mn par groupe de 2 à 5 cavaliers maximum	
Age minimum du cavalier	Aucun	
Licence nécessaire obligatoire	Pratiquant + compétition club en cours de validité	
Galops requis	GALOP 2 minimum	GALOP 2 minimum
Qualification du cavalier	En fonction de l'épreuve choisie, elle est vérifiée par le Club adhérent	
Equidés autorisés	A et B (jusque 1,30m)	B – C – D – E (plus de 1,07m)
Age minimum des équidés club	4 ans dans l'année en cours	4 ans dans l'année en cours
Qualification du cheval	En fonction de l'épreuve choisie, elle est vérifiée par le Club adhérent	
Organisation du concours	En individuel : 1 équidé et 1 cavalier réalisant l'ensemble de l'épreuve Par équipe de deux cavaliers avec 1 équidé : le changement de cavalier se fait entre la 1ère et la 2ème boucle	
Contrôles vétérinaires	Par un Vétérinaire s'il est présent ou un enseignant BEES1 et plus	
Fréquence cardiaque initiale	64 maxi/à la minute	
Fréquence cardiaque intermédiaire et finale	56 maxi/à la minute	
Contrôle intermédiaire	Sans	30 minutes après l'arrivée
Temps de repos intermédiaire	Sans	1 heure
Contrôle final	30 minutes après l'arrivée	30 minutes après l'arrivée
Mode de classement final	Au nombre de points selon la formule : ((vitesse moyenne du cheval x 2) – vitesse de l'épreuve) /F.C. finale	
Qualificative pour épreuve supérieure	Pour épreuve Club 20 km	Pour épreuve Club 40 km

Tableau 4 : Règlements des épreuves d'endurance départementales, régionales et nationales [26] [32]

	Départementales 20 et 30 Km	Régionales 40 et 60 Km	Nationale*	Nationale**	Nationale***
Distance	20 km (18 à 22 km) et 30 km (28 à 32 km)	40 km (35 à 45 km) et 60 km (55 à 65 km)	90 km (85 à 95 km)	125 km (120 à 130 km)	140 à 160 km ou 2x 100 km sur deux jours
Vitesse	10 à 12 km/h	12 à 15 km/h	> 12 km/h	> 12 km	> 12 km
Calcul de la vitesse	Sur la distance totale de l'épreuve	Sur la distance totale de l'épreuve	A chaque étape la vitesse doit être > 12 km/h	A chaque étape la vitesse doit être > 12 km/h	A chaque étape la vitesse doit être > 12 km/h
Mode de départ	Individuel ou par petits groupes	Individuel ou par petits groupes	Un seul groupe	Un seul groupe	Un seul groupe
Age minimum du cavalier	12 ans + autorisation parentale	12 ans + autorisation parentale	14 ans + autorisation parentale	14 ans + autorisation parentale	14 ans + autorisation parentale
Poids du cavalier	/	/	/	75 kg avec harnachement	75 kg avec harnachement
Qualification du cavalier	/	Qualifié en D20 ou D30 pour R 40 Qualifié en R40 pour R60	Qualifié en R60	Qualifié deux fois en National *	Qualifié en Nationale **
Age minimum du cheval	4 ans dans l'année en cours	4 ans dans l'année en cours R40 5 ans dans l'année en cours R60	5 ans dans l'année en cours	6 ans dans l'année en cours	7 ans dans l'année en cours
Qualification du cheval	/	Qualifié en 20 ou 30 km	Qualifié en R60	Qualifié deux fois en National *	Qualifié en Nationale **
FC initiale	64 battements/min maxi	64 battements/min maxi	64 battements/min maxi	64 battements/min maxi	64 battements/min maxi
Fc intermédiaire et finale	60 battements/min maxi	60 battements/min maxi	56 battements/min maxi	64 battements/min maxi	64 battements/min maxi
Contrôle intermédiaire		Dans les 30 min qui suivent l'arrivée	Vet Gate Contrôle dans les 30 min 2 passages maximum	Vet Gate contrôle dans les 20 min 2 passages maximum Test RW sur proposition du vétérinaire	Vet Gate contrôle dans les 30 min 2 passages maximum Test RW sur proposition du vétérinaire
Temps de repos intermédiaire		1 heure	Premier vet 40 min Deuxième vet 50 min Test Ridgway obligatoire	Voir avant programme	Voir avant programme
Contrôle final	A 30 min	A 30 min	A 30 min	Dans les 20 min	Dans les 30 min
Mode de classement final	(vitesse x 2 – vitesse mini) x 100/ FC finale	(vitesse x 2 – vitesse mini) x 100/ FC finale	Chronomètre	Chronomètre	Chronomètre

3. L'examen Vétérinaire

a. Les vétérinaires d'endurance

En endurance, les vétérinaires jouent un rôle essentiel. Ils interviennent à plusieurs niveaux et leurs interventions conditionnent le bon déroulement de la course. Trois fonctions principales leurs sont dévolues : ils doivent réglementairement assurer divers contrôles vétérinaires tout le long des épreuves, assurer une assistance médicale aux chevaux nécessitant des soins, et ils doivent pouvoir endosser le rôle de conseiller médico-sportif auprès des cavaliers et des organisateurs. Ils doivent également être garants du bien être et de la protection animale. Sur les épreuves nationales, il existe différentes catégories de vétérinaires [63] [65].

➤ Commission vétérinaire

En compétition CEI** et CEI***, on distingue la commission vétérinaire qui regroupe des vétérinaires officiels du concours. Ils ont comme rôle de contrôler le bien être et la santé du cheval. Ce sont eux qui réalisent les contrôles obligatoires au départ, à l'arrivée, et lors des étapes intermédiaires. Ils doivent conseiller le comité organisateur de la course en matière vétérinaire. En effet, ils définissent les paramètres variables de la compétition en fonction des conditions climatiques et de terrain, comme par exemple la vitesse optimale et minimale, les temps de repos, l'organisation des aires de contrôle, etc [61]. Ils doivent également être capables de renseigner le cavalier sur les particularités de la physiologie du cheval athlète, de lui expliquer les motifs d'une élimination, de le conseiller sur la préparation de son cheval afin de réduire les risques d'accident et d'optimiser ses performances [61]. Ils ne peuvent pas lors d'un examen clinique défavorable éliminer de participants mais ils en informent le jury de terrain qui prend la décision finale. Le praticien doit alors faire preuve de précision, de rigueur, de sérénité et d'équité [61]. Normalement, le nombre de vétérinaires de la commission dépend directement du nombre d'inscrits sur l'épreuve. La réglementation impose la présence minimum de un vétérinaire pour dix à quinze chevaux engagés et de trois vétérinaires par aire de contrôle [8].

Sur les épreuves à vitesse imposée, un seul vétérinaire peut se faire assister de deux étudiants vétérinaires formés au sein de leur école dans le cadre d'une convention signée entre l'étudiant, son école, et le vétérinaire présent sur l'épreuve [8]. Les mêmes fonctions leur sont attribuées.

➤ Vétérinaire délégué

Comme pour les autres disciplines, la commission comprend un président qui est un vétérinaire de concours reconnu choisi par le comité organisateur ou directement par le bureau de la Fédération Equestre Nationale ou Internationale pour ses compétences et son expérience dans la discipline. Il a en charge les questions administratives comme le contrôle des passeports, l'examen initial, et les relations avec les organisateurs, la commission d'appel et le jury de terrain. Il doit avoir une vision d'ensemble de la course [8] [61].

➤ Vétérinaire traitant

D'autres vétérinaires sont présents sur les courses mais ils n'appartiennent pas à la commission. C'est le cas des vétérinaires traitants ou de service qui sont désignés par le comité organisateur et qui assurent le service d'urgence pendant la compétition. Ils doivent

être présents jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de chevaux dans les écuries, et en nombre suffisant pour assurer les soins sur chaque point d'arrêt obligatoire et sur la piste lors d'accident par exemple. Ceci nécessite des moyens logistiques importants et une masse de travail non négligeable sachant que la proportion d'élimination se situe entre 50 et 60 % [61]. Enfin, les confrères locaux doivent être prêts à recevoir d'éventuels animaux référés. Par ses qualités de clinicien et son expérience, le vétérinaire traitant doit être capable de poser un diagnostic et de mettre en place un traitement adapté [63] [8].

➤ Vétérinaires particuliers

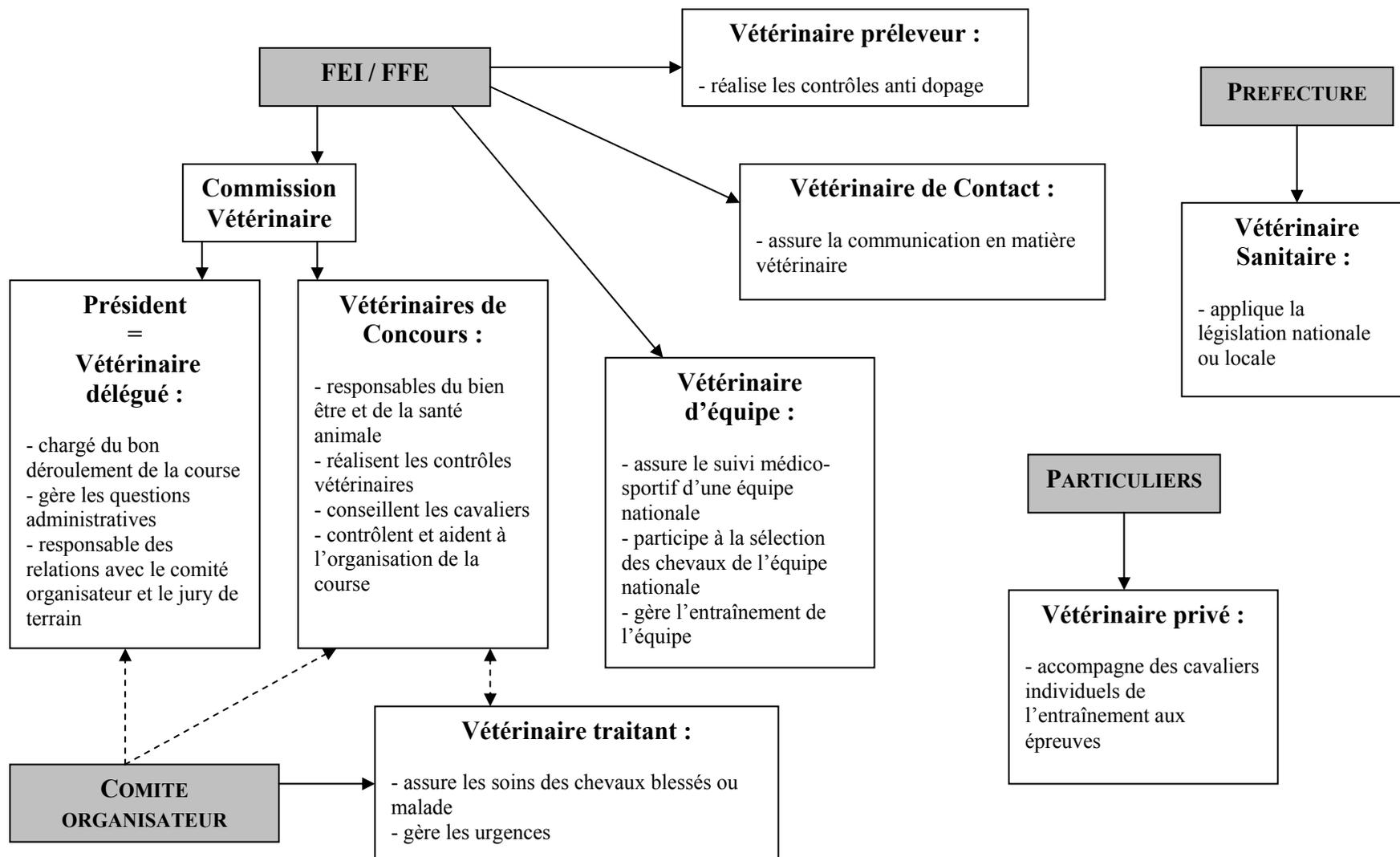
Sur les concours, on trouve également des vétérinaires d'équipe et des vétérinaires individuels qui n'ont à leur charge que les animaux qui leur ont été confiés par une fédération nationale ou par un cavalier en tant que conseiller technique. Ils assistent une équipe ou un cavalier dans la préparation du cheval à l'entraînement et dans le déroulement des épreuves. Ils doivent se faire connaître auprès de la commission des vétérinaires et peuvent assurer eux-mêmes, en cas de besoin, les soins à leurs chevaux.

➤ Vétérinaire préleveur

Un vétérinaire préleveur qui assure les contrôles anti dopage est également présent lorsque la FFE ou la FEI l'exige [61].

Les rôles de ces différents vétérinaires sont schématisés dans la Figure 1 suivante.

Figure 1 : Rôle des différents vétérinaires présent sur des épreuves d'endurance [61] [8] [63]



b. La réalisation des contrôles vétérinaires

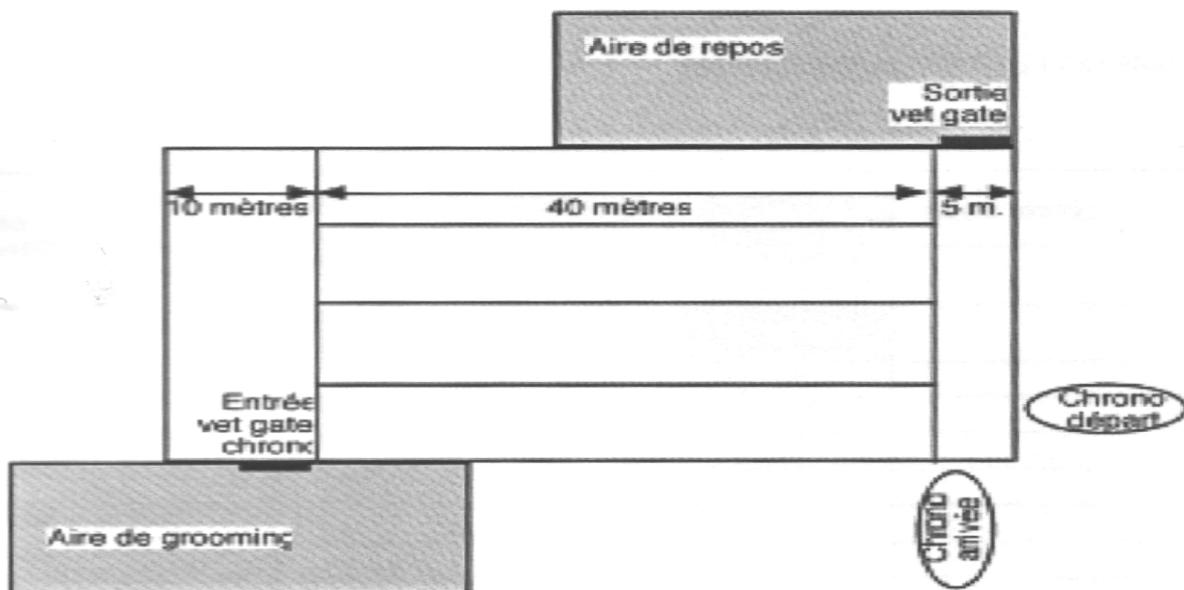
Les contrôles vétérinaires, comme nous l'avons vu précédemment, sont sous la responsabilité des vétérinaires de la commission. L'examen consiste à s'assurer que le cheval est apte à repartir sur l'étape suivante réelle ou virtuelle dans le cas du contrôle final. Chaque examen est important car non seulement il juge de l'état de santé du cheval et de son niveau de récupération, mais il influe également sur le classement final. C'est pourquoi les examens doivent être pratiqués de façon neutre, précise et équitable. A aucun moment le vétérinaire de la commission ne pose de diagnostic. Il réalise son examen dans le seul but de détecter un signe clinique éliminatoire ou un ensemble de signes cliniques qui démontrent de l'altération de l'état général du cheval et qui mettent en danger sa santé.

i. Aires de contrôles vétérinaires

Les examens sont réalisés sur des aires de contrôle, schématisés sur la Figure 2, délimitées au préalable par les organisateurs de la course. Cet espace est conçu de manière à être pratique et sécurisant. On y distingue une entrée et une sortie bien séparée, une aire d'attente large pour éviter les accidents, et des couloirs d'examen bien définis par des banderoles ou des rubans.

Seul le cavalier avec son dossard, son cheval et éventuellement un assistant peuvent y pénétrer.

Figure 2 : Schéma descriptif de l'aire de contrôle vétérinaire [8]



ii. Carte du cavalier

Toutes les données de l'examen sont répertoriées sur une carte vétérinaire, illustrée dans l'annexe 1, qui suit le couple cavalier/cheval et qui est complétée à chaque inspection [8] [61]. Pour chaque paramètre, une échelle a été établie de manière à rendre le plus objectivable possible les différentes valeurs. En cas d'élimination, la carte est barrée, et la cause ainsi que le numéro du contrôle sont précisés.

iii. Paramètres évalués

➤ Identification

La première étape de l'examen consiste, lors du contrôle initial, en la vérification des papiers d'identification et du carnet de vaccination. Pour concourir en France, les chevaux doivent être identifiés avec une puce électronique selon la réglementation mise en vigueur depuis le 1^{er} janvier 2006. Ils doivent être accompagnés de leur livret SIRE. La fiche signalétique doit être correctement remplie, signée et validée. En endurance, les chevaux d'origine non constatée et qualifiés avant 2004 sont admis en compétition officielle [63].

➤ Vaccination

Les chevaux doivent être protégés contre la grippe équine qui est une maladie très contagieuse. La vaccination est obligatoire en France pour participer aux compétitions officielles, aux concours d'élevage, aux courses et pour l'exploitation. Une réglementation FEI a été éditée au 1^{er} janvier 2005 concernant la vaccination contre la grippe équine. Cette vaccination consiste en une primo vaccination par deux injections séparées de 21 à 92 jours d'intervalle, puis un premier rappel 6 mois +/- 21 jours après la deuxième injection de primo vaccination. Les rappels ultérieurs se font tous les 6 mois +/- 21 jours en fonction du calendrier des compétitions. La protection vaccinale est faible et n'excède pas 12 mois. Un animal vacciné à plus de 12 mois d'intervalle n'est pas considéré comme étant protégé et présente donc un risque pour les autres chevaux. De plus, aucune injection vaccinale ne doit être effectuée dans les 7 jours précédents une épreuve. D'autres vaccinations existent comme celles contre la rage, le tétanos et la rhinopneumonie, elles ne sont pas obligatoires. Cependant, elles sont vivement recommandées [61] [63].

Par la suite, une fois l'identité du cheval vérifiée, les examens cliniques portent sur l'état général, les fonctions cardiovasculaire, respiratoire, digestive, nerveuse et locomotrice.

➤ Etat général

Pour l'examen de l'état général, le vétérinaire évalue l'état du poil et l'état corporel. Il note la coloration des muqueuses oculaires (MO) et gingivales car une modification de cette couleur peut être le reflet d'un trouble métabolique. Le vétérinaire inspecte également la présence de plaies qui peuvent nuire à la santé du cheval comme par exemple des plaies de bouche, de garrot, ou de sangle. Le pouls digité est recherché sur les membres. Le temps de recoloration capillaire (TRC) est évalué par une pression sur la muqueuse gingivale et doit être inférieur à deux secondes, deux secondes étant la limite supérieure acceptable. Le TRC témoigne de la perfusion des tissus périphériques. Le pli de peau est aussi mesuré au niveau de la pointe de l'épaule pour rechercher tout signe de déshydratation. Le tonus anal peut également être évalué lors de suspicion de dépression nerveuse ou de syndrome d'épuisement [20].

➤ Fonction cardiaque

L'auscultation de la fonction cardiaque est essentielle. Elle doit être faite en premier dans l'examen, et dans le calme. Elle prend en compte la fréquence cardiaque (FC) prise sur une minute, mais aussi le rythme et la présence de bruits surajoutés tels que des souffles ou des arythmies. Dans l'espèce équine, ces anomalies cardiaques sont fréquemment détectées au

repos. Elles sont généralement physiologiques et sans répercussion sur les capacités sportives de l'animal. On peut citer comme exemple les blocs auriculo ventriculaires de 2^{ème} degré [2] [3] [24] [73]. Mais parfois et surtout dans les conditions de terrains, il est difficile de faire la différence entre une anomalie physiologique qui disparaît à l'effort, et une anomalie non physiologique responsable d'intolérance à l'effort. Il convient donc d'être très attentif lors de la première auscultation cardiaque. Toute anomalie constatée doit être signalée, et celles pouvant mettre en danger la santé du cheval sont éliminatoires [20] [61]. La fréquence cardiaque d'un cheval au repos est comprise entre 25 et 45 battements par minute (bpm). Lors de l'examen vétérinaire, les chevaux ne doivent pas dépasser une fréquence cardiaque réglementée selon les épreuves, et détaillée dans le Tableau 5 [8]. Une élévation de la fréquence cardiaque sans retour à la normale est le meilleur reflet d'un état de fatigue ou d'une souffrance [31]. C'est un signe d'alerte de besoins anormalement élevés, de troubles circulatoires, de non récupération et donc d'inaptitude à reprendre l'effort [2].

Tableau 5 : Valeurs limites de la fréquence cardiaque selon les épreuves [8]

Contrôle	Initial	Intermédiaire	Final
Clubs	64 bpm	56 bpm (dans les 30 min)	56 bpm (à 30 min)
Départementales	64 bpm		60 bpm
Régionales	64 bpm	60 bpm	60 bpm
Nationales *	64 bpm	56 (dans les 30 min)	56 (à 30 min)
Nationales **	64 bpm	64 (dans les 20 min)	64 (dans les 20 min)
Nationales ***	64 bpm	64 (dans les 30 min)	64 (dans les 30 min)

➤ Test de Réexamen

Le test de Ridgway porte le nom de son créateur le Docteur Kerry Ridgway et s'inspire de l'index de récupération cardiaque de Ridgway (cardiac recovery index – CRI). Il permet de faire la différence entre un cheval qui est suspect avec une fréquence cardiaque proche de la limite supérieure lors de son examen de récupération au bout de 30 minutes, et un cheval qui n'a pas du tout récupéré. Ce test est réalisé 5 à 10 minutes avant le départ pour l'étape suivante sur cheval harnaché ou non. Il consiste à prendre la fréquence cardiaque FC1 au temps T0, puis à faire trotter le cheval sur un aller retour de 40 m dans le couloir d'examen au temps T1, et de reprendre la fréquence cardiaque FC2 au temps T1 + 1 minute. On considère que FC1 doit être identique ou inférieur à la fréquence cardiaque FC0 prise à l'arrivée de l'étape. Dans le cas contraire, et si FC2 est supérieure à FC1 + 4, alors il faut suspecter un début de fatigue ou une douleur cachée, le cheval est donc à surveiller voire à éliminer [8] [56] [60].

Ce test n'a pas de valeur réglementaire mais il permet simplement de prendre une décision d'élimination sur un cheval douteux ou tout au moins d'avertir et de conseiller le cavalier avant de repartir pour l'étape suivante. Le vétérinaire, en prenant en compte l'ensemble du tableau clinique, est le seul à décider si oui ou non le cheval est apte à repartir.

Une étude sur ce test de récupération a été menée en 1999 sur les épreuves nationales d'endurance équestre françaises [60]. Elle a montré que la réalisation d'un nouvel examen avant le départ d'une étape permet de mieux juger de la récupération du cheval et permet également d'exclure l'apparition de nouveaux troubles après la période de repos, comme c'est le cas pour certaines boiteries qui deviennent objectivables « à froid ». Cette étude a également montré que le test de récupération permet de dépister précocement des chevaux qui n'auraient probablement pas fini leur course ou qui seraient arrivés en mauvaise état de santé. Il permet de gérer des problèmes mineurs bien avant qu'ils ne s'aggravent et ne diminuent

l'efficacité d'un traitement adapté. Ceci a une importance pour l'image de marque de la discipline, le public étant très attentif au bien être animal, il est préférable que la majorité des chevaux qui franchissent la ligne d'arrivée finale ne soient pas épuisés ou malade.

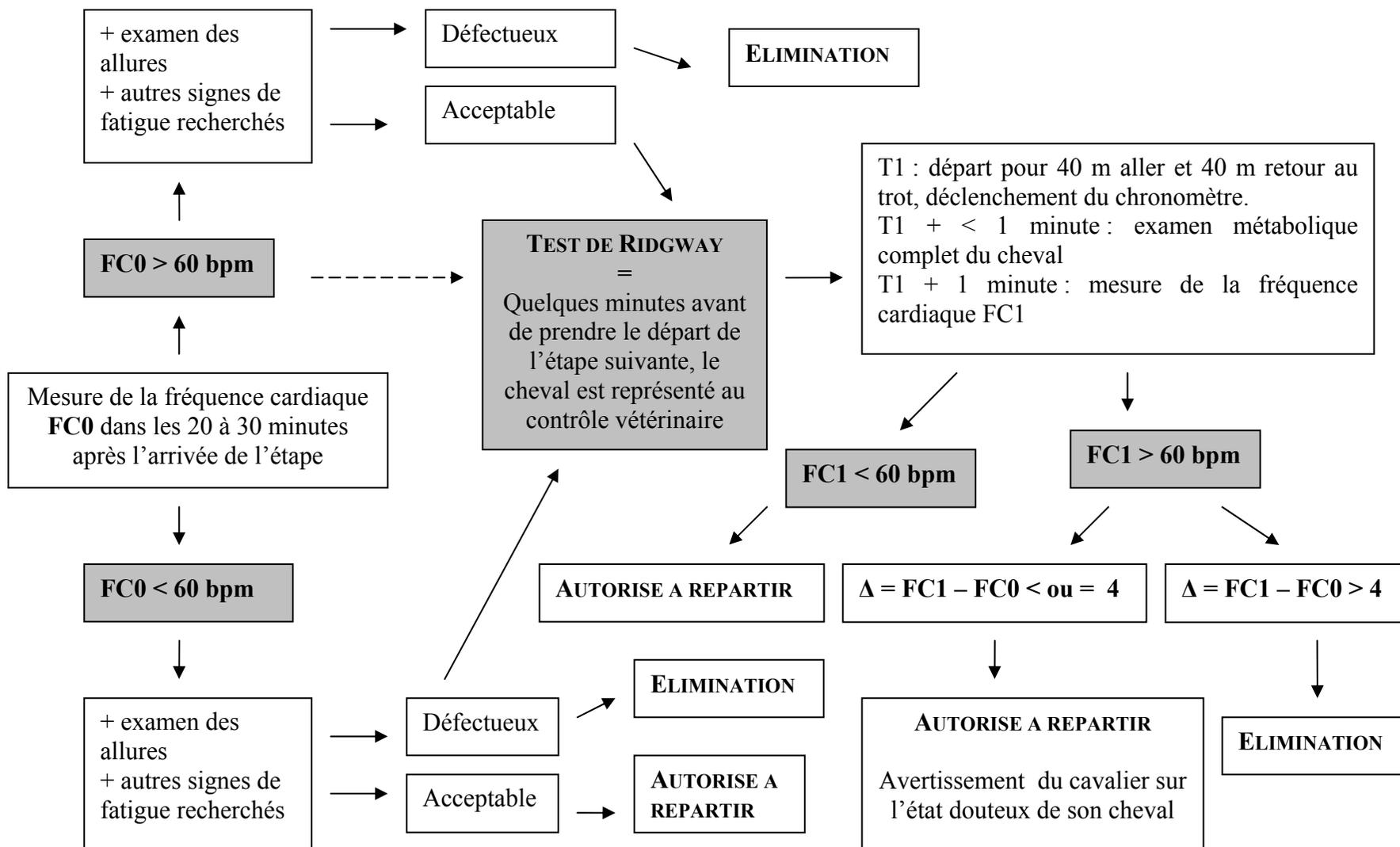
Ce test ne constitue pas une sanction, mais un élément supplémentaire pour aider le vétérinaire à prendre la meilleure décision. Il est généralement bien accepté par les cavaliers qui le mettent à profit dans l'intérêt du cheval. Cependant, ce test présente l'inconvénient de prendre du temps aussi bien pour le cavalier que pour le vétérinaire. D'après l'étude citée précédemment, le cheval peut présenter des troubles métaboliques à partir de 60 bpm. Il est donc important de prendre le temps de réaliser un examen complet du cheval lors du test de récupération, par exemple dans les 30 secondes restantes après avoir fait trotter le cheval. Ceci aura pour intérêt de détecter une éventuelle décompensation métabolique après la période de repos.

Ainsi, en pratique, la décision de réaliser le test de Ridgway doit prendre en compte la mesure de FC0, l'examen des allures et d'autres signes de fatigues recherchés.

Apparu à la fin des années 1990, l'usage du test de Ridgway s'est progressivement généralisé à toutes les courses nationales courues en France puis à l'étranger. En effet, le test de réexamen est obligatoire pour les CEN* au 2^{ème} contrôle intermédiaire, et pour les CEN** et CEN*** au dernier contrôle intermédiaire. Son utilité est reconnue au niveau international, et la 5ème édition du règlement FEI qui a pris effet au 1^{er} janvier 2005 indique que la commission vétérinaire peut avec l'accord du jury imposer un réexamen aux contrôles vétérinaires de son choix, et qu'il est obligatoire lors du dernier contrôle intermédiaire sur les CEI** et CEI*** [25].

Un exemple d'utilisation du test de Réexamen est présenté dans la Figure 3 de la page suivante.

Figure 3 : Exemple d'utilisation du test de réexamen [60]



➤ Fonction respiratoire

La fréquence respiratoire (FR) d'un cheval doit être inférieure à 20 mouvements par minute, pour être considérée comme normale. Elle est de 12 mouvements par minute en moyenne. Si elle est plus élevée, elle doit être prise avec précision et inciter le vétérinaire à prendre la température rectale pour vérifier l'absence d'hyperthermie. Une température supérieure à 39,5°C est éliminatoire. Les mouvements respiratoires anormaux tels que l'emphysème doivent être relevés et étroitement surveillés. Ils peuvent contribuer à une décision d'élimination [8].

➤ Fonction digestive

La fonction digestive est évaluée pas une auscultation abdominale. Un ralentissement du transit peut être dû à l'effort, mais généralement il traduit un état de déshydratation et de fatigue. Cette manifestation est précoce et doit alerter le vétérinaire qui a tout intérêt à ausculter alternativement le flanc gauche puis le flanc droit et recommencer son examen lorsqu'il lui paraît douteux [8]. Une modification du transit digestif est à mettre en relation avec les autres paramètres cliniques afin d'avoir un aperçu de l'état général du cheval [8].

➤ Fonction nerveuse

Les déficits nerveux sont souvent rattachés à des troubles du métabolisme directement liés à une grande fatigue. Le vétérinaire portera son attention sur l'état d'alerte du cheval, sa réactivité, ses réflexes, s'il présente de l'amaurose, des myoclonies, un flutter diaphragmatique, ou s'il cherche à se coucher [8].

➤ Appareil locomoteur

Enfin, à chaque contrôle, la qualité des allures est évaluée. Les chevaux doivent être examinés sur un terrain plat, souple, régulier, atraumatique et non glissant. Toute irrégularité d'allure continue visible au pas ou au trot est éliminatoire. Le vétérinaire peut commencer par un examen statique où il évalue l'état de la ferrure, la présence de tares ou de plaies. Ensuite, un examen dynamique est réalisé, le cheval tenu en main par son cavalier fait un aller et un retour de 40 m au trot en ligne droite. En aucun cas le vétérinaire ne doit réaliser d'examens dits « traumatisants » comme les tests de flexion, ou la manipulation du dos. En effet, rappelons que l'examen, lors des arrêts obligatoires, n'a aucune valeur diagnostique et que le vétérinaire inspecteur se contente d'observer et de juger. Tout examen complémentaire doit se faire par le vétérinaire traitant en dehors de l'aire de contrôle. Il y a encore quelques années, les examens plus complets tels que les tests de flexion, l'observation du cheval en montée ou en descente, sur un huit de chiffre, étaient encore autorisés.

Une irrégularité d'allure, à la différence d'une boiterie discrète, n'est pas éliminatoire mais elle doit être mentionnée sur la carte du cavalier [8] [20] [35].

iv. Critères d'élimination

Après avoir réalisé ces examens cliniques complets, certains paramètres sont retenus comme étant des critères d'éliminations. Ils sont classés en deux catégories A et B. Les critères de type A sont directement mesurables, ils concernent la fréquence cardiaque, la fréquence respiratoire, le temps de réplétion capillaire, la persistance du pli de peau, et la température rectale. Un seul vétérinaire peut prononcer l'élimination d'un cheval sur la base

d'un critère A. Les critères de type B sont qualitatifs, ils s'intéressent à l'aspect général et au comportement du cheval. Ils concernent les bruits cardiaques anormaux, les troubles du rythme, la couleur des muqueuses oculaires, le transit digestif, les boiteries, les blessures susceptibles d'aggravation. Pour ces critères, il faut la proposition concordante de deux vétérinaires pour pouvoir éliminer le cheval. Une boiterie est éliminatoire si elle est observable sur un aller retour en ligne droite au trot de façon permanente et objectivée par deux vétérinaires [63] [20] [8]. En épreuve FEI, la décision d'élimination pour boiterie est prise lors d'un vote de trois vétérinaires à bulletins secrets [8].

Rappelons que le vétérinaire n'a pas le pouvoir d'éliminer un cheval, ce pouvoir est réservé au président du jury qui agit sur avis de la commission vétérinaire [61].

Ainsi le rôle essentiel du vétérinaire lors des épreuves d'endurance équestre est de déceler les signes précurseurs de désordre métabolique annonciateurs d'affections.

c. Les différents contrôles réalisés

i. Contrôle initial

Le contrôle initial a pour but de décider si le cheval est apte à prendre le départ de la course. Pour les petites épreuves départementales et régionales, ce contrôle se fait juste avant le départ, sur l'aire de contrôle. Sur les plus grosses épreuves et les championnats, le contrôle initial est réalisé la veille du départ, dans les box, au calme. Les chevaux reçoivent un examen clinique complet par un des vétérinaires de la commission, puis une inspection minutieuse des allures de tous les chevaux est réalisée par l'ensemble des vétérinaires de la commission. Toute anomalie doit être reportée sur la carte du cavalier. Des chevaux en mauvais état, boiteux, ou blessés peuvent se voir refuser le départ. C'est à l'occasion de ce contrôle initial que l'examen d'identification ainsi que la vérification du statut vaccinal du cheval sont réalisés [8] [61] [63].

ii. Contrôles intermédiaires

Les contrôles intermédiaires servent à suivre l'état médico-sportif du cheval. Ils permettent de détecter tout trouble physiologique afin d'éviter de laisser repartir un cheval qui ne pourrait pas suivre le reste de la course sans risque pour sa santé. Ces examens ont lieu au cours de haltes entre deux étapes, tous les 30 à 40 km [61].

Dans les épreuves régionales et départementales, les chevaux sont présentés 30 minutes après leur arrivée, il s'ensuit une période de 30 minutes de repos avant de pouvoir repartir.

Dans les épreuves de niveau supérieur, le contrôle est effectué au cours du « Vet Gate ». Dans ce système, le cavalier peut présenter son cheval à l'inspection quand il le désire dans la limite des 30 minutes (20 minutes pour les CEN**) après le franchissement de la ligne d'arrivée à l'étape. Lorsque le cavalier se déclare prêt, le chronomètre est neutralisé et si le cheval satisfait à l'examen clinique, la neutralisation sera effective. Si le cheval a une fréquence cardiaque supérieure à la limite réglementaire, un deuxième passage est autorisé mais il sera pénalisé par le temps. Le cavalier doit donc savoir au mieux quand son cheval a récupéré, faute de quoi, s'il se présente trop tôt aux vétérinaires, il risque d'être pénalisé par le temps voire éliminé si la mesure de la fréquence cardiaque n'est pas réglementaire. Ainsi, si le cavalier gère mal son cheval sur la piste, il mettra plus de temps à rentrer dans l'aire de contrôle, et il pourra être plus fortement pénalisé qu'un cavalier qui va moins vite sur la piste, qui gère mieux son cheval, mais qui mettra moins de temps à rentrer dans l'aire de contrôle

[61]. Après leur passage au Vet Gate, les chevaux ont entre 30 à 40 minutes de temps de récupération.

Les examens cliniques se font sur les paramètres vus précédemment en insistant sur la fréquence cardiaque et respiratoire, la couleur des muqueuses oculaires, l'état de déshydratation par l'évaluation du pli de peau, le temps de recoloration capillaire, le transit intestinal, et les allures. Si le cheval ne présente aucune anomalie, il peut aller se reposer pour repartir sur l'étape suivante. S'il présente une anomalie sur un critère éliminatoire, il est proposé au président du jury pour être écarté de la course. S'il présente un examen douteux, un examen plus approfondi est réalisé, et plusieurs possibilités se présentent : le jury prend la décision d'élimination, ou alors le choix est laissé au cavalier sous les conseils avertis du vétérinaire d'abandonner la course, ou encore le test de Ridgway peut être réalisé juste avant le départ pour l'étape suivante afin de s'assurer que le cheval sera apte à repartir. Ce test est privilégié par temps chaud et humide. Il est obligatoire sur les épreuves CEN et CEI, à partir du 3^{ème} contrôle vétérinaire lorsque le risque est maximal pour les chevaux qui commencent à ressentir la fatigue accumulée [8] [56].

iii. Contrôle final

Le contrôle final vise à déterminer l'état de fatigue dans lequel le cheval arrive. En règle générale, les cavaliers attendent la fin du temps réglementaire pour se présenter au contrôle. A la fin de sa course, un cheval sans trouble physiologique, sera certes fatigué, mais il récupérera assez vite et retrouvera des paramètres vitaux normaux rapidement. En revanche, un cheval épuisé aura des paramètres vitaux plus inquiétants. Le vétérinaire réalise un examen clinique rapide, en se basant sur les mêmes critères que précédemment, mais il reste vigilant et objectif afin de ne pas compromettre l'avenir sportif du cheval. Son objectivité est d'autant plus importante qu'elle influencera le classement général de la course [8].

La mesure exacte de la fréquence cardiaque est importante pour les petites épreuves puisqu'elle entre en compte dans le classement final, le vétérinaire la prend sur une minute complète pour éviter tout litige [64]. Dans le cas des épreuves CEN ou CEI, un prix de la « Meilleure condition » est attribué à l'un des chevaux classés. Ce prix convoité n'est pas seulement basé sur la mesure de la fréquence cardiaque mais sur l'ensemble de tous les critères vus précédemment. D'où l'intérêt pour le cavalier, en plus de la question d'éthique, d'avoir un cheval en bonne condition générale à la fin de sa course [20].

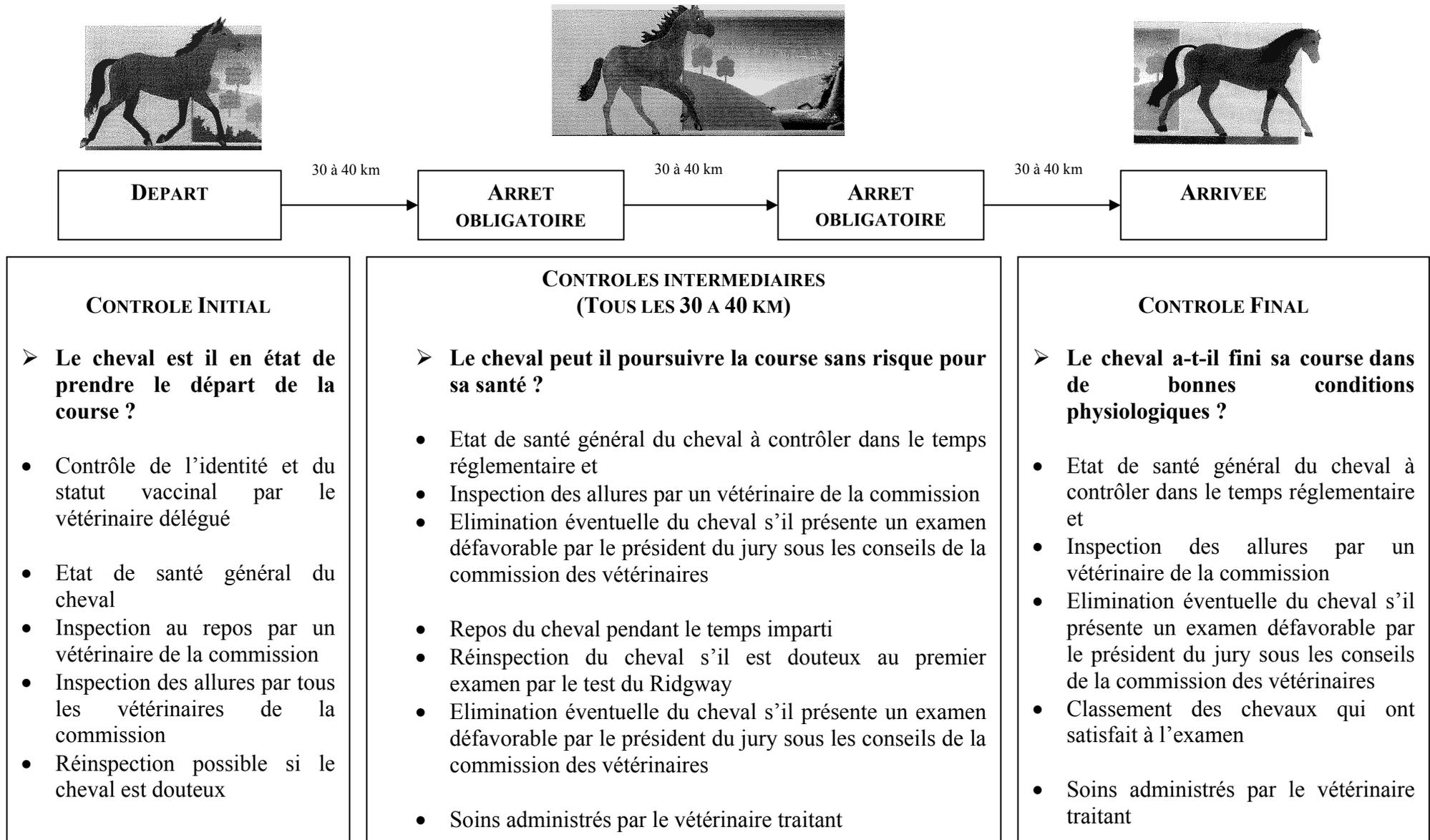
iv. Contrôle du lendemain

Les chevaux restent sous le contrôle des vétérinaires pendant 12 à 24 heures pour les grosses épreuves et pendant 30 minutes dans les petites épreuves.

Dans tous les cas, sur les épreuves CEN et CEI, un examen est réalisé le lendemain de l'épreuve sur tous les chevaux de la course. Il permet de vérifier l'évolution de l'état général d'un cheval qui a nécessité des soins. Mais aussi de s'assurer qu'aucun trouble n'est apparu pendant la nuit sur les autres chevaux. Cet examen n'est pas obligatoire, mais il permet de conseiller le cavalier ou le propriétaire dans la gestion du cheval après la course, ou dans la gestion de la poursuite des soins médicaux éventuellement prodigués. Il permet également de s'assurer que le cheval pourra supporter un transport parfois long de plusieurs centaines de kilomètres pour le retour à son écurie [8] [64].

Ainsi les chevaux sont inspectés régulièrement par plusieurs contrôles tout au long de la course. Mais chaque contrôle a des particularités. Les différents contrôles vétérinaires sont schématisés dans la Figure 4.

Figure 4 : Les contrôles vétérinaires réalisés pendant la course d'endurance [61] [8]



4. Le cheval d'endurance

Comme l'a défini le Docteur Pierre Cazes [16], ancien entraîneur de l'équipe de France d'endurance équestre, le cheval d'endurance « C'est un cheval qui a du sang, capable d'une grande indifférence au stress. Son déplacement est en équilibre horizontal, efficace, très économique, avec un minimum de flexions articulaires. Il est plutôt petit, sec et énergique. Le pur sang arabe, ou ses croisements, présente en général un compromis excellent. »

a. L'entraînement du cheval d'endurance

L'endurance est une discipline éprouvante pour les chevaux. En effet la vitesse moyenne des meilleurs couples cheval/cavalier varie de 16 à 21 km/h en France, jusqu'à 28 km/h dans le désert, ce qui représente 7 à 8 heures d'effort. Les risques pathologiques sont liés à trois facteurs dominants : la vitesse effectuée sur la course, les conditions climatiques (température, hygrométrie), et le type de parcours (dénivelé, terrain). Un cheval mal entraîné, même s'il en a les capacités, ne pourra pas assurer un tel effort sans mettre sa santé en danger [16].

i. Généralités

La mise en condition d'un cheval d'endurance ne débute pas avant l'âge de quatre ans. Son programme d'entraînement comprend du travail en extérieur, des petites randonnées, et du dressage de base. A partir de 5 ans, il peut être engagé sur des petites épreuves d'apprentissage départementales ou régionales. Cette mise en condition une fois acquise n'a plus qu'à être entretenue pour durer plusieurs années. En effet, le cheval a la capacité de retrouver, même après une longue période de repos, son niveau antérieur lorsqu'il en a toujours les facultés physiques et mentales. Dans ce cas, l'entraînement doit être repris progressivement. La majorité des adaptations physiques durent plus d'un mois. Ce n'est qu'à partir de 8 à 9 ans qu'un cheval d'endurance adulte pourra participer à de vraies courses de fond éprouvantes. Ainsi, un cheval d'endurance ne cesse de progresser tout au long de sa carrière qui se termine, en général, vers l'âge de 14 à 16 ans [45].

Le cheval d'endurance doit subir un entraînement rigoureux et progressif qui se fait en plusieurs étapes.

ii. Première étape

La première étape de l'entraînement du cheval d'endurance vise à l'adapter sur le plan mental et physique afin qu'il puisse effectuer un effort long, régulier, parfois ennuyeux, et soutenu.

➤ Adaptation mentale

A l'état sauvage, le cheval a toujours été une proie potentielle. Il a développé une grande capacité à fuir dans le but de sa survie. L'héritage de ces adaptations l'a rendu particulièrement émotif, voire dangereux dans certaines réactions incontrôlées. Cette émotivité difficilement gérable n'est pas souhaitée en endurance. Le cheval d'endurance doit avoir un mental fort pour pouvoir parcourir des kilomètres de manière volontaire et confiante. L'adaptation mentale à l'entraînement a pour objectif de limiter le stress qui est un grand consommateur d'énergie, et qui tend à diminuer les capacités physiques de l'animal sur de longues distances. Elle sert également à « habituer le cheval à l'inhabituel » pour le sortir de

sa « routine » quotidienne afin qu'il ne soit pas perturbé lors de transport, de changement de lieu ou d'alimentation.

Il doit de plus se sevrer de tout instinct grégaire pour pouvoir se départager après un départ groupé, et parcourir parfois seul de nombreux kilomètres. D'où l'importance d'une grande complicité avec son cavalier [42] [45].

➤ Adaptation physique

La première étape de l'entraînement comprend aussi l'adaptation physique. Elle concerne tout d'abord la préparation des muscles et consiste à transformer les fibres musculaires IIB anaérobies et productrices d'acide lactique en fibres musculaires IIA aérobies à contraction intense mais brève mieux adaptées à l'endurance. Cette préparation musculaire vise aussi à améliorer l'efficacité des fibres musculaires de type I strictement aérobies à contractions lentes et plus efficaces [19] [45].

Elle concerne également l'adaptation articulaire qui se fait sur des terrains variés pour que le cheval développe une meilleure appréhension du sol [45].

L'adaptation cardio-vasculaire et respiratoire est directement liée à l'entraînement et doit conduire à une meilleure oxygénation des organes qui sont très sollicités. De plus, en améliorant les capacités cardiaques, la quantité d'oxygène distribuée aux muscles est augmentée, ce qui permet de différer la fatigue musculaire [45].

Enfin, la résistance à la chaleur est fondamentale car le cheval d'endurance est un grand producteur de chaleur en raison d'une activité musculaire intense. Cette chaleur est essentiellement évacuée par la transpiration d'où la nécessité d'aider le cheval à développer des glandes sudoripares qui s'atrophient lorsqu'elles ne sont pas suffisamment sollicitées. Il faut également, lors de raids dans des pays chaud, veiller à son acclimatation.

Environ 14 jours sont nécessaires pour une acclimatation complète à un climat plus chaud et plus humide [13] [45].

Le cheval doit être amené progressivement à réaliser des efforts prolongés sans stress et dans la décontraction. Emmener son cheval sur de petites randonnées est l'exercice recommandé pour développer ce potentiel [45].

iii. Deuxième étape

La deuxième étape de l'entraînement du cheval d'endurance est l'entraînement proprement dit. Il faut progressivement habituer le cheval à soutenir un effort modéré pendant une longue période et ainsi solliciter son métabolisme aérobie.

« La règle de base en endurance est que le travail doit être long et lent. Il dure entre 1h30 et 3 heures et se fait dans les trois allures » Dr Pierre Cazes.

Ce travail a pour but le relâchement musculaire, l'ouverture du bassin et de l'angle occipito-atloïdien pour obtenir des allures dites « rasantes » économiques sur le plan énergétique et qui sollicitent peu les articulations. Le galop n'est plus une allure de fuite, la gestion de l'énergie disponible devient envisageable [45].

Un travail d'enduro-résistance est ensuite nécessaire pour lui permettre, lors d'un effort plus intense, de retarder le déclenchement du métabolisme anaérobie grand consommateur d'énergie peu stockable et gros producteur de chaleur induite. Cette enduro-résistance est nécessaire pour aborder des épreuves difficiles par la distance, le relief ou la vitesse [45].

iv. Travail sur le plat

Mais cet entraînement ne serait pas complet sans un véritable travail sur le plat. En effet, le dressage a pour but de développer la musculature et la souplesse du cheval afin d'améliorer sa faculté d'adaptation aux terrains variés. Le dressage provoque aussi un relâchement musculo-squelettique et mental qui permet d'optimiser le déplacement toujours dans le but d'économiser l'énergie. De plus, le travail sur le plat a pour intérêt d'harmoniser le couple cavalier-cheval, ce qui conduit à réduire la fatigue du cheval sur de longues distances [42].

v. Surentraînement

Dans la mise en condition du cheval à l'effort, il faut surtout éviter un entraînement mal conduit ou un surentraînement qui risque de le faire déprimer et régresser avec des répercussions très néfastes pour sa santé et des séquelles possibles (10% des cas). Le surentraînement est beaucoup plus nuisible que le sous-entraînement car il est plus difficile à détecter et long à supprimer. Il faut aussi prévoir des temps de récupération suffisamment longs entre chaque gros travail, voire un arrêt de plusieurs mois en fin de saison de concours. Enfin, le travail demandé doit être adapté à l'âge et au niveau de performance du cheval [45].

vi. Evaluation des performances

Le cheval d'endurance peut, pendant son entraînement, être régulièrement testé pour évaluer ses capacités physiques.

➤ Mesure de la fréquence cardiaque

On peut par exemple suivre la fréquence cardiaque pendant et après l'effort à l'entraînement.

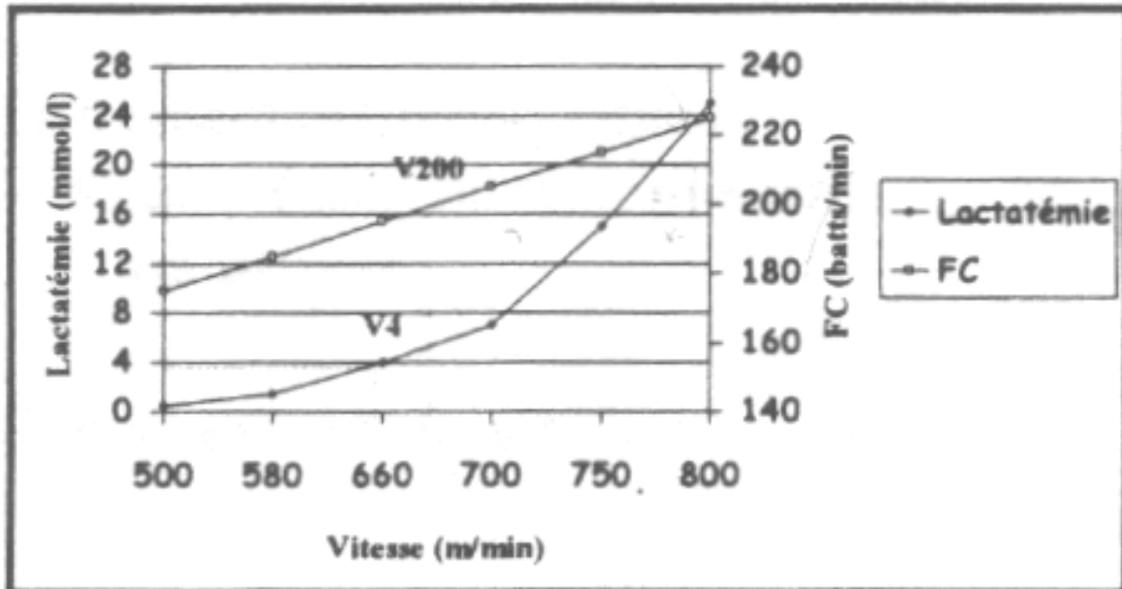
Une étude publiée en 1994 [14] a montré, par la réalisation d'un test simple effectué en laboratoire, que l'entraînement du cheval d'endurance n'avait aucune répercussion sur les paramètres sanguins à l'exception de l'hématocrite et du taux de cortisol qui diminuent significativement. La diminution de la valeur de l'hématocrite est en relation avec une adaptation de la thermorégulation, comme nous le verrons ultérieurement. La diminution du taux de cortisol est sûrement due au fait que l'animal gère mieux son stress. Cependant l'entraînement bien mené semble influencer la fréquence cardiaque en la faisant diminuer significativement pour un même effort fourni.

Ainsi, la mesure de la fréquence cardiaque est un index fiable pour détecter les améliorations de la condition physique du cheval générées par l'entraînement [14] [20].

➤ Test à l'effort

On peut également faire une corrélation entre la fréquence cardiaque, la vitesse et la valeur du lactate sanguin comme illustrée sur la Figure 5.

Figure 5 : Relation entre fréquence cardiaque, vitesse et lactatémie [19]



Les courbes obtenues permettent de déduire la V4 qui est la vitesse induisant une lactatémie de 4 mmol/L et la V200 qui est la vitesse induisant une fréquence cardiaque de 200 battements par minute. La V4 témoigne de sa capacité aérobie, et la V200 de son aptitude cardiaque donc de ses capacités métaboliques. Plus ces paramètres sont élevés, plus le cheval est performant. Ces paramètres évoluent avec l'âge du cheval et son entraînement [19] [20]. Divers protocoles de tests d'effort ont déjà été proposés pour des chevaux d'endurance sur la piste, ils permettent d'évaluer les fonctions cardiorespiratoires et métaboliques au cours de l'exercice afin de gérer au mieux le programme d'entraînement. Ces protocoles présentent l'inconvénient d'être assez lourds en plus de la difficulté de les standardiser. Ils sont peu réalisés en pratique sur les chevaux d'endurance [19].

➤ Dosages des enzymes musculaires

D'autres tests peuvent être réalisés comme le dosage de l'activité plasmatique des enzymes musculaires, les créatines phosphokinases (CPK) ou les aspartates amino transférases (AST) par exemple. Une élévation des activités enzymatiques au repos et après l'exercice est souvent observée lors de surentraînement. La difficulté de ces dosages réside dans leur standardisation car il existe de grandes variations selon les méthodes de dosage [20].

b. L'alimentation du cheval d'endurance

i. Généralités

Chez le cheval d'endurance, véritable athlète de fond, les besoins énergétiques sont importants, et les voies aérobies sont à privilégier. Il faut donc lui apporter une source d'énergie exploitable en aérobiose.

Les sources alimentaires disponibles sont les glucides, les fibres végétales, les graisses et les protéines. Les besoins énergétiques d'un cheval sont exprimés en Unités Fourragères Cheval (UFC). Ils sont essentiellement couverts par les sucres issus de l'amidon des céréales et de la cellulose, ainsi que par les lipides [43].

La ration d'un cheval doit être adaptée à ses besoins d'entretien, sa situation physiologique, son environnement, et à sa quantité de travail produite. L'estomac étant de petite taille, le coefficient d'encombrement est le facteur limitant pour équilibrer la ration. Le volume de la ration doit donc être limité tout en couvrant la totalité des besoins énergétiques de l'animal. Il s'agit alors de jouer sur la qualité et la digestibilité des aliments [43]. La ration peut également être distribuée en plusieurs repas.

De plus, la poursuite d'un exercice de longue durée peut être, comme on le verra, limitée par la disponibilité des réserves en glucides. Il est donc important de bien gérer les apports alimentaires avant, pendant, et après la course afin de retarder au maximum cette déplétion.

ii. Particularités du cheval

L'appareil digestif du cheval a la particularité de cumuler les avantages d'une digestion enzymatique au niveau de l'estomac et de l'intestin grêle, et d'une digestion bactérienne au niveau du gros intestin. La digestion enzymatique concerne les protéines, l'amidon et les autres glucides, ainsi que les lipides. Les aliments sont rapidement transformés en 2 à 3 heures. La digestion bactérienne concerne les fibres et notamment la cellulose contenue dans les fourrages. Cette digestion est lente, elle dure une journée et demie à deux jours [43]. Les bactéries fournissent des sucres, des acides aminés indispensables, des lipides, et des vitamines du groupe B [43].

iii. Composition de la ration

➤ Fourrage

L'aliment à privilégier est le fourrage qui offre de nombreux avantages pour le cheval d'endurance. En effet, c'est une excellente source d'énergie avant l'effort mais aussi tout au long de l'épreuve. Les fibres de cellulose lentement digérées dans le gros colon et le caecum sont dégradées directement en sucres ou en acide gras volatiles qui sont les principales sources d'énergie. Ces nutriments peuvent directement être consommés ou bien stockés sous forme de glycogène ou de graisses et alimenter en permanence le muscle en énergie.

Les fibres interviennent également sur la régulation hydrique pendant la course en emprisonnant et donc en stockant l'eau et les électrolytes.

De plus, les fibres jouent sur le mental de l'animal en l'occupant lorsqu'il est au repos et en lui donnant l'impression d'être rassasié.

En pratique, le fourrage doit constituer 75% de la ration d'un cheval d'endurance et le taux de cellulose doit être de 16% à 18% [43].

L'inconvénient des fourrages est qu'ils ne constituent pas une source d'énergie rapidement disponible car la digestion bactérienne est un processus long.

➤ Céréales

En revanche, les céréales constituent une source d'énergie rapidement disponible. En effet, la digestion enzymatique des sucres à l'avantage de fournir de l'énergie en quantité dans les trois heures qui suivent un repas [43]. Cependant, la digestion des sucres contenus dans les céréales provoque, au bout d'environ deux heures après l'ingestion du repas, un pic d'insuline dans le sang et donc le stockage du glucose. Celui-ci n'est alors plus rapidement disponible comme source d'énergie, ce qui peut entraîner un état d'hypoglycémie préjudiciable pour la poursuite de la course. Certains auteurs conseillent donc de distribuer le repas de concentrés cinq heures avant le départ de la course qui se fera alors une fois que l'insuline aura retrouvé un niveau basal et qu'elle n'interférera plus avec le métabolisme énergétique. Contrairement aux céréales, l'apport de foin n'entraîne pas de pic d'insuline. Il peut alors être distribué avant le départ.

Les céréales sont à privilégier sur les courses pré-nationales ou nationales qui se courent sur des distances de 90 km et plus, pour éviter la panne d'énergie qui survient à partir de 90 km. Des études ont montré qu'il n'y avait pas d'hyper insulinémie si les apports étaient faits pendant la course et de manière fractionnée. En effet, lorsque les chevaux sont nourris pendant les arrêts vétérinaires, ils repartent moins de 45 minutes après l'ingestion de leur repas, et la concentration d'insuline n'augmente que 30 à 45 minutes après le repas. L'énergie sera donc disponible pour poursuivre l'effort et pour reconstituer les réserves déjà consommées pendant la première partie de la course [52] [12].

Cependant, ce type d'aliment doit être apporté avec modération (< 50%) car le surplus de grain peut avoir des effets néfastes en provoquant des fermentations dans le gros intestin et l'apparition de diarrhée, de colique ou de fourbure. Les céréales en excès favorisent également la production d'acide lactique et donc l'apparition de troubles métaboliques.

Enfin, fournir un repas de concentrés et de foin cinq heures avant le départ a l'avantage de laisser suffisamment de temps pour les aliments de transiter et donc d'éviter une surcharge gastro-intestinale qui peut avoir des effets néfastes.

➤ Lipides

Les lipides constituent une source d'énergie très concentrée et bien métabolisée lors d'un travail d'endurance. L'utilisation des lipides par l'organisme a l'intérêt d'épargner le glycogène et donc de retarder l'apparition de la fatigue. L'apport de matières grasses dans la ration par des aliments tels que le maïs, les graines oléagineuses, et les huiles végétales, est très bénéfique pour le cheval d'endurance car cela permet d'augmenter la valeur énergétique de la ration tout en laissant un maximum de place pour les fourrages [43].

Les matières grasses doivent représenter 5 à 10% de la ration du cheval d'endurance pour être efficaces. Néanmoins une transition alimentaire progressive sur une à deux semaines est conseillée afin d'habituer l'appareil digestif du cheval et éviter tout désordre. De plus, le cheval a besoin d'une période d'adaptation métabolique à la supplémentation lipidique de 4, voire 6 à 11 semaines [52] [43].

Le tableau 6 décrit les avantages et les inconvénients d'une telle supplémentation.

Tableau 6 : Avantages et inconvénients de l'ajout de lipides dans la ration [52]

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none">• Augmente la densité énergétique de la ration sans augmenter le volume distribué• Limite les fermentations microbiennes dans le colon :<ul style="list-style-type: none">- diminue la production de chaleur par l'organisme- diminue le risque de fourbure ou myosite• Moins « excitant »	<ul style="list-style-type: none">• Peu appétant• Risque de diarrhée causée par des perturbations du métabolisme microbien si l'apport se fait en excès• Difficile à conserver• Coût

➤ Protéines

Il ne faut pas négliger l'apport de protéines pour équilibrer la ration, et également parce qu'elles interviennent dans la réparation musculaire. Les fourrages constituent la principale source protéique. Les graminées plus pauvres en protéines seront privilégiées par rapport aux légumineuses qui apportent un excès d'azote nuisible surtout à long terme. Des taux protéiques de l'ordre de 10 à 12% sont privilégiés. Un bon fourrage apporte suffisamment de protéines de bonne qualité dans une ration de base. Les besoins en protéines augmentent peu avec le travail [43], et la complémentation protéinique avec des tourteaux par exemple n'est réalisée que lorsque le fourrage n'est pas de bonne qualité [43].

➤ Oligoéléments et vitamines

Les oligoéléments ainsi que les vitamines ont également un rôle important dans l'équilibre de la ration.

Le fer est apporté en quantité suffisante par les fourrages. En revanche, l'apport de cuivre peut être intéressant car il intervient dans la protection du cartilage du cheval à l'effort. Pour être correctement assimilé, il doit être associé au zinc ($\text{Zinc/Cuivre} = 3$). Le zinc intervient par ailleurs dans les processus immunitaires, et dans le métabolisme de l'os et des phanères. Le sélénium est important car il assure une protection du muscle lors d'efforts intenses et prolongés. Un surdosage est toxique. Son utilisation est optimisée par l'iode [43].

La Vitamine E est intéressante pour le maintien de l'intégrité musculaire par son action anti oxydante surtout lors d'efforts intenses [43].

Enfin, le cheval peut recevoir directement une complémentation phosphocalcique équilibrée (le rapport Calcium/Phosphore doit être supérieur ou égal à 1,5) dans son alimentation surtout lorsqu'elle est riche en céréales [43].

iv. Transition alimentaire

Il est important de ne pas changer brutalement l'alimentation d'un cheval. En effet, les capacités de digestion enzymatique et microbienne risquent d'être altérées. Les aliments non digérés vont se putréfier, libérer des produits toxiques et des gaz à l'origine de troubles graves comme des coliques digestives ou de la fourbure. Il convient de faire une transition alimentaire de 8 jours à 3 semaines en fonction de l'importance des modifications apportées à la ration [36] [43].

v. Besoin en eau et en électrolytes

➤ Besoins

Le cheval d'endurance, par l'effort qu'il fournit, est un gros producteur de chaleur. Sa thermorégulation se fait essentiellement par une transpiration abondante. Il peut perdre de 4 à 15L de sueur par heure en fonction des conditions climatiques et de la difficulté de la course [52]. La sueur est composée essentiellement d'eau et d'électrolytes (chlorure de sodium, potassium, magnésium, calcium). Le cheval, pendant l'épreuve se déshydrate, ce qui peut entraîner des déséquilibres hydro électrolytiques. Il est donc indispensable, pendant la course, de pallier aux carences en eau et en électrolytes une fois les réserves épuisées au risque d'avoir des répercussions graves sur l'état de santé de l'animal. Par ailleurs, il semblerait que la supplémentation pendant la période d'entraînement soit bénéfique [57]. L'apport régulier d'électrolytes dans l'alimentation associé à un entraînement bien mené permettrait d'augmenter le volume plasmatique en constituant ainsi une réserve d'eau et d'ions utilisables pendant la course [57]. De plus, par l'entraînement d'endurance, l'organisme s'adapte pour économiser ses électrolytes, ce qui se manifeste par une diminution des pertes urinaires et fécales et une adaptation de la production de sueur [57].

Pour éviter les troubles métaboliques induits par un déséquilibre hydro-électrolytique, il faut donc veiller à ce que le cheval ait un stock d'électrolytes suffisant avant la course.

➤ Supplémentation en électrolytes

Diverses formes de supplémentation existent sur le marché. On trouve des seringues de solution hypertonique à administrer par voie orale. Elles sont souvent utilisées pendant les épreuves. Cependant, elles n'apportent pas suffisamment d'électrolytes par rapport aux pertes dues à l'effort. De plus, il est indispensable après leur administration que le cheval boive spontanément de l'eau au risque d'aggraver les déséquilibres hydro-électrolytiques suite à un appel d'eau dans la lumière intestinale par choc osmotique. Enfin, elles ne sont pas sans effets secondaires et peuvent provoquer des ulcères, de l'anorexie, et des troubles neuromusculaires. Leur seul intérêt est de stimuler la prise de boisson [57] [62].

Il existe également des solutions isotoniques qui ont moins d'effets secondaires. Elles sont obtenues en mélangeant 6g NaCl (sel de table) à 3g de KCl (sel de régime) dans 10L d'eau. Des études ont montré qu'elles étaient efficaces pour restaurer les ions perdus et rétablir l'équilibre acido-basique, qu'elles stimulaient également la prise de boisson, et qu'elles permettaient une meilleure récupération [57].

L'apport de chlorure de sodium peut se faire par la mise à disposition de pierres à lécher ou par l'apport direct de sel dans l'aliment. Comme les besoins en sodium augmentent avec le travail, une supplémentation dans le mois qui précède une épreuve peut être judicieuse.

Le foin, en plus de ces capacités de rétention de l'eau et des électrolytes, est un aliment riche en potassium [57]. Celui ci peut également être apporté par du sel de mer non affiné surtout lors d'efforts prolongés par forte chaleur car les pertes par la transpiration peuvent être importantes [52] [57].

La ration type du cheval d'endurance est schématisée dans la Figure 6 de la page 34.

vi. Application à la course d'endurance

Pendant la phase de préparation, la ration, comme nous l'avons vu précédemment, doit être adaptée aux besoins énergétiques totaux du cheval. Aucune modification ne doit être faite brutalement et encore moins la veille de la course. Tout apport de compléments doit être fait dans le mois qui précède l'épreuve.

➤ Epreuves départementales et régionales

Sur les épreuves départementales et régionales, il ne faut rien changer aux habitudes alimentaires du cheval [43]. L'apport en eau est à la base de la réhydratation. Le cavalier veillera donc à hydrater correctement son cheval en lui mettant de l'eau à disposition aux points d'assistance sur la piste, et lors des contrôles vétérinaires. De même, après un transport long, le cavalier doit penser à proposer de l'eau à son cheval avant le départ de la course. Il peut, pour stimuler la prise de boisson, administrer des seringues hypertoniques, ou aromatiser l'eau avec du jus de pomme par exemple.

➤ Epreuves pré-nationales et nationales

Sur les plus grosses épreuves tout doit être fait dans l'optique d'optimiser les performances du cheval et d'assurer l'intégrité de son organisme jusqu'à la fin de la course et même après.

Le jour de l'épreuve, le cheval doit recevoir une alimentation équilibrée, avec du foin quasi à volonté, mais pas de céréales dans les trois heures [52] [36] voire dans les cinq heures qui précèdent le départ. Certains auteurs conseillent de ne pas nourrir le cheval avant la course afin de maintenir son appétit en éveil jusqu'à la première halte [43]. Il pourra alors recharger son stock de réserves énergétiques par l'apport de grains par exemple.

Les mêmes règles d'hydratation que sur les petites épreuves s'appliquent, mais elles seront d'autant plus importantes que les besoins en eau seront augmentés. En effet, un cheval sur un raid d'endurance de 130 km boit environ 50 L d'eau, contre 30 L en moyenne par jour à l'entretien [70].

➤ Gestion des besoins pendant l'épreuve

Pendant la course, l'essentiel est donc de veiller à ce que le cheval ne se déshydrate pas en lui proposant de l'eau supplémentée ou non en électrolytes toutes les 30 à 40 minutes. En effet, l'eau seule ne suffit pas pour réhydrater un cheval, et il faut penser à compenser les pertes en électrolytes. Tout aliment peut lui être proposé afin qu'il choisisse ce dont il a envie, mais la quantité d'aliment distribuée doit être raisonnée et limitée. L'alimentation, tout au long de la course, doit apporter le plus vite possible les molécules énergétiques indispensables au travail musculaire. L'apport de fourrage ou d'herbe lors des haltes a également un effet déstressant.

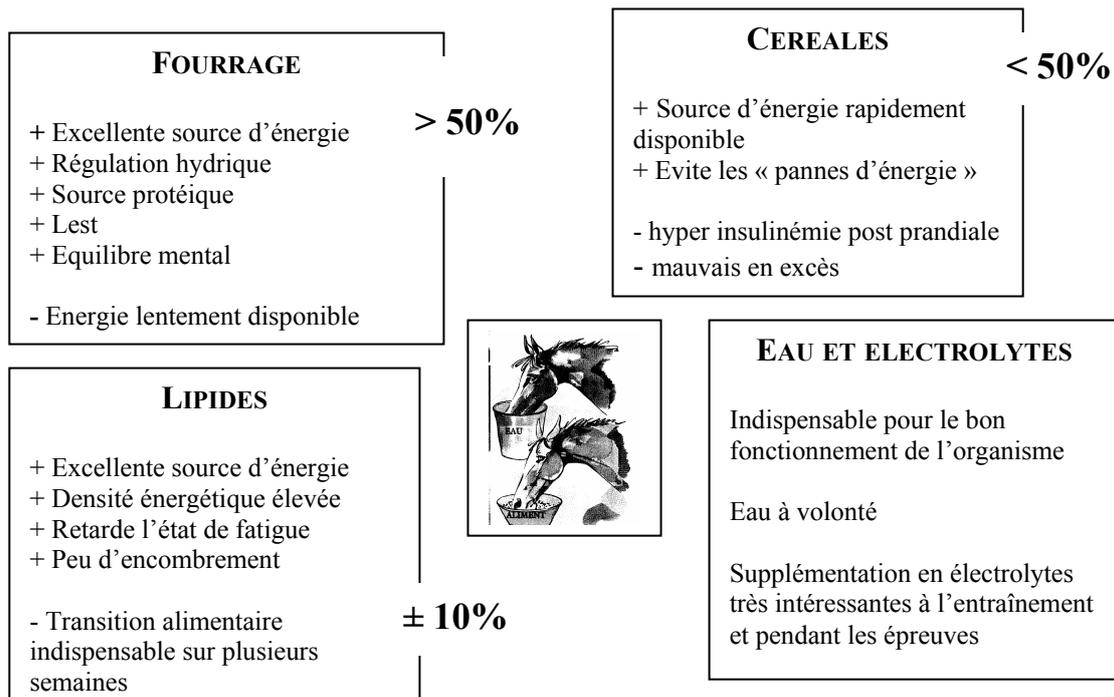
Enfin, après la course, l'eau doit être distribuée à volonté car l'essentiel des pertes hydriques ne seront compensées que dans les 12 heures après la course [57] [64]. Il faut donc bien veiller à ce que le cheval ait suffisamment d'eau pour la nuit. Le transit pouvant être diminué suite à l'effort, l'aliment est redistribué progressivement en commençant par le fourrage.

Le lendemain de l'épreuve, le cheval peut recevoir une alimentation normale si le transit digestif a repris.

vii. Surpoids

Le surpoids est à éviter chez le cheval d'endurance car il entraîne des complications métaboliques. En effet, un cheval en surpoids mobilise moins bien ses réserves énergétiques, et régule moins bien sa température corporelle [37] [41]. Ses performances en seront diminuées. De plus, un organisme gras contient proportionnellement moins de réserves en eau qu'un organisme maigre [52].

Figure 6 : Ration type du cheval d'endurance



L'endurance équestre est une discipline en pleine évolution. La course d'endurance est une épreuve très réglementée qui consiste à parcourir plusieurs kilomètres, généralement en une journée, avec des haltes imposées pendant lesquelles des contrôles vétérinaires sont effectués. Ces contrôles sont essentiels pour s'assurer de la possibilité pour le cheval de poursuivre la course. Lors de ces examens, différents paramètres cliniques sont évalués, et si le cheval n'est pas apte à repartir, une décision d'élimination est envisagée. Des contrôles existent également avant le départ et à l'arrivée de la course. Pour parvenir à fournir un effort aussi soutenu, le cheval d'endurance doit être bien entraîné et alimenté.

Bien que les épreuves d'endurance soient très encadrées par les fédérations équestres afin de protéger la santé des animaux, il existe encore actuellement trop de chevaux qui développent des affections graves pendant les courses. Ces affections sont essentiellement causées par des déséquilibres du métabolisme. Nous étudierons dans la partie suivante de notre travail, les bases physiologiques de l'effort du cheval d'endurance afin de mieux comprendre la nature et la fréquence des affections qu'il peut développer sur les courses.

Partie II – TROUBLES METABOLIQUES

II- TROUBLES METABOLIQUES

Les épreuves d'endurance obligent le cheval à utiliser toutes ses réserves énergétiques et exigent un fonctionnement parfait au niveau de l'approvisionnement des muscles en oxygène et de l'élimination des déchets.

1. Bases physiologiques de l'effort

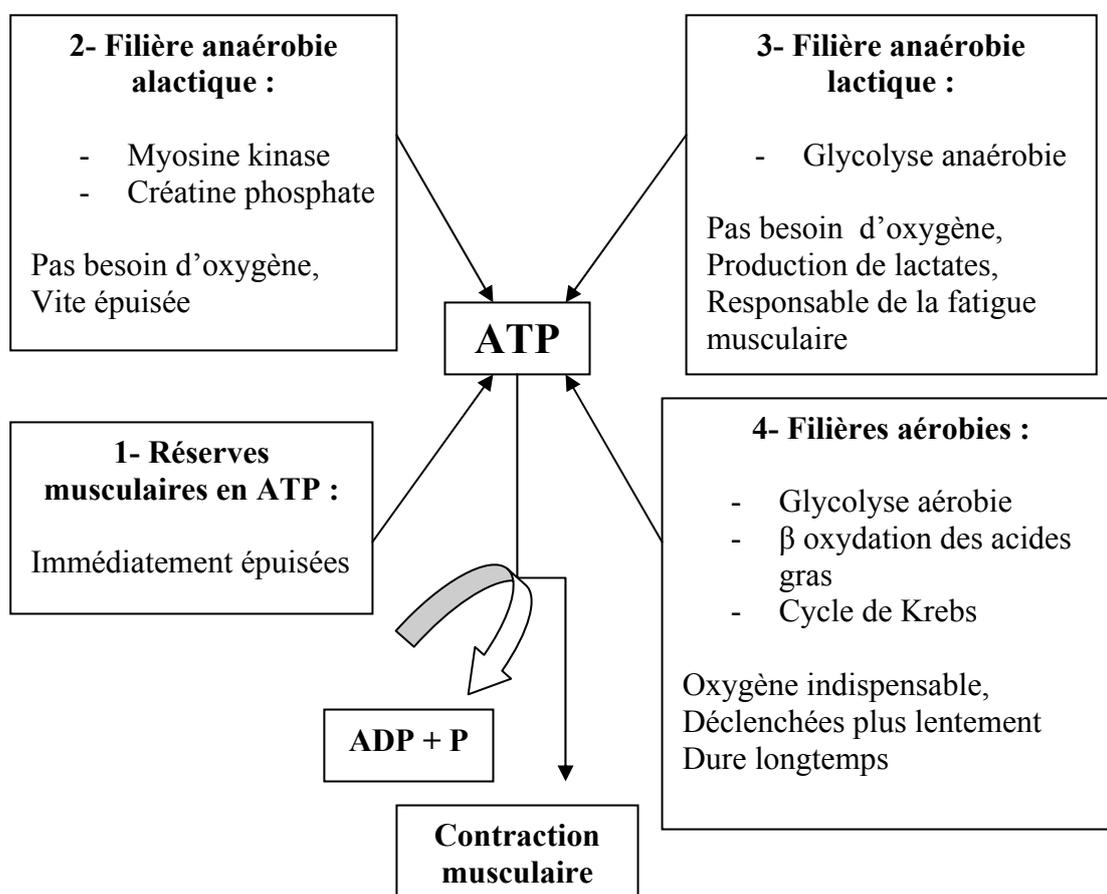
a. Au niveau moléculaire

i. ATP

Lors de l'effort, c'est l'énergie chimique libérée par la transformation de l'adénosine triphosphate (ATP) en adénosine diphosphate (ADP) et phosphate inorganique (P) par rupture d'une liaison phosphate qui permet le travail musculaire. L'ATP est la molécule sans laquelle aucun travail mécanique ne pourrait être fourni. Mais le stock d'ATP dans la cellule musculaire est limité et sa régénération est nécessaire [5].

Trois filières métaboliques sont possibles pour synthétiser de l'ATP. Ces filières se succèdent dans le temps et ont une importance variable au cours de l'effort. Elles doivent suppléer à la demande énergétique qui augmente proportionnellement en fonction de l'intensité et de la durée de l'exercice [5]. Ces filières sont synthétisées dans la Figure 7.

Figure 7 : Filières de synthèses de l'ATP lors de l'exercice musculaire [5]



ii. Travail aérobie

Les efforts de longue durée comme ceux demandés en endurance exigent un travail aérobie aux cellules musculaires striées squelettiques. L'apport d'oxygène est essentiel pour participer à la production d'énergie mécanique. Cette énergie permet d'obtenir un travail musculaire exprimé par une contraction de la fibre musculaire. L'association de l'oxygène avec une source d'énergie que représentent les glucides ou les lipides permet d'obtenir ce travail [55].

Source d'énergie (Glucides/Lipides) + O₂ → Energie mécanique + Chaleur + CO₂ + H₂O

O₂ : Dioxygène

CO₂ : Dioxyde de carbone

H₂O : Eau

Sans oxygène, la cellule musculaire est capable de fournir un travail grâce au métabolisme anaérobie. Celui-ci a le désavantage d'être moins rentable et de produire de l'acide lactique, véritable déchet toxique, qui s'accumule dans l'organisme et engendre des crampes et de la fatigue. Le travail anaérobie ne peut être réalisé que peu de temps avant que le cheval ne soit obligé de s'arrêter. Cette voie est donc peu compatible avec un effort de longue haleine comme lors d'un raid d'endurance [43] [55].

iii. Sources d'énergie

Les glucides et les lipides sont les deux substrats énergétiques utilisés lors de l'effort. La rentabilité énergétique des acides gras par la voie de la β -oxydation est plus élevée que celle des glucides par la glycolyse aérobie comme le montre le Tableau 7 [55] [5].

Tableau 7 : Comparaison des rendements énergétiques de la glycolyse et de la β -oxydation [55]

Voie utilisée	1 mol de glycogène		1 mol d'acides gras libres
	Glycolyse aérobie	Glycolyse anaérobie	β -oxydation
Quantité d'ATP produite	37 mol	3 mol	138 mol

➤ Glucides

La réalisation d'un effort en vitesse ou en puissance repose principalement sur l'utilisation des hydrates de carbone comme source énergétique.

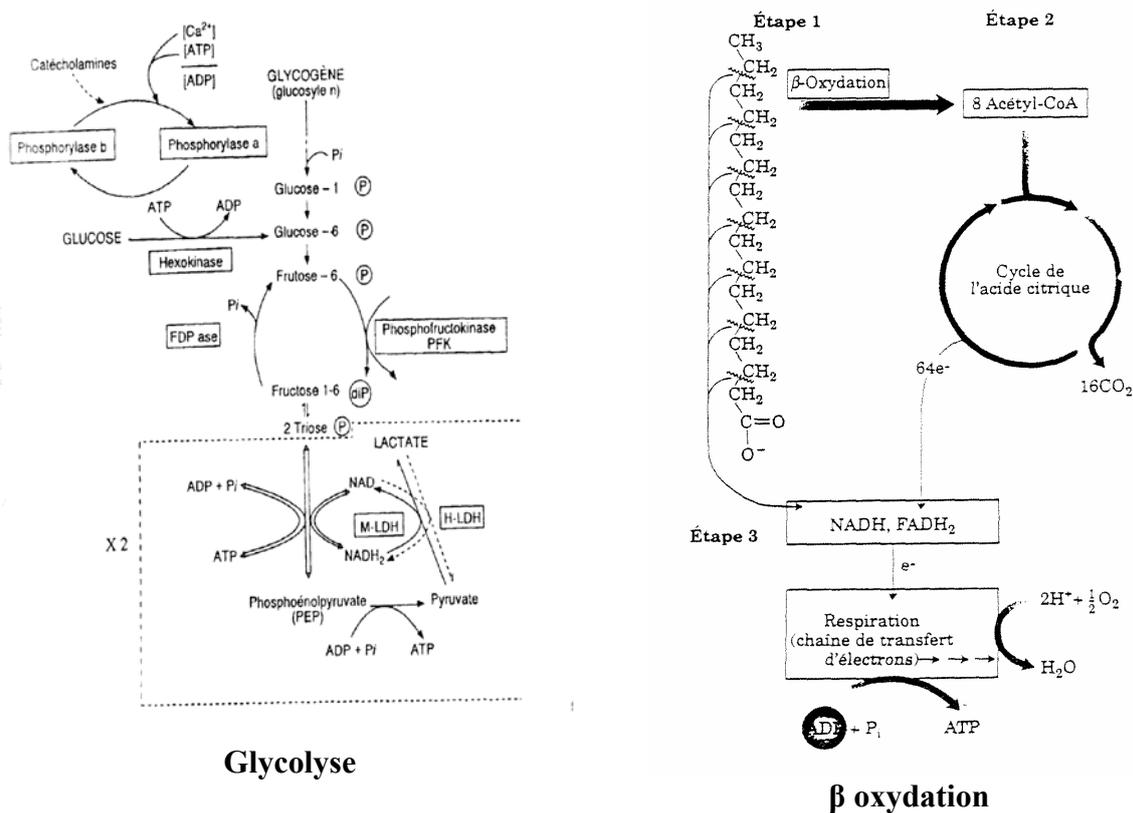
Le glucose sanguin, facilement disponible pour les cellules musculaires voit sa concentration diminuer rapidement au début de l'effort. L'hypoglycémie induite stimule la néoglucogénèse hépatique. Mais c'est le glycogène qui représente la source d'énergie glucidique la plus importante. Il est stocké dans le foie et surtout directement dans les cellules musculaires. Avec l'entraînement ces réserves peuvent être accrues [52].

➤ Acides gras

Les acides gras libres sont quand à eux plutôt utilisés lors d'effort en endurance. Il s'agit de la meilleure source du métabolisme aérobie. Ils sont libérés à partir des triglycérides musculaires ou à partir des lipides présents dans l'organisme. Leur utilisation diminue l'accumulation d'acide lactique et diffère donc l'apparition de l'état de fatigue. Cependant les acides gras ne peuvent pas constituer la seule source d'énergie car leur mobilisation à partir des réserves est un mécanisme lent [52].

Il est important de noter que le rendement énergétique est variable selon la disponibilité en oxygène [52]. En effet, pour 1 mole d'oxygène consommée, l'oxydation du glycogène par la glycolyse aérobie fournit 10% d'ATP en plus que l'oxydation des acides gras par la β -oxydation. Il existe donc un équilibre entre ces deux sources d'énergie, et leur utilisation varie en fonction de l'intensité et de la durée de l'effort. Ces deux voies métaboliques sont illustrées sur la Figure 8.

Figure 8 : Glycolyse et β oxydation des acides gras [52]



b. Au niveau cellulaire

i. Couplage excitation/contraction

La cellule musculaire striée squelettique est la fibre musculaire. Elle contient un certain nombre d'adaptations structurales lui permettant de générer une contraction. Elle est de forme cylindrique, très allongée. Son cytoplasme contient des centaines de noyaux situés en

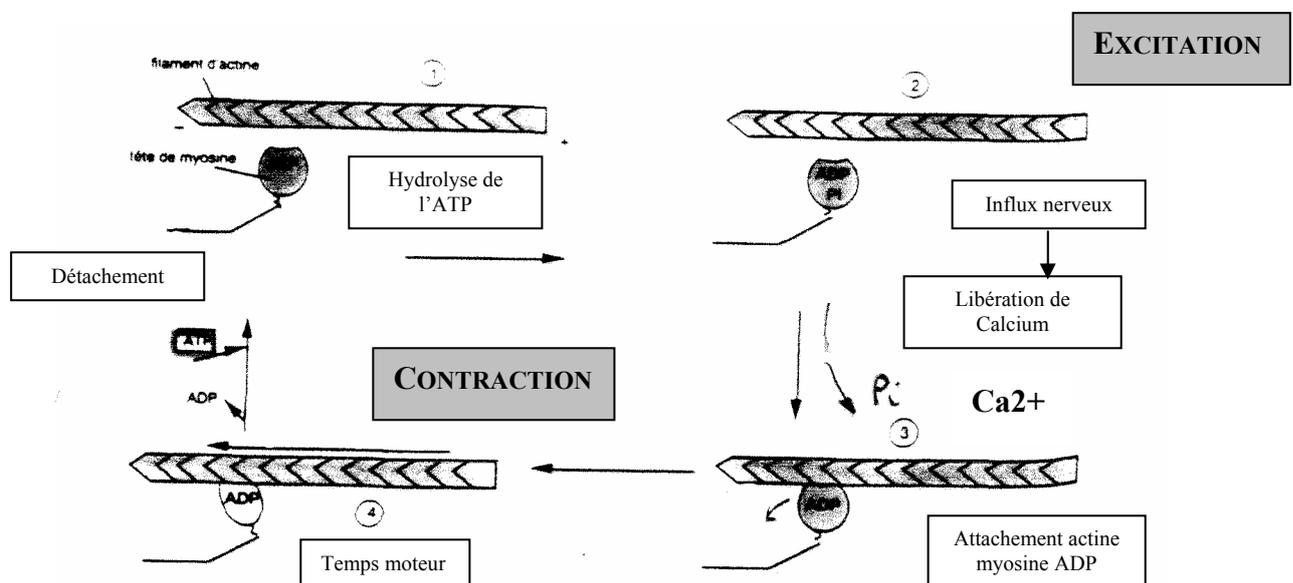
périphérie, de nombreux grains de glycogène, des mitochondries, du réticulum endoplasmique, et un matériel protéique fibrillaire à l'origine des contractions [52].

De plus, la fibre musculaire est innervée au niveau de la plaque motrice responsable de son excitation.

Le matériel contractile est composé d'un ensemble de myofilaments reliés par des protéines. La contraction fait suite à la progression des différents filaments entre eux qui entraîne au total un raccourcissement de la cellule et donc de la fibre musculaire [52].

Cette modification de l'architecture de la cellule est permise par une réaction de déphosphorylation de l'adénosine triphosphate musculaire, source d'énergie chimique de la cellule, qui fait suite à une libération d'ions calcium dans la cellule qui elle-même fait suite à une dépolarisation de la membrane plasmique sous l'influence de l'influx nerveux. On a donc une conversion d'énergie chimique en énergie mécanique suite à une stimulation d'origine nerveuse. On parle de couplage excitation/contraction schématisé dans la Figure 9 [18] [19] [52].

Figure 9 : Couplage excitation/contraction [52]



ii. Fibres musculaires

Le tissu musculaire n'est pas homogène, et l'on distingue plusieurs types de fibres (I, IIA, IIB, et IIC) présentées dans le Tableau 8, qui se différencient par leur métabolisme, et leur contractilité. Les fibres de type IIC sont des formes de transition entre les fibres de type IIA et IIB [52].

Tableau 8 : Caractéristiques des différents types de fibres musculaires [50] [52] [66].

	Type I	Type II A	Type II B
Travail :			
o Force	+	++	+++
o Fatigabilité	+	++	+++
Contractilité :			
o Vitesse de contraction	+	++	+++
o Tension maximale supportée	+	+++	+++
Métabolisme :			
o Capacité glycolytique	+	+++	+++
o Capacité oxydative	+++	++	+
Teneur en substrat énergétique :			
o Glycogène	++	+++	+++
o Lipides	+++	++	+

Les fibres de type II sont sollicitées lors d'un travail en puissance alors que les fibres de type I sont sollicitées lors d'un travail en endurance.

L'entraînement ne permet pas de modifier le nombre de cellules musculaires qui reste fixe, et seules les fibres de type II peuvent s'hypertrophier [52]. Mais des études ont montré que sur des chevaux entraînés, il y avait une augmentation de la proportion de fibres IIA par rapport aux fibres IIB, donc une meilleure adaptation à l'effort prolongé [46] [52] [54].

Il faut souligner également que la proportion de fibres musculaires de type I et II chez un individu est définie génétiquement et détermine l'aptitude d'un cheval à réaliser un certain type de performance. Les purs sangs arabes, race qui présente les meilleurs résultats en endurance, ont une part plus importante de fibres I et IIA dans leurs muscles [47] [66] [67]. Ces observations sont illustrées dans le Tableau 9.

Tableau 9 : Composition en fibres musculaires du muscle fessier moyen chez des chevaux de races différentes [47] [52] [53].

Race	Pourcentage de fibres (moyenne +/- écart type)		
	FIBRES I	FIBRES II A	FIBRES II B
Quarter Horse	6.8 ± 1.0	48.3 ± 2.3	44.9 ± 2.3
Pur sang	12.5 ± 1.5	50.7 ± 1.8	36.8 ± 2.2
Trotteur	24.0 ± 3.6	49.0 ± 3.1	27.0 ± 3.3
Pur sang arabe	30.4 ± 5.8	41.7 ± 4.2	27.9 ± 3.4
Poney	22.5 ± 2.6	40.4 ± 2.3	37.1 ± 2.8
Cheval de chasse	30.8 ± 3.1	37.1 ± 3.3	37.8 ± 2.8
Pure race Espagnole	29.5 ± 6.7	38.7 ± 6.8	31.8 ± 4.3

De plus, la proportion définitive de chaque type de fibres n'est déterminé qu'à l'âge adulte, les poulains ayant une proportion de fibres de type IIB plus élevée [52].

Certaines études ont essayé de démontrer qu'il était malgré tout possible de convertir des fibres de type IIB en type IIA puis I [52], mais rien n'est encore confirmé.

iii. Le travail d'endurance

Lors de l'exercice prolongé, on observe progressivement plusieurs phénomènes au niveau du recrutement des différentes fibres musculaires, de l'utilisation des réserves glucidiques ou lipidiques, et du métabolisme des cellules musculaires.

Les premières fibres sollicitées dans un effort prolongé d'intensité modéré sont les fibres de type I. Puis progressivement tous les autres types de fibres sont recrutés.

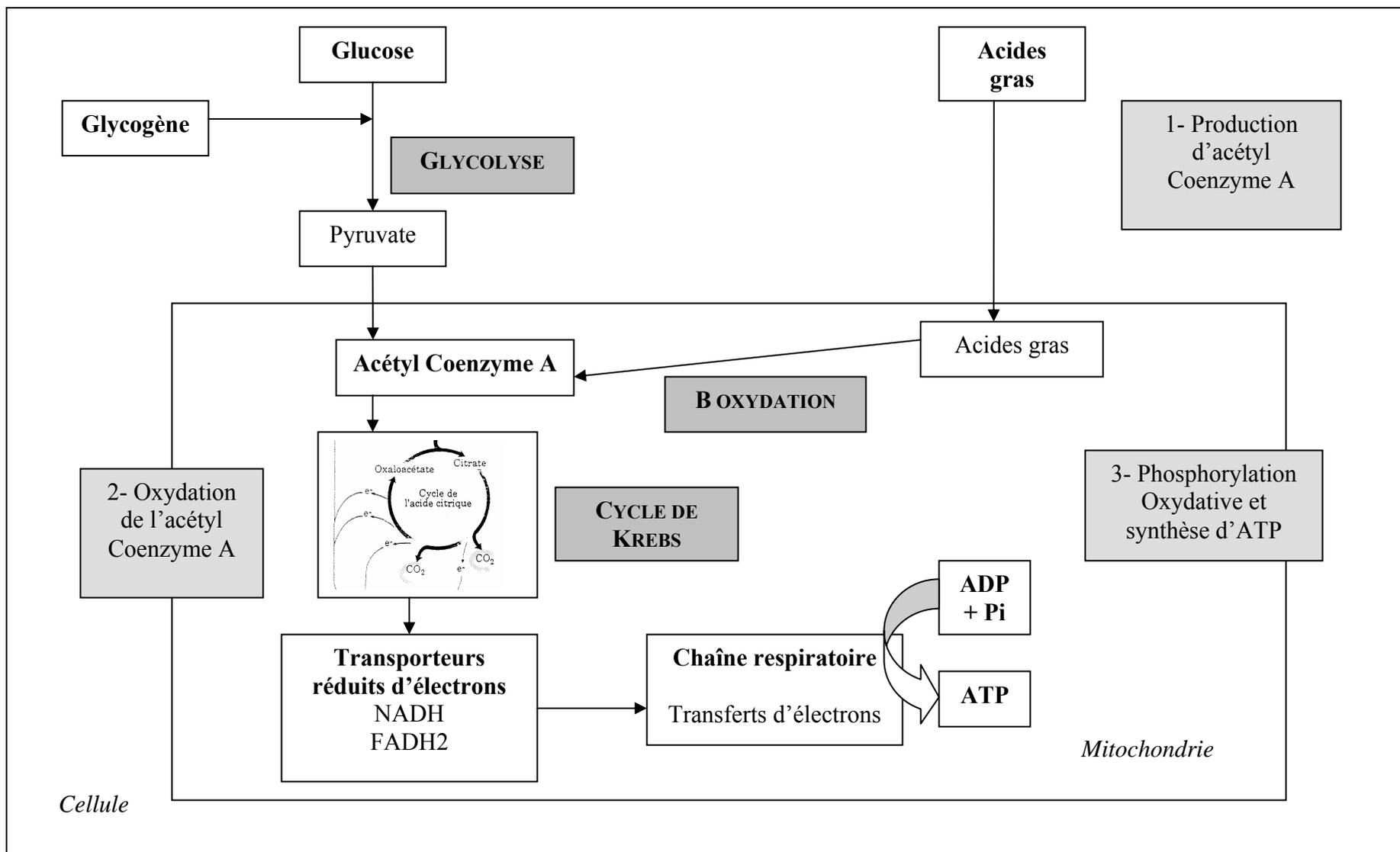
Les cellules mobilisées utilisent leurs réserves en sucres et en lipides pour régénérer le stock d'ATP qui est très rapidement consommé. Ainsi lors d'effort en endurance, la déplétion du glycogène dans les cellules musculaires est de 50% à 100% suivant la durée de l'effort [52] [5]. Une fois que les réserves glycogéniques et triglycériques ont été épuisées, on arrive au stade de fatigue musculaire. Mais avec l'entraînement à l'effort d'endurance, le muscle acquiert une meilleure capacité à stocker et mobiliser ses réserves énergétiques, en privilégiant de mobiliser en premier ses réserves lipidiques et en retardant l'utilisation du glycogène [5] [50].

De plus, il a été montré au niveau cellulaire que lors de l'exercice prolongé la proportion et la taille des mitochondries augmentaient, tout comme la quantité d'enzymes oxydatives du cycle de Krebs, de la β -oxydation des acides gras, et le taux de transporteurs intervenant dans la chaîne respiratoire [52].

Comme nous l'avons vu précédemment, le muscle s'adapte à l'activité physique. En effet, un entraînement bien entrepris permet de modifier la masse musculaire, la typologie des fibres, le développement des capillaires et le métabolisme énergétique. En endurance, tout est orienté pour améliorer les capacités du métabolisme aérobie du muscle.

La Figure 10 présente une schématisation simplifiée des mécanismes du métabolisme aérobie.

Figure 10 : Schéma simplifié des mécanismes du métabolisme aérobie [15]



iv. Evaluation du travail en aérobie

La consommation d'O₂ maximale (VO₂ max) et la lactatémie sont deux mesures intéressantes pour objectiver les adaptations métaboliques aérobie [5].

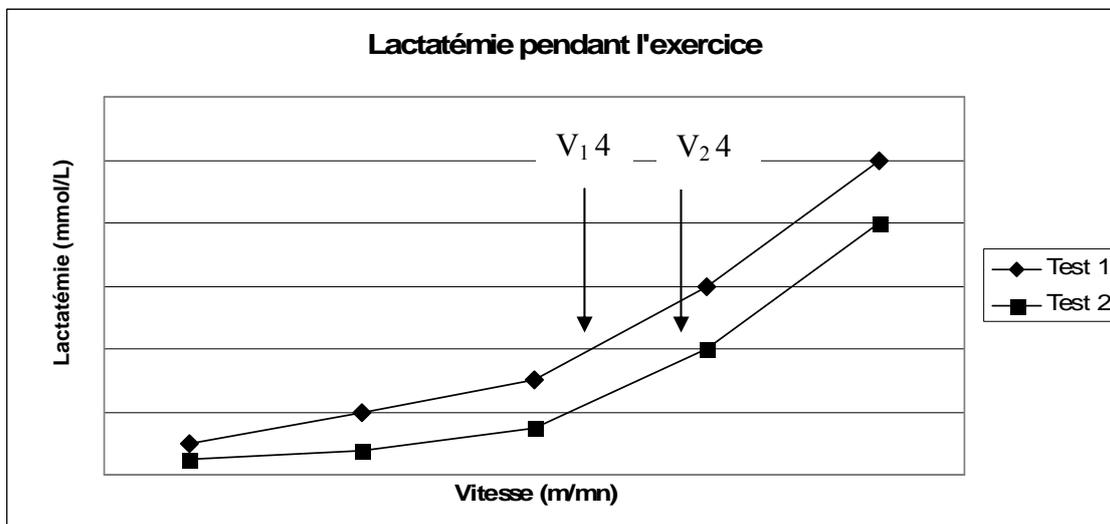
➤ Lactatémie

La lactatémie est le reflet de l'équilibre entre la production et l'élimination de lactate par l'organisme. Au repos, le taux basal de lactate est très faible. Lors d'un effort de faible intensité, l'acide pyruvique issu de la glycolyse anaérobie est utilisé par le cycle de Krebs. Si l'intensité de l'effort augmente, les fibres de type IIB sont recrutées, leur pouvoir oxydatif est vite dépassé et l'acide pyruvique ne peut plus être utilisé par le cycle de Krebs. Il est transformé en acide lactique. Cet acide lactique dans un premier temps diffuse vers les cellules oxydatives pour participer à leur métabolisme. Mais si l'effort se prolonge, les cellules musculaires saturent et ne peuvent plus absorber l'acide lactique. Celui-ci s'accumule dans les cellules puis diffuse dans la circulation. Cela entraîne une augmentation rapide et marquée de la lactatémie : c'est ce qu'on appelle le seuil d'accumulation sanguine de l'acide lactique. Quand le seuil est atteint, le métabolisme anaérobie du glycogène induit donc la production d'acide lactique associée à celle de protons H⁺. Ces protons induisent une chute du pH dans la cellule musculaire, et leur accumulation a pour effet de changer la perméabilité membranaire [5].

Au début, ce processus n'entraîne pas de lésions graves, et il est normal de trouver une augmentation de la concentration plasmatique de certaines enzymes musculaires, comme la CPK. Toutefois, lorsque ces modifications de perméabilité membranaires deviennent majeures, le fonctionnement cellulaire peut être altéré avec notamment une diminution des capacités enzymatiques. Des organes peuvent aussi être touchés ; c'est le cas du rein qui ne parvient plus à éliminer la concentration massive de myoglobine libérée dans la circulation par les cellules musculaires lésées. Il s'ensuit une myoglobinurie à l'origine de lésions rénales. Ce processus est retrouvé lors des myopathies [5] [19].

L'entraînement améliore la capacité de l'organisme à absorber sa production d'acide lactique. Le seuil d'accumulation sanguine de l'acide lactique est alors franchi plus tardivement et la V₄, vitesse induisant une lactémie de 4 mmol/L, augmente comme le montre la Figure 11 [19].

Figure 11 : Courbes de lactatémie pendant l'exercice [19]



L'entraînement a pour effet de décaler la courbe de lactatémie vers la droite et de retarder le moment où l'acide lactique s'accumule, cela augmente donc la résistance à l'effort [19].

Cependant, en endurance, les complications liées à l'accumulation d'acide lactique sont rares, et la faible quantité d'acide lactique produite est éliminée par le foie.

➤ Consommation d'oxygène

La consommation d'oxygène est quand à elle le reflet du niveau du métabolisme aérobie de l'ensemble de l'organisme. Elle est directement proportionnelle à l'intensité du travail, à condition que l'effort reste d'intensité constante et sous maximale. En revanche, elle ne se mesure pas en début et en fin de travail, ni lorsqu'un exercice supra maximal a été atteint. La consommation maximale d'oxygène, ou VO₂ max, est atteinte lorsque l'ensemble des capacités aérobies des muscles sont recrutées. On parle de puissance maximale aérobie [5]. La VO₂ max est augmentée avec l'entraînement grâce à une amélioration de l'extraction de l'oxygène et à une augmentation du débit cardiaque. De plus, la mobilisation du plasma et des hématies stockées dans la rate joue un rôle essentiel chez les chevaux. En effet, la contraction splénique à l'effort induite par une décharge d'adrénaline permet de doubler la quantité d'hématies corporelles et de libérer un tiers du volume sanguin circulant. Ceci a pour conséquence d'augmenter l'hématocrite, ainsi que les capacités de transport de l'oxygène et donc la VO₂ [5] [17] [19] [52].

La capacité de travail aérobie d'un cheval d'endurance peut aussi être évaluée, et correspond à la vitesse que peut atteindre le cheval avec une fréquence cardiaque de 150 battements par minute. Cette vitesse varie entre 18 et 36 km/h selon les chevaux. Au-delà de cette vitesse, le cheval risque d'atteindre le seuil du métabolisme aérobie [55].

c. La thermorégulation

Lors d'un exercice d'endurance, le métabolisme de base est multiplié par 10 à 20 [38]. Cependant l'efficacité métabolique des mécanismes de conversion énergétique est faible, avec beaucoup de pertes, puisque 70% à 80% de l'énergie mécanique produite au niveau musculaire se transforme en chaleur. Ces mécanismes sont donc de gros producteurs de chaleur dissipée [1] [38] [55].

Au repos, la chaleur métabolique est utilisée pour maintenir la température corporelle. Mais à l'exercice, la quantité de chaleur produite est nettement supérieure aux besoins de l'organisme. Le système thermorégulateur du cheval est déclenché dès le début de l'effort afin d'empêcher l'apparition d'une hyperthermie incompatible avec la poursuite d'un exercice au risque d'être néfaste pour l'organisme. Pendant une épreuve, la température corporelle d'un cheval peut gagner 3 à 4°C, mais sans mécanisme de thermorégulation, la température pourrait s'accroître jusqu'à 15°C par heure [55]. L'hyperthermie serait donc inévitable et fatale. Le risque de stress thermique augmente lorsque le cheval n'est pas préparé à l'épreuve sur laquelle il est engagé, lorsque ses capacités de thermorégulation sont dépassées, et lorsque les conditions climatiques sont extrêmes [38].

La production de chaleur dépend de l'intensité et de la durée de l'exercice [6]:

Chaleur métabolique (kcal) = VO₂ (L/min) x k x durée de l'exercice (min)

VO₂ : taux de consommation d'oxygène

k : quantité d'énergie produite par litre d'oxygène consommé.

i. Stockage bénéfique

Il a été montré qu'un stockage bénéfique de la chaleur produite se faisait dans les tissus au début de l'exercice [38] [52]. En effet, la chaleur permet d'améliorer la contraction musculaire et l'élasticité des tendons, elle élève aussi la vitesse de conduction nerveuse, et modifie l'activité des enzymes musculaires. Cette élévation modérée de la température corporelle est associée à une augmentation de la fréquence cardiaque maximale et également à une augmentation de la dissociation de l'oxygène à l'hémoglobine ce qui facilite l'apport d'oxygène au muscle [38].

Ainsi, une hyperthermie modérée est favorable pour les exercices de courte durée et de forte intensité. L'élévation de température corporelle (< 40°C) à l'échauffement a donc aussi un effet bénéfique pour améliorer les performances.

ii. Mécanismes thermorégulateurs

Par la suite des mécanismes thermorégulateurs sont indispensables pour garder une température centrale constante. Une température corporelle au-delà de 43°C devient mortelle pour le cheval [38].

Ces mécanismes thermorégulateurs font intervenir des thermorécepteurs périphériques et centraux, ainsi que la moelle épinière qui assure la conduction de l'influx nerveux à l'hypothalamus qui joue le rôle de « thermostat » et qui déclenche les mécanismes de thermolyse [52].

Quatre mécanismes de bases interviennent pour dissiper la chaleur excessive produite à l'effort. Il s'agit de la convection qui correspond à la perte de chaleur due au déplacement de l'air autour du cheval, d'où l'avantage du pur sang arabe d'avoir une peau fine et un poil court. Dans une moindre mesure, de la radiation qui correspond au transfert de chaleur de la surface du corps aux surfaces avoisinantes par l'intermédiaire des ondes électromagnétiques. Il s'agit également de la conduction qui est un transfert de chaleur entre des surfaces en contact, et qui se fait essentiellement par le flux sanguin entre le muscle et la peau. Néanmoins, il s'agit surtout de l'évaporation de la sueur cutanée et de l'évaporation de l'eau au niveau des muqueuses de l'appareil respiratoire, vaste surface d'échange [38] [49] [52] [55].

iii. Transpiration et thermorégulation

➤ Généralités

L'évaporation de la sueur cutanée reste le mécanisme essentiel de la thermorégulation chez le cheval. Environ 65% de la chaleur est dissipée sous forme de transpiration et 30% par les mécanismes respiratoires [55] [19]. Elle est permise par la différence de pression de la vapeur d'eau entre la peau et l'atmosphère.

La sueur est produite par des glandes sudoripares apocrines actives sur le corps au niveau des flancs, de l'encolure, et du pli de l'aîne. Elles sont contrôlées par des récepteurs β-adrénergiques.

La production de sueur varie avec l'intensité de l'exercice. Plus il est intense et prolongé, plus la quantité de sueur produite sera importante. Elle varie également avec les conditions environnementales et dépend de la température et du degré extérieur d'hygrométrie. Lors d'une épreuve en milieu chaud et humide, les risques d'apparition d'une hyperthermie sont plus importants car les mécanismes thermorégulateurs sont vite dépassés. La limite de vaporisation de la sueur est rapidement atteinte, elle ne s'évapore plus et ruisselle le long du corps [38].

De plus, sachant que la production de sueur nécessite un apport d'eau et que l'état d'hydratation ne limite pas la production de sueur chez le cheval, les risques de déshydratation sont importants [52].

➤ Composition de la sueur

La sueur du cheval est essentiellement composée d'eau et d'ions. Elle est hypertonique par rapport au plasma. Sa composition est détaillée dans le Tableau 10 [38].

Tableau 10 : Concentration en électrolytes de la sueur et du plasma chez le cheval [12] [28] [55]

Concentration en mmol / l	Chez le cheval	
	Sueur	Plasma
Sodium	130 à 190	140
Chlore	160 à 190	100
Potassium	20 à 50	3.5 à 4.5
Calcium	5	2
Magnésium	16	0.8

La sueur des équidés contient des quantités de Chlore (Cl⁻), Potassium (K⁺), Calcium (Ca²⁺) et Magnésium (Mg²⁺) nettement supérieures par rapport aux concentrations plasmatiques. Ceci a une importance lorsque la transpiration est exacerbée et que le cheval se déshydrate. En effet, on pourra voir apparaître des troubles ioniques tels qu'une hypochlorémie et une hypokaliémie voire une hypomagnésémie et une hypocalcémie lorsque la déshydratation est sévère. En revanche, les concentrations en sodium dans la sueur et le plasma sont équivalentes. Le cheval reste normonatrémiq ue à l'effort, mais le maintien de la concentration plasmatique de sodium lors de pertes importantes peut engendrer d'autres déséquilibres ioniques [55].

La sueur contient également une protéine, la lathérine, qui facilite la dispersion et l'évaporation de la sueur [29] [38] [52] [55].

➤ Production de sueur

Lors d'une épreuve le cheval produit 6 à 15 L/h de sueur [57] [48] ce qui représente jusqu'à plus de 40L de pertes liquidiennes sous des températures élevées, malgré une prise d'eau régulière [57] [38]. Ces pertes liquidiennes par la transpiration sont associées à des pertes électrolytiques non négligeables, ce qui représente un risque de déséquilibre hydro-électrolytique et l'apparition de troubles métaboliques lors des épreuves d'endurance.

De plus, pendant une course, la perte volumique est de 2 à 3,5% par heure [22] [52] [57], ce qui représente une perte totale de 5% à 6% du poids du corps.

La production de sueur peut être améliorée par l'entraînement [52]. En effet, avec l'entraînement, le seuil de transpiration diminue et la quantité de sueur augmente, ce qui retarde l'apparition de l'hyperthermie [52]. Certains auteurs pensent que la concentration en électrolytes dans la sueur diminue avec l'entraînement [52] [57], alors que pour d'autres, elle n'est pas modifiée au cours d'un exercice modéré et prolongé ou avec l'entraînement [38].

iv. Appareil respiratoire et thermorégulation

Au niveau de l'appareil respiratoire, les poches gutturales, les artères carotides et les artères pulmonaires interviennent dans les échanges de chaleur entre le sang et l'air extérieur par la circulation pulmonaire. Cette voie peut être compromise lors de déshydratation du fait des modifications de la composition sanguine et de l'activité cardiaque [39] [48].

Pour lutter contre l'hyperthermie, la fréquence respiratoire peut aussi augmenter dans un second temps mais cela coûtera de l'énergie. Ce processus est mineur chez le cheval qui n'halète pas comme le chien. Cependant la polypnée thermique est utile lorsque la chaleur excédentaire ne peut pas être entièrement éliminée par la transpiration [48].

v. Circulation et thermorégulation

Le flux sanguin est aussi un moyen efficace pour transférer la chaleur par conduction. Son augmentation est sous le contrôle du système nerveux sympathique. Elle est associée à une vasodilatation cutanée qui, en ralentissant la circulation locale, favorise les échanges thermiques. De plus, la circulation est détournée du centre du corps vers les tissus superficiels comme la peau et l'appareil respiratoire ce qui permet un transfert de chaleur accru vers l'atmosphère en augmentant les surfaces d'évaporation [48].

vi. Système nerveux central et thermorégulation

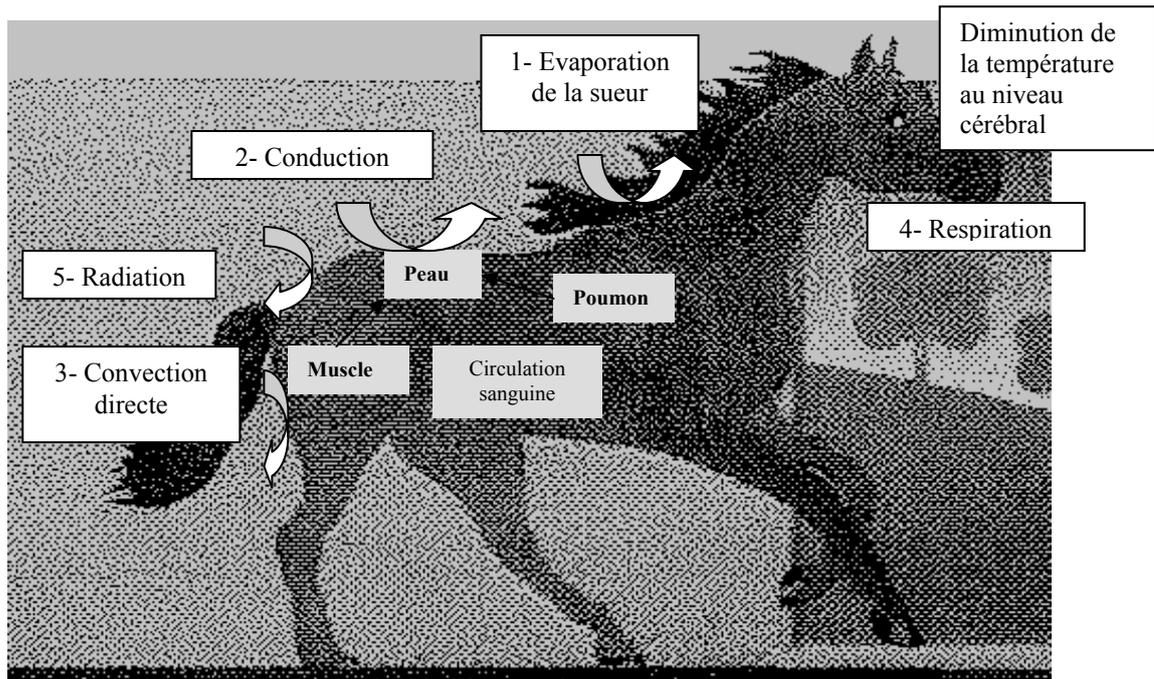
Lorsque l'effort est prolongé et que les capacités de thermorégulation sont dépassées, la température corporelle peut atteindre des valeurs critiques. Une augmentation marquée et persistante de la température centrale peut avoir des effets néfastes sur le système nerveux central, le métabolisme musculaire et les performances [38] [52].

Le cheval peut déclencher des mécanismes permettant de diminuer rapidement la température au niveau cérébral. Il semblerait que l'appareil respiratoire supérieur joue un rôle dans le rafraîchissement du sang au niveau du cerveau dans cette espèce. En effet, il a été montré qu'après quelques minutes d'exercice, on trouvait une différence de plus de 1°C entre les températures au niveau de l'hypothalamus et de la circulation centrale [38].

D'une manière générale, en endurance, le cheval doit être acclimaté à la température ambiante avant une course surtout lorsqu'elle se fait dans des conditions climatiques difficiles ou extrêmes. De plus, il doit être habitué à boire aux points d'assistance et lors des haltes réglementaires [12] [38].

Les différents mécanismes de thermorégulation sont schématisés dans la Figure 12.

Figure 12 : Les mécanismes de la thermorégulation et leur importance [48] [52]



d. Le système cardiovasculaire

Pendant l'effort, le système cardiovasculaire doit fournir suffisamment de sang pour les muscles actifs, et pour maintenir le flux sanguin qui, comme on l'a vu précédemment, permet les échanges thermiques et le maintien de l'homéothermie. Le débit sanguin est donc redistribué des territoires inactifs vers les territoires actifs. Cependant cette adaptation se fait au détriment d'autres organes au risque de compromettre la santé du cheval. C'est par exemple le cas des organes digestifs qui interviennent peu pendant l'effort et sont donc peu perfusés [5].

Par ailleurs, il a été montré que le débit cardiaque augmentait proportionnellement avec l'intensité de l'exercice par l'augmentation de la fréquence cardiaque [5]. Celle-ci peut atteindre 200 à 240 cycles par minutes, le remplissage ventriculaire est donc très court, 60 milli secondes, ce qui peut expliquer que le volume d'éjection systolique soit peu modifié [5]. Ainsi, le débit cardiaque du cheval peut augmenter de plus de 350 L/min lors d'exercice intense grâce à son énorme capacité de réserve au niveau du cœur [40]. Il diminue considérablement lorsque la température extérieure est élevée du fait de la diminution du volume plasmatique causée par les nombreuses pertes liquidiennes induites par la transpiration, et qui survient lors d'effort prolongé [49].

L'entraînement en endurance semble induire l'augmentation du volume plasmatique, et donc permettrait le maintien du débit cardiaque au cours de l'effort prolongé, et ainsi améliorerait la thermorégulation. Les chevaux d'endurance de haut niveau présentent alors parfois une diminution de la valeur de l'hématocrite avec l'entraînement sans qu'il y ait de diminution du nombre de globules rouges et de l'hémoglobinémie [14].

Par ailleurs, le Docteur Pierre Cazes explique que la capacité cardiaque d'un cheval est définie au départ, et que les fréquences cardiaques de repos et maximale ne sont pas modifiées avec l'entraînement. En revanche, la fréquence cardiaque au cours de l'effort est significativement modifiée par l'entraînement puisque pour une intensité d'effort donné, elle

est d'autant plus basse que le cheval est entraîné. De plus, la vitesse à laquelle la fréquence cardiaque maximale est atteinte augmente avec l'entraînement [5].

L'entraînement permet également d'agir sur la physiologie générale de l'animal, notamment sur la vascularisation et sur les grands équilibres électrolytiques.

e. Le système respiratoire

Le cheval présente une hypoxémie à l'effort modéré, et une hypercapnie lors d'effort intense. Certaines hypothèses au niveau de la ventilation, de la diffusion des gaz et des pressions artérielles et veineuses ont été avancées pour essayer d'expliquer ces phénomènes [5].

Lors d'un effort intense, le volume d'air ventilé par minute est multiplié par trente, ce qui est permis par une élévation de la fréquence respiratoire. On peut s'interroger sur l'efficacité de la ventilation alvéolaire dans de telles conditions. Cette adaptation est propre aux mammifères qui, au galop, présentent un couplage entre la fréquence respiratoire et la fréquence des foulées. Le mouvement de balancier de l'encolure et les muscles abdominaux assistent le travail des muscles respiratoires et permettent donc d'augmenter le nombre de mouvements respiratoires [5].

De plus, le cheval présente des particularités anatomiques et fonctionnelles qui font que les forces mécaniques respiratoires mises en jeu lors d'un effort sont très importantes et sont coûteuses en énergie [5].

L'hypoxémie et l'hypercapnie d'effort semblent alors être un compromis pour minimiser les pertes énergétiques causées par la respiration en dépit de l'homéostasie des gaz sanguins artériels [5].

A l'effort, on observe également chez le cheval une augmentation de la pression artérielle pulmonaire. La pression moyenne pouvant passer de 30 mmHg à 90 mmHg lors d'un effort intense. Ceci est incriminé dans l'apparition d'hémorragies pulmonaires induites à l'effort, mais cette affection est peu rencontrée en endurance [5] [48].

Il a été montré que l'entraînement n'améliore pas la fonction pulmonaire qui devient alors le facteur limitant des performances du cheval. Toutefois, tout est lié : si le muscle est rentable, il sera mieux irrigué et le muscle cardiaque sera préservé. Ainsi, en améliorant le fonctionnement global du corps de l'athlète, on améliore du même coup ses performances musculaires, cardiaques et respiratoires. Une meilleure récupération après l'effort peut alors être objectivée [5].

2. Nature des troubles

Les chevaux d'endurance sont de véritables athlètes à qui l'on demande des efforts très importants aussi bien sur le plan physique, moral, que physiologique. Bien préparé, ils ont moins de risque de développer des troubles du métabolisme. Parfois, l'effort demandé est tellement important qu'ils décompensent à un moment donné de la course. Il s'agit donc de déceler les symptômes le plus tôt possible afin de mettre rapidement un traitement palliatif en place.

Les principales affections rencontrées lors de courses d'endurance sont de deux sortes : on distingue les affections systémiques dites métaboliques, et les boiteries. Parfois les deux affections sont liées.

a. Les boiteries

Les boiteries apparaissent généralement lorsque les conditions de terrain sont difficiles. Un terrain caillouteux est traumatisant pour l'appareil ostéo articulaire, alors qu'un terrain boueux et profond sera éprouvant pour l'appareil tendineux. De plus, certaines affections systémiques se traduisent dans un premier temps par une boiterie ; c'est le cas par exemple pour la rhabdomyolyse d'effort et la fourbure.

i. Fourbure

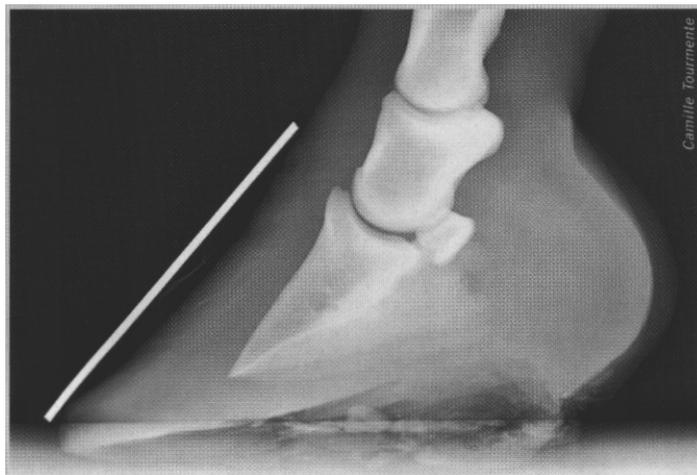
➤ Etiopathogénie

La fourbure est une affection du pied qui semble résulter, en endurance, de facteurs mécaniques par des contusions répétées sur des sols durs, et de facteurs métaboliques avec une modification de l'irrigation sanguine dans le pied. En effet, la fourbure aiguë peut être considérée comme la réaction de l'organisme à l'intoxication violente par les catabolites issus de l'effort, majorée par l'hypoxie, l'augmentation de la viscosité sanguine liée à la déshydratation, et l'hémoconcentration provoquée par la splénocontraction. De plus, la déshydratation induit, en partie, un arrêt du transit digestif pouvant entraîner la libération d'endotoxines à l'origine de fourbure. L'augmentation du cortisol et des catécholamines circulants lors de l'effort induisant une vasoconstriction périphérique peut aussi en être à l'origine [8] [40] [51].

Le podophylle n'est alors plus correctement irrigué et oxygéné. Il s'ensuit une nécrose tissulaire à l'origine d'une inflammation, d'un œdème et d'un désengrènement du podophylle avec le kéraphylle. Si la nécrose est dorsale, la phalange distale bascule dans la boîte cornée, elle est retenue par le tendon perforant et risque de perforer la sole. Si la nécrose touche l'ensemble du tissu, la phalange distale descend alors en bloc, elle comprime le tissu velouté jusqu'à la nécrose secondaire de la fourchette.

L'étiopathogénie de la fourbure est illustrée sur la Figure 13 de la page 50.

Illustration 1 : Radiographie d'un basculement de la 3^{ème} phalange lors de fourbure [Photo : Dc Camille Tourmente].



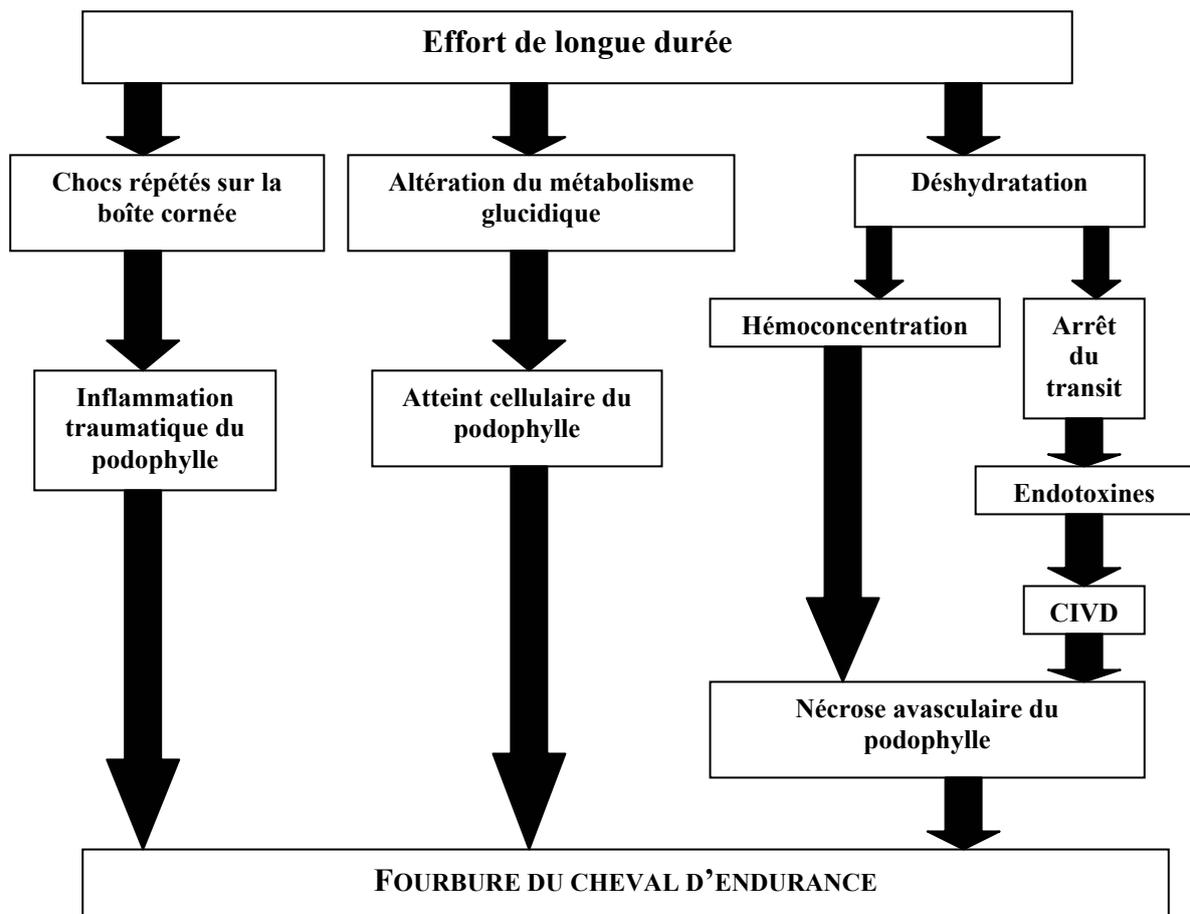
➤ Symptômes

Dans tous les cas, cette affection est très grave puisqu'elle peut conduire à une décision d'euthanasie. C'est un mécanisme qui évolue très rapidement. Le vétérinaire doit alors être vigilant et déceler les premiers symptômes afin d'agir au plus vite. Souvent les premiers signes sont assez frustrés. Le cheval est inconfortable, il piétine, et le pouls digité est perceptible. Généralement la fourbure aigue se met en place dans les 24 à 36 heures après l'arrêt de l'effort. Elle atteint en général les deux antérieurs mais les quatre membres peuvent être touchés. Le cheval a une position caractéristique, il est campé ou voûté dans le but de reporter son poids sur les talons afin de soulager la pince. Il peut également se mettre en décubitus lorsqu'il n'arrive plus à se soulager. Il a beaucoup de difficultés pour se déplacer, et peut rester immobile. Le pouls digité est frappé, les pieds concernés sont chauds et douloureux à la pince exploratrice [51] [8].

➤ Traitement

Le traitement consiste à ne pas bouger le cheval, à lui poser des supports sous la fourchette, à le placer sous perfusion au besoin, et à lui administrer des anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) pendant plusieurs jours. Les transports longs après l'effort sont des facteurs prédisposant aux fourbures retardées [8].

Figure 13 : Etiopathogénie de la fourbure chez le cheval d'endurance [51]



ii. Myopathie d'effort

Au niveau musculaire, les chevaux d'endurance peuvent présenter des lésions de type contusion, rupture musculaire, tendinites, ou des myopathies métaboliques. Ces dernières constituent une des principales causes d'élimination [48] [59]. Il semblerait que les jeunes chevaux et notamment les femelles soient plus affectés [21] [41]. La race est également un des facteurs favorisants [21]. Mais des prédispositions individuelles portant sur les propriétés musculaires entrent aussi en compte [10] [41].

➤ Etiopathogénie

Les myopathies d'effort ou rhabdomyolyses (= dissolution des fibres musculaires) ont une origine mal connue [8]. Elles résultent d'une nécrose ischémique des fibres musculaires. Elles sont de gravité variable. On suppose que l'association de l'épuisement, du choc thermique, de l'intensité de l'effort, et de la déshydratation en est à l'origine. Le déséquilibre potassique dû à la déshydratation semble aussi être un facteur favorisant de l'apparition d'affections musculaires. A cela s'ajoute l'hypoglycémie, qui s'installe une fois l'épuisement des réserves musculaires glycogéniques, à l'origine des crampes musculaires et, comme on l'a vu précédemment, de la nécrose cellulaire et de la libération d'enzymes et de myoglobine [6] [21] [28] [41] [73].

➤ Symptômes

Dans les cas de gravité modérée, le cheval a une démarche raide avec des masses musculaires fermes. Il se déplace peu. En revanche, lorsque les lésions sont sévères, le cheval transpire beaucoup et il présente de l'hyperthermie. Les muscles concernés, en général les muscles de la région dorsolombaire et ceux de l'arrière main, sont chauds, indurés, oedématisés, et douloureux à la palpation. Le cheval peut aussi être en décubitus dans les cas les plus graves. Une myoglobinurie peut être observée. Les fréquences cardiaques et respiratoires sont augmentées. Parfois le cheval montre des signes de dépression [10] [21] [41].

Le diagnostic est facilement établi sur le plan biochimique puisque on relève une augmentation de la concentration des enzymes musculaires, CPK et AST, dans le sang. Les CPK ont un temps de demi-vie court et présentent un pic dans les 5 à 6 heures après le début d'apparition des signes cliniques. Les AST ont un temps de demi-vie de 14 jours et leur concentration augmente plus tardivement avec une concentration plasmatique maximale dans les 24 heures. Le suivi de la concentration plasmatique de ces enzymes dans le temps permet d'objectiver la guérison [6] [41].

➤ Traitement

Le cheval est essentiellement mis au repos, surveillé et perfusé en grande quantité. Il reçoit aussi des AINS pour soulager la douleur [7] [8].

Il existe également des rhabdomyolyses d'effort dites « classiques » qui sont essentiellement dues à des erreurs alimentaires grossières. Elles surviennent en début de parcours ; le cheval s'arrête sur la piste et présente des symptômes similaires.

iii. Crampe et dorsalgie

D'autres troubles locomoteurs peuvent apparaître. C'est le cas des crampes ou myosites localisées. Elles sont la principale cause d'élimination pour boiterie postérieure. Elles concernent généralement les muscles fessiers, les muscles psoas, les muscles semi-membraneux et semi-tendineux [51]. Souvent elles sont détectées lors d'un réexamen. Elles sont dues à l'hypocalcémie responsable de fasciculations et de contractions involontaires des muscles [41]. Elles rétrocedent avec le repos, et comme elles ne sont pas dues à des lésions musculaires, il n'y a pas d'augmentation des CPK [10].

Des dorsalgies, plus difficiles à objectiver, sont également causes de boiterie. Elles font le plus souvent suite à un problème de harnachement ou d'équitation [51].

iv. Contusions de pieds

Les chevaux d'endurance, par la dureté des sols et l'irrégularité des terrains sur lesquels ils concourent, peuvent avoir des contusions au niveau des pieds. Ils peuvent présenter des bleimes et des hématomes sous-solaires qui sont souvent causés par la pose de plaques siliconées sous le pied. En effet, le sable peut s'accumuler et se tasser en pince provoquant alors des lésions de compressions. Des hématomes de paroi peuvent aussi apparaître plutôt en fin de course [51].

Les chevaux d'endurance sont également sujets à l'apparition de crevasses dans le creux des paturons du fait de l'association entre l'humidité, le sable, et les protections [51].

v. Lésions articulaires

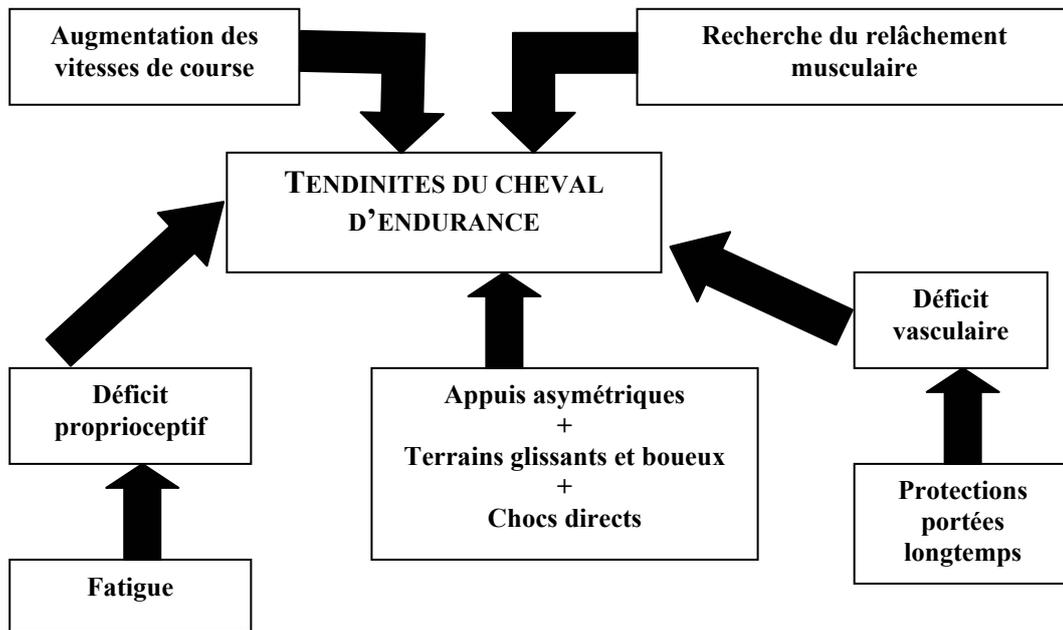
Au niveau articulaire, les synovites métacarpo phalangiennes sont fréquentes et apparaissent le soir ou le lendemain de l'épreuve. Les distensions synoviales, souvent bilatérales, sont accompagnées d'un engorgement des boulets. Elles sont dues à l'effort prolongé ; elles rétrocedent en quelques jours et sont le signe d'une souffrance articulaire [51].

Des polysynovites sont également possibles. Elles sont d'apparition assez brutale pendant la course ou immédiatement après, et sont associées à une vive douleur. Les symptômes ressemblent à ceux d'une fourbure. Elles peuvent par ailleurs en être le prodrome et sont à surveiller étroitement. Elles touchent les articulations des grassets, des jarrets, des carpes et des boulets. En général, si elles ne se compliquent pas, elles rétrocedent avec des AINS en moins de 24 heures [51].

vi. Tendinites

Enfin, lors du suivi orthopédique diverses affections peuvent être détectées. Il s'agit par exemple de l'arthrose, des tendinites des fléchisseurs, des desmopathies du ligament suspenseur du boulet, des suros, des éparvins etc [51]. On soulignera simplement que la prédominance des affections tendineuses fait suite à de nombreux critères synthétisés dans le Figure 14 suivante.

Figure 14 : Etiopathogénie des tendinites du cheval d'endurance [51]



Les deux affections locomotrices les plus préoccupantes chez le cheval d'endurance sont les myosites généralisées et la fourbure aiguë. Ces deux troubles associés à des lésions de l'appareil squelettique sont causés par des déséquilibres métaboliques.

b. Les troubles métaboliques

Les troubles métaboliques sont la conséquence directe de l'état de déshydratation du cheval suite à la production très importante de sueur qui assure l'essentiel de la thermorégulation. De plus, associées à ces pertes liquidiennes, on observe de nombreuses pertes électrolytiques à l'origine de déséquilibres hydro-électrolytiques.

Les déséquilibres hydro-électrolytiques peuvent apparaître lorsque les conditions climatiques sont difficiles avec une température extérieure élevée et une atmosphère humide. Des chevaux mal acclimatés ou ayant un poil épais sont aussi prédisposés. Ces déséquilibres apparaissent également lorsque les chevaux sont arrêtés en zone chaude et peu ventilée et lorsqu'ils présentent une déficience de la thermorégulation [38].

i. Déshydratation

➤ Etiopathogénie

La thermorégulation induit une déshydratation qui s'explique par l'évaporation de l'eau au niveau de la peau et des surfaces respiratoires. Le mécanisme de transpiration est le principal facteur mis en cause.

La déshydratation a des effets néfastes sur l'efficacité du travail aérobique, mais aussi sur la force musculaire. En effet, chez l'homme, une déshydratation supérieure à 3% dans un environnement thermique neutre, ou supérieur à 2% dans un environnement chaud suffirait à altérer l'efficacité du travail aérobique de 5% [57]. Aucune étude n'a été réalisée chez le cheval, mais on peut s'attendre à des résultats similaires. En effet, les chevaux d'endurance présentent fréquemment une déshydratation de 5% à la fin des courses.

Une étude de 1985 [70], a montré qu'au cours des 30 premiers kilomètres, la déshydratation du cheval est très importante. Puis, l'hémoconcentration se stabilise jusqu'aux 60 kilomètres suivants. L'animal faisant appel à son mécanisme d'épargne hydrique, il n'urine que très peu. Par la suite, l'hématocrite tend à retrouver sa valeur initiale. C'est pourquoi la maîtrise de l'état d'hydratation du cheval tout au long de la course est difficile mais essentielle.

La transpiration induit également des troubles électrolytiques :

⇒ Potassium : La concentration du potassium dans la sueur étant dix fois supérieure à celle dans le plasma, les pertes par la transpiration sont très élevées. De plus, l'élévation de la cortisolémie liée au stress pendant l'effort majore les pertes en K⁺ par la sueur et les urines [55]. Ces pertes se font dans un premier temps en diminuant la concentration plasmatique de potassium au profit de la concentration intracellulaire. Cela induit de la faiblesse, de la dépression, une diminution de la motilité intestinale, une paralysie flasque des muscles striés squelettiques, et une hyperexcitabilité des nerfs longs. L'hypokaliémie provoque également une vasoconstriction musculaire à l'origine d'une diminution de la perfusion et d'une mauvaise oxygénation des muscles.

Lorsque la concentration en potassium diminue dans les cellules, une altération des potentiels membranaires est observée, d'où une diminution du seuil d'excitabilité nerveuse, les cellules musculaires deviennent hyperexcitables, et on observe également des arythmies cardiaques. Le potassium représente donc un facteur limitant de l'effort d'endurance [55] [28].

⇒ Chlore : La transpiration augmente également les pertes en chlore lorsque l'effort est prolongé. Ces pertes correspondent à la somme des pertes en K⁺ et en Na⁺. Lorsque les pertes sont importantes, ce sont les ions bicarbonates (HCO₃⁻) qui sont réabsorbés au niveau des tubules rénaux, afin de maintenir l'anion-gap dans les valeurs normales. L'hypochlorémie est, avec l'hypokaliémie, la principale cause d'alcalose métabolique [55] [30].

$$\text{Anion-gap} = ([\text{Na}^+] + [\text{K}^+]) - ([\text{Cl}^-] + [\text{HCO}_3^-]) = 10 \text{ à } 20 \text{ mEq/L}$$

⇒ Sodium : La concentration sanguine en sodium reste normalement inchangée. En effet, les concentrations dans la sueur et le plasma sont équivalentes. De plus, en réponse à la déshydratation, des ions Na⁺ sont réabsorbés au niveau rénal contre des ions K⁺ et des protons H⁺.

Cependant, en cas de pertes importantes en sodium, l'homéostasie est perturbée, et l'appareil circulatoire est affecté entraînant une diminution de la pression artérielle, une augmentation de la fréquence cardiaque et une élévation du temps de recoloration capillaire. Une hémodilution peut également être observée par une prise augmentée de la boisson [23] [28] [55].

⇒ Calcium : L'hypocalcémie induite par la transpiration entraîne des modifications dans la diffusion du sodium dans les cellules nerveuses à l'origine d'une élévation de l'excitabilité nerveuse et donc de contractions musculaires involontaires. Les pertes sont également majorées par le stress [28] [55].

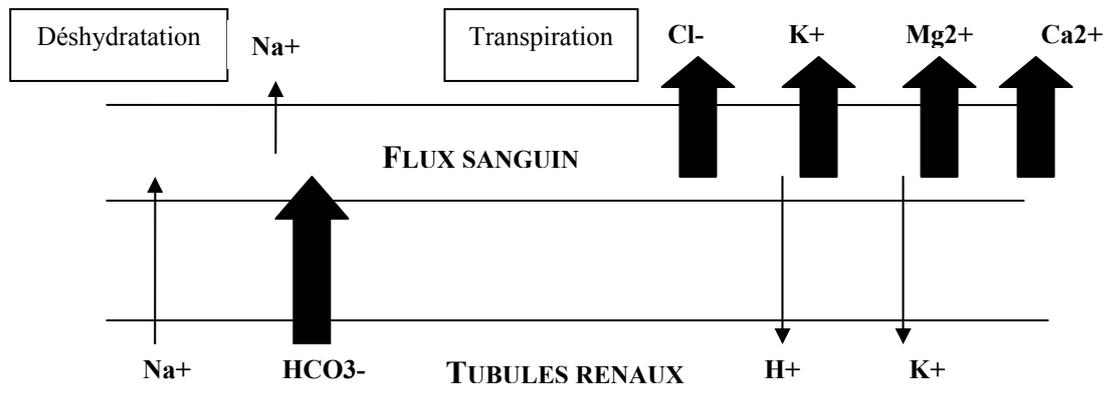
⇒ Magnésium : L'hypomagnésémie, lors d'une transpiration abondante, a pour effet de diminuer le potentiel de repos des cellules nerveuses ainsi que de modifier les mécanismes de régulation de l'acétylcholine qui intervient dans la conduction du message nerveux au niveau des jonctions neuromusculaires. D'où un risque d'hyperexcitabilité des cellules musculaires avec parfois des spasmes et des tétanies [28] [55].

⇒ Phosphore : Le taux plasmatique de phosphore a tendance à augmenter avec l'exercice car des résidus phosphates (P) sont libérés par les réactions de déphosphorylation de l'ATP, et parce qu'il est présent en faible quantité dans la sueur [55].

La thermorégulation induit également des troubles acido-basiques [55]:

Comme on l'a vu, le cheval d'endurance est exposé à l'alcalose métabolique qui s'explique par les mécanismes d'excrétion et de réabsorption des ions présentés dans la Figure 15.

Figure 15 : Les mouvements d'ions induits par la déshydratation et la transpiration



Le cheval d'endurance est également exposé à l'alcalose respiratoire lorsque les mécanismes de dissipation de la chaleur par la respiration sont enclenchés. La polypnée et l'augmentation de la ventilation alvéolaire entraînent une chute de la pression partielle en CO₂, et donc l'alcalose respiratoire [30] [55].

En revanche, les chevaux d'endurance sont peu exposés à l'acidose métabolique car leur métabolisme est essentiellement aérobie donc peu productif d'acide lactique et de protons [58].

Au niveau cardiaque, ces perturbations favorisent l'apparition de fibrillations auriculaires.

➤ Symptômes

Cliniquement, plusieurs degrés de déshydratation sont possibles :

- Une déshydratation légère correspond à un déficit hydrique de moins de 3% du poids vif du cheval [41]. Les muqueuses sont sèches, le volume d'urine émis est diminué, et l'élasticité de la peau, évaluée par la persistance du pli de peau, est réduite.
- Une déshydratation modérée correspond à un déficit hydrique d'environ 5% du poids vif du cheval [41]. La persistance du pli de peau est nettement supérieure à 2 secondes. L'animal est faible, le pouls est peu frappé, et la pression artérielle a chuté.
- Une déshydratation sévère correspond à un déficit hydrique de 10% du poids vif du cheval [41]. Les troubles de l'appareil circulatoire sont marqués. Le volume plasmatique a diminué et présente des déséquilibres électrolytiques. Les crottins sont secs et émis en faible quantité.

➤ Traitement

Le traitement consiste à réhydrater le cheval par une perfusion de Ringer Lactate, et par l'administration de réhydratants oraux par la sonde naso-œsophagienne si le transit est présent [8].

ii. Coup de chaleur

➤ Etiopathogénie

Le coup de chaleur est également un trouble rencontré lorsque la température extérieure et l'hygrométrie sont élevées [9]. Une mauvaise acclimatation du cheval peut aussi en être à l'origine. Il fait souvent suite à une déficience de la thermorégulation. La chaleur issue du métabolisme et celle émise par l'environnement excèdent la quantité de chaleur pouvant être éliminée par la thermorégulation. Les mécanismes sont dépassés, les besoins du métabolisme énergétique aérobie ne cessent d'augmenter. La consommation d'oxygène augmente de 10% par degré Celsius [41]. Au-delà de 41°C, l'apport en oxygène par la respiration ne suffit plus, et les cellules souffrent d'hypoxie [10].

➤ Symptômes

Le cheval est fatigué, déprimé, en hyperthermie. Il est en tachypnée et en tachycardie, le pouls est faible, les muqueuses sont congestionnées et le temps de recoloration capillaire est augmenté. Il peut également transpirer beaucoup ou au contraire être sec lorsqu'il est en anhidrose. L'anhidrose résulte de la diminution graduelle de la production de sueur par les glandes sudoripares qui ont été stimulées pendant longtemps [40]. Des troubles nerveux comme de l'ataxie, des syncopes ou des convulsions sont possibles. La mort peut être l'issue [27] [41].

➤ Traitement

Le cheval doit être mis à l'ombre et douché abondamment à l'eau froide. Il faut veiller à ne pas le doucher complètement avec de l'eau glacée au risque d'induire une vasoconstriction réflexe des vaisseaux cutanés ce qui empêcherait la conduction de chaleur du centre vers la périphérie. Il peut être perfusé avec du Ringer lactate ou avec du NaCl à 0,9% [8].

iii. Syndrome d'épuisement

➤ Etiopathogénie

Au vu de l'effort qu'on lui demande, un des troubles fréquemment rencontré chez le cheval d'endurance est le syndrome d'épuisement. Cette « fatigue métabolique » est également retrouvée sur des épreuves de cross ou lors de chasse à courre qui demandent des efforts de longue haleine. C'est un phénomène global qui résulte de l'association de plusieurs troubles liés à l'effort. Il fait suite à la déplétion des réserves lipidiques et glycogéniques, à la déshydratation massive, aux déséquilibres hydro électrolytiques, à l'alcalose métabolique, et à la perte de calcium et de magnésium. Les principales conséquences sont dues à des troubles de la circulation et à des modifications de la composition sanguine [10] [11] [30] [41].

➤ Symptômes

Le cheval est désorienté et léthargique. Il présente de l'hyperthermie ($T^{\circ}\text{C} \gg 40^{\circ}\text{C}$). Les fréquences cardiaque et respiratoire sont augmentées ($\text{FC} > 80 \text{ bpm}$). Un phénomène d'inversion du rapport FC/FR est possible (la fréquence respiratoire devient supérieure à la fréquence cardiaque). Les muqueuses sont congestionnées, le temps de recoloration capillaire est augmenté. Le cheval ne mange plus, le transit digestif est très ralenti, et le sphincter anal est atone. Le cheval est également très déshydraté avec une perte d'élasticité cutanée, des muqueuses sèches, un mauvais remplissage jugulaire, une transpiration réduite, des crottins secs, et de l'anurie. Il peut présenter des crampes musculaires, et refuser de se déplacer [8] [10] [27] [30].

➤ Traitement

Le cheval doit être mis au repos, douché, perfusé avec une complémentation en potassium, glucose, gluconate de calcium, et recevoir des AINS. Si le cheval n'est pas traité à temps, l'issue peut être fatale suite à l'apparition de lésions hépatiques, rénales, musculaires, digestives ou cardiaques irréversibles [8] [30].

iv. Flutter diaphragmatique

➤ Etiopathogénie

Parfois, le cheval épuisé peut présenter du flutter diaphragmatique. C'est le résultat d'une contraction du diaphragme synchrone de la contraction cardiaque et concordant avec la dépolarisation atriale. Le flutter peut être uni ou bi latéral. Il fait suite à un déséquilibre hydro-électrolytique avec alcalose métabolique, hypochlorémie, hypokaliémie, hypocalcémie, et hypomagnésémie. Les troubles ioniques provoquent l'hyperexcitabilité du nerf phrénique qui, passant à proximité des atria, est stimulé lors de leur dépolarisation. Le stress induit une élévation du taux de cortisol à l'origine d'une accentuation des divers déséquilibres ioniques. Il amplifie donc le risque d'apparition de flutter diaphragmatique [8] [21] [34] [41] [71].

➤ Traitement

La correction se fait par une perfusion de Ringer lactate et de gluconate de calcium 20%. Le flutter ne met pas en danger la vie de l'animal, mais c'est un bon indicateur de déséquilibres métaboliques et d'un épuisement imminent [8] [41]. Il survient généralement lors de la deuxième moitié de la course [34] [40].

v. Colique

➤ Etiopathogénie

Lors de grande fatigue ou de coup de chaleur, le cheval d'endurance peut avoir des coliques de fatigue souvent dues à un iléus paralytique. Les impactions de colons sont moins fréquentes. Le cheval est inconfortable, gratte au sol, se roule, se regarde les flancs, etc. Ces coliques font suite à une hypoxémie et un début de nécrose viscérale. Elles sont la conséquence, comme on l'a vu précédemment, d'un détournement de la circulation sanguine en priorité vers les muscles, pour leur apporter de l'oxygène et des nutriments indispensables à l'effort, et vers la peau pour assurer la thermorégulation. L'organisme, en plus des

modifications de la viscosité du flux sanguin et de la masse sanguine, oriente donc la circulation vers les organes qui contribuent pleinement à l'effort et à son maintien au détriment des organes digestifs. Ces coliques peuvent aussi réapparaître lors de la reperfusion des viscères une fois le cheval au repos [8] [10] [41].

Parfois de la diarrhée peut y être associée. Elle fait suite à l'arrêt du transit et elle est causée par une malabsorption et une fermentation des aliments dans le colon [8] [41].

➤ Traitement

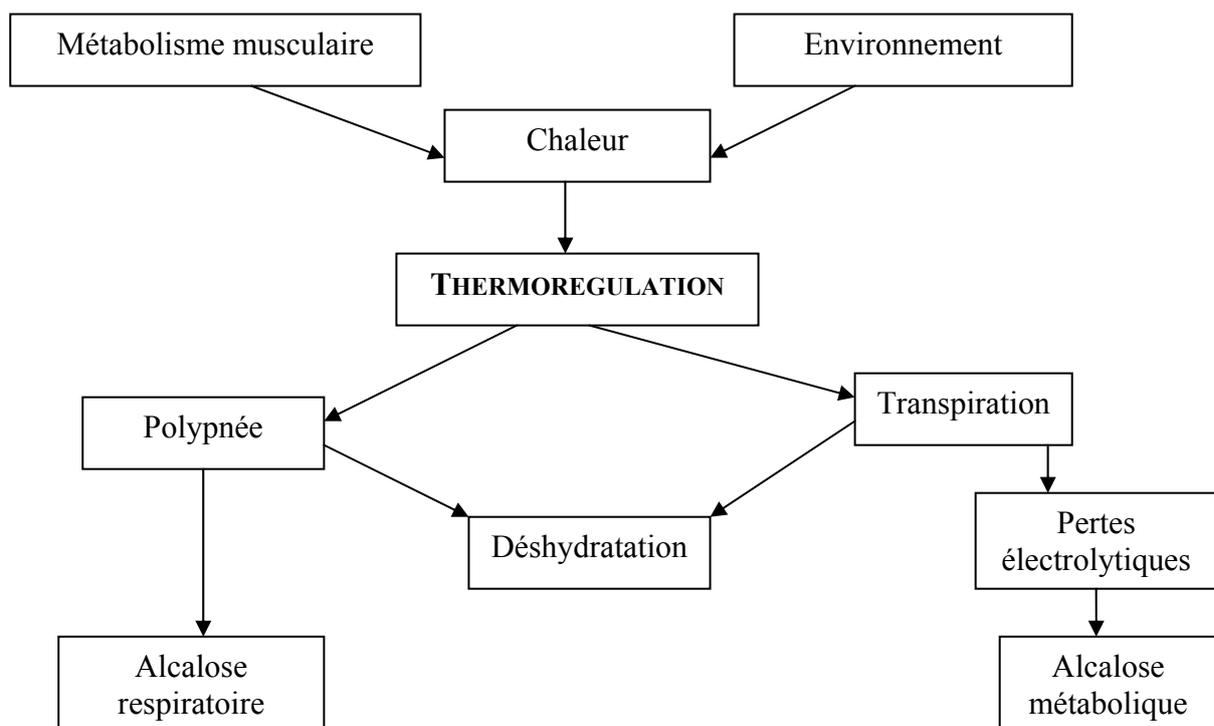
L'animal est perfusé pour rétablir la volémie et la circulation centrale, il reçoit des antalgiques, et des tranquillisants [8].

vi. Troubles rénaux

Le cheval d'endurance peut aussi présenter des troubles rénaux causés par la diminution du débit sanguin au niveau des reins lors d'un effort prolongé, par l'hypokaliémie induite par la déshydratation qui entraîne une dégénérescence des cellules des tubes distaux, et par la toxicité de la myoglobine et de l'hypoxanthine relarguées par les cellules musculaires lors d'atteinte musculaire [48]. Des lésions irréversibles peuvent alors survenir et compromettre la carrière sportive future du cheval.

Finalement, les mécanismes de la thermorégulation, transpiration et polypnée thermique, bien qu'indispensables à la survie du cheval ne sont pas sans effets néfastes puisqu'ils induisent des déséquilibres hydro-électrolytiques et acido-basiques eux-mêmes responsables de nombreux troubles métaboliques caractéristiques du cheval d'endurance. Ces notions sont schématisées dans la Figure 16.

Figure 16 : Conséquences schématiques des mécanismes de la thermorégulation [12] [41]



Les troubles métaboliques chez le cheval d'endurance apparaissent également après l'épuisement des réserves énergétiques et lorsque le fonctionnement musculaire est modifié.

3. Fréquence

Comme cela a été expliqué précédemment, les chevaux qui effectuent des courses d'endurance peuvent être éliminés à n'importe quel moment de la course par le jury si lors de l'un des contrôles vétérinaires réglementaires, ils présentent des signes d'altération de l'état général. Ces contrôles ont pour but de préserver la santé de l'animal, et de ne pas compromettre sa carrière sportive ultérieure. Les motifs d'élimination se classent en deux catégories qui sont les boiteries ou les troubles métaboliques. Les cavaliers ont aussi la possibilité d'abandonner la course.

a. Les motifs d'élimination

D'après la littérature et les statistiques calculés sur les épreuves de 2006 en France, le taux d'élimination sur les courses de niveau CEN et CEI est de 50% en moyenne [4] [13] [41] [48]. Ce taux d'élimination a tendance à augmenter sur les raids de 2 jours [13], et lorsque les courses se déroulent l'été [48].

La proportion des différents motifs d'élimination est également relativement constante sur ce même type d'épreuve. Ainsi, en moyenne, 30% des chevaux sont éliminés pour boiterie, 10 à 15 % pour raison métabolique, et 5 à 10% suite à un abandon du cavalier [48].

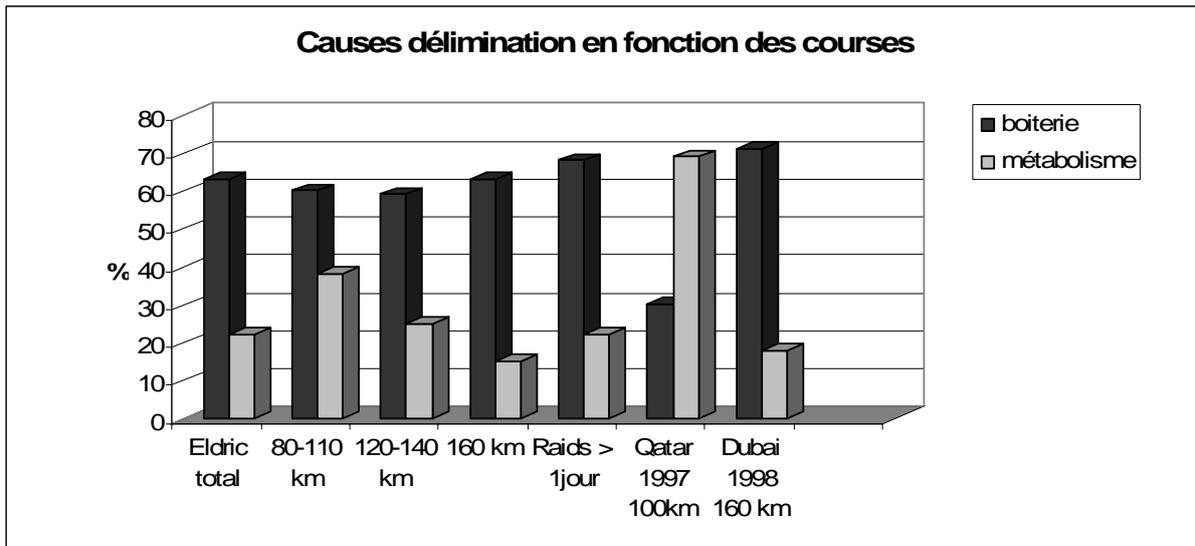
Les boiteries sont la principale cause d'élimination sur les courses d'endurance de haut niveau. L'apparition de boiteries éliminatoires est plus fréquente sur les courses de longues distances et notamment sur les raids de plusieurs jours [13] [48]. Cela peut s'expliquer par la forte sollicitation de l'appareil musculo-squelettique compte tenu des variations de terrain, des sols irréguliers, des chocs répétés sur les membres et de l'intensité de l'effort demandé [48].

Par ailleurs, des études ont montré que la proportion de chevaux éliminés pour boiteries variait peu sur des courses de 80 à 160 km qui se déroule en une journée [13] [48]. Ces résultats sont illustrés dans la Figure 17.

Généralement, les chevaux qui sont éliminés à cause d'une boiterie le sont en début de course, lors des premiers contrôles, sûrement parce que les affections locomotrices apparaissent rapidement après le début d'un effort [48].

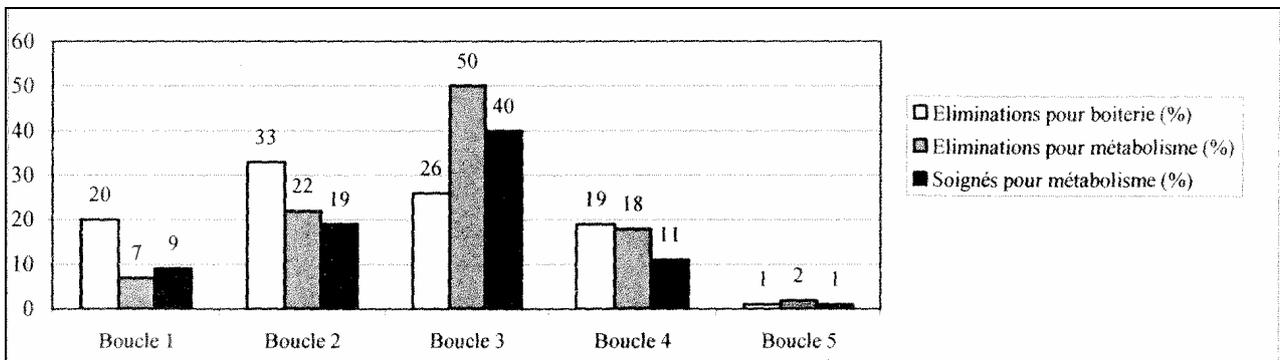
En revanche, la proportion de chevaux éliminés pour raison métabolique est moins importante que la proportion de chevaux éliminés pour boiterie. Cependant, elle n'est pas négligeable, et on observe de grandes variations selon les courses qui peuvent être dues aux conditions climatiques et à la difficulté des épreuves [48]. Il semblerait que l'occurrence de troubles métaboliques se fait sur les courses de distance plus courtes de 110 à 130 km comme le montre la Figure 17 [13] [48].

Figure 17 : Causes d'élimination en fonction des courses [13]



Les éliminations pour trouble métabolique apparaissent en milieu et fin de course car les déséquilibres physiologiques s'installent progressivement et n'apparaissent pas dès le début de l'épreuve comme le montre la Figure 18 [41]. Ces sont des affections comme nous l'avons décrit précédemment très sérieuses pouvant parfois conduire à la mort de l'animal.

Figure 18 : Répartitions des éliminations et des soins selon l'avancement de la course [44]



Enfin, il semblerait que la saison, notamment l'été, ait un impact sur les raisons d'élimination puisque c'est au mois de juin et de juillet que les chevaux sont plus affectés par des dysfonctionnements métaboliques [48].

Il est important de souligner que parfois il est difficile pour le vétérinaire de distinguer une boiterie d'un trouble métabolique comme par exemple lors de fourbure ou de myopathie d'effort.

b. Les affections diagnostiquées

Les statistiques les plus récentes montrent qu'environ 10% des chevaux participant à une épreuve de longue distance nécessitent des soins vétérinaires généralement suite au développement d'une affection métabolique [41]. Ces affections apparaissent, comme nous l'avons précisé dans le paragraphe précédent, en fin de course à partir du 2ème et 3ème

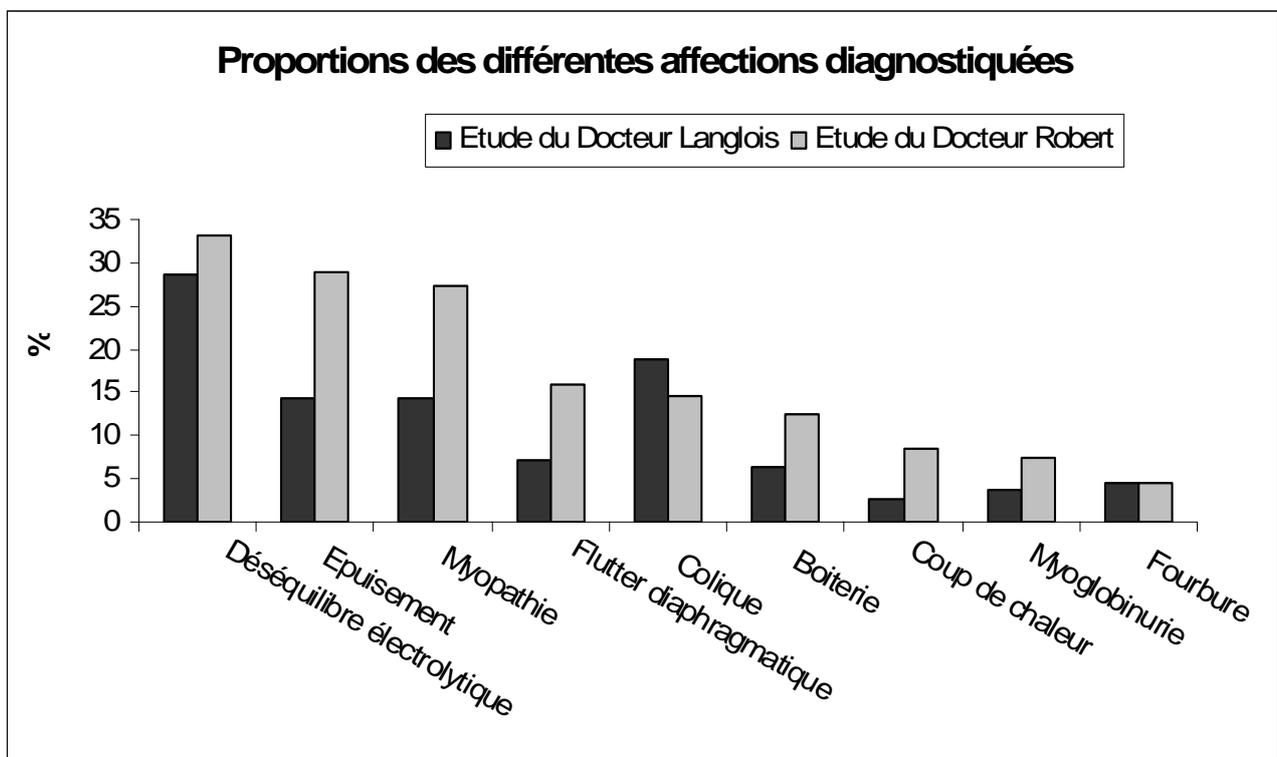
contrôle vétérinaire. Mais certains chevaux ayant pris part à l'épreuve et s'étant classés développent des affections surtout métabolique quelques heures après leur arrivée. Cela confirme l'idée que de nombreux troubles n'apparaissent que tardivement et ne peuvent pas être dépistés lors des derniers contrôles [41].

Par ailleurs, le travail de thèse du Docteur Langlois a montré qu'il existait des facteurs de risque de développement de troubles métaboliques chez les chevaux d'endurance. Ainsi, il semblerait que les juments en chaleur, les chevaux âgés, les chevaux trop lourds ou trop gras, et ceux manquant d'expérience soient plus exposés à ce type d'affection [44]. De plus, tout ce qui pourrait nuire au fonctionnement des mécanismes de thermorégulation pourrait également augmenter le risque d'apparition de tels troubles [41].

Les principaux symptômes recensés par les vétérinaires sur les chevaux nécessitant des soins sur les épreuves d'endurance sont la fatigue, la déshydratation et les signes de coliques, qui apparaissent très fréquemment. Les troubles digestifs, locomoteurs et musculaires sont tout aussi importants mais ils sont moins fréquents [41].

Les cinq dominantes pathologiques diagnostiquées sur ces chevaux sont les déséquilibres hydroélectriques, les coliques, les syndromes d'épuisement, les myopathies et le flutter diaphragmatique [41] [59]. Elles représentent 80% des affections diagnostiquées et sont illustrées dans la Figure 19.

Figure 19 : Proportion des différentes affections diagnostiquées [d'après l'étude des Docteurs Robert [63] et Langlois [41]]



Environ 30% des chevaux soignés de l'étude du Docteur Langlois ont montré des signes cliniques de gravité marquée à sévère, alors que plus de la moitié des chevaux soignés ne présentaient que des troubles légers à modérés qui s'amélioreraient assez rapidement une fois les soins instaurés. Cependant, environ 15% des chevaux traités ont dus être référés dans des

cliniques proches spécialisées. Ceci montre l'importance du suivi clinique des chevaux le soir et le lendemain de la course [41].

Ainsi, le rôle du vétérinaire lors des courses d'endurance est essentiel pour arrêter les chevaux qui ne sont plus en condition pour terminer la course. Leur rôle est également de prévenir les troubles graves de la santé du cheval avant que celui-ci n'ait besoin de l'administration de soins. Il est clair que le public est sensible à ce type d'intervention, et actuellement trop de chevaux nécessitent encore des soins vétérinaires. Cependant, il est parfois difficile de détecter les affections suffisamment tôt dans la course pour éviter les troubles graves et parfois irréversibles.

Pour effectuer un effort soutenu de plusieurs kilomètres, l'organisme du cheval d'endurance travaille en aérobiose. Bien que très rentable sur la durée, le métabolisme aérobie est un gros producteur de chaleur. Le cheval d'endurance doit donc lutter en permanence contre une élévation de la température corporelle qui pourrait avoir de graves conséquences, il utilise pour cela des mécanismes de thermorégulation dont le principal est la transpiration per cutanée. Cette importante production de sueur entraîne l'apparition de déséquilibres hydro électrolytiques à l'origine de nombreuses affections métaboliques.

Ainsi, bien que les boiteries soient les premières causes d'élimination sur les épreuves d'endurance, les affections métaboliques du cheval d'endurance sont fréquentes et peuvent avoir de graves conséquences si elles ne sont pas traitées suffisamment tôt.

Dans le but de prévenir plus tôt l'apparition d'affections métaboliques ou locomotrices graves nécessitant la mise en place d'un traitement sur des chevaux lors d'épreuve d'endurance, une enquête analytique a été réalisée à partir de données fournies sur des épreuves de niveau national courues en France en 2003 et 2004. Cette étude est présentée dans la troisième et dernière partie de notre travail.

Partie III – ENQUETE ANALYTIQUE

III- ENQUETE ANALYTIQUE

1. Présentation de l'étude et de ses objectifs

Comme nous l'avons vu précédemment, l'endurance équestre est une discipline contraignante et éprouvante physiologiquement pour les chevaux, surtout à partir des épreuves de niveau national dont les distances parcourues sont au minimum de 90 km. Trop nombreux sont, encore actuellement, les chevaux qui sont sollicités au-delà de leurs limites et qui nécessitent des soins pendant, ou à la fin des épreuves.

L'objectif de notre étude est de déterminer si, lors des premiers contrôles vétérinaires, certains paramètres de l'examen sont modifiés chez les chevaux qui développent des troubles métaboliques ultérieurement sur la course. L'existence de tels signes d'appel permettrait d'améliorer la précision des contrôles vétérinaires, et de dépister plus précocement les chevaux à risque avant qu'ils ne développent des troubles nécessitant des soins d'urgence.

Pour cela, une étude analytique rétrospective de type « cas/témoins » a été réalisée sur une population de chevaux ayant nécessité des soins pendant des courses d'endurance de niveau national. Le but de cette étude est d'objectiver des différences lors de l'évaluation des paramètres cliniques, au moment des contrôles vétérinaires, entre des chevaux qui ont nécessité des soins et des chevaux qui ont terminé correctement leur course. Cette étude vise également à déterminer à quel moment de la course ces différences apparaissent et sont significatives.

2. Matériel et méthodes

a. Recueil des données

Pour réaliser cette étude, de nombreuses données ont été recueillies, en provenance de quatre sources :

i. Enquête épidémiologique

De 2002 à 2004, une vaste enquête épidémiologique a été menée sur les CEI en France. Il a été demandé aux cavaliers engagés sur ces épreuves de remplir un questionnaire sur les caractéristiques de leurs chevaux (âge, race, taille, poids ...), leur carrière, et leur gestion (alimentation, entraînement ...). Plus de 1000 questionnaires ont ainsi été recueillis sur une vingtaine de courses. Leur analyse détaillée a fait l'objet d'une autre thèse [41].

ii. Feuilles de soins

Sur les mêmes courses que précédemment, les vétérinaires traitant ont rempli une fiche pour tous les chevaux qu'ils ont soignés. Ainsi nous connaissons les symptômes, le diagnostic, le traitement et l'évolution des troubles métaboliques chez environ 120 chevaux de CEI.

iii. Fiches de contrôles vétérinaires

Sur certaines courses, nous avons récupéré les feuilles de synthèse vétérinaire. Ces fiches reprennent les paramètres des examens vétérinaires de chaque cheval à chaque contrôle vétérinaire (Annexe 2). Ces feuilles sont remplies par des secrétaires sous la dictée des vétérinaires qui réalisent les examens. Elles sont utilisées comme sauvegarde au cas où un cavalier perd sa carte. Ces fiches n'étaient disponibles que sur 6 des 20 courses citées ci-dessus.

iv. Données sur les courses

Enfin, les informations générales sur les courses ont été recueillies auprès des organisateurs :

- Liste des partants : numéro de dossard, nom du cavalier, nom, âge, race et sexe du cheval.
- Liste des classés et des éliminés avec leurs vitesse et temps d'attente à l'entrée dans l'aire de contrôle vétérinaire à chaque étape, et leur motif éventuel d'élimination.
- Caractéristiques des courses : date, conditions climatiques, distance de chaque étape, dénivelé.

b. Population d'étude

Parmi les nombreuses fiches d'enquête disponibles, seules celles recueillies sur certaines courses étaient exploitables. Nous avons ainsi retenu les courses pour lesquelles :

- les fiches de synthèse vétérinaire étaient disponibles et correctement remplies
- des feuilles de soins avaient été remplies
- les feuilles d'enquête épidémiologiques avaient été distribuées et remplies

Au final, 6 courses parmi les 20 initialement disponibles ont donc été retenues. La répartition géographique, la date et le niveau des épreuves concernées sont illustrés sur la Figure 20 de la page 69.

i. Chevaux soignés

La population étudiée est constituée de 2 groupes de chevaux : les chevaux soignés appelés « cas » et des chevaux classés et non soignés appelés « témoins ».

Au sein de chacune des courses, tous les chevaux ayant nécessité des soins pendant ou à la fin de l'épreuve ont été retenus. Nous disposons donc de 50 chevaux « cas » au total.

Pour réaliser notre étude analytique de type cas/témoins, la population de chevaux soignés doit être associée à une population de chevaux témoins qui a terminé la course avec succès afin d'essayer de dégager des différences au niveau des paramètres cliniques lors des contrôles vétérinaires.

ii. Chevaux témoins

Dans chacune des courses, on distingue 4 groupes de chevaux :

- Les chevaux qui ont nécessité des soins.
- Les chevaux qui ont terminé la course avec succès, qui se sont classés, et qui ont eu une bonne récupération après la course.
- Les chevaux qui ont été éliminés de la course sans avoir eu besoin de l'administration de soins.

Pour réaliser l'enquête, seuls les chevaux des deux premiers groupes, bien distincts, ont été retenus pour être comparés. Nous avons choisi d'associer un cheval qui a nécessité des soins avec deux chevaux témoins pour augmenter la puissance du test.

Ensuite, il a fallu définir des critères d'appariements. Pour cela, nous nous sommes appuyés sur l'enquête épidémiologique du Docteur Caroline Langlois qui a étudié de nombreux paramètres pouvant être des facteurs de risque pour des chevaux d'endurance effectuant également des courses de niveau CEI et CEN [41].

Le choix des critères n'a pas été facile à réaliser car de nombreux paramètres interviennent dans l'apparition de troubles métaboliques. Parmi les paramètres individuels et les paramètres portant sur la carrière du cheval, nous avons choisi de ne garder que ceux qui semblaient avoir le plus d'influence.

Les critères d'appariement retenus sont par ordre d'importance :

- 1- **La course** : les chevaux appariés ont réalisé la même course. Ceci exclut toutes les différences liées aux conditions climatiques qui, comme on l'a vu, jouent sur la thermorégulation et donc sur l'occurrence de troubles métaboliques. Cela exclut également les différences liées aux difficultés du parcours comme la nature du sol, l'irrégularité du terrain, et la présence de dénivelé. Enfin, cela exclut les différences liées à l'organisation de la course, à la vitesse minimum imposée, aux distances à effectuer etc.
- 2- **L'âge** : bien que plus expérimentés et mieux entraînés, les chevaux âgés sont plus sensibles à la fatigue des tendons et aux autres troubles locomoteurs [41]. Ils ont accumulé des séquelles des courses antérieures, et sont également moins ménagés par leur cavalier. En revanche, les animaux plus jeunes sont plus sensibles au stress, ce qui diminue leurs performances, ils sont moins entraînés et manquent d'expérience [41].
- 3- **Le sexe** : Il a été montré que les femelles sont plus sensibles à la fatigue : les juments en chaleur semblent notamment être moins performantes [41].
- 4- **La race** : les purs sangs arabes sont très bien adaptés à ce type d'épreuve aussi bien par leur morphologie car ils sont petits, plutôt maigres, avec des membres fins et secs, que par leurs allures rasantes et économiques [41].
- 5- **La fatigue accumulée** : Il semblerait que les chevaux ayant couru moins de deux épreuves importantes dans l'année soient moins fatigués et donc moins susceptibles de développer des troubles métaboliques pendant la course que ceux ayant déjà couru deux grosses épreuves [41].

L'expérience du cavalier a été exclue dans le choix des critères d'appariement car, en général, les chevaux qui réalisent plus de deux grosses épreuves dans l'année sont montés par des cavaliers professionnels qui savent bien gérer leur monture. De plus, aucun lien n'a été

mis en évidence entre l'expérience du cavalier ou la connaissance de sa monture et le taux d'apparition de troubles métaboliques [41].

Les paramètres liés à l'entretien des chevaux, comme par exemple le rationnement ou le changement d'alimentation, et les paramètres liés à la préparation et au déroulement des épreuves, comme par exemple le temps de trajet, l'acclimatation au lieu de la course, et la distribution des repas sur la course, n'ont pas été pris en compte. En effet, dans l'étude du Docteur Caroline Langlois, ces paramètres ne semblent pas significativement influencer l'apparition de désordres métaboliques.

Les caractères épidémiologiques des chevaux des deux groupes ont été confrontés à partir des feuilles d'enquête épidémiologique de manière à pouvoir les appairer selon les critères définis précédemment. Les chevaux pour lesquels plus de renseignements étaient disponibles ont été retenus en priorité.

L'étude a donc été réalisée à partir de 50 chevaux « cas » et 100 chevaux « témoins ». Le tableau avec les chevaux concernés, leurs caractéristiques et leurs critères d'appariement est disponible en Annexe 3.

Les paramètres cliniques de ces chevaux relevés sur les feuilles de suivi clinique et sur les feuilles de résultats ont ensuite été répertoriés pour pouvoir les comparer (Annexe 4).

c. Analyse des données

i. Paramètres retenus

Les paramètres retenus pour la comparaison des chevaux « cas » et « témoins » sont :

- la fréquence cardiaque (FC),
- la fréquence respiratoire (FR),
- la couleur des muqueuses oculaires (MO),
- le temps de recoloration capillaire (TRC),
- la persistance du pli de peau (Pli de Peau),
- la qualité du transit (Transit),
- la qualité des allures (Allures).

A ces paramètres cliniques habituellement contrôlés, s'ajoutent :

- le temps d'attente d'entrée dans l'aire de contrôle (Temps d'entrée au Vet) qui permet d'objectiver le temps de récupération du cheval et donc son état de fatigue
- la vitesse moyenne de la boucle (Vitesse moy boucle) pour déterminer où se situe le cheval par rapport à ses concurrents.

Tous ces paramètres ont été étudiés dans la mesure du possible, avant la course, à chaque contrôle intermédiaire et à l'examen final.

Ces différents paramètres appelés « facteurs de santé » pourraient représenter des signes d'appel d'apparition de troubles métaboliques pouvant entraîner la nécessité de soins pendant ou à la fin d'une épreuve.

ii. Valeurs limites

Pour exploiter les données, nous avons fixé arbitrairement pour chaque paramètre clinique évalué un seuil au delà duquel l'animal est considéré comme à risque et en dessous duquel il est considéré comme normal.

➤ Fréquence cardiaque :

La valeur limite a été fixée à 60 bpm, valeur à partir de laquelle un test de Ridgway est intéressant à effectuer. Pour le contrôle initial, la limite a été fixée à 40 bpm car les chevaux sont examinés la veille de la course au repos et au calme.

➤ Fréquence respiratoire :

Elle est en pratique peu mesurée, et simplement notée normale ou élevée. Il n'y a donc pas été possible de fixer une valeur limite. En revanche, elle a été considérée comme potentiellement à risque dès qu'elle était estimée augmentée.

➤ Muqueuse oculaire :

La couleur des muqueuses oculaires est notée autour d'une valeur moyenne de ± 3 . Elle a été considérée comme potentiellement à risque dès que les muqueuses étaient congestives donc notées 4, ou pâles donc notées 2.

➤ Temps de recoloration capillaire :

La valeur limite pour le TRC se situe à 3 secondes.

➤ Pli de peau :

De la même manière, la valeur limite de la persistance du pli de peau se situe à 3 secondes.

Pour ces trois derniers paramètres, la part de la subjectivité du vétérinaire qui réalise l'examen est importante.

➤ Qualité du transit :

Le transit est considéré anormal dès qu'il est noté diminué ou nul.

➤ Qualité des allures :

Les allures sont notées A lorsqu'elles sont correctes, et B lorsqu'elles sont irrégulières. C'est donc ce dernier critère qui a été retenu comme facteur de risque.

➤ Temps d'attente à l'entrée de l'aire de contrôle vétérinaire :

Pour ce qui est du temps d'attente à l'entrée dans l'aire de contrôle, la limite a été fixée arbitrairement à 10 minutes. Cette valeur correspond au temps maximum généralement mis

par les chevaux pour que leur fréquence cardiaque redescende en dessous de la valeur limite (60 ou 64 bpm selon le niveau de la course)

➤ Vitesse moyenne de la boucle :

Pour ce qui est de la vitesse des étapes, il a fallu fixer une vitesse moyenne pour chaque étape afin de voir où se situaient les chevaux étudiés par rapport à leurs concurrents. Cette vitesse moyenne a été calculée en faisant la moyenne des vitesses des chevaux ayant terminé l'étape.

Les facteurs de santé étudiés ainsi que leurs valeurs seuil sont résumés dans le Tableau 11 :

Tableau 11 : Caractérisation des facteurs de santé

	[+] anormal	[-] normal
FC Initiale	≥ 40	< 40
FC	≥ 60	< 60
FR	Augmentée	Normale
MO	4 ou 2	3, 3+, 3-
TRC	$\geq 3s$	$< 3s$
Pli de peau	$\geq 3s$	$< 3s$
Transit	Diminué ou Nul	Normal
Allures	Boiterie ou B	A
Temps d'entrée au Vet	$> 10 \text{ min}$	$\leq 10 \text{ min}$
Vitesse moy boucle	$> \text{ ou } << \text{ vitesse moy}$	$\leq \text{ vitesse moy}$

iii. Outils statistiques

Un Odd Ratio a été calculé pour chaque paramètre afin d'essayer de déterminer s'il existe une association entre la valeur du facteur de santé et la décompensation du cheval. Le détail du calcul est explicité à partir du Tableau 12.

Tableau 12 : Tableau type de calcul des Odd Ratio

	CAS	TEMOINS
+	A	B
-	C	D
Total	Total des Cas	Total des Témoins

$$\text{Odd Ratio} = AD/BC$$

Pour s'assurer d'une différence significative, un test du χ^2 est réalisé lorsque toutes les conditions d'application sont respectées. On utilise comme formule pour calculer le χ^2 :

$$\chi^2 = [(AD-BC)^2(N-1)/(A+B)(C+D)(A+C)(B+D)] \text{ où } N = A+B+C+D$$

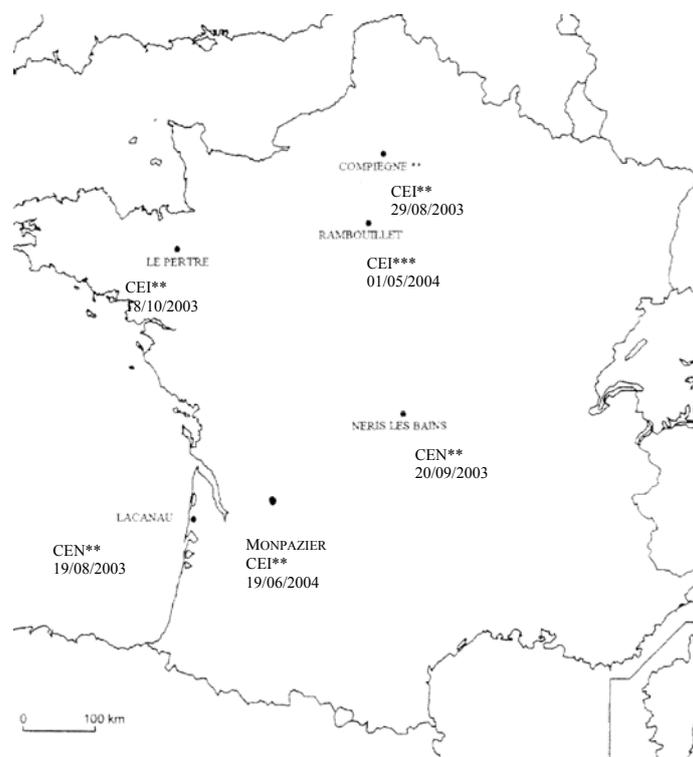
3. Résultats

a. Caractéristiques générales des courses étudiées

Les courses retenues pour l'étude sont des CEI et des CEN 2 ou 3 étoiles dont les distances de parcours sont comprises entre 120 et 144 km. Elles se déroulent en 4 étapes sauf la CEI*** de Rambouillet, plus longue, qui se fait en 5 étapes. Elles ont eu lieu d'août à octobre 2003, en mai 2004 et en juin 2004.

Les conditions climatiques étaient variables et sont reportées dans le Tableau 13.

Figure 20 : Localisation des courses sélectionnées pour l'étude



Le nombre de candidats au départ des courses de notre étude varie de 60 à 110. En moyenne, il y a 50% d'élimination tout motif confondu sur chacune de ces courses de l'étude, avec des variations allant de 40,9% à 60,9%. Ces données sont illustrées dans le Tableau 13 et la Figure 21. Les motifs d'élimination sont, comme on l'a vu précédemment, de trois sortes : cause métabolique, boiterie ou abandon du cavalier. En moyenne sur les courses de l'étude, 57,3% des chevaux ont été éliminés pour boiterie, 26,2% pour raison métabolique, et 16,4% suite à l'abandon de leur cavalier. Ces résultats décrits sur la Figure 22 ne prennent pas en compte les données de la course de Monpazier qui n'ont pas été fournies et sont notées Non Communiquées (NC) dans le Tableau 14.

Quelle qu'en soit la cause, en moyenne 9,6% des chevaux ayant pris part aux épreuves ont nécessité des soins. Certains de ces chevaux ont terminé la course et ont été classés : ils représentent 16% de la population étudiée. Cette observation est détaillée dans le Tableau 15 et la Figure 23.

Tableau 13 : Caractéristiques générales des courses sélectionnées pour l'étude

Lieu	Date	Distance (km)	Type d'épreuve	Conditions climatiques	Nombre de partants	Nombre de classés	% de classés	Nombre d'éliminés	% d'éliminés	Nombre de chevaux soignés	% de chevaux soignés
Lacatau	19/08/2003	126	CEN **	Canicule	65	29	44,6%	36	55,3%	8	12,3%
Compiègne	29/08/2003	120	CEI **	Frais et humide	60	33	55%	27	40,9%	5	8%
Néris les Bains	20/09/2003	130	CEN **	Chaud et sec	110	43	39%	67	60,9%	11	10%
Le Pertre	18/10/2003	130	CEI **	Froid et humide	110	56	50,9%	54	49%	8	7,2%
Rambouillet	01/05/2004	144	CEI ***	Frais et humide	75	36	48%	39	52%	6	8%
Monpazier	19/06/2004	120	CEI **	Chaud et sec	96	56	58%	40	42%	12	12,5%
Moyenne :							49,25%		50,01%		9,6%

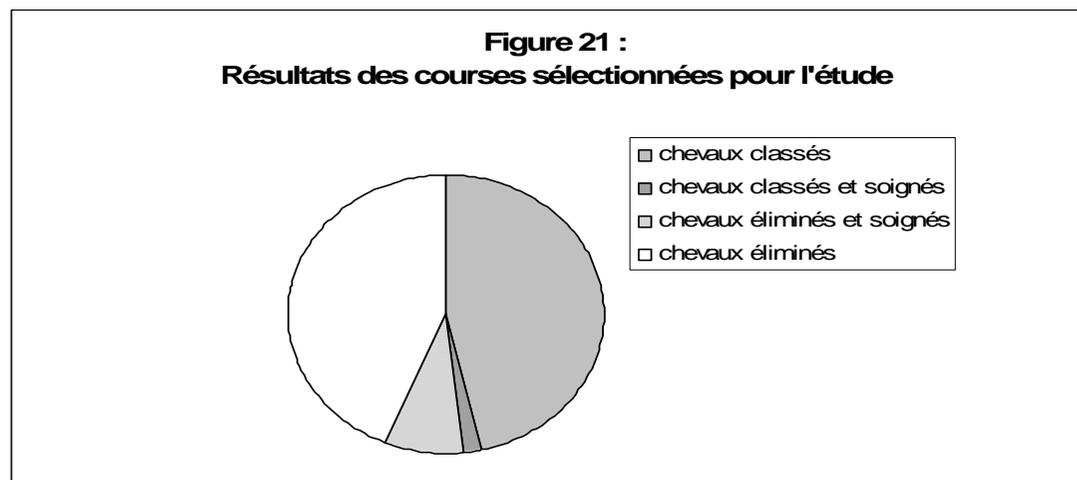


Tableau 14 : Répartition des différents motifs d'élimination sur les courses sélectionnées pour l'étude

Lieu	Nombre d'éliminations	% d'éliminations	Nombre d'éliminations pour boiterie	% d'éliminations pour boiterie	Nombre d'éliminations pour métabolisme	% d'éliminations pour métabolisme	Nombre d'éliminations pour abandon	% d'éliminations pour abandon
Lacanau	36	55,3%	13	36%	11	30,5%	12	33,3%
Compiègne	27	40,9%	16	59,2%	4	14,8%	7	25,9%
Néris les Bains	67	60,9%	39	58,2%	25	37,3%	3	4,4%
Le Pertre	54	49%	40	74%	11	20,3%	3	5,5%
Rambouillet	39	52%	23	58,9%	11	28%	5	12,8%
Monpazier	40	42%	NC		NC		NC	
Moyenne :				57,26%		26,18		16,38

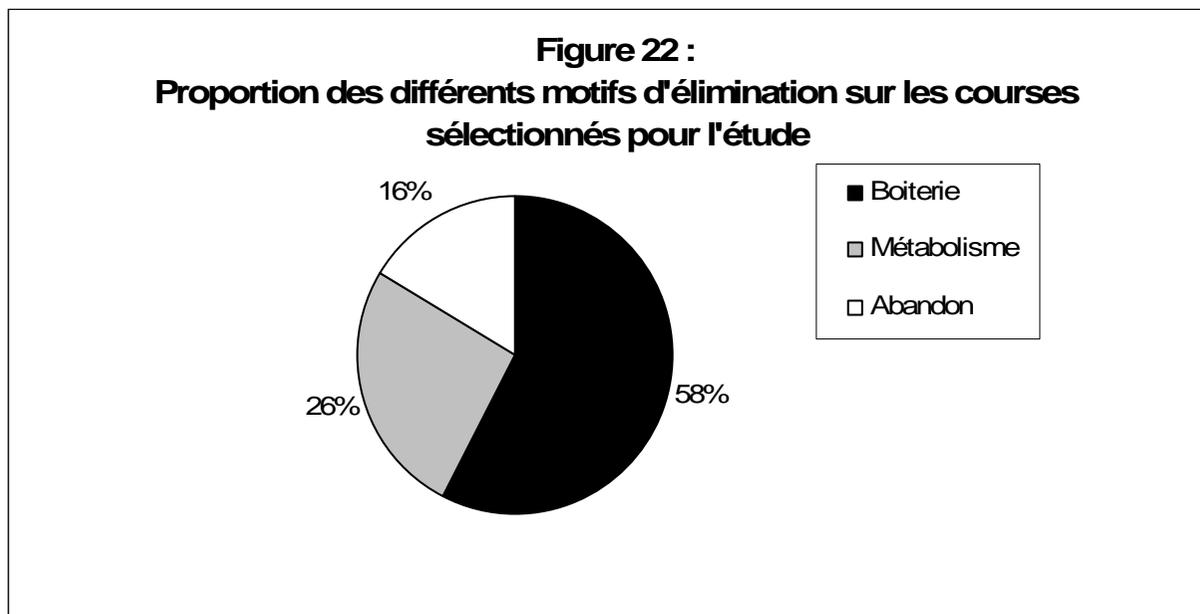
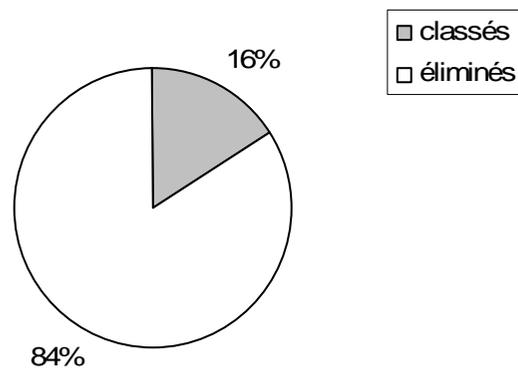


Tableau 15 : Proportion de chevaux soignés ayant ou non fini la course

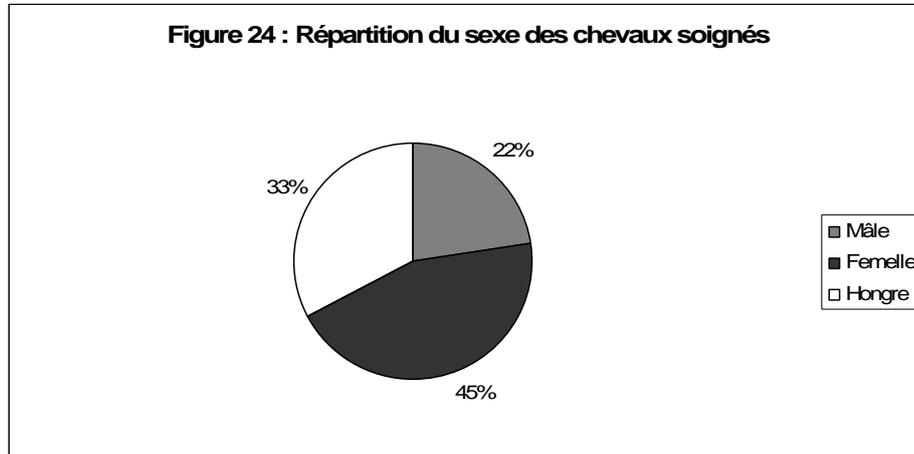
Lieu	Nombre de chevaux soignés	Nombre de chevaux soignés mais ayant terminé la course	Nombre de chevaux soignés mais ayant été éliminés pendant la course
Lacatau	8	0	8
Compiègne	5	1	4
Néris les Bains	11	1	10
Le Pertre	8	0	8
Rambouillet	6	2	4
Monpazier	12	4	8
Total	50	8	42
Proportion		16%	84%

**Figure 23 :
Proportion de chevaux soignés ayant ou non fini la course**

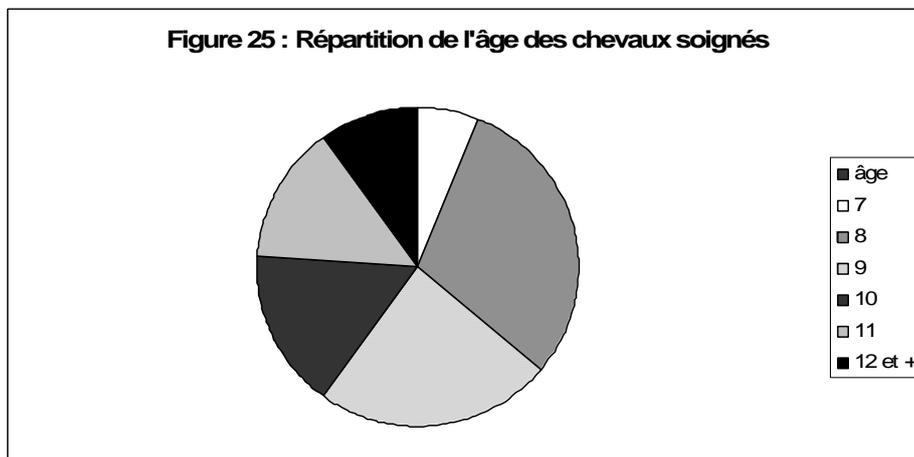


b. Description de la population d'animaux soignés

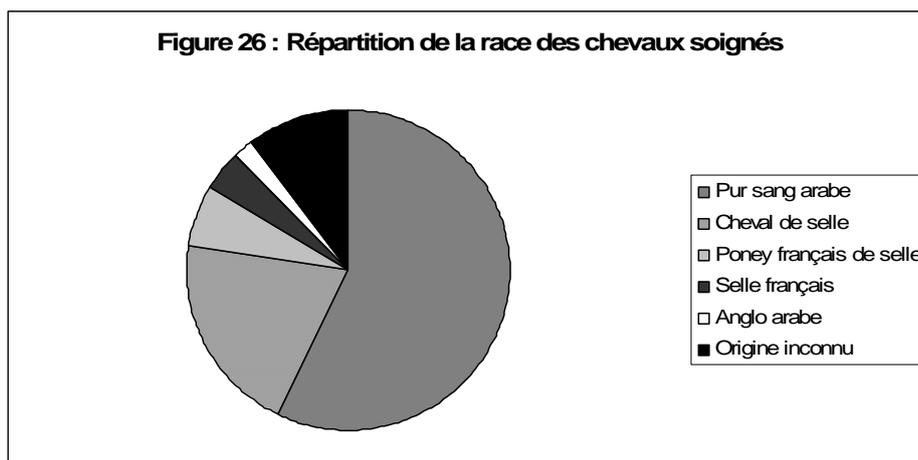
Les Figures 24, 25, et 26 illustrent les caractéristiques de la population des chevaux soignés de notre étude. Ce sont essentiellement des juments âgées de 8 à 9 ans et de race Pur sang arabe qui la définissent.



Bien que les femelles représentent 37% de la population totale des chevaux ayant pris part aux courses de l'étude, contre 53% de hongres, elles sont les plus représentées dans la population de chevaux soignés étudiée. Cette observation est en accord avec ce qui est dit dans la littérature puisque les femelles semblent plus souvent atteintes que les mâles et les hongres. En revanche, les mâles sont moins nombreux dans la population de chevaux soignés mais cela peut s'expliquer par la plus faible proportion d'entiers engagés sur les courses (10%).



Les chevaux soignés de notre étude sont âgés de 7 à 10 ans pour 75% d'entre eux. Cela peut s'expliquer par la participation plus importante des chevaux âgés de 8 à 10 ans sur les courses d'endurance, et par la sensibilité accrue des jeunes chevaux qui développent plus facilement des troubles physiologiques par rapport aux chevaux plus âgés et plus expérimentés [41].

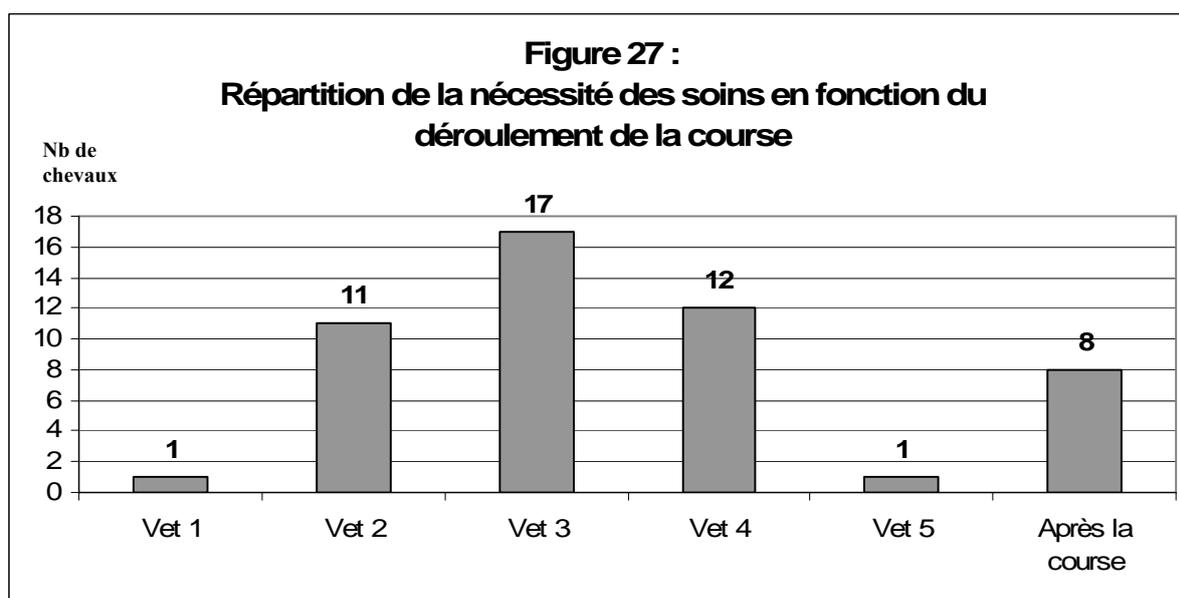


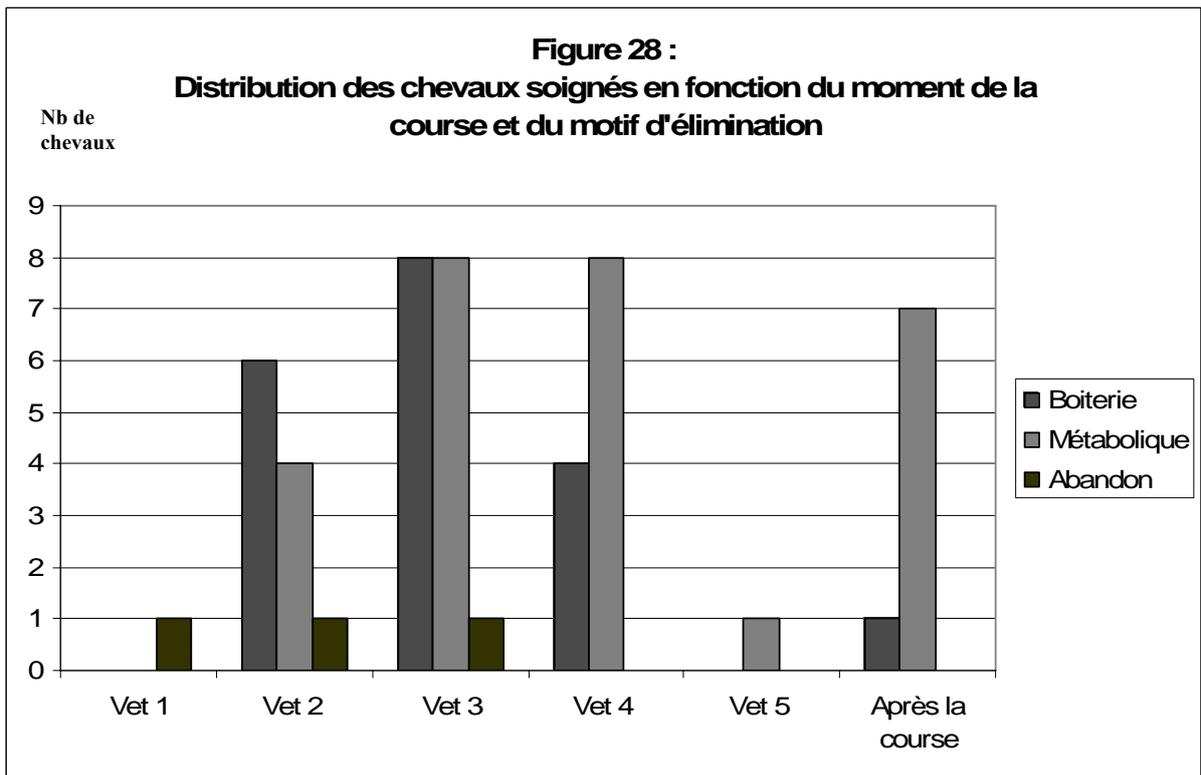
La race la plus représentée dans notre population est le pur sang arabe mais c'est également la race la plus représentée sur les courses d'endurance.

52,75% des chevaux soignés ont été éliminés pour raison métabolique. Les boiteries sont la deuxième cause d'élimination avec 38,5% des chevaux. Les abandons concernent 8,75% de la population. Ces résultats sont reportés dans le Tableau 16 et la Figure 29 de la page 76.

Les Figures 27 et 28 représentent la répartition des traitements et des motifs d'élimination en fonction de l'avancée de la course. On remarque que c'est essentiellement lors du deuxième et du troisième contrôle vétérinaire, ainsi que lors du contrôle final, que les chevaux sont soignés. La nécessité de soins quelques heures après la course n'est pas non plus négligeable. Ceci montre l'importance du suivi des chevaux plusieurs heures après la fin de l'épreuve.

On remarque également qu'en début de course, et notamment lors du deuxième contrôle vétérinaire, les chevaux sont majoritairement éliminés et soignés pour boiterie. En revanche, le rapport s'inverse en fin de course, et les éliminations pour cause métabolique sont plus fréquentes après la troisième boucle et lors du contrôle final. Les troubles métaboliques sont également la cause principale d'administration de soins après la course.



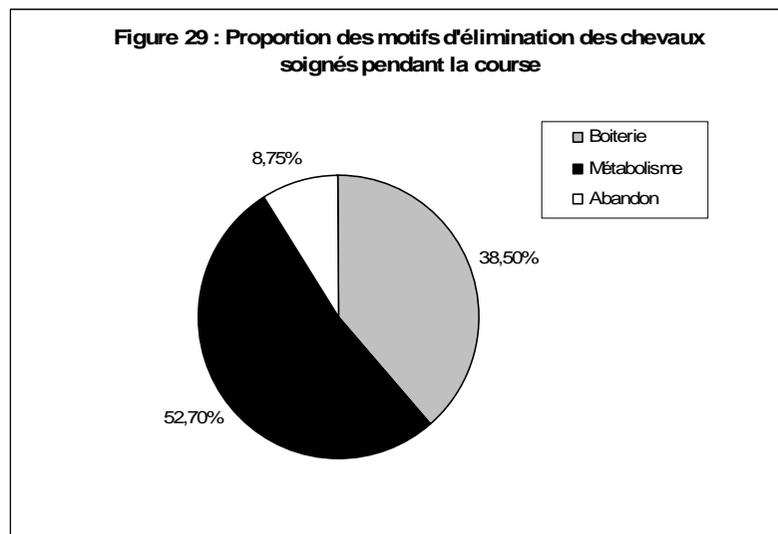


Remarque : Sur les figures 27 et 28, le Vet 4 comprend le contrôle final des courses CEN** et CEI** et le quatrième Vet Gate de la course CEI *** de Rambouillet. Le Vet 5 correspond au contrôle final de la course de Rambouillet.

Tableau 16 : Répartition des différents motifs d'élimination des chevaux soignés pendant la course

Lieu	Nombre de chevaux soignés	Nombre de chevaux soignés éliminés pour boiterie	% de chevaux soignés éliminés pour boiterie	Nombre de chevaux soignés éliminés pour métabolisme	% de chevaux soignés éliminés pour métabolisme	Nombre de chevaux soignés éliminés pour abandon	% de chevaux soignés éliminés pour abandon
Lacanau	8	2	25%	6	75%	0	0%
Compiègne	5	3	60%	0	0%	2	40%
Néris les Bains	11	6	54,5%	5	45,5%	0	0%
Le Pertre	8	4	50%	3	37,5%	1	12,5%
Rambouillet	6	1	16,7%	5	83,3%	0	0%
Monpazier	12	3	25%	9	75%	0	0%
Moyenne :			38,5%		52,75%		8,75%

Figure 29 : Proportion des motifs d'élimination des chevaux soignés pendant la course



La Figure 30 présente les principaux symptômes relevés sur les chevaux soignés. Ce sont ceux les plus fréquemment rencontrés lors d'épreuves d'endurance, à savoir la déshydratation, la fatigue, et les coliques qui sont observés respectivement dans 36%, 34% et 28% des cas.

Les autres symptômes ont été regroupés en fonction des appareils affectés :

Symptômes locomoteurs : Fourbure, **boiterie (20%)**, plaie

Symptômes neurologiques : Anxiété, œil fixe, dépression + hypothermie

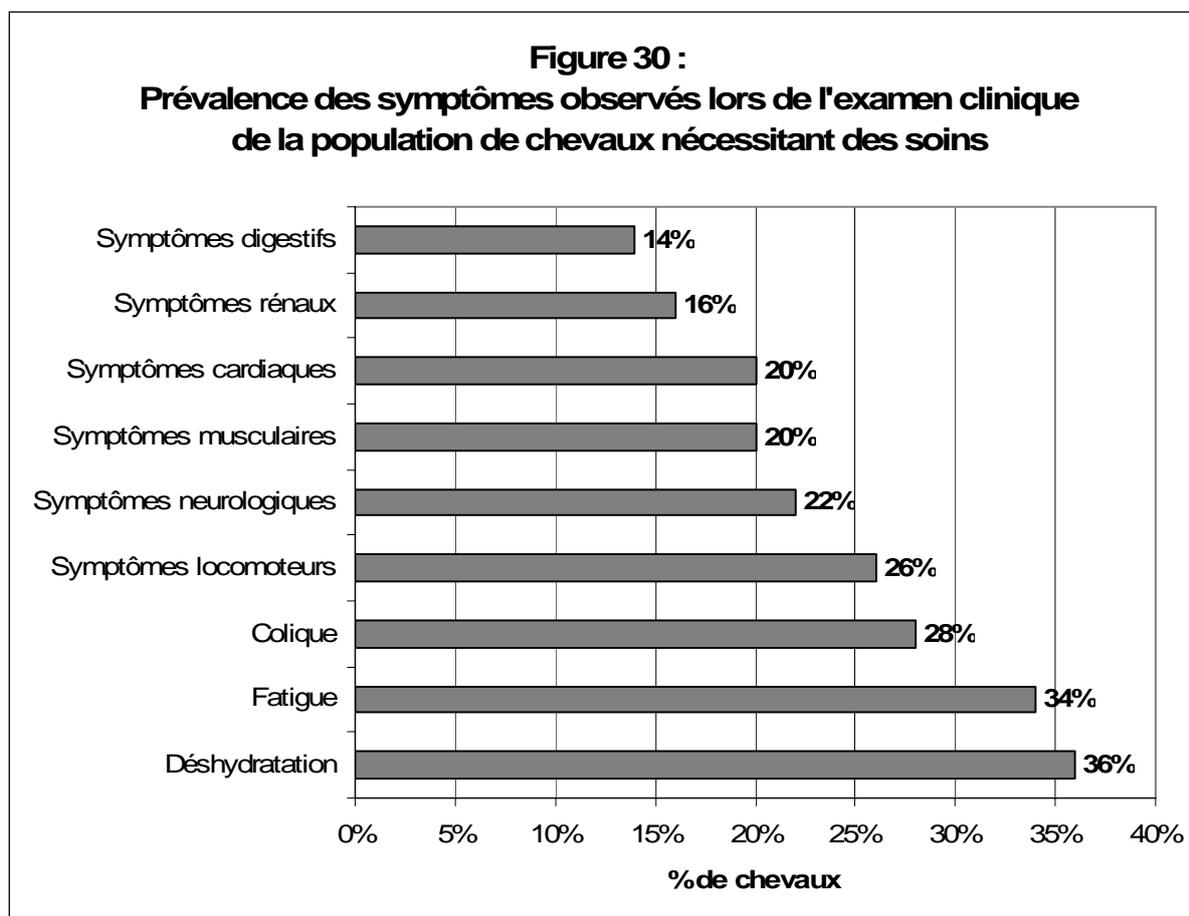
Symptômes musculaires : Raideur généralisée, urines sombres, **crampe (10%)**

Symptômes cardiaques : Arythmie, **tachycardie (16%)**

Symptômes rénaux : **Difficultés à uriner (16%)**

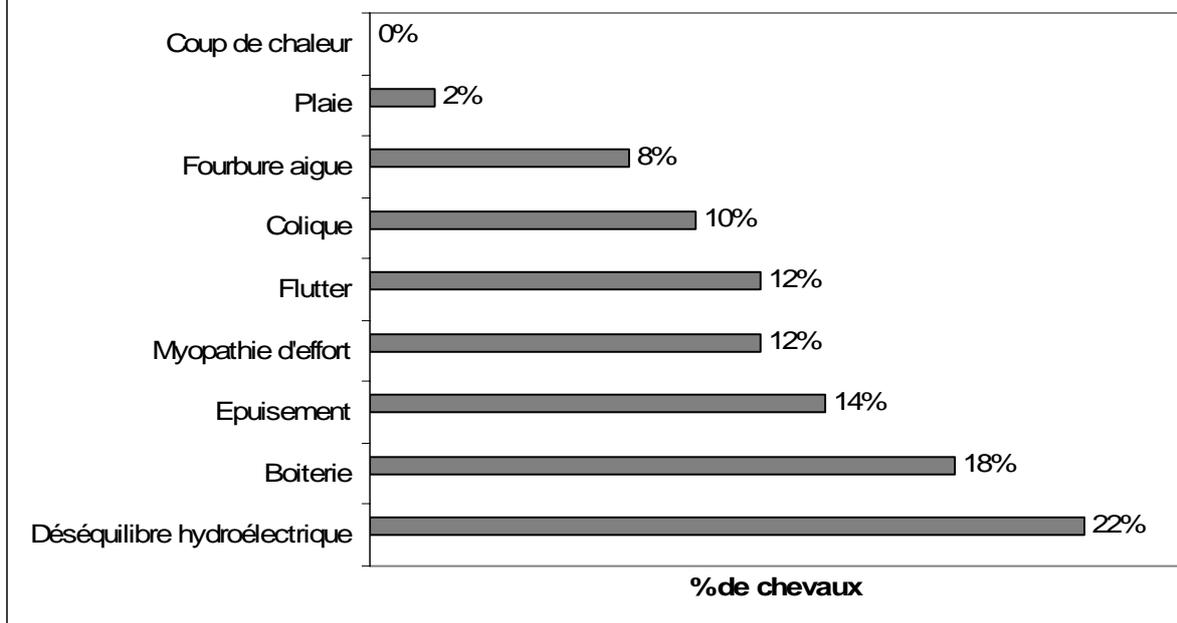
Symptômes digestifs : **Diminution du transit (12%)**, anorexie, diarrhée

Les affections locomotrices sont fréquentes et présentes dans 26% des cas. Les symptômes neurologiques, musculaires et cardiaques sont assez fréquents. On les retrouve dans 20% des cas. Enfin, les symptômes rénaux et les troubles digestifs autres que les coliques sont moins représentés.



La prévalence des affections diagnostiquées sur la population de chevaux soignés par les vétérinaires est illustrée dans la Figure 31. Les trois principales affections diagnostiquées sur ces chevaux sont les déséquilibres hydro-électrolytiques dans 22% des cas, les boiteries dans 18% des cas, et le syndrome d'épuisement dans 14% des cas.

**Figure 31 :
Prévalence des affections diagnostiquées sur la population de
chevaux nécessitant des soins**



La description des symptômes, le traitement administré et l'évolution de l'état clinique de chaque cheval ayant nécessité des soins sont détaillés en Annexe 8.

c. Différences observées au niveau des paramètres étudiés

Le tableau 17 représente les valeurs moyennes de la fréquence cardiaque, du temps de passage dans l'aire de contrôle, et de la vitesse moyenne, ainsi que la proportion d'animaux présentant des paramètres cliniques anormaux dans chacun des groupes de chevaux (Soignés (S) /Témoins (T)) et à chaque contrôle vétérinaire.

Tableau 17 : Proportions de chevaux présentant des valeurs anormales pour les paramètres cliniques étudiés à chaque contrôle.

	CInitial		Vet1		Vet2		Vet3		Vet4		CFinal	
	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T
FC	32	35	54	54	59	60	57	58	61	61	58	54
FR	26%	5%	2%	1%	6%	4,5%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
MO	5%	5%	19,5%	16%	27%	27%	30%	30%	100%	33%	100%	33%
Pli Peau	5%	0%	4%	4%	30%	9%	20%	15%	0%	0%	17%	33%
TRC	0%	0%	4%	4%	3%	6%	30%	20%	33%	0%	25%	17%
Transit	0%	0%	17%	14%	18%	32%	20%	30%	33%	50%	33%	67%
Allures	7%	15%	13%	1%	3%	4,5%	0%	5%	0%	0%	0%	0%
Temps de passage	/	/	7,48	5,48	8,36	7,19	6,41	5,76	8,90	8,46	/	/
Vitesse moyenne	/	/	15,41	15,27	17	16,78	15,83	16,12	15,35	14,71	17,88	18,14

Nous avons cherché à déterminer s'il existait des différences au niveau des paramètres cliniques et des paramètres de la gestion de la course entre les chevaux soignés et les chevaux sains. Pour cela, après avoir répertorié l'ensemble des examens cliniques réalisés sur les chevaux de l'étude (Annexe 4), nous avons calculé les Odd Ratio pour chacun des facteurs de santé décrits précédemment à toutes les étapes des différentes épreuves. Pour effectuer ces calculs, les valeurs de l'examen des chevaux éliminés au contrôle correspondant n'ont pas été retenues : en effet, nous avons considéré qu'il s'agissait alors de valeurs éliminatoires et donc sans intérêt dans une optique de prévention. Les résultats sont reportés dans le Tableau 18 suivant :

Tableau 18 : Calculs des Odd Ratio

	Contrôle initial	Vet 1	Vet 2	Vet 3	Vet 4	Contrôle final
FC	1	1,3	0,70	2	1	2,5
FR	6,43 <small>p<0,05</small>	2	1,35	ND	ND	0
MO	1	0,43	1	1	ND	0,4
Pli de peau	0	0,99	4,35 <small>p<0,05</small>	1,42	0	0,4
Capillaires	0	0,99	0,48	1,71	ND	2,5
Transit	ND	1,28	0,48	0,58	0,5	0,19
Allures	0,46	13,65 <small>p<0,05</small>	0,69	0	0	0
Temps de passage	/	4,23 <small>p<0,10</small>	2,2	ND	4,23	/
Vitesse moyenne	/	1,14	1,21	1,18	1	0,75

Remarque : ND signifie Non Déterminé car l'Odd ratio ne peut pas être calculé lorsque les témoins ne présentent pas de valeur à risque pour un paramètre donné.

Les Odd Ratio dont les valeurs sont strictement supérieures à 1 seront considérés comme non négligeables. L'interprétation des résultats en relation avec le test du χ^2 se fera dans la discussion. Cependant, on notera dans ce tableau que les résultats surlignés sont les plus significatifs avec un risque d'erreur inférieur à 5% et 10 %.

➤ **Contrôle initial :**

Il apparaît que les chevaux qui ont une fréquence respiratoire initiale élevée ont 6,43 fois plus de risque de développer des troubles métaboliques pendant la course que ceux qui ont une fréquence respiratoire normale avant le départ.

Les autres paramètres ne sont pas significativement différents entre les chevaux soignés et le groupe témoin.

➤ **Premier contrôle intermédiaire (Vet 1) :**

Plusieurs paramètres sont significatifs. Les animaux présentant, lors du premier contrôle vétérinaire des allures irrégulières, un temps d'entrée dans l'aire de contrôle vétérinaire élevé, et une fréquence respiratoire élevée semblent prédisposés à développer ultérieurement des

troubles métaboliques. Une fréquence cardiaque élevée ainsi qu'une diminution du transit semblent aussi être des facteurs favorisant. A cette étape, la vitesse réalisée sur la boucle semble également avoir un impact sur la santé des chevaux pour le reste de la course. Les autres paramètres ne sont pas significatifs.

➤ Deuxième contrôle intermédiaire (Vet 2) :

Il semblerait que les chevaux présentant un temps de persistance du pli de peau augmenté aient plus de risque de présenter ultérieurement des troubles métaboliques. Lors de ce contrôle, le temps d'attente, et la vitesse moyenne semblent être une nouvelle fois des facteurs prédisposant. L'élévation de la fréquence respiratoire bien que moins significative que lors du premier contrôle reste un paramètre alertant.

➤ Troisième contrôle intermédiaire (Vet 3) :

De nombreux chevaux sont éliminés à cette étape de la course, ce qui réduit considérablement l'effectif de la population étudiée. Les signes d'appel les plus remarquables sont l'élévation de la fréquence cardiaque, le temps de recoloration capillaire, et la persistance du pli de peau. Le temps d'entrée dans l'aire de contrôle n'a pu être évalué, mais certains des chevaux ayant reçus des soins ont mis plus de temps à entrer lors de cette étape que ceux qui ont terminé avec succès (Annexe 9).

➤ Quatrième contrôle vétérinaire (Vet 4) :

Ce contrôle ne concerne que la course CEI*** de Rambouillet. L'effectif pour le calcul des Odd Ratio est petit. Seul le temps d'entrée au vet élevé est remarquable. Les calculs concernant les modifications de la coloration des muqueuses oculaires n'ont pas pu être réalisés. Mais il semblerait que cela soit également un paramètre à surveiller.

➤ Contrôle final :

Lors du contrôle final, l'évaluation de la fréquence cardiaque est importante car un cheval qui garde à la fin de sa course une fréquence cardiaque élevée a apparemment plus de risque de développer des affections qu'il soit classé ou non. Le temps de recoloration capillaire est également un paramètre remarquable.

Il existe des différences significatives dans la valeur des paramètres cliniques évalués lors des contrôles vétérinaires sur des épreuves d'endurance entre des chevaux sains et des chevaux ayant nécessité des soins sur des épreuves d'endurance.

Les signes d'appel d'apparition de troubles métaboliques sont :

- **une fréquence respiratoire élevée avant le départ de la course,**
- **des allures irrégulières, un temps d'entrée dans l'aire de contrôle élevé et une fréquence respiratoire augmentée, lors du premier contrôle intermédiaire,**
- **un pli de peau persistant lors du deuxième contrôle,**
- **une fréquence cardiaque élevée, une augmentation du temps de recoloration capillaire, une modification de la coloration des muqueuses oculaires, et un pli de peau persistant aux troisième et quatrième contrôles vétérinaires,**
- **une fréquence cardiaque élevée et une augmentation du temps de recoloration capillaire lors du contrôle final.**

4. Discussion

a. Sur les caractéristiques des courses et de la population de chevaux soignés

i. Représentativité des courses étudiées

Le but de notre étude était d'étudier une population de chevaux sur des courses d'endurance de niveau national. Il n'y a pas eu de tirage au sort pour déterminer les courses à intégrer dans l'étude car elles ont été choisies en fonction des données disponibles sur les chevaux à étudier. Cependant, les courses retenues pour réaliser l'étude sont assez représentatives des épreuves nationales qui se déroulent en France pendant une saison de course. En effet, elles sont réparties sur toute la France, elles ont été effectuées à différents moments de l'année, soit au printemps, pendant l'été et à l'automne, le nombre de kilomètres effectués varie peu de 120 à 144 km, et les conditions climatiques sont variables d'une course à l'autre.

ii. Motifs d'élimination

Les résultats obtenus sur les motifs d'élimination concordent avec ceux décrits dans la bibliographie [48] [59]. En effet, les boiteries sont les principales causes d'élimination. Les troubles métaboliques sont dans notre étude une cause importante d'élimination puisque presque 27% des chevaux sont éliminés pour ce motif. C'est par ailleurs lors des courses de 130 km que les troubles métaboliques sont les plus fréquents [21].

Cependant, comme nous l'avons dit, il est parfois difficile de faire la différence, tout au moins au début de l'expression des signes cliniques entre une boiterie seule et une affection métabolique de type myopathie ou fourbure. Ainsi certains chevaux ont pu être éliminés pour boiterie alors qu'ils ont développé par la suite une affection métabolique plus générale. Les motifs d'élimination pour raison métabolique peuvent donc être sous-estimés dans notre étude.

iii. Chevaux soignés

Le nombre de chevaux soignés lors des épreuves est de 10% en moyenne avec des variations de 7,2% à 12,5%. Ce résultat correspond à ce qui a déjà été mentionné dans la littérature [59]. La population de chevaux soignés est également assez représentative de ce qui est décrit dans la littérature [59].

La majorité des soins ont été réalisés généralement à partir du troisième contrôle vétérinaire. Au début de la course, ce sont les troubles locomoteurs qui sont responsables de l'élimination et du traitement du cheval, alors qu'à partir de la troisième boucle, ce sont les troubles métaboliques qui sont les plus incriminés. De plus, les animaux qui nécessitent des soins vétérinaires sont majoritairement éliminés pour raison métabolique.

La prévalence des affections diagnostiquées sur les chevaux soignés est proche de celle rapportée dans la littérature [59]. Mais dans notre étude, la prévalence des boiteries n'est pas négligeable puisqu'elle est la deuxième en termes d'importance (Figure 31). Les déséquilibres hydro-électrolytiques sont les affections les plus fréquentes avec le syndrome d'épuisement et la myopathie d'effort (Figure 31).

b. Sur l'évaluation des paramètres étudiés

i. Choix des limites fixées

Les paramètres évalués lors des contrôles vétérinaires sont ceux utilisés en pratique courante pour effectuer un examen clinique. Ils sont le reflet de l'état général du cheval.

Les limites fixées pour l'évaluation de ces paramètres dans notre étude ont été posées arbitrairement. En effet, afin de rendre l'étude possible, il fallait intégrer des valeurs « à risque » sur les animaux témoins. Pour certains paramètres cette limite était facile à poser. C'était le cas pour la fréquence respiratoire, le temps de recoloration capillaire, la coloration des muqueuses oculaires, la persistance du pli de peau, la qualité du transit et des allures. En effet pour ces paramètres, les limites étaient pré-établies à partir du sens clinique du praticien.

En revanche, pour la fréquence cardiaque, une valeur arbitraire différente des valeurs réglementaires a été définie au risque de ne pas avoir de témoin. La valeur de 60 battements par minute a été fixée en accord avec la littérature, puisque c'est à partir de 60 battements par minutes que, pour certains auteurs, le risque de développer des troubles de la santé chez le cheval est plus important [60].

Pour le temps d'attente à l'entrée de l'aire de contrôle vétérinaire, il a fallu également poser une limite à partir de laquelle le cheval est potentiellement à risque. Pour ne pas être trop pénalisant, une valeur de 10 minutes a été fixée. En effet, la majorité des chevaux a récupéré de son étape au bout de 10 minutes.

Enfin, à partir des données disponibles sur les vitesses, il a fallu déterminer une vitesse moyenne à laquelle l'étape avait été parcourue, afin de voir si les chevaux ayant parcouru une étape avec une vitesse excessive étaient prédisposés à développer des affections graves.

ii. Subjectivité des vétérinaires et notation des paramètres

Dans l'évaluation des paramètres, il est important de souligner la part non négligeable de la subjectivité du vétérinaire qui réalise l'examen. En effet, il existe des critères de type A qui sont mesurables et objectivables, et des critères de type B qui ne sont pas mesurables et qui dépendent entièrement de l'avis du vétérinaire [8] [20]. Ces critères concernent surtout l'évaluation de la coloration des muqueuses oculaires, le temps de recoloration capillaire, et la persistance du pli de peau. Des petites modifications de ces paramètres ne sont pas perçues de la même manière pour deux vétérinaires. Pour les allures, la part de la subjectivité est diminuée car trois avis sont confrontés en cas de doute sur la qualité des allures d'un cheval.

Par ailleurs, lors du traitement des données, il y avait une grande hétérogénéité dans la notation des paramètres cliniques. En effet, il existe plusieurs échelles de notation pour l'évaluation des paramètres cliniques. Le système français utilise une échelle numérotée, alors que le système international attribue une lettre à la valeur du paramètre étudié. Il serait intéressant d'homogénéiser ces notations afin de donner une interprétation unique à l'évaluation des examens vétérinaires.

iii. Interprétation des résultats

Cette étude a permis de montrer qu'il existait des différences au niveau des paramètres cliniques entre les chevaux qui ont nécessité des soins lors d'épreuves d'endurance et les chevaux qui terminent la course avec succès.

Ces résultats sont à moduler avec la valeur du test du χ^2 . En effet, pour s'assurer que les observations faites ne sont pas dues au hasard, un χ^2 a été réalisé pour tous les Odd ratio dont la valeur était supérieure à 1, c'est-à-dire les Odd ratio pour lesquels le paramètre évalué pourrait être un facteur de risque d'apparition de trouble de la santé chez le cheval d'endurance (Annexe 6). On accepte traditionnellement une probabilité d'erreur inférieure à 5%, ce qui signifie que pour $\chi^2 > 3,84$ nous avons 95% de chance que le résultat ne soit pas du au hasard et donc que ce résultat est significatif [68].

Cependant, la valeur d'un test statistique est proportionnelle à la taille de l'échantillon de l'étude. Ainsi un résultat non significatif peut être causé par un manque de puissance du test. De plus, le résultat d'un test statistique dépend également de la force d'association. En effet, plus l'Odd ratio a une valeur proche de 1, plus le χ^2 aura une valeur proche de 0.

Dans notre étude, seuls les résultats soulignés dans le Tableau 17 sont significatifs avec un risque d'erreur inférieur à 5%. Pour les autres résultats nous avons admis un risque d'erreur supérieur à 5%, et nous avons considéré également un manque de puissance du test et une force d'association faible.

Les différences entre les chevaux nécessitant des soins et les chevaux sains apparaissent à chacune des étapes, mais elles sont les plus significatives lors du contrôle initial et lors des deux premiers contrôles intermédiaires. A partir du troisième contrôle vétérinaire, le nombre de chevaux éliminés, tous motifs confondus, est important. Ceci réduit de beaucoup l'effectif de la population étudiée, et donc la significativité des résultats.

Certains paramètres apparaissent plus significatifs que d'autres :

- Le temps d'attente dans l'aire de contrôle vétérinaire est un signe d'appel important. Il est le reflet de la fatigue accumulée par le cheval et témoigne de la difficulté pour celui-ci de retrouver des valeurs normales de la fréquence cardiaque. Les résultats obtenus montrent que ce paramètre est significatif lors du premier contrôle. Lors des contrôles vétérinaires suivants, les chevaux nécessitant des soins ont plutôt tendance à mettre du temps à entrer dans l'aire de contrôle sans que cela soit significatif. En revanche, si l'on effectue les mêmes calculs en prenant en compte les examens cliniques des chevaux éliminés, la significativité de ce paramètre augmente. Ceci montre que plus la fréquence cardiaque diminue lentement une fois l'effort terminé, plus le cheval présente de risques de développer des affections métaboliques.
- La qualité des allures est également un signe d'appel intéressant. Les chevaux présentant des allures irrégulières lors des premiers contrôles intermédiaires sont prédisposés aux affections locomotrices ou métaboliques. En effet, si le cheval a des difficultés pour se déplacer, il fournira des efforts plus importants, il sera donc plus vite fatigué et sensible aux affections. Ces résultats sont significatifs au premier contrôle vétérinaire. Généralement, lors des contrôles suivants, les irrégularités d'allures disparaissent et deviennent de vraies boiteries qui sont alors éliminatoires.
- L'évaluation de la fréquence respiratoire est un paramètre important car une élévation de celle-ci avant le début de la course semble corrélée à l'apparition d'affections nécessitant la mise en place d'un traitement. Cette élévation de la fréquence respiratoire avant le départ de la course peut être due à un problème de thermorégulation lorsque les conditions climatiques sont contraignantes (canicule par exemple) ou lorsque le transport a été long pour arriver sur les lieux de la course, elle peut également être due à des problèmes respiratoires chroniques sur certains chevaux.

Pendant la course, une élévation de la fréquence respiratoire semble également, bien que moins significativement, être un facteur de risque. Elle est généralement dans ce cas associée à des valeurs anormales d'autres paramètres.

- La coloration des muqueuses et le temps de recoloration capillaire montrent des différences entre chevaux soignés et chevaux sains surtout à partir du troisième contrôle vétérinaire. L'effectif étant trop petit, la différence entre les deux populations n'est pas significative.
- La persistance du pli de peau est un paramètre important à partir du deuxième contrôle vétérinaire lorsque le cheval a déjà beaucoup transpiré et peut montrer des signes de déshydratation. En effet, une étude a montré que c'est lors des deux premières étapes que le cheval perd le plus d'eau [57]. Généralement, les chevaux boivent peu lors des premières boucles, d'où l'importance de stimuler la prise de boisson. Un cheval qui montre des signes de déshydratation précoce a donc plus de risque de développer des troubles métaboliques.
- La fréquence cardiaque est une valeur très réglementée qui conditionne la poursuite de la course pour un candidat [8]. Mais généralement, une élévation de la fréquence cardiaque reflète une souffrance physiologique, et son augmentation est associée à l'expression de la douleur [31]. Bien que les résultats calculés sur ce paramètre ne montrent pas de différences significatives entre chevaux sains et soignés, une élévation anormale de la fréquence cardiaque est un signe d'appel et conduit généralement à une élimination ou à un test de réexamen qui permet d'approfondir l'évaluation clinique de l'animal.
- D'une manière générale, les chevaux lors d'un effort voient leur transit digestif diminué lors d'un effort. En effet, la circulation générale se faisant au profit des territoires actifs, l'appareil digestif peu irrigué perd de sa motilité [5]. Par ailleurs, les vétérinaires notent et évaluent les quatre quadrants digestifs dans un environnement bruyant et de manière très subjective. Ainsi, la qualité du transit est un paramètre difficile à évaluer, et l'auscultation des bruits digestifs n'a d'intérêt que si elle prend en compte l'évaluation d'autres paramètres cliniques plus objectivables.
- Enfin, la vitesse réalisée sur l'étape ne semble pas être un paramètre déterminant. En effet, les chevaux très affectés lors des épreuves ne sont en général pas ceux qui vont le plus vite (Tableau 16), ce qui montre leur incapacité à fournir un effort important. Par ailleurs, les chevaux qui vont très vite sont généralement en excellente condition et terminent la course avec succès, ou bien ils sont arrêtés avant de développer des troubles métaboliques graves [4] [59].

c. Biais et Limites de l'étude

i. Population étudiée

Du fait des éliminations qui ont lieu à chaque étape de la course, l'effectif de la population étudiée diminue progressivement, d'où l'importance de la taille de l'échantillon défini au départ. A cause du nombre réduit de chevaux dans notre effectif, le test du χ^2 ne peut pas être déterminant pour tous les paramètres étudiés car les conditions de son application ne permettent pas d'obtenir des résultats décisifs. Pour augmenter la taille l'échantillon, il faudrait intégrer d'autres courses dans l'étude, car le nombre de cas dépend directement du nombre d'animaux soignés pendant la course.

ii. Appariement des chevaux

Pour réaliser cette enquête analytique de type « cas/témoins », il a fallu associer un cas à deux témoins selon des critères prédéfinis afin de rendre les deux groupes de chevaux les plus comparables possible. Le choix de ces paramètres a été établi à partir d'une enquête épidémiologique réalisée en 2003 qui visait à définir des facteurs favorisant l'apparition de troubles métaboliques lors de raid de longues distances [41].

Certains de ces critères sont essentiels. Ainsi, le critère d'appariement le plus important est celui de la course effectuée car deux chevaux ne sont comparables que s'ils ont effectué la même course pour éviter tous les biais en relation avec les conditions de l'épreuve.

De plus, même si les mâles plus « chauds » dépensent plus d'énergie par émotivité que les hongres et les femelles, ils sont moins représentés dans la population de chevaux soignés et ce sont les femelles qui sont les plus nombreuses. Le sexe semble jouer un rôle comme facteur favorisant le risque d'apparition de troubles métaboliques.

D'autres paramètres concernant l'environnement du cheval tels que son alimentation, son mode de vie, ou la gestion de son entraînement, auraient pu être utilisés comme critère d'appariement. Cependant les informations sur ces paramètres n'étaient pas disponibles, ou ils ne donnaient pas de résultats significatifs dans le travail du Dr Langlois [41]. De la même manière, la durée du transport du cheval de son écurie au lieu de l'épreuve n'a pas pu être prise en compte pour appairer les chevaux de notre étude, alors qu'elle semble avoir de l'importance sur l'état général du cheval avant le départ de la course [41].

Pour l'association des chevaux entre cas et témoins, de nombreuses difficultés sont apparues. Dans la mesure du possible, les chevaux ont été associés par ordre d'importance des critères d'appariement. Cependant, pour des raisons propres à la liste des chevaux engagés dans la course, tous les chevaux témoins ne répondent pas à l'ensemble des critères. Ainsi, il y a eu, pour environ 20% des chevaux « cas » de l'étude, des difficultés à respecter tous les critères d'appariement. Pour ces chevaux, un ou deux critères ont été privilégiés au détriment d'autres (Annexe 2).

iii. Traitement des données

Des difficultés ont également été rencontrées dans le traitement des données car certaines informations manquaient pour quelques courses. Ceci a eu pour effet de majorer les effets de la petite taille de notre échantillon, et donc de rendre difficile le test du χ^2 pour affirmer la significativité de l'étude.

Il faut également souligner le manque de rigueur de la part de certains vétérinaires lors de la réalisation des examens cliniques. En effet, certains examens étaient incomplets, et il manquait des valeurs pour quelques paramètres. Ceci est à mettre en relation avec le nombre important de candidats dans l'aire de contrôle à certains moments de la course, ce qui demande aux vétérinaires d'aller très vite dans la réalisation de leurs examens et donc de diminuer le nombre de paramètres évalués surtout lors des premiers contrôles. A cela s'ajoutent les éventuelles erreurs de retranscription des mesures des paramètres évalués par les secrétaires.

d. Perspectives

i. Sur les contrôles vétérinaires

Les résultats de l'étude ont montré que l'évaluation rigoureuse des paramètres cliniques lors des contrôles vétérinaires pendant les courses est essentielle.

La majorité des paramètres de l'examen vétérinaire apparaissent significatifs à un moment de la course. Ceci prouve que l'examen clinique réalisé sur les chevaux lors des contrôles vétérinaires est bien établi et que **tous les paramètres évalués ont leur importance**. La fréquence cardiaque seule ne permet pas de juger de l'état de santé d'un cheval.

De plus, certains paramètres ont une importance significative sur certains contrôles et ils constituent **de vrais signes d'appels** d'apparition de troubles métaboliques auxquels le vétérinaire devrait prêter attention. Il convient alors de sensibiliser les vétérinaires d'endurance sur l'importance de certains paramètres lors des premiers contrôles vétérinaires dans la prévention de l'apparition de troubles physiologiques chez le cheval d'endurance. Les vétérinaires devraient porter particulièrement leur attention sur la fréquence respiratoire avant le départ de la course. L'évaluation de la qualité des allures lors du premier Vet Gate est essentielle, et même si ce paramètre est moins significatif lors des contrôles suivants, les vétérinaires devraient l'évaluer systématiquement lors du premier contrôle et, en cas de doute, faire revenir le cheval pour un ré-examen. Ils devraient également porter plus d'importance à la persistance du pli de peau surtout à partir du deuxième Vet lorsque les conséquences des pertes hydriques par la transpiration et le métabolisme commencent à se faire ressentir sur l'état général du cheval.

Les résultats de l'étude ont également mis en évidence l'importance de quelques paramètres qui sont généralement peu pris en compte lors des contrôles. C'est par exemple le cas du temps d'attente à l'entrée dans l'aire de contrôle. Ce paramètre est donc à inclure lors de la réalisation des examens.

Par ailleurs, les cavaliers ne présentant pas toujours leur cheval au même vétérinaire : il serait intéressant de **standardiser la notation des examens** afin que les vétérinaires suivent mieux l'évolution d'un cheval à partir de sa carte vétérinaire. La mise en place de stages de formation pourrait être proposée aux vétérinaires désirant participer aux contrôles sur des courses de haut niveau en France et à l'étranger.

Cette étude met également en évidence l'efficacité et **l'importance du test de réexamen** à partir du troisième Vet. En effet, la majorité des chevaux sont éliminés à cette étape de l'épreuve, ce qui justifie qu'il soit obligatoire sur les CEN et CEI. De plus, l'évaluation de paramètres cliniques anormaux lors d'un contrôle vétérinaire montre l'utilité de la réalisation d'un test de Ridgway à la demande du vétérinaire sur n'importe quelle étape de la course.

Dans notre étude, presque 10% des chevaux soignés ont été éliminés pour abandon. Ceci justifie que depuis deux ans, en France, un examen clinique du cheval soit obligatoire le plus tôt possible après l'abandon.

ii. Sur les courses

D'après les résultats de l'étude, certains chevaux développent des affections métaboliques ou locomotrices quelques heures après leur arrivée de la course. Ceci montre l'importance des contrôles effectués par les vétérinaires sur tous les chevaux ayant participé à une épreuve au box le soir même [64]. Il serait peut être également intéressant de réaliser un nouvel examen clinique une heure après l'arrivée de la course avant d'annoncer le classement général. En effet, plusieurs chevaux dans cette étude terminent la course et se classent correctement mais ils développent des troubles graves tels que des déséquilibres hydro-électrolytiques ou des fourbures dans la soirée (Annexe 5).

De plus, il est possible que certains chevaux aient manifesté des troubles une fois de retour dans leur écurie. Ces chevaux n'apparaissent pas dans notre étude, et les résultats peuvent être sous estimés.

iii. Sur l'étude

Une étude similaire pourrait être réalisée sur une population plus importante de chevaux soignés, avec un protocole d'étude établi au préalable en s'assurant que tous les paramètres cliniques ont été évalués et notés de la même façon par tous les vétérinaires impliqués pour améliorer l'analyse des données.

Cette enquête a permis de montrer qu'il existait des paramètres cliniques permettant au vétérinaire de déceler précocement des chevaux risquant de développer des troubles métaboliques, et de les arrêter de la course rapidement avant que leur état ne s'aggrave jusqu'à mettre en péril leur pronostic sportif ou même vital.

Certains des paramètres évalués dans notre étude ont des résultats significatifs, mais une nouvelle étude pourrait être menée sur un plus grand échantillon afin de s'assurer des différences obtenues entre la population de chevaux soignés et la population de chevaux témoins.

CONCLUSION

Le respect de la santé et du bien être du cheval n'a pas été une priorité dans les débuts de l'endurance équestre. Face à la mauvaise perception que le public avait de la discipline et avec l'évolution des mentalités, l'endurance est devenue une discipline garante du bien être animal. Depuis 1982, avec son entrée parmi les sports réglementés par la FEI, des contrôles vétérinaires sont obligatoires tout au long des épreuves. Au niveau national, la même réglementation est imposée en France par la FFE sur toutes les épreuves quelque soit leur niveau. Ces contrôles vétérinaires ont pour but d'évaluer l'état clinique des chevaux participant à une course, et de s'assurer qu'ils sont aptes à la supporter. De nombreux paramètres cliniques y sont contrôlés, notamment la fréquence cardiaque qui est à la base du classement sur certaines épreuves. Par ailleurs, de nombreux progrès ont été effectués sur l'entraînement et le rationnement des chevaux d'endurance afin d'optimiser leurs chances d'être performant en course.

L'endurance est une discipline de longue durée qui sollicite fortement l'organisme. Le métabolisme aérobie est le mieux adapté pour effectuer ce type d'effort, mais il est fortement producteur de chaleur. Le cheval d'endurance utilise pour maintenir l'homéothermie corporelle des mécanismes de thermorégulation dont le principal est la transpiration per cutanée. Ce mécanisme n'est pas sans effet néfaste puisqu'il induit des déséquilibres hydro-électrolytiques à l'origine de nombreux troubles métaboliques dont les plus représentés sont le syndrome d'épuisement et les myopathies d'effort. Les chevaux d'endurance peuvent également être atteints d'affections locomotrices de gravité variable selon les épreuves. Ces affections sont les premières causes d'élimination lors des compétitions de haut niveau. Les affections métaboliques, bien que moins fréquentes, sont très graves et nécessitent généralement l'administration de soins vétérinaires.

Notre étude a été réalisée dans le but d'améliorer la précision des contrôles vétérinaires et de dépister plus précocement les chevaux à risque. Ainsi, une enquête analytique réalisée à partir de six épreuves nationales courues en France en 2003 et 2004 a permis de mettre en évidence l'existence de paramètres cliniques pouvant alerter le vétérinaire sur le mauvais état de santé d'un cheval avant que celui-ci ne développe des troubles plus graves et conséquents pour sa santé et sa carrière sportive.

L'étude a montré que les paramètres cliniques couramment évalués lors des contrôles ont tous leur importance.

Cependant, le vétérinaire devrait s'intéresser d'avantage au temps mis par le cheval pour entrer dans l'aire de contrôle car un cheval qui met beaucoup de temps à récupérer est un cheval à risque. La qualité des allures lors des contrôles intermédiaires est également un facteur intéressant puisque des allures irrégulières favorisent l'apparition de troubles métaboliques. La fréquence respiratoire n'est évaluée sur les épreuves que lorsqu'elle est très augmentée. Les résultats de l'étude ont mis en évidence l'importance de ce paramètre, surtout en début de course, comme facteur prédisposant aux affections. La fréquence cardiaque est un paramètre important. Déjà très réglementée, elle prend beaucoup d'intérêt sur les derniers contrôles. De plus, il semblerait que les paramètres jugeant de l'état d'hydratation du cheval sont également des facteurs pouvant avertir le vétérinaire sur l'apparition de troubles métaboliques.

En revanche, d'autres paramètres sont moins significatifs. L'évaluation du transit digestif ne semble pas à lui seul être un paramètre déterminant, et les vitesses effectuées sur les différentes étapes sont généralement lentes pour la population étudiée donc peu conséquentes.

Ainsi, dans le but de prévenir les troubles graves de la santé chez les chevaux d'endurance, la réalisation d'études complémentaires serait intéressante. Elle permettrait peut être à terme de compter l'endurance équestre parmi les disciplines disputées aux jeux olympiques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] ADOCEE. Site de l'association des Organismes de Concours d'Endurance Equestre, Mise à jour le 29 mai 2007, [[http ://www.adocee.com/](http://www.adocee.com/)], (consulté le 3 juin 2007).
- [2] AMORY H, ART T, Affections cardiaques et intolérance à l'effort : Les troubles du rythme. *Prat. Vét. Eq.*, 2000, **32**(numéro spécial), 71-78.
- [3] AMORY H, ART T, Affections cardiaques et intolérance à l'effort : Les souffles. *Prat. Vét. Eq.*, 2000, **32**(numéro spécial), 79-85.
- [4] ARBRE. Site de l'association Régionale Bourguignonne des Raids d'Endurance Equestre [En-ligne], Mise à jour le 22 mai 2007, [[http ://www.france-endurance.net/](http://www.france-endurance.net/)], (consulté le 3 juin 2007).
- [5] ART T, AMORY H, LEKEUX P, Notion de base de physiologie de l'effort. *Prat. Vét. Eq.*, 2000, **32**(numéro spécial), 7-13.
- [6] ART T, AMORY H, LEKEUX P, Affections musculaires et intolérance à l'effort : Pathogénie et approche diagnostique. *Prat. Vét. Eq.*, 2000, **32**(numéro spécial), 59-64.
- [7] ART T, AMORY H, LEKEUX P, Affections musculaires et intolérance à l'effort : Traitement. *Prat. Vét. Eq.*, 2000, **32**(numéro spécial), 65-68.
- [8] Association Française des Vétérinaires d'Endurance Equestre. Manuel du vétérinaire, 2006, 52p
- [9] ATOCK MA, WILLIAMS RB, Welfare of competition horses, *Rev Sci Tech.*, 1994, **13**(1), 217-232.
- [10] BENAMOU-SMITH A, Affections métaboliques du cheval d'endurance. In : *Proceeding du Congrès de l'AVEF*, Montpellier, 30-31-1^{er} Octobre-Novembre 2003, 202-206.
- [11] BENAMOU-SMITH A, Médicalisation des chevaux d'endurance équestre lors d'évènements internationaux : bilan des championnats du monde 2000 et championnats d'Europe 2001. In : *Proceeding du Congrès de l'AVEF*, Le Touquet, 28-29-30 Novembre 2002, 413-414.
- [12] BENAMOU-SMITH A, Physiologie sportive du cheval d'endurance. In : *Proceeding du Congrès de l'AVEF*, Montpellier, 30-31-1^{er} Octobre-Novembre 2003, 166-167.
- [13] BURGER D, DOLLINGER S, Raisons d'élimination, état de santé et carrière sportive des chevaux dans les raids d'endurance en Europe et dans les pays arabes : approche statistique. *Prat. Vét. Eq.*, 1998, **30**(118), 9-12.
- [14] BURLIN A, ART T, AMORY H, VOTION D, LEKEUX P, Tests standardisés de routine pour l'évaluation de la conduite physique chez les chevaux d'endurance. *Prat. Vét. Eq.*, 1994, **26**(1), 25-30.

- [15] CAMPBELL N.A, Biologie. 3th ed. De Boeck, 1993, 1190p.
- [16] CAZES P, Le cheval d'endurance. *Prat. Vét. Eq.*, 1998, **30** (118), 1.
- [17] COUROUCE-MALBLANC A. *Contre performance*. Polycopié. Ecoles Nationales Vétérinaires de Nantes, Toulouse et Maisons Alfort, 3^{ème} cycle professionnel court dominante « Pathologie équine ». 2006-2007, 48p.
- [18] COUROUCE-MALBLANC A. *Les affections musculaires, rhabdomyolyses a l'exercice*. Polycopié. Ecoles Nationales Vétérinaires de Nantes, Toulouse et Maisons Alfort, 3^{ème} cycle professionnel court dominante « Pathologie équine ». 2006-2007, 29p.
- [19] COUROUCE-MALBLANC A. *Médecine sportive*. Polycopié. Ecoles Nationales Vétérinaires de Nantes, Toulouse et Maisons Alfort, 3^{ème} cycle professionnel court dominante « Pathologie équine ». 2006-2007, 48p.
- [20] DEMONCEAU T, Guide de formation aux contrôles vétérinaires des raids équestres d'endurance. *Prat. Vét. Eq.*, 1992, **24**(2), 145-149.
- [21] DWYER RM, The practical diagnosis and treatment of metabolic conditions in endurance horses. *Equine Practice: J Equine Med Sur Pract.*, 1986, **8**(8), 21-33.
- [22] ECKER GL, Management of horses participating in endurance rides. *Compendium Continuing Educ Practicing VeT.*, 1996, **18**, 566.
- [23] ECKER GL LINDINGER MI, Effects of terrain, speed, temperature and distance on water and ion losses. *Equine Vet J.*, 1995, **18**, 298.
- [24] EVANS DL, The cardiovascular system: cardiovascular adaptations to exercise. In Hodgson Rose (eds): *The Athletic Horse*. 1994, 132-140.
- [25] Fédération Equestre Internationale. Site officiel de la FEI [En-ligne], Mise à jour du 13 avril 2007, [<http://www.horsesport.org/>], (consulté le 3 juin 2007).
- [26] Fédération Française d'équitation. Site officiel de la FFE [En-ligne], Mise à jour du 25 mai 2007, [<http://www.ffe.com/>], (consulté le 3 juin 2007).
- [27] FELDMAN J. Principles of sport medicine for the endurance and eventing horse. *J Equine Vet Sci.*, 1994, **14**(6), 331-332.
- [28] FLAMINO MJ, GAUGHAN EM, GILLEPSIE JR, Exercice intolerance in endurance horses. *Vet Clin North Am Equine Pract.*, 1996, **12**(3), 565-580.
- [29] FLAMINO MJ, RUSH BR, Fluid and electrolyte balance in endurance horses. *Vet Clin North Am Equine Pract.*, 1998, **14**(1), 147-158.
- [30] FOREMAN JH, The exhausted horse syndrome. *Vet Clin North Am Equine Pract.*, 1998, **14**(1), 205-219.

- [31] FOREMAN JH, LAWRENCE LM, *Lameness and heart rate elevation in the exercising horse. J Equine Vet Sci* (Equine sport medicine), 1991, **Nov/Dec**, 353.
- [32] France Endurance. Site de l'Endurance Equestre [En-ligne], Mise à jour du 30 mai 2007, [http://www.endurance-provence.com/], (consulté le 3 juin 2007).
- [33] FRAZIER DL, Who speaks for the horse-the sport of endurance riding and equine welfare. *J Am Vet Med Assoc.*, 2000, **216**(8), 1258-1261.
- [34] FRAZIER DL, Synchronous diaphragmatic flutter. *In : Proceeding of the 37th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners*, San Francisco, California, 1991-1992. AAEP, Lexington, USA, 1992, 833-834.
- [35] GRANIER P, L'attitude du vétérinaire dans les contrôles des raids d'endurance. *Prat. Vét. Eq.*, 1978, **10**(3), 123-126.
- [36] HARPER F, Feeding the equine athlete. *Horse Express.*, 2004, **23**(4), 46-49.
- [37] HODGSON D, Body fat : is it a handicap to race horses ? *Vet J.*, 2002, **163**(3), 223-225.
- [38] HODGSON D, Thermorégulation chez le cheval à l'effort. *Prat. Vét. Eq.*, 2000, **32** (numéro spécial), 15-20.
- [39] HODGSON D, Mc CUTCHEON LJ, BYRD SK, et al, Dissipation of metabolic heat in the horse during exercise. *J Appl Physiol.*, 1993, **74**, 1164.
- [40] HOOD DM, The pathophysiology of developmental and acute laminitis. *Vet Clin North Am Equine Pract.*, 1999, **15**(2), 321-343.
- [41] LANGLOIS C, *Développement de troubles métaboliques chez les chevaux d'Endurance lors de courses de longue distance : Etude Epidémiologique sur les épreuves Françaises en 2003*. Thèse Méd. Vét., Alfort, 2006, n°44, 113p.
- [42] LECLERC JL, Notions d'entraînement du cheval d'Endurance. *In : EPU Vétérinaire d'Endurance*, ENVA, 25 janvier 2007, 43-45.
- [43] LECLERC JL, Alimentation du cheval d'Endurance. *In : EPU Vétérinaire d'Endurance*, ENVA, 25 janvier 2007, 46-53.
- [44] LECLERC JL, Présentation des courses d'endurance. *In : Proceeding du Congrès de l'AVEF*, Montpellier, 30-31-1^{er} Octobre-Novembre 2003, 156-157.
- [45] LECLERC JL, La préparation du cheval d'endurance : principes élémentaires, *Prat. Vét. Eq.*, 1998, **30**(118), 15-17.
- [46] LOPEZ-RIVERO JL, SERRANO AL, HENCKEL P, et al, Muscle fiber type composition and fibre size in successfully and unsuccessfully endurance-raced horses. *J Appl physiol*, 1993, **75**, 1758.

- [47] LOPEZ-RIVERO JL, MORALES-LOPEZ JL, GALISTEO AM, et al, Muscle fiber type composition in untrained and endurance-trained Andalusian and Arab horses. *Equine Vet J*, 1991, **23**, 91.
- [48] MEYRIER S, *Les causes d'élimination en épreuves d'endurance équestre : Etude retrospective menée en France en 2001*. Thèse Méd. Vét., Toulouse, 2003, n°3, 90p.
- [49] NAYLOR JRJ, BAYLY WN, GOLLNICK PD, et al, Effects of dehydration on thermoregulatory responses of horses during low-intensity exercise. *J Appl physiol*, 1993, **75**, 994.
- [50] OLDHAM SL, POTTER GD, EVANS JW, et al, Storage and mobilization of muscle glycogen in exercising horses fed a fat-supplemented diet. *Equine Vet Sci*, 1990, **10**, 353.
- [51] PELISSIER C, Troubles locomoteurs chez le cheval d'Endurance. In : *EPU Vétérinaire d'Endurance*, ENVA, 25 janvier 2007, 33-40.
- [52] PREVEIRAUD L, *Etude bibliographique comparée de la physiologie du coureur de fond et du cheval d'endurance : Métabolismes énergétique et musculaire, et thermorégulation*. Thèse Méd Vét., Lyon, 2003, n°24, 166p.
- [53] RIDGWAY KJ, Training endurance horses : conditioning different tissue type. In : Hodgson Rose (eds): *The Athletic Horse*. Philadelphia: Saunders, 1994, 411p.
- [54] RIVERO JLL, SERRANO AL, QUIROZ-ROTHER E, et al, Coordinated changes of kinematics and muscle fibre properties with prolonged endurance training. *Equine Vet J*, 2001, **33**, 104-108.
- [55] ROBERT C, Métabolisme du cheval d'Endurance. In : *EPU Vétérinaire d'Endurance*, ENVA, 25 janvier 2007, 3-10.
- [56] ROBERT C, Le test de ré-examen : réalisation et interprétation. In : *EPU Vétérinaire d'Endurance*, ENVA, 25 janvier 2007, 17-20.
- [57] ROBERT C, La réhydratation du cheval d'Endurance. In : *EPU Vétérinaire d'Endurance*, ENVA, 25 janvier 2007, 58-62.
- [58] ROBERT C, Facteurs de risque et développement de troubles métaboliques chez le cheval en course d'endurance. In : *Proceeding du congrès de l'AVEF*, Montpellier, 30-31-1^{er} Octobre-Novembre 2003, 197-198.
- [59] ROBERT C, Les soins vétérinaires sur les épreuves d'endurance équestre : analyse de 200 cas. In : *Proceeding du congrès de l'AVEF*, Le Touquet, 28-29-30 Novembre 2002, 412.
- [60] ROBERT C, Le test de récupération en épreuve nationale d'endurance équestre. *Prat. Vét. Eq.*, 2001, **33**(129), 45-52.
- [61] SAUDEMONT J.P, Les différentes catégories de vétérinaires en endurance et leur rôle. *Prat. Vét. Eq.*, 1998, **30**(118), 9-14.

- [62] SCHOTT HC, DUSTERDIECK KF, EBERHART SW, et al, Effects of electrolyte and glycerol supplementation on recovery from endurance exercise. *Equine Vet J*, 1999, **suppl 30**, 384-393.
- [63] SEGUIN A, Rôles du vétérinaire pendant les courses d'endurance. In : *EPU Vétérinaire d'Endurance*, ENVA, 25 janvier 2007, 11-15.
- [64] SEGUIN A, Gérer le cheval après la course d'Endurance. In : *EPU Vétérinaire d'Endurance*, ENVA, 25 janvier 2007, 63-64.
- [65] SEGUIN A, Rôle du vétérinaire sur les épreuves d'endurance. In : *Proceeding du congrès de l'AVEF*, Montpellier, 30-31-1^{er} Octobre-Novembre 2003, 158-162.
- [66] SNOW DH, VALBERG SJ, Muscle anatomy, physiology and adaptation to exercise and training. In : Hodgson Rose (eds): *The Athletic Horse*. Philadelphia: Saunders, 1994, 411p.
- [67] SNOW DH, GUY PS, Muscle fiber type composition of a number of limb muscles in different types of horse. *Res. Vet. Sci.*, 1980, **28**, 137-144.
- [68] TOMA B., DUFOUR B., SANAA M. et al, Epidémiologie appliquée à la lutte collective contre les maladies animales transmissibles majeures 2^{éd},
- [69] Top-Endurance.net. Site de l'Association des Cavaliers Français d'Endurance [En-ligne], Mise à jour le 14 mai 2007, [<http://detrez.guy.free.fr/>], (consulté le 3 juin 2007).
- [70] TOURREILLES F, BERNARDEAU P, BEGAUD J, Le raid d'endurance équestre. *Prat. Vét. Eq.*, 1985, **17**(1), 27-35.
- [71] TURNER TA, Muscular disorders. In Robinson (ed) : *Current Therapy in Equine Medicine 3*. Philadelphia, USA. Saunders publishers, 1992, 113-116.
- [72] VALBERG SJ, CARDINET GH III, LEWIS PJ, et al, Metabolic myopathies in the horse. *J Neuro Sci*, 1990, **98**, 347.
- [73] VAN LOON G, TAMZALI Y, Reconnaître et identifier une contre-performance d'origine cardiaque chez le cheval, *NPVE*, 2006, n°10, 21-27.

ANNEXES

Annexe 2 : Exemple de feuille de synthèse vétérinaire

RAID YVELINES - 1er mai 2004 SYNTHESE VETERINAIRE

Vétérinaire : Philippe MORIN
Secrétaire Sarah Auelie



VG3 Montfort l'Amaury

N° dossard	Heure	F.C.	F.R.	M.O.	% de pe	Capillaire	Transit	Allure	Observations
12	13 ^h 08,33	58	N	3+	0	0	N	ok	
7	13 ^h 12,15	62	N	3+	0	0	N	ok	
62	13 ^h 34,30	63	N	3	0	0	N	ok	
37	13 ^h 48,34	58	N	3	0	0	++ ++	ok	
68	13 ^h 58,15	58	N	3	0	0	++ ++	ok	
24	14 ^h 05,00	56	N	3	2	0	++ ++	ok	
88	14 ^h 07,43	62	N	3	2	0	++ ++	ok	
13	14 ^h 19,30	60/63	N	3	0	0	++ ++	ok	
84	14 ^h 29,26	57	N	4	1	2	++ ++	ok	
52	14 ^h 29,49	50	N	3+	2	0	++ ++	ok	
80	14 ^h 41,46	54	N	3	3	0	++ ++	ok	(52)
18	14 ^h 51,56	66	N	3+	4	3	++ ++	ok	élimination métabolique
33	15 ^h 13,00	66		4	5	0	++ ++	ok	élimination métabolique

Annexe 3 : Tableau d'appariement des chevaux en fonction des critères retenus

1 COURSE	DOSSARD	2 AGE	3 SEXE	4 RACE	5 NOMBRE D'ÉPREUVES EFFECTUÉES DANS L'ANNÉE
LACANAU	4	10	F	AR	0
	52	10	F	AR	0
	33	11	F	AR	0
LACANAU	10	10	M	AR	2
	45	10	M	AR	1
	64	9	M	CS	?
LACANAU	13	12	F	AR	2
	60	12	F	AR	3
	67	13	F	AR	1
LACANAU	28	8	F	AR	0
	9	10	F	CS	2
	57	9	H	CSF	1
LACANAU	34	7	F	AR	0
	62	8	H	AR	3
	11	8	H	AA	0
LACANAU	39	10	F	AR	0
	14	10	F	AR	3
	32	11	F	OI	2
LACANAU	48	9	F	CS	0
	53	9	F	CS	1
	31	10	F	CSF	1
LACANAU	56	7	F	PFS	2
	51	9	F	AB	1
	37	8	H	AA	1
COMPIEGNE**	35	8	M	AR	
	26	7	M	AR	0
	22	8	M	CS	1
COMPIEGNE**	21	8	H	AR	1
	8	8	H	AR	0
	37	7	H	AA	0
COMPIEGNE**	18	8	H	CS	1
	48	8	H	CS	3
	16	8	H	SF	1
COMPIEGNE**	19	8	M	AR	1
	33	8	M	AR	2
	38	8	F	CS	1
COMPIEGNE**	44	8	H	AR	1
	23	8	H	AR	2
	49	8	H	AR	1
NERIS LES BAINS	13	8	H	CS	1
	49	7	H	CS	?
	39	8	H	CS	1
NERIS LES BAINS	27	8	H	AR	2
	110	8	H	AR	0
	118	9	F	AR	1
NERIS LES BAINS	30	9	F	CS	0

	59	9	F	CS	3
	22	9	F	OI	0
NERIS LES BAINS	41	10	F	AR	1
	48	9	F	AR	0
	82	11	F	AR	0
NERIS LES BAINS	46	9	M	AR	1
	44	9	H	PO	2
	34	9	F	AR	2
NERIS LES BAINS	47	8	F	AR	1
	125	8	F	AA	1
	28	8	F	CS	?
NERIS LES BAINS	62	10	M	OI	3
	123	10	H	CS	1
	71	10	M	SF	1
NERIS LES BAINS	76	9	H	AR	0
	17	9	H	AR	1
	93	9	H	AR	0
NERIS LES BAINS	84	9	F	CS	1
	65	9	F	CS	0
	112	8	F	SF	1
NERIS LES BAINS	97	8	H	OI	2
	104	8	H	AR	?
	92	8	H	CS	1
NERIS LES BAINS	120	8	M	AA	0
	109	7	H	OI	0
	63	8	H	AR	?
LE PERTRE	118	8	H	AR	0
	157	8	M	AR	0
	171	8	H	AA	0
LE PERTRE	165	13	F	AR	2
	186	13	F	PO	1
	209	12	F	AR	3
LE PERTRE	197	9	F	AR	0
	129	9	F	CS	0
	206	9	F	CS	0
LE PERTRE	201	9	M	AR	0
	102	9	M	AR	0
	106	9	M	AR	0
LE PERTRE	207	11	H	AR	1
	127	11	H	AR	3
	195	12	H	AR	?
LE PERTRE	213	11	H	SF	1
	147	11	F	AA	1
	176	11	H	SF	1
LE PERTRE	215	7	F	CS	0
	155	7	H	OI	0
	204	8	F	OI	0
LE PERTRE	228	11	F	AR	0
	142	11	F	PO	0
	227	11	F	AR	3
MONPAZIER**	53	9	F	PFS	1
	139	9	F	CS	

	148	9	F	CS	0
MONPAZIER**	75	9	F	AR	
	74	10	F	AR	
	101	9	F	CS	
MONPAZIER**	78	14	F	CS	1
	80	14	F	AR	
	91	12	F	AR	
MONPAZIER**	81	10	F	SF	3
	58	10	F	OI	
	52	10	F	CS	
MONPAZIER**	83	11	F	AR	3
	68	11	F	AR	
	117	12	F	AR	
MONPAZIER**	100	11	M	PO	
	54	10	M	CS	
	62	11	H	OI	
MONPAZIER**	105	9	F	AR	
	66	9	F	AR	
	85	9	F	CS	
MONPAZIER**	123	8	H	OI	2
	94	8	H	OI	3
	140	8	H	CS	0
MONPAZIER**	125	8	M	OI	0
	136	8	M	AR	
	110	8	M	AR	
MONPAZIER**	135	10	H	AR	1
	50	10	H	AR	
	93	10	H	AA	1
MONPAZIER**	137	11	M	AR	2
	145	10	M	AR	
	73	10	M	AR	1
MONPAZIER**	161				
	114	10	F	CS	
	65	12	H	AR	
RAMBOUILLET	28	15	H	AR	
	4	13	F	AR	
	12	14	H	AR	
RAMBOUILLET	33	14	H	OI	3
	24	12	H	AA	2
	10	13	H	PFS	?
RAMBOUILLET	42	8	F	CS	3
	84	8	F	AR	2
	16	8	F	CS	2
RAMBOUILLET	63	10	H	AR	1
	19	11	H	AR	1
	82	10	H	OI	1
RAMBOUILLET	67	11	H	CS	2
	35	11	H	OI	1
	37	11	H	CS	1
RAMBOUILLET	61	9	M	CS	
	57	9	H	AA	
	39	9	H	SF	

Vet Gate 1

Lieu		Motifs de soins										Tps de passage (min)		Vitesse moyenne de la boucle (Km/h)					
Dossart	FC	FR	MO	Pli de peau	Capillaires	Transit	Allures	Tps de passage (min)	Vitesse moyenne de la boucle (Km/h)	Dossart	FC	FR	MO	Pli de peau	Capillaires	Transit	Allures	Tps de passage (min)	Vitesse moyenne de la boucle (Km/h)
LACANAU																			
4	55	N		3 < 2s	< 2s	N	A	15,686	15,28	118	52	N		4 2s	< 2s	Diminué	B		
52	58	N		3 <2s	<2s	N	A	14.286	6.53	157	48	N		3 <2s	2s	N	A		
33	54	N		3 2s	<2s	N	A	15.686	7.01	171	52	N		3 <2s	<2s	N	A		
10	58	N		3+ < 2s	< 2s	N	B	16,216	7,06	165	46	N		3 < 2s	< 2s	N	A		
45	50	N		4 <2s	2s	N	A	15.686	7.40	186	48	N		3 <2s	<2s	N	A		
64	54	N		3 <2s	<2s	N	A	14.286	7.11	209	56	N	3-	<2s	<2s	N	A		
13	52	N		3 < 2s	< 2s	N	A	14,286	7,11	197	52	N		4 2s	2s	N	A		
60	60	N		3 <2s	<2s	N	A	13.793	6	129	44	N		3 <2s	<2s	N	A		
67	54	N		4 <2s	<2s	N	A	16	5.34	206	48	N		3 <2s	<2s	N	A		
28	54	N		3+ < 2s	< 2s	N	A	16	5,49	201	58	N		3 <2s	<2s	N	A		
9	56	N		3 <2s	<2s	N	A	15.894	4.54	102	58	N		3 2s	<2s	N	A		
57	54	N		3+ <2s	<2s	N	A	16.438	8.52	106	58	N		4 2s	2s	Diminué	A		
34	60	N		4 < 2s	< 2s	N	A	15,789	13,36	207	68								
62	54	N		3+ >2s	2s	N	A	16	9.48	127	56	N		3 <2s	<2s	N	A		
11	48	N		3+ <2s	<2s	N	A	14.286	8.55	195	60	N		3 <2s	<2s	N	A		
39	56	N		4 2s	2s	N	A	14,286	5,55	213	54	N		3 < 2s	< 2s	N	A		
14	60	N		3 <2s	<2s	N	A	15.894	4.05	147	56	N	3+	<2s	<2s	N	A		
32	54	N		4 <2s	<2s	N	A	16	6.17	176	60	N		3 <2s	<2s	N	A		
48	58	Augmentée		4 < 2s	< 2s	N	A	14,634	13,55	215	56								
53	44	N		3 <2s	<2s	N	A	14.286	7.55	155	60	N		3 <2s	<2s	N	A		
31	59	N		3 >2s	<2s	N	A	16.438	7.16	204	48	N		3 <2s	2s	Diminué	A		
LE PERTRE																			

M

56	58	N	4	< 2s	< 2s	N	B	14,286	13,1
51	58	N	3	<2s	<2s	N	A	14.286	5.25
37	46	N	3	<2s	<2s	N	A	14.286	8.23

15,11

35	54	N	4	< 2s	2s	Diminué	A	16,21	3,03
26	56	N	3+	<2s	<2s	N	A	15,946	3,52
22	56	N	3	<2s	2s	N	A	16.210	3.49
21	48	N	3	< 2s	>2s	N	A	15,806	4,13
8	56	N	3	<2s	2s	Augmenté	A	16.639	1.56
37	60	N	3+	2s	<2s	N	A	16.247	3.36
18	52	N	3	2s	< 2s	N	A	16,001	9,11
48	58	N	3	2s	>2s	N	A	15.886	5.55
16								16.654	5.30
19	60	N	3	< 2s	2s	N	B	15,86	6,24
		RW							
33	58	N	4	2s	<2s	N	A	16.237	3.50
38	54	N	4	<2s	2s	N	A	15.852	3.38
44	52	N	3	2s	< 2s	N	A	16,159	10,11
23	46	N	3	2s	2s	N	A	15.386	6.22
49	52	N	4	<2s	2s	N	A	16.003	8.06

15,92

13	52	N	3	< 2s	< 2s	Diminué	A	14,58	
39	44	Augmentée	3	<2s	<2s	N	A	14.52	
49	48	N	3	2s	<2s	N	A	14.07	
27	58	N	3	< 2s	< 2s	N	A	15,53	
110	45	N	3	<2s	<2s	Diminué	A	14.24	
118	48	N	3	<2s	<2s	N	A	14.26	
30	48	N	3	< 2s	< 2s	N	A	14,6	
59	52	N	3	<2s	<2s	Diminué	A	12.66	
22	58	N	3	<2s	<2s	N	A	15.41	
41	60	N	3	< 2s	< 2s	N	A	15,75	

228	60	N	3	<2s	2s	Diminué	B		
142	48	N	4	<2s	<2s	N	A		
227	58	N	3	<2s	<2s	N	A		

53	58	N	3	< 2s	< 2s	N	A		
139	48	N	3	<2s	<2s	N	A	15.87	1
148	46	N	3	<2s	<2s	N	A	16.23	4
75	56	N	3	< 2s	< 2s	N	A		
74	52	N	4	<2s	<2s	N	A	16.02	1
101	52	N	3	<2s	<2s	N	A	15.41	6
78	58	N	3	< 2s	< 2s	N	A		
80	48	N	4	<2S	<2s	N	A	14.15	2
91	56	N	3	<2s	<2s	N	A	15.74	5
81	64	N	4	2s	2s	N	A		
		RW							
58	64	N	4	2s	<2s	N	A	13.83	7
52	61	N	3	<2s	2s	N	A	14.46	5
83	48	N	3+	< 2s	< 2s	Diminué	A	15,98	2
68	56	N	3+	<2s	<2s	n	A	16.46	1
117	52	N	3	<2s	<2s	N	A	15.03	
100	46	N	3	< 2s	< 2s	N	A	15,39	7
54	60	N	3+	2s	>2s	N	A	14.02	19
62	54	N	3	<2s	<2s	Diminué	A	15.95	3
105	56	N	3	< 2s	< 2s	N	A	16,02	2
66	50	N	3+	<2s	2s	N	A	16.02	2
85	54	N	3+	<2s	<2s	N	A	15.67	5
123	60	N	3+	< 2s	< 2s	Nul	A	15,1	6
94	48	N	3	<2s	2s	N	A	16.29	1
140	63	N	3+	<2s	<2s	N	A	14.24	8
125	50	N	3	> 2s	2s	N	A		
136	50	N	3	<2s	<2s	N	A	14.11	4
110	60	N	3	<2s	<2s	N	A	16.18	4
135	56	N	3+	< 2s	< 2s	N	A		
50	52	N	4	>2s	2s	Diminué	A	15.85	4
93	60	N	4	2s	2s	N	A	13.56	8

COMPIEGNE**

NERIS LES BAINS

MONPAZIER

48	60	N	3	<2s	<2s	N	A	15.90
82	58	N	3	<2s	<2s	N	A	15.66
46	54	N	3	< 2s	< 2s	N	A	15,55
44	52	N	3+	<2s	<2s	N	A	14.28
34	57	N	3	<2s	<2s	N	A	15.83
47	44	N	3	< 2s	< 2s	N	A	14,03
125	46	N	3	<2s	<2s	N	A	13.99
28	48	N	3	<2s	<2s	N	A	12.29
62	58	N	3	< 2s	> 2s	N	B	16,03
123	56	N	3	<2s	<2s	N	A	15.51
71	52	N	3	<2s	<2s	N	A	14.27
76	57	N	3	< 2s	< 2s	Diminué	A	14,07
93	50	N	3+	<2s	<2s	N	A	13.54
17	58	N	3	<2s	2s	Diminué	A	16.17
84	56	N	3	< 2s	< 2s	N	A	15,67
65	48	N	3	<2s	<2s	N	A	15.40
112	56	N	3	<2s	<2s	N	A	15.61
97	61	N	3	< 2s	< 2s	N	A	15,51
104	56	N	3	<2s	2s	Diminué	B	14.85
92	60	N	3	<2s	<2s	N	A	16.50
120	48	N	3	< 2s	< 2s	N	A	14,82
109	52	N	3	<2s	<2s	N	A	12.31
63	50	N	3	<2s	2s	Diminué	A	14.90

15,03

137	54	N	3	2s	< 2s	N	A		
145	50	N	3	<2s	<2s	N	A	15.85	3
73	48	N	3	<2s	<2s	N	A	15.09	6
161	58	N	3+	2s	2s	N	A		
114	56	N	3+	<2s	<2s	N	A	16.02	4
65								13.91	10

15,35

RAMBOUILLET

28	60	N	2+	< 2s	< 2s	N	A	16,63	2,21
4	62	N	3+	<2s	<2s	N	A	16.81	10.01
12	56	N	3+	2s	<2s	N	A	17.89	2.13
33	60	N	3+	> 2s	< 2s	Diminué	A		
24	56	N	3	<2s	>2s	Diminué	A	14.17	2.53
10	52	N	3	<2s	2s	Diminué	A	15.97	2.47
42	50	N	3+	< 2s	< 2s	N	A	15,99	4,34
84	58	N	4	>2s	<2s	Nul	A	14.37	10.47
16	58	N	4	<2s	<2s	N	A	15.11	8.26
63	56	N	3	< 2s	< 2s	N	A		
19	60	N	3+	<2s	<2s	N	A	16.46	3.44
82	56	N	3	<2s	>2s	Diminué	A	16.32	3.49
67	58	N	3+	< 2s	< 2s	Diminué	A		
35	60	N	3+	<2s	<2s	N	A	16.59	10.44
37	60	N	3	<2s	<2s	N	A	15.95	3.55
61	62	N	3	<2s	<2s	N	A		
57	56	N	3+	<2s	<2s	N	A	17.56	4.31
39	60	N	3	<2s	>2s	Diminué	A	17.58	4.23

16,21

Vet Gate 2

Lieu	Dossart	FC	FR	MO	Motif de soins				Tps de passage (min)		M2
					Pli de peau	Capillaires	Transit	Allures	Viessesse moyenne de la boucle (Km/h)		
LACANAU	4	58	N	3	< 2s	< 2s	D	A	16,114	10,45	
	52	54	N	3	<2s	<2s	D	A	16.545	5.37	
	33	58	N	3	<2s	<2s	N	A	16.704	8.24	
	10	56	N	3	3s	< 2s	D	A	19,78	8,16	
	45	54	N	3+	<2s	2s	N	A	19.209	8.58	
	64	56	N	3+	<2s	<2s	N	A	19.676	5.16	
	13	58	N	3	< 2s	< 2s	N	A	16,394	8,05	
	60	58	N	3+	<2s	>2s	N	A	17.609	5.25	
	67	58	N	4	2s	2s	N	A	18.951	10.33	
	28	60	N	4	< 2s	< 2s	N	A	20,204	5,2	
	9	54	N	3	<2s	<2s	D	A	18.599	4.32	
	57	58	A	3+	>2s	2s	N	A	20.472	9.12	
	34	55	N	3+	3s	2s	N	A	16,463	24,12	M2
	62	58	N	3	>2s	2s	D	A	18.794	15.32	
	11	50	N	3	<2s	2s	D	A	16.687	11.06	
	39	60	A	4	< 2s	2s	N	A	17,219	5,53	
	14	54	N	3	<2s	2s	Nul	A	18.427	6.11	
	32	58	N	3+	<2s	<2s	N	A	19.123	6.33	
48	58	A	3+	2s	> 2s	D	A	16,517	11,38	M2	
	RW										

Lieu	Dossart	FC	FR	MO	Motif de soins				Tps de passage (min)		Boiterie
					Pli de peau	Capillaires	Transit	Allures	Viessesse moyenne de la boucle (Km/h)		
LE PERTRE	118	54	N	4	> 2s	< 2s	D	A			
	157	48	N	3	<2s	<2s	D	A			
	171	60	N	3	<2s	<2s	N	A			
	165	56	N	3	< 2s	< 2s	N	A			
	186	48	N	3+	<2s	<2s	N	A			
	209	50	N	3	<2s	<2s	N	A			
	197	55	N	3	> 2s	< 2s	N	A			
	129	52	N	3	<2s	<2s	N	A			
	206	56	N	3	2s	<2s	N	A			
	201	48	N	3	2s	< 2s	N	A			
	102	54	N	3	<2s	<2s	N	A			
	106	48	N	3	>2s	<2s	D	A			
	213	60	N	3+	< 2s	2s	N	A			
	147	54	N	4	<2s	>2s	D	A			
	176	56	N	3	<2s	<2s	N	A			
	215	50	N	3	2s	2s	N	Boiterie			
	155	59	N	3	2s	2s	N	A			
	204	57	N	3	<2s	<2s	N	A			
228	52	N	3	< 2s	< 2s	N	A				
142	56	N	3+	<2s	<2s	N	A				

53	55	N	3+	4	3	N	A	16.517	6.44
31	52	A	3+	<2s	<2s	N	A	19.581	8.58
56	54	A	2+	> 2s	2s	N	A	16,904	13,37
51	56	N	3	<2s	<2s	D	A	17.128	5.16
37	55	N	3+	>2s	>2s	N	A	16.262	8.48

18,095

35	58	N	3	2s	< 2s	N	A	18,186	3,42
26	48	N	3	<2s	2s	N	A	17.755	3.53
22	54	N	3	2s	<2s	N	A	17.517	5.09
21									
8	60	N	3	<2s	2s	A	A	17.491	3.12
37	54	N	3	<2s	<2s	N	A	17.626	3.36
18	56	N	3	> 2s	< 2s	N	A	18,625	7,03
48	52	N	3	>2s	<2s	N	A	18.553	5.13
16	56	N	4	<2s	>2s	D	B	17.910	5.37
19	50	N	3	< 2s	< 2s	N	A	17,87	4,51
33	58	N	4	<2s	<2s	N	A	18.255	3.20
38	58	N	3	<2s	<2s	N	A	17.941	3.28
44	60	N	3	2s	< 2s	N	A	14,851	9,29
	RW								
23	48	N	3	<2s	<2s	N	A	18.653	6.14
49	54	N	3	<2s	<2s	N	A	18.175	4.21

17,73

13	60	A	3+	2s	2s	Nul		15,96	
	RW								
39	58	N	3	<2s	<2s	N	A	14.35	
49								13.30	
27	56	N	3	< 2s	< 2s	N	A	15,96	
110	59	N	3	<2s	<2s	N	A	13.63	
118								12.47	
30	60	N	3	< 2s	< 2s	N	A	13,98	

227	52	N	3	<2s	<2s	N	A		
-----	----	---	---	-----	-----	---	---	--	--

53	56	N	4	> 2s	< 2s	N	A		
139	48	N	4	2s	<2s	N	A	18.79	1
148	50	N	3	<2s	<2s	D	A	17.61	
75	58	N	3	< 2s	2s	N	A		
74	60	N	4	<2s	<2s	D	A	18.75	
101	55	N	3+	<2s	<2s	Nul	A	18.31	6
78	56	N	3	> 2s	2s	N	A		
80	52	N	3	2s	<2s	N	A	18.77	2
91	58	N	3	<2s	<2s	N	A	19.24	4
81	60	N	4	2s	2s	N	A		
58	60	N	3	>2s	<2s	N	A	16.35	2
52	60	N	4	<2s	<2s	N	A	16.55	8
83	55	N	4	< 2s	2s	D	A	18,59	
117	58	N	3	<2s	2s	N	A	14.83	4
68	62	N	4	<2s	<2s	N	A	18.71	2
100	50	N	3+	2s	2s	N	A	17,25	6
54	60	N	4	2s	2s	N	A	15.89	4
62	64	N	3+	<2s	<2s	D	A	17.22	8
105	60	N	3+	< 2s	< 2s	N	A	18,36	3
66	60	N	3	<2s	<2s	N	A	18.55	6
85	56	N	4	<2s	2s	D	A	14.53	2
123	58	N	3+	< 2s	2s	Nul	A	17,33	6
94	56	N	3	<2s	<2s	N	A	18.20	4
140	63	A	4	<2s	2s	D	B	16.39	13
125	60	N	3+	< 2s	2s				
136	56	N	4	2s	<2s	N	A	14.95	3
110	60	N	4	2s	2s	N	A	18.63	5
135	52	N	3	< 2s	< 2s	N	A		
50	58	N	3	<2s	<2s	D	A	19.30	2
93	58	N	3	2s	<2s	N	A	15.04	5
137	59	N	3+	> 2s	2s	N	A		
145	58	N	4	<2s	<2s	N	A	16.91	2
73	60	N	4	2s	2s	N	A	17.29	9

Accident

MONPAZIER

M

Boiterie

COMPIEGNE**

NERIS LES BAINS

59	54	N	3+	2s	<2s	N	A	12.32
22	58	N	2	<2s	<2s	N	A	13.10
41	53	N	3	2s	2s	N	A	15,92
48								15.88
82	60	N	3	<2s	2s	D	A	15.83
46	60	N	3	< 2s	< 2s	N	BPG	15,08
44	60	N	3	<2s	2s	N	A	13.11
34	60	N	3	<2s	<2s	N	A	15.86
47	34	N	3	< 2s	< 2s	N	A	14,69
125	50	N	3	2s	<2s	D	A	12.03
28	50	N	3	<2s	<2s	N	A	13.08
62	49	N	3	2s	> 2s	N	A	14,65
71								12.18
123								15.88
76	58	N	3+	2s	2s	N	Boiterie	12,24
17	58	N	3-	<2s	2s	N	B	16.34
93								13.61
84	56	N	3	< 2s	< 2s	N	A	15,25
65	60	N	4	<2s	<2s	N	A	15.27
112	52	N	3	2S	<2s	N	A	14.68
97	63	N	3+	< 2s	< 2s	D	Boiterie	13,8
104	52	N	3-	<2s	2s	D	A	14.97
92	60	N	3	<2s	2s	N	A	15.52
120	60	N	3+	2s	2s	D	Boiterie	13,93
109	58	N	3	<2s	2s	D	A	13.06
63								13.82

14.5

161	60	N	3	< 2s	< 2s	N	A	
114	60	A	3	<2s	<2s	D	B	17.74 9
65	60	N	3	>2s	2s	N	A	15.87 18

17,34

Boiterie

RAMBOUILLET

28	56	N	3	> 2s	< 2s	N	A	17,3 2,3
4	62	N	3+	2s	<2s	N	A	17.65 6.24
12	60	N	3+	<2s	<2s	N	A	18.05 2.39
33	62	N	4	> 2s	< 2s	N	A	
	RW							
24	60	N	3+	<2s	<2s	N	A	16.47 2.35
10	60	N	3	<2s	<2s	D	A	16.19 4.09
42	56	N	3+	< 2s	> 2s	D	A	15,68 8,03
84	63	N	4	<2s	2s	N	A	14.54 3.03
16	60	N	3	<2s	<2s	D	A	15.84 5.55
63	56	N	3	< 2s	< 2s	N	A	
19	60	N	4	2s	<2s	N	A	16.95 4.46
82	56	N	3+	<2s	<2s	N	A	16.16 3.20
67	58	N	4	< 2s	< 2s	N	A	
35	64	N	3	<2s	<2s	N	A	15.98 8.23
37	64	N	3	2s	2s	D	A	16.75 2.03
61	60	N	3	<2s	<2s	N	A	
57	64	N	4	<2s	2s	Nul	A	17.92 3.35
39	58	N	4	<2s	<2s	N	A	18.03 5.53

16,71

Vet Gate 3

Lieu	Dossart	FC	FR	MO	Pli de peau	Capillaires	Transit	Allures	Vitesse moyenne de la boucle (Km/h)	Tps de passage (min)	Motif de soins	Lieu	Dossart	FC	FR	MO	Pli de peau	Capillaires	Transit	Allures	Vitesse moyenne de la boucle (Km/h)	Tps de passage (min)	Motif de soins		
LACANAU	4	70							16,744	21,13	M	118	65	N	3+	2s	< 2s	Diminué	BAG				M+BAG		
	52	54	Augmentée	3	<2s	<2s	Diminué	A	18.113	5.18		157	51	N	3	2s	2s	N	A						
	33	60	Augmentée	3	>2s	<2s	N	A	16.695	9.57		171	56	N	3	<2s	2s	Diminué	A						
	10	66	Augmentée	3+	2s	> 2s	N	A	17,409	10,57	M	165								BAD				BAD	
		RW											186	54	N	3	<2s	<2s	N	A					
	45	59	N		3+	<2s	<2s	Diminué	A	21.056	10.36		209	46	N	3	<2s	<2s	Diminué	A					
	64	54	N		3+	2s	>2s	N	A	21.124	11.40		197	68	N	4	< 2s	< 2s	Diminué	A					
	13											BAD													
	60	54	N		3+	<2s	<2s	Diminué	A	17.130	4.45		129	59	N	3	2s	<2s	N	A					
	67	46	N		4	<2s	<2s	Diminué	A	17.927	8.58		206												
	28	64	N		3	>2s	<2s	Nul	B	20,483	13,11	M	201												
		RW											102												
	9	60	N		3	<2s	<2s	N	A	18.088	4.46		106												
	57	57	N		3	<2s	<2s	N	A	20.668	15.28		213								BAD				BAD
39									14,654		M	147	58	N	3	<2s	<2s	N	A						
14	64	N		2+	>2s	2s	N	A	18.365	8.31		176	55	N	3	2s	<2s	N	A						
32	60	N		3+	<2s	2s	Diminué	A	19.140	12.47		228	52	N	3	< 2s	< 2s	N	BAD					BAD	
56	54	Augmentée		2+	> 2s	> 2s	N	A	12,119	10,33		142	52	N	3	<2s	<2s	N	A						
51	54	N		3+	<2s	<2s	N	A	17.564	8.20		227													
37	60	N		3-	>2s	<2s	Diminué	A	14.754	9.57															
												A	53												
														62	N	3+	2s	2s	N	A					

										18,096													
COMPIEGNE**	35	52	N		3	2s	> 2s	N	A	16,742	12,36												
	26	50	N		4	2s	>2s	Diminué	A	13.315	7.30												
	22	52	N		3	<2s	<2s	N	A	10.911	6.21												
	18	64	N		3+	> 2s	< 2s	Diminué	A	?	?	?											
	48	54	N		3	<2s	<2s	N	A	13.406	4.29												
	16	51	N		3	>2s	<2s	Diminué	A	11.335	4.38												
	19	52	N		3+	< 2s	2s	N	A	12.957	4,13												
	33	58	N		4	<2s	>2s	N	A	17.073	4.49												
	38	60	N		3	<2s	2s	N	A	17.577	3.29												
	44	60	N		3	2s	< 2s	N	A	14,851	9,29												
		RW																					
	23	58	N		3+	>2s	>2s	Diminué	A	17.039	9.22												
	49	54	N		3	2s	>2s	N	A	16.711	6.03												
										13,61													
NERIS LES BAINS	27								BAD	17,02	BAD												
	110	56	N		3	<2s	<2s	Diminué	A	13.89													
	118	56	N		3	<2s	<2s	N	A	13.29													
	41								16,1	M													
	48	58	N		3	<2s	<2s	N	A	17.78													
	82	51	N		3	<2s	<2s	N	A	17.82													
	47	54	Augmentée		3	2s	2s	Diminué	A	15,04	M												
		RW																					
	125								14,93														
	28	58	N		3	<2s	<2s	Diminué	A	15.26													
	62								13,88														
	71	58	N		3	>2s	<2s	Diminué	A	12.97													
	123								17,26														
	84								17,32														
	65	51	N		3	<2s	<2s	N	A	17.72													
112	58	N		3	<2s	<2s	N	A	15.34														
										139											17.85	6	
										148	52	A		3	<2s	2s	N	A	16.92	14			
										75	64	N		2	< 2s	< 2s	N	A					
										74	63	N		4	<2s	2s	Diminué	A	18.75	4			
										101											16.82	6	
										78	64	N		3	> 2s	2s	Diminué	N					
										RW													
										80											19.27		
										91											19.52	3	
										81	63	N		4	2s	> 2s	N	A					
										RW													
										58	58	N		3	>2s	2s	Diminué	A	16.49	2			
										52	62	N		3+	<2s	2s	N	A	13.63	5			
										83	56	N		3+	> 2s	2s	N	A	18,12	4			
										117	50	N		3	<2s	<2s	N	A	12.30	2			
										68											19.58	4	
										100	52	N		3+	> 2s	> 2s	Diminué à D	A	16,64	4			
										54	52	N		4	<2s	<2s	Diminué	A	16.61	5			
										62											16.01	8	
										105	> 60			3	< 2s	< 2s	N	A	16,49	1			
										RW													
										66											19.29	4	
										85	52	N		4	2s	2s	Diminué	A	16.41	4			
										123											17,78		
										94	62	N		3	<2s	2s	N	A	17.04	2			
										140	60	N		4	2s	2s	N	A	14.27	9			
										135											BAD		
										50	62	N		3	>2s	<2s	Diminué	A	19.93	4			
										93	55	N		3	2s	<2s	Diminué	A	15.24	8			
										137	> 60											BAD	
										RW											BAD		
										145	<60	N		4	<2s	<2s	N	A	16.50	3			
										73	59	N		4	<2s	>2s	Diminué	A	19.48	3			
										161	54	N		3	< 2s	< 2s	Diminué à G	A					

RAMBOUILLET

28	58	N	3	< 2s	< 2s	N	A	17,41	3,35	
4	64	N	3	<2s	2s	N	A	16.86	7.30	
12	58	N	3+	<2s	<2s	N	A	19.39	3.03	
33	66	Augmentée	4	> 2s	< 2s	Diminué	A			M
24	56	N	3	2s	<2s	N	A	16.88	1.32	
10	64	N	3	<2s	<2s	Diminué	A	15.49	4.35	
42	60	N	3+	2s	< 2s	N	A	15,61	9,27	
84	57	N	4	<2s	2s	N	A	15.22	3.56	
16	58	N	4	<2s	<2s	N	A	15.66	8.51	
63	59	N	3	< 2s	< 2s	N	BPD			B
19	60	N	3	<2s	<2s	N	A	17.45	6.34	
82	58	N	3	<2s	<2s	N	A	16.83	3.40	
67	56	N	3+	2s	< 2s	N	A			
35	60	N	3+	<2s	<2s	N	A	15.90	8.12	
37	58	N	3	<2s	<2s	N	A	16.61	3.04	
61	64	N	4	>2s	2s	Diminué	A			
57	60	N	3+	<2s	<2s	Diminué	A	19.50	5.22	
39	60	N	3+	2s	<2s	N	A	19.31	6.44	

15.12

114	52	N	4	2s	<2s	Diminué	A	15.37	8
65	60	N	2	2s	2s	N	B	12.04	6

16,83

16,92

Vet Gate 4

Lieu	Dossart	FC	FR	MO	Pli de peau	Capillaires	Transit	Allures	Vitesse moyenne de la boucle (Km/h)	Motif de soins	
										Tps de passage (min)	
RAMBOUILLET	28	60	N	2	2s	2s	Diminué	A	17,97	7,25	
		RW									
	4	64	N	4	<2s	2s	Diminué	A	15.64	16.73	
	12	60	N	3+	<2s	<2s	N	A	17.26	3.26	
	42				<	>					
		64	N	2	2s	2s	N	A	12,74	10,54	
		RW									
	84	54	N	4	<2s	<2s	N	A	13.04	5.36	
	16	64	N	3+	2s	2s	Diminué	A	12.90	8.47	
	67					<					
		58	N	4	2s	2s	N	A			
	35	62	N	3	2s	2s	Diminué	A	12.98	8.25	
	37	59	N	3+	<2s	<2s	N	A	16.06	2.12	
	61	64	N	3	2s	<2s	N	A			M
	57	60	N	4	2s	2s	Diminué	A	14.78	4.57	
39	60	N	4	<2s	<2s	N	A	17.06	7.10		

NERIS LES BAINS

62													
71													
123	62											A	
84	56	N	3	< 2s	< 2s	Diminué	A						
65	52	N	2	>2s	2s	Diminué	A						
112	58	N	3	<2s	<2s	N	A						

11,77	Métabolique
9.92	
17.08	
14,87	Métabolique
12.15	
12.22	

13.91

Métabolique

Métabolique

14,95

LE PERTRE

197
129
206
201
102
106

RAMBOUILLET

105	54	N	3	2s	> 2s	Diminué	A	17,61	Métabolique
66	46	N	4	<2s	2s	Diminué	A	19.87	
85	48	N	3	<2s	<2s	Nul	A	14.01	
123	56	N	3	2s	?	N	A	14,85	Métabolique
94	54	N	3	2s	2s	N	A	19.92	
140								12.04	
161							BAD		BAD + métabolique
114								12.52	
65								10.22	

14,97

28	58	N	3	< 2s	< 2s	N	A	8,28	
4	60	N	4	2s	>2s	Nul	A	15.64	
12	64	N	3	>2s	2s	Diminué	A	19.19	
42	64	N	3	< 2s	2s	N	A	12,98	
84	54	N	3+	<2s	<2s	N	A	12.37	
16	54	N	3+	<2s	<2s	Diminué	A	9.94	
67	64	N	2	> 2s	> 2s	?	?		Métabolique
35	56	N	2	>2s	>2s	Diminué	A	12.03	
37	56	N	3	<2s	>2s	Diminué	A	13.09	

13,71

Annexe 5 : Tableau synthétique de l'anamnèse, du diagnostic, du traitement et de l'évolution clinique des chevaux soignés pendant les épreuves.

Rambouillet,

Identification	Anamnèse	Symptômes	Hypothèses	Traitement	Evolution
Brax Benguy N° 28	- Termine la course - a réalisé une boucle supplémentaire - cheval âgé	23h00 : Fatigue, déshydratation, piétine, fourbure (pouls digité, pieds chauds), raideur généralisée, transit ralenti	Fourbure aigüe	- 10 L Ringer Lactate (RL) - Finadyne - ACP	Soins poursuivis
Chamann N° 33	- Elimination Vet 3 pour affection métabolique - n'a pas assez bu	18h00 : Fatigue, déshydratation, difficultés à uriner	Déséquilibre hydro-électrolytique de gravité 1	- 10 L RL - Finadyne - Noramidopyrine – repos	Amélioration
Inadjette N° 42	- Termine la course - n'a pas assez bu	20h50 : FC élevée, transit ralenti, déshydratation, coliques, anurie	Déséquilibre hydro-électrolytique, colique de gravité 2	- 10 L RL	Amélioration
Orient al Hosan N° 63	- Elimination Vet 3 pour BPD, gros effort	13h10 : FC élevée, boiterie	Myopathie d'effort de gravité 3, myosite du muscle droit PD	- Finadyne - repos	Amélioration
Forban charrière N° 67	- Elimination contrôle final pour flutter diaphragmatique	19h50 : FC élevée	Flutter 1 (récidives)	- Calcium - repos au box	Amélioration
Horsik de Grazette N° 61	- Elimination Vet 4 pour affection Métabolique				

Monpazier,

Identification	Anamnèse	Symptômes	Hypothèses	Traitement	Evolution
Hyacinthe IV N° 53	- Eliminée au Vet 4 pour affection Métabolique - dysorexie - stressée - long voyage	20h05 : Déshydratation, flutter depuis l'arrivée	Flutter de gravité 1	- 5L RL - calcium - électrolytes PO	Amélioration
Hamina des tunes N°75	- Eliminée au Vet 4 pour BAD - abandon sur la piste pour Boiterie	16h25 : pas de transit, boiterie	Colique de gravité 2 liée à boiterie ?	- 10 L RL	Restée très boiteuse
Cusie d'ax N° 78	- Eliminé eu dernier Vet pour affection métabolique - récurrence de flutter	17h35 : FC élevée, déshydratation	Déséquilibre hydro-électrolytique de gravité 3, flutter de gravité 3	- 10 L RL	Amélioration
Garlotta N°81	- Eliminé au dernier Vet pour affection Métabolique	17h50 : FC élevée arythmie, déshydratation, coliques, pas de transit	Epuisement de gravité 2, récupération cardiaque difficile	- 5L RL	Restée en colique le lendemain
Aleska N°83	- Termine la course	16H : pas de transit, déshydratation	Déséquilibre hydro-électrolytique de gravité 2, colique de gravité 2	- 10 L RL	Amélioration, piétinement pouls digité

Farouk du Maine N° 100	- Termine la course	19h50 : FC élevée, pli de peau persistant, transit diminué, sensible du dos, dysurie, déshydratation	Déséquilibre hydro-électrolytique de gravité 3	- 10 L RL - calcium - Spasmoglucinol	
Hafiza du mas N° 105	- Termine la course	17h45 : FC élevée, fatigue, déshydratation, dépression, hypothermie, hypoglycémie	Epuisement de gravité 2, myopathie d'effort de gravité 1	- 10 L RL	
Adrar cde Jalima N° 123	- Termine la course sans problème particulier	23H : Flutter 2 heures après l'arrivée	Flutter	- 5 L RL	
Mazan N° 125	- Eliminé au Vet 2 pour affection Métabolique	Anxiété, flutter	Flutter de gravité 1	- 10 L RL - calcium	Amélioration
Gourbi N°135	- Eliminé au Vet 3 pour BAD	Boiterie, fourbure, raideur	Fourbure aigüe de gravité 2	- ACP - Douche - Trinipatch - cales sous les pieds	
Vodrow N° 137	- Eliminé au Vet 3 pour BAD	FC élevée, pli de peau persistant, déshydratation, crampe	Myopathie d'effort 3	- 10 L RL - NaCl	Amélioration
Ghamal N° 161	- Eliminé au dernier Vet pour affection Métabolique et BAD - vitesse excessive sur 4 ^{ème} boucle	Couché, douleur importante	Boiterie sévère	Pansement de pied	Amélioration

Le Pertre,

Identification	Anamnèse	Symptômes	Hypothèses	Traitement	Evolution
Balmouk Valmont N°118	- Eliminé au Vet 3 pour affection Métabolique et BAG	19h30 : Boiterie, crampe	Myopathie d'effort de gravité 1	- 3 L RL - Finadyne	Amélioration
Massindi N°165	- Eliminé au Vet 3 pour BAD	16h : Boiterie, plaie couronne	Blessure de gravité 1	Antibiotique	Amélioration
Kerbensaa N°197	- Eliminé au dernier Vet pour affection Métabolique et BAG	21h : Fatigue, Colique	Colique de gravité 2	- 3 L RL - Glucose - Noramidopyrine	Amélioration
Koumran N°201	- Eliminé au dernier Vet pour affection Métabolique et BAG	20h : Fatigue, urines sombres, crampe localisée	Myopathie d'effort de gravité 4, fourbure aigüe myoglobulinurie	- 15 L RL - Finadyne - Repos au box	Référé le lendemain
Azahar N°207	- Eliminé pour affection Métabolique suite à un accident au Vet 1	11h : Dépression, déshydratation, difficultés à uriner, urines sombres, raideur généralisée	Myopathie d'effort de gravité 3	- 11L RL - Glucose - Finadyne - repos	Amélioration

Ellios D'Helb N°213	- Éliminé pour boiterie au Vet 2	18h30 : Boiterie	Myopathie de gravité 3, fourbure aigüe	- RL - Glucose - Finadyne - repos	Amélioration
Iskra du Moulin N° 215	- Éliminé pour boiterie au Vet 2	15h30 : anorexie, dépression coliques	Déséquilibre hydro-électrolytique de gravité 2	- RL - Finadyne - Noramidopyrine, - repos	Amélioration
Dahmia N°228	Éliminé pour boiterie au Vet 3	15h : boiterie	Boiterie de gravité 2	Finadyne 2 doses	Amélioration

Néris les bains,

Identification	Anamnèse	Symptômes	Hypothèses	Traitement	Evolution
Havane de Mouss N° 13	- Éliminé au Vet 2 pour affection Métabolique	13h30 : Fatigue, œil fixe, colique	Déséquilibre hydro-électrolytique de gravité 1	- RL - Finadyne	Amélioration
Polémik N°27	- Éliminé pour boiterie au Vet 3	Boiterie avec plaie	Boiterie de gravité 3	- Antibiotique	Référé
Gwen de L'Aigoual N° 30	- Éliminé pour boiterie au Vet 2		Boiterie 2		
Feima des Jamets N°41	- Éliminée pour M au Vet 3	17h30 : Fatigue	Déséquilibre hydro-électrolytique de gravité 1	- RL - Noramidopyrine	Amélioration
Golem N°46	- Éliminé au Vet 2 pour BPG		Boiterie de gravité 1		Amélioration
Elmah de Jamila N° 47	- Éliminé au Vet 3 pour affection Métabolique	17h : Anorexie, dépression, fatigue, arythmie	Épuisement de gravité 1	- RL - Noramidopyrine	Amélioration
Fanfan N°62	- Éliminée au Vet 4 pour affection Métabolique	20h40	Colique de gravité 3	- RL - Finadyne	Amélioration
Hasbenn'h N°76	- Éliminé pour boiterie au Vet 2	13h35 : fatigue, colique	Déséquilibre hydro-électrolytique de gravité 2	- RL	Amélioration
Gladys de la Palud N° 84	- Termine la course	20h30 : fatigue	Fourbure aigüe de gravité 4	- Finadyne - Noramidopyrine	Référée
Hatos N°97	- Éliminé pour boiterie au Vet 2	13h10 : anorexie, déshydratation	Déséquilibre hydro-électrolytique de gravité 1	- RL	Amélioration
Hurricane de Paute N°120	- Éliminé pour boiterie au Vet 2	12h : déshydratation, colique, diarrhée	Colique de gravité 2	- Finadyne	Amélioration

Compiègne,

Identification	Anamnèse	Symptômes	Hypothèses	Traitement	Evolution
Ibqal el Derkouch N°35	- Elimination au Vet 4 pour BPD		Tendinite	- Finadyne	
Hamlet el Indalo N° 21	- Accident sur la piste Vet 2		Plaie	- Retrait CE sur place - AINS	Amélioration
Hanton du lac N° 18	- Éliminé au Vet 3 pour affection Métabolique	16h : Fatigue, anxiété, déshydratation, difficultés à uriner	Déséquilibre hydro- électrolytique de gravité 2	- RL - Finadyne	Amélioration
Aiinhoa Bellissimo N°19	- Termine la course		Boiterie	- AINS	
Zaian N°44	- Éliminé pour BAG au Vet 4		Boiterie		

Lacanau,

Identification	Anamnèse	Symptômes	Hypothèses	Traitement	Evolution
Shaa N°4	- Éliminé pour affection métabolique au Vet 3	Colique, difficultés à uriner	Colique de gravité 3	- RL - Finadyne - Noramidopyrine	Amélioration
Shaimoon N°10	- Éliminé pour affection métabolique au Vet 3	Fatigue, colique, difficultés à uriner	Épuisement de gravité 2, déséquilibre hydro- électrolytique	- RL - Finadyne - Noramidopyrine	
Milena du Gréoux N°13	- Éliminé au Vet 3 pour BAD	15H : Fatigue, colique, difficultés à uriner, urines sombres, crampes	Déséquilibre hydro- électrolytique, myopathie d'effort de gravité 2	- RL - Noramidopyrine	
Baccaiza N°28	- Éliminé pour affection métabolique au Vet 3	Déshydratation, colique	Flutter de gravité 3	- RL - calcium - Noramidopyrine	
Iyada el Barbet N° 34	- Éliminé pour affection métabolique au Vet 2	13h20 : fatigue, colique	Épuisement de gravité 3	- RL - Noramidopyrine	
Farid del Saul N°39	- Éliminé pour affection métabolique au Vet 3	Fatigue, déshydratation	Épuisement 4, troubles hydro- électrolytique Syncope	- RL - Finadyne	
Gypsy N°48	- Éliminé pour affection métabolique au Vet 2	Fatigue	Épuisement 2	- RL	
Iris de Garnier N°56	- Éliminé pour BAG au Vet 4	Fatigue, déshydratation, boiterie	Déséquilibre hydro- électrolytique 3, boiterie sévère		Traitements poursuivis

Annexe 6 : Tableaux de calcul des Odd Ratio et du test de χ^2

Contrôle Initial :

- Fréquence cardiaque :

	Cas	Témoins
≥ 40	5	10
< 40	14	28
	19	38

$$OR = (5 \times 28) / (14 \times 10) = 1$$

- Fréquence respiratoire :

	Cas	Témoins
Augmentée	5	2
Normale	14	36
	19	38

$$OR = 6,43$$

$$X^2 = 5,21 = [(5 \times 36 - 2 \times 14)^2 \times 56] / (19 \times 38 \times 7 \times 50) > 3,84$$

- Muqueuses oculaires :

	Cas	Témoins
4 ou 2	1	2
Normales	18	36
	19	38

$$OR = 1$$

- Transit :

	Cas	Témoins
Diminué	1	0
Normal	18	38
	19	38

$$OR = ND$$

- Allures :

	Cas	Témoins
B	2	8
A	25	46
	27	54

$$OR = 0,46$$

Vet Gate 1 :

- Fréquence cardiaque :

	Cas	Témoins
≥ 60	11	19
< 60	37	77
	48	96

OR = 1,3

$X^2 = 0,19 < 3,84$

- Fréquence respiratoire :

	Cas	Témoins
Augmentée	1	1
Normale	45	91
	46	92

OR = 2

$X^2 = 0,25 < 3,84$

- Muqueuses oculaires :

	Cas	Témoins
4 ou 2	9	15
Normales	37	27
	46	92

OR = 0,43

- Pli de peau :

	Cas	Témoins
> 2s	2	4
≤ 2s	44	87
	46	92

OR = 0,99

- TRC :

	Cas	Témoins
> 2s	2	4
≤ 2s	44	87
	46	92

OR = 0,99

- Transit :

	Cas	Témoins
Diminué	8	13
Normal	38	79
	46	92

OR = 1,28
 $X^2 = 0,25 < 3,84$

- Allures :

	Cas	Témoins
B	6	1
A	40	91
	46	92

OR = 13,65
 $X^2 = 9 > 3,84$

- Temps de passage :

	Cas	Témoins
≥ 10	5	3
< 10	13	33
	18	36

OR = 4,23
 $X^2 = 2,9 < 3,84$

- Vitesse moyenne :

	Cas	Témoins
>	17	32
<	13	28
	30	60

OR = 1,14
 $X^2 = 0,09 < 3,84$

Vet Gate 2 :

- Fréquence cardiaque :

	Cas	Témoins
≥ 60	9	23
< 60	24	43
	33	66

OR = 0,70

- Fréquence respiratoire :

	Cas	Témoins
Augmentée	2	3
Normale	31	63
	33	66

OR = 1,35

$X^2 = 0,10 < 3,84$

- Muqueuses oculaires :

	Cas	Témoins
4 ou 2	9	18
Normales	24	48
	33	66

OR = 1

- Pli de peau :

	Cas	Témoins
> 2s	10	6
≤ 2s	23	60
	33	66

OR = 4,35

$X^2 = 7,23 > 3,84$

- TRC :

	Cas	Témoins
> 2s	1	4
≤ 2s	32	62
	33	66

OR = 0,48

- Transit :

	Cas	Témoins
Diminué	6	21
Normal	27	45
	33	66

OR = 0,48

- Allures :

	Cas	Témoins
B	1	3
A	39	81
	33	66

OR = 0,69

- Temps de passage :

	Cas	Témoins
≥ 10	2	2
< 10	10	22
	12	24

OR = 2,2

$X^2 = 0,55 < 3,84$

- Vitesse moyenne :

	Cas	Témoins
>	13	24
<	8	18
	21	42

OR = 1,21

$X^2 = 0,13 < 3,84$

Vet Gate 3 :

- Fréquence cardiaque :

	Cas	Témoins
≥ 60	4	5
< 60	6	15
	10	20

OR = 2

$$X^2 = 0,70 < 3,84$$

- Fréquence respiratoire :

	Cas	Témoins
Augmentée	1	0
Normale	9	20
	10	20

OR = ND

- Muqueuses oculaires :

	Cas	Témoins
4 ou 2	3	6
Normales	7	14
	10	20

OR = 1

- Pli de peau :

	Cas	Témoins
> 2s	2	3
≤ 2s	8	17
	10	20

OR = 1,42

$$X^2 = 0,12 < 3,84$$

- TRC :

	Cas	Témoins
> 2s	3	4
≤ 2s	7	16
	10	20

OR = 1,71

$$X^2 = 0,36 < 3,84$$

- Transit :

	Cas	Témoins
Diminué	2	6
Normal	8	14
	10	20

OR = 0,58

- Temps de passage :

	Cas	Témoins
≥ 10	2	0
< 10	7	18
	9	18

OR = ND

- Vitesse moyenne :

	Cas	Témoins
>	6	11
<	6	13
	12	24

OR = 1,18

$X^2 = 0,05 < 3,84$

Vet Gate 4 :

- Fréquence cardiaque :

	Cas	Témoins
≥ 60	2	4
< 60	1	2
	3	6

OR = 1

- Muqueuses oculaires :

	Cas	Témoins
4 ou 2	3	2
Normales	0	4
	3	6

OR = ND

- TRC :

	Cas	Témoins
$> 2s$	1	0
$\leq 2s$	2	6
	3	6

OR = ND

- Transit :

	Cas	Témoins
Diminué	1	3
Normal	2	3
	3	6

OR = 0,5

- Temps de passage :

	Cas	Témoins
≥ 10	1	1
< 10	1	3
	2	4

OR = 4,23

$X^2 = 0,70 < 3,84$

- Vitesse moyenne :

	Cas	Témoins
>	1	2
<	1	2
	2	4

OR = 1

Contrôle final :

- Fréquence cardiaque :

	Cas	Témoins
≥ 60	2	2
< 60	4	10
	6	12

OR = 2,5

$X^2 = 0,61 < 3,84$

- Muqueuses oculaires :

	Cas	Témoins
4 ou 2	1	4
Normales	5	8
	6	12

OR = 0,4

- Pli de peau :

	Cas	Témoins
> 2s	1	4
≤ 2s	5	8
	6	12

OR = 0,4

- TRC :

	Cas	Témoins
> 2s	2	2
≤ 2s	4	10
	8	12

OR = 2,5

$X^2 = 0,61 < 3,84$

- Transit :

	Cas	Témoins
Diminué	2	8
Normal	4	4
	6	12

OR = 0,19

- Vitesse moyenne :

	Cas	Témoins
>	3	7
<	4	7
	7	14

OR = 0,75

SUIVI CLINIQUE DE CHEVAUX D'ENDURANCE EN COURSE DE NIVEAU NATIONAL (CEI, CEN) : CONTRIBUTION A LA DETERMINATION DES PARAMETRES LES PLUS PERTINENTS

NOM et Prénom : SENA Amélie

Résumé :

L'endurance équestre est une discipline éprouvante pour l'organisme des chevaux. Bien que très réglementée par la mise en place de contrôles vétérinaires imposés tout au long des épreuves, et malgré les progrès effectués dans la gestion de l'entretien et de l'entraînement du cheval, l'endurance équestre ne fait toujours pas partie des disciplines olympiques. En effet, trop de chevaux développent encore actuellement, sur des épreuves de haut niveau, des affections métaboliques parfois graves.

Ce travail comprend une synthèse bibliographique sur les épreuves d'endurance et sur les particularités physiologiques du cheval d'endurance, ainsi qu'une enquête analytique réalisée sur une population de chevaux ayant nécessité des soins lors d'épreuves nationales d'endurance courues en France en 2003 et 2004. L'enquête est menée sur 50 chevaux cas et 100 témoins. L'objectif de ce travail est de déterminer les modifications des paramètres cliniques pouvant alerter le vétérinaire sur l'état général d'un cheval afin de prévenir le plus tôt possible le développement d'affections graves.

Certains paramètres comme une fréquence respiratoire élevée avant le départ de la course, un temps d'attente à l'entrée de l'aire de contrôle de plus de 10 minutes et des irrégularités d'allure lors du premier contrôle vétérinaire, ainsi qu'un pli de peau persistant plus de 3 seconde à partir du deuxième contrôle, sont apparus comme étant significativement différent entre les chevaux soignés et ceux ayant terminé la course avec succès.

Mots clés : Course
Endurance
Paramètre clinique
Affection métabolique
Contrôle vétérinaire
Equidé
Cheval
Cheval de sport

Jury :

Président :

Directeur : Mme ROBERT

Assesseur : Mme GIRAUDET

Adresse de l'auteur : 6 Route de Paris
02540 Viels Maisons

VETERINARY INSPECTION OF HORSES ON LONG DISTANCE ENDURANCE RIDES (CEI, CEN): CONTRIBUTION TO THE DETERMINATION OF THE MOST RELEVANT PARAMETERS

SURNAME : SENA

Given name : Amélie

Summary :

Equestrian endurance is a high demanding sport for horses' body. In spite of severe regulations with veterinary controls all along the ride and in spite of real improvements in management and horse training, equestrian endurance does not belong to Olympic sports yet. The reason: too many horses still develop metabolic troubles during long distance endurance rides.

The present work includes a bibliographic synthesis on endurance rides and physiology of the endurance horse. It reports an analytic study based on a population of 50 horses that needed to be treated on endurance rides held in France in 2003 and 2004 and 100 control horses. The aim of this study is to determine changes in clinical parameters that appear early in the ride, long time before the horse develops metabolic troubles. They would be useful to draw the attention of veterinarian on horses at risk.

It appears that an increase in respiratory rate before the ride, a waiting time in the vet area higher than 10 minutes and an irregular gait at the first vet-gate, a skin pinch remaining more than 3 seconds at the second vet-gate or later, represent ringing tone in the development of metabolic troubles.

Keywords : Race
Endurance
Clinical parameters
Metabolic affection
Veterinary inspection
Equine
Horse
Athletic horse

Jury :

President :

Director : Mme ROBERT

Assessor : Mme GIRAUDET

Author's address : 6 Route de Paris
02540 Viels Maison