

ANNÉE 2006

**DÉVELOPPEMENT DE TROUBLES MÉTABOLIQUES CHEZ
LES CHEVAUX D'ENDURANCE LORS DE COURSES DE
LONGUE DISTANCE : ÉTUDE ÉPIDÉMIOLOGIQUE SUR
LES ÉPREUVES FRANÇAISES EN 2003**

THÈSE

pour le

DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

présentée et soutenue publiquement
devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE CRETEIL

le.....

par

Caroline-Charlotte LANGLOIS

Née le 8 juillet 1980 à Paris 17^e (Seine)

JURY

Président : M.....

Professeur à la Faculté de Médecine de Créteil

Membres

Directeur : Mlle Céline ROBERT

Maître de Conférences en Anatomie des Animaux Domestiques
à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

Assesseur : Mme Nadia HADDAD

Maître de Conférences en Maladies Contagieuses
à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

LANGLOIS C.

**DÉVELOPPEMENT DE TROUBLES MÉTABOLIQUES CHEZ LES
CHEVAUX D'ENDURANCE LORS DE COURSES DE LONGUE DISTANCE :
ÉTUDE ÉPIDÉMIOLOGIQUE SUR LES ÉPREUVES FRANÇAISES EN 2003**

2006

ANNÉE 2006

**DÉVELOPPEMENT DE TROUBLES MÉTABOLIQUES CHEZ
LES CHEVAUX D'ENDURANCE LORS DE COURSES DE
LONGUE DISTANCE : ÉTUDE ÉPIDÉMIOLOGIQUE SUR LES
ÉPREUVES FRANÇAISES EN 2003**

THÈSE

pour le

DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

présentée et soutenue publiquement
devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE CRETEIL

le.....

par

Caroline-Charlotte LANGLOIS

Née le 8 juillet 1980 à Paris 17^e (Seine)

JURY

Président : M.....

Professeur à la Faculté de Médecine de Créteil

Membres

Directeur : Mlle Céline ROBERT

Maître de Conférences en Anatomie des Animaux Domestiques
à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

Assesseur : Mme Nadia HADDAD

Maître de Conférences en Maladies Contagieuses
à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

REMERCIEMENTS

À 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.

À mon jury de Thèse,

Mademoiselle Céline Robert,

De l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort,

Maître de Conférences en Anatomie de Animaux Domestiques,

Qui m'a offert la possibilité de découvrir l'endurance équestre, une discipline que je ne connaissais pas et qui m'a réconciliée avec le monde hippique. On aura finalement survécu à ce week-end de canicule au milieu du Morvan, même dans une voiture sans climatisation ! Merci également pour son aide et ses conseils avisés pendant toute la durée de mon travail, de la récolte des données à la rédaction.

Madame Nadia Haddad,

De l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort,

Maître de Conférences en Maladies Contagieuses,

Qui m'a permis de me replonger avec joie dans l'épidémiologie et les statistiques. Désormais, les calculs de χ^2 , de risques relatifs ou autres odds ratio n'ont plus de secret pour moi, et les différences entre études descriptive et analytique me semblent flagrantes ! Pour y parvenir, nous n'avons eu qu'à mettre en pratique sa réflexion : « Enseigner c'est répéter ». Merci pour sa patience et pour tous ses conseils !

À ma famille : mon grand-père, mes parents, Renaud, Emilie et Adrienne,

Qui ont supporté mes (très rares) sautes d'humeur tout au long de mon travail, qui a quand même débuté il y a plus de trois ans...

Merci également aux informaticiens qui m'entourent et qui m'ont guidée dans certaines démarches nébuleuses.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES ILLUSTRATIONS	11
LISTE DES ABREVIATIONS	13
INTRODUCTION	15
1) L'ENDURANCE EQUESTRE : DESCRIPTION DE LA DISCIPLINE ET DE SES CONSEQUENCES SUR LE METABOLISME DES CHEVAUX	17
1-1) Présentation de la discipline	17
1-1-1) Description générale de la discipline	17
1-1-2) Historique de la discipline	19
1-1-3) Caractéristiques actuelles de la discipline	19
1-1-3-1) Encadrement de la discipline	19
1-1-3-2) Les différents types d'épreuves	22
1-1-3-3) Rôles des vétérinaires pendant les épreuves	22
1-2) Présentation du métabolisme de l'effort et des mécanismes d'apparition des désordres métaboliques du cheval d'endurance	27
1-2-1) L'endurance : un exercice aérobic	27
1-2-2) Compromis entre thermorégulation et pertes hydro-électrolytiques lors d'une épreuve d'endurance	28
1-2-2-1) Thermorégulation chez le cheval d'endurance	28
1-2-2-1-1) Production de chaleur	28
1-2-2-1-2) Mécanismes de dissipation de la chaleur	28
1-2-2-2) Conséquences de la thermorégulation sur l'équilibre hydro-électrolytique du cheval	29
1-2-2-2-1) La thermorégulation induit une déshydratation	29
1-2-2-2-2) La thermorégulation induit des troubles électrolytiques	30
1-2-2-2-3) La thermorégulation induit des troubles acido-basiques	32

1-2-3)	Activité musculaire et pertes énergétiques lors d'une épreuve d'endurance	34
1-2-3-1)	Caractéristiques structurales et fonctionnelles des différents types de fibres musculaires utilisées pendant l'effort	34
1-2-3-2)	Fourniture d'énergie aux muscles pendant l'effort	35
1-3)	Présentation des principales affections métaboliques du cheval d'endurance	37
1-3-1)	Déshydratation	37
1-3-1-1)	Facteurs prédisposants	37
1-3-1-2)	Signes cliniques	37
1-3-1-3)	Etiopathogénie	38
1-3-1-4)	Prévention	38
1-3-2)	Coup de chaleur	39
1-3-2-1)	Facteurs prédisposants	39
1-3-2-2)	Signes cliniques	40
1-3-2-3)	Etiopathogénie	40
1-3-2-4)	Prévention	41
1-3-3)	Épuisement	41
1-3-3-1)	Facteurs prédisposants	41
1-3-3-2)	Signes cliniques	42
1-3-3-3)	Etiopathogénie	42
1-3-3-4)	Prévention	43
1-3-4)	Flutter diaphragmatique	43
1-3-4-1)	Facteurs prédisposants	44
1-3-4-2)	Signes cliniques	44
1-3-4-3)	Etiopathogénie	44
1-3-4-4)	Prévention	45
1-3-5)	Troubles musculaires	45
1-3-5-1)	Facteurs prédisposants	45
1-3-5-2)	Signes cliniques	46
1-3-5-3)	Etiopathogénie	46
1-3-5-4)	Prévention	47
1-3-6)	Troubles digestifs	47
1-3-6-1)	Facteurs prédisposants	47
1-3-6-2)	Signes cliniques	48
1-3-6-3)	Etiopathogénie	48
1-3-7)	Fourbure aiguë	48

1-3-7-1)	Facteurs prédisposants	48
1-3-7-1)	Signes cliniques	48
1-3-7-2)	Etiopathogénie	49
2)	ÉTUDE EPIDEMIOLOGIQUE DE L'INCIDENCE DES TROUBLES METABOLIQUES CHEZ LES CHEVAUX D'ENDURANCE ET DES PARAMETRES ASSOCIES A LEUR DEVELOPPEMENT LORS DE COURSES DE LONGUE DISTANCE	51
2-1)	Présentation de l'étude et de ses objectifs	51
2-2)	Protocole de l'étude : matériels et méthode	51
2-2-1)	Échantillonnage	51
2-2-2)	Récolte des données	53
2-2-3)	Analyse des données	53
2-2-3-1)	Tri des données	53
2-2-3-2)	Traitement des données	54
2-2-3-3)	Outils statistiques	54
2-3)	Résultats	55
2-3-1)	Généralités	55
2-3-1-1)	Caractéristiques des courses et taux de réponse	55
2-3-1-2)	Caractéristiques de chevaux participant aux épreuves	57
2-3-2)	Troubles métaboliques survenus pendant les épreuves	61
2-3-2-1)	Prévalence, répartition et causes des éliminations et des soins pendant les épreuves	61
2-3-2-2)	Caractéristiques des troubles métaboliques survenus pendant les épreuves	63
2-3-3)	Corrélations entre différents paramètres et l'apparition de troubles métaboliques pendant les épreuves	66
2-3-3-1)	Paramètres individuels	66
2-3-3-1-1)	Sexe des chevaux	66
2-3-3-1-2)	Race des chevaux	66
2-3-3-1-3)	Âge des chevaux	67
2-3-3-1-4)	Caractéristiques physiques des chevaux	67
2-3-3-2)	Paramètres liés à la carrière des chevaux et des cavaliers	68

2-3-3-2-1)	Expérience des chevaux	68
2-3-3-2-2)	Expérience des cavaliers	68
2-3-3-3)	Paramètres liés à l'entretien des chevaux	69
2-3-3-3-1)	Alimentation des chevaux	69
2-3-3-3-2)	Habitat des chevaux	70
2-3-3-4)	Paramètres liés à la préparation et au déroulement des épreuves	70
2-3-3-4-1)	Trajet pour se rendre sur le site des épreuves	70
2-3-3-4-2)	Acclimatation aux conditions des épreuves	70
2-3-3-4-3)	Dernier repas avant le départ des épreuves	71
2-3-3-4-4)	Conditions climatiques pendant les épreuves	71
2-3-3-5)	Causes d'apparition suspectées par les cavaliers	72
2-4)	Discussion	75
2-4-1)	Interprétation des résultats et comparaison à la bibliographie	75
2-4-1-1)	A propos de l'échantillonnage	75
2-4-1-3)	A propos des éliminations pendant les épreuves	76
2-4-1-4)	A propos des troubles métaboliques survenus pendant les épreuves	77
2-4-1-5)	A propos des corrélations mises en évidence entre certains paramètres et l'apparition de troubles métaboliques pendant les épreuves	78
2-4-1-5-1)	Paramètres individuels	78
2-4-1-5-2)	Paramètres liés à la carrière des chevaux et des cavaliers	79
2-4-1-5-3)	Paramètres liés à l'entretien des chevaux	80
2-4-1-5-4)	Paramètres liés à la préparation et au déroulement des épreuves	81
2-4-1-6)	A propos des taux de réponse	82
2-4-2)	Biais et limites de l'étude	83
2-4-3)	Perspectives	85
2-4-4)	Récapitulatif : recommandations aux cavaliers d'endurance	87
2-4-4-1)	Choix du cheval	87
2-4-4-2)	Préparation du cheval	87
2-4-4-3)	Gestion de l'épreuve	88
CONCLUSION		91

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	93
ANNEXES	97
Annexe 1 : Exemple du questionnaire remis à chaque participant	99
Annexe 2 : Exemple de la fiche de soins remplie par les vétérinaires	101
Annexe 3 : Exemple d'une fiche de relevé des conditions climatiques	103
Annexe 4 : Répartition des chevaux entre les groupes A et B	105
Annexe 5 : Résultats statistiques des comparaisons entre les groupes A et B	113
Annexe 6 : Répartition des chevaux des groupes A et B selon les conditions Météorologiques	117

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Schématisation des conséquences des mécanismes de thermorégulation	33
Figure 2 : Répartition géographique des courses incluses dans l'étude	52
Figure 3 : Répartition des participants selon leur sexe	57
Figure 4 : Répartition des participants selon leur race	58
Figure 5 : Répartition des participants selon leur robe	58
Figure 6 : Répartition des participants selon leur conformation	59
Figure 7 : Répartitions des éliminations et des soins selon l'avancement de la course	61
Figure 8 : Prévalence des symptômes observés chez les chevaux traités	63
Figure 9 : Prévalence des affections diagnostiquées	64
Figure 10 : Répartition des chevaux en fonction de la gravité de l'affection	64
Figure 11 : Répartition des chevaux traités en fonction de l'évolution de leur état de santé à l'examen du soir suivant l'épreuve	65
Figure 12 : Répartition des chevaux traités en fonction de l'évolution de leur état de santé à l'examen du lendemain de l'épreuve	65
Figure 13 : Relation entre la température ambiante et le taux de chevaux soignés pour affection métabolique	72
Figure 14 : Répartition des causes d'apparition de troubles métaboliques identifiées par les cavaliers	73

Tableau 1 : Palmarès de la France lors des CEIO de 2003 et 2004	18
Tableau 2 : Palmarès de la France lors des Championnats d'Europe et des Championnats du Monde depuis 1984	18
Tableau 3 : Caractéristiques des différentes épreuves d'endurance équestres françaises	21
Tableau 4 : Comparaison de la teneur en électrolytes dans la sueur de l'Homme et du Cheval	30
Tableau 5 : Comparaison des rendements énergétiques des glycolyses aérobie et anaérobie	35
Tableau 6 : Comparaison des rendements énergétiques de la glycolyse et de la β-oxydation	36
Tableau 7 : Caractéristiques générales des courses	56
Tableau 8 : Conditions météorologiques de chaque course	55
Tableau 9 : Répartition des courses selon leurs conditions météorologiques	57
Tableau 10 : Caractéristiques générales des chevaux de l'étude	60
Tableau 11 : Prévalence, répartitions et motifs des éliminations	62
Tableau 12 : Évolution de l'état des chevaux soignés	65
Tableau 13 : Relation entre les conditions climatiques et le taux de chevaux soignés pour affection métabolique	71
Tableau 14 : Causes d'apparition suspectées par les cavaliers	73
Tableau 15 : Récapitulatif des conseils à suivre par les cavaliers d'endurance	89

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AST :	Aspartate Amino Transférase
ATP :	Adénosine Tri Phosphate
ATPase :	Adénosine Tri Phosphatase
bpm :	Battements par minute
°C :	Degré Celsius
CEI :	Concours de raid d'Endurance International
CEIO :	Concours de raid d'Endurance International Officiel
CEN :	Concours de raid d'Endurance National
Cl⁻ :	Ion chlorure
CO₂ :	Dioxyde de Carbone
CPK :	Créatine Phospho-Kinase
DHE :	Déséquilibres Hydro-Electrolytiques
ET :	Écart-type
FC :	Fréquence Cardiaque
FEI :	Fédération Équestre Internationale
FFE :	Fédération Française d'Équitation
h :	Heure
H₂O :	Eau
HCO₃⁻ :	Bicarbonate
HR :	Hygrométrie Relative
K⁺ :	Ion potassium
kg :	Kilogramme
km :	Kilomètre
km/h :	Kilomètres par heure
L :	Mètre
Na⁺ :	Ion sodium
NB :	Nota Bene
ND :	Nom Déposé
NR :	Non Répondu
O₂ :	Dioxygène
OI :	Origine Inconnue
PS :	Pur-Sang

INTRODUCTION

L'endurance est une discipline encadrée par la Fédération Équestre Internationale (FEI). Il s'agit d'épreuves d'extérieur lors desquelles des couples cheval-cavalier affrontent le chronomètre sur une distance prédéterminée, variant de 20 à 160 km sur une journée selon le niveau de compétition. Plusieurs contrôles vétérinaires sont répartis au départ et à l'arrivée du raid, ainsi que tous les 20 à 40 km sur le parcours, et ont pour but de déterminer si le cheval est apte à continuer l'épreuve. L'encadrement de cette discipline est strict et sa professionnalisation se renforce progressivement. En effet, son évolution est en pleine expansion au sein des autres sports équestres, à la fois par le nombre de cavaliers, mais aussi par le nombre d'épreuves disputées chaque année. Il s'agit en conséquence d'une discipline de plus en plus médiatisée et aux enjeux commerciaux croissants.

Or, ce sport sollicite considérablement l'organisme des chevaux. Malgré l'amélioration des connaissances relatives à l'effort, et l'évolution des contrôles et des soins vétérinaires, de nombreux chevaux présentent des troubles métaboliques graves pendant les épreuves ou à leur issue, et nécessitent des traitements. Chaque année, plusieurs animaux voient leur carrière définitivement arrêtée à la suite d'une épreuve d'endurance. Les issues fatales sont rares, mais surviennent néanmoins parfois, comme aux Jeux Équestres Mondiaux de Jerez en 2002 par exemple, lors desquels deux chevaux sont morts à la suite de fatigue et de désordres métaboliques généralisés. Évidemment, cet aspect de la discipline n'est ni tolérable pour le grand public, ni justifiable du point de vue éthique, et nuit gravement à l'image de ce sport.

Il paraît donc prioritaire de chercher à mieux connaître les causes et l'évolution des troubles métaboliques qui surviennent lors des épreuves. En effet, en développant ces connaissances, les contrôles et les soins vétérinaires pourraient être optimisés, ce qui permettrait de mieux dépister et de mieux gérer les affections apparaissant pendant les courses. De même, il serait intéressant de déterminer des facteurs de risque à l'origine du développement ou de l'aggravation de ces troubles, afin de tenter de prévenir leur apparition.

Notre travail se répartit en deux volets. Dans un premier temps, nous allons décrire l'endurance équestre : son histoire et ses caractéristiques actuelles, ainsi que les conséquences d'un effort de longue durée sur le métabolisme des chevaux. Pour cela, nous détaillerons les mécanismes d'apparition des troubles, puis nous réaliserons une description des affections métaboliques les plus souvent développées lors des épreuves.

Ensuite, nous présenterons une enquête qui a été menée en France en 2003 sur des épreuves d'endurance nationales. Le but de cette étude descriptive était d'une part d'établir l'incidence et la gravité des troubles métaboliques survenant pendant les courses, et d'autre part de mettre en évidence des relations statistiques entre leur apparition et certains paramètres liés soit aux caractéristiques ou à l'entraînement des chevaux, soit au déroulement des épreuves. Ainsi, après avoir décrit le protocole et les résultats de notre étude, nous les interpréterons en cherchant à les mettre en relation avec la bibliographie existant à ce sujet.

1) L'endurance équestre : description de la discipline et de ses conséquences sur le métabolisme des chevaux

1-1) Présentation de la discipline

1-1-1) Description générale de la discipline

Les courses ou raids d'endurance équestres sont des épreuves d'extérieur où chaque couple cheval-cavalier court contre le chronomètre sur un itinéraire imposé et balisé [16][50], sur différents types de terrain et en fonction des aléas naturels qu'ils présentent [44]. Le cavalier est libre de choisir l'allure de sa monture, de la monter ou de la tenir en main. Seuls le départ et l'arrivée se font impérativement en selle [44]. Il existe différents types d'épreuves caractérisées notamment par la distance à parcourir (de 20 à 160 km la même journée) [16][50]. La compétition comporte un certain nombre de phases séparées par des arrêts obligatoires pendant lesquels le chronomètre est arrêté et permettant un temps de repos et des soins éventuels. Des contrôles vétérinaires pour tous les concurrents ont lieu au début et à la fin de l'épreuve, ainsi qu'à l'issue de chaque phase [15] et ont pour but de déterminer pendant la course si le cheval est apte ou non à participer à l'étape suivante, et à la fin de la compétition s'il peut ou non entrer dans le classement final. A la moindre alerte, le cheval est disqualifié. Le classement s'appuie donc sur deux critères : les recommandations de la Commission Vétérinaire et le chronomètre, le temps optimal étant défini à l'avance par le Comité Organisateur et la Commission Vétérinaire en fonction du dénivelé, du terrain, des conditions climatiques etc...[44][50]. Tous les chevaux du premier au dernier doivent être en parfaite santé [44].

Un raid d'endurance est donc une épreuve destinée à tester la vitesse et la capacité d'endurance d'un cheval [15]. Le but est d'emmener son cheval le plus rapidement possible sur une distance pré-déterminée tout en lui conservant un parfait état de santé [50]. Le cavalier doit donc pouvoir gérer tout au long de l'épreuve l'effort de son cheval, savoir comment le monter de manière optimale et sécurisée sur le terrain, ainsi que connaître et savoir sentir ses limites [17][15][50].

L'endurance équestre est la deuxième discipline à la fois dans le monde et en France [24]. Chaque année, le nombre de participants augmente [35]. En 2002 par exemple, elle a compté 6000 compétiteurs et 22000 départs pour 1445 épreuves [35].

Dans le cadre mondial, le nombre de cavaliers classés à des épreuves internationales varie beaucoup selon les continents. En 2002, il était de 729 parmi les cavaliers européens, 271 parmi les cavaliers américains, 198 parmi les cavaliers asiatiques, 177 parmi les cavaliers australiens et 35 parmi les cavaliers africains [35]. La France est le pays leader à la fois par le nombre et par la qualité de ses compétiteurs. Les Tableaux 1 et 2 recensent le nombre de médailles françaises lors des CEIO (Concours de raid d'Endurance International Officiel) ces deux dernières années (2003 et 2004) et des Championnats d'Europe et du Monde depuis 1984.

Tableau 1 : Palmarès de la France lors des CEIO de 2003 et 2004 [17]

		En équipe	En individuel
2003	1 CEIO	OR	ARGENT
2004	2 CEIO	OR, BRONZE	ARGENT, BRONZE

Tableau 2 : Palmarès de la France lors des Championnats d'Europe et des Championnats du Monde depuis 1984 [17]

	Championnats	En équipe	En 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 / 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
2004	Championnat du Monde (Dubai)		ARGENT
2005	Championnat d'Europe (Compiègne/France)	ARGENT	ARGENT, BRONZE

1-1-2) Historique de la discipline

L'endurance équestre puise ses origines dans de nombreuses civilisations, de l'Arabie à l'Europe en passant par l'Australie et l'Amérique [17].

Son origine impliquait une notion de maintien des liens et de communication entre les hommes. Les chevaux étaient utilisés par les services postaux d'Europe (en Angleterre et en Pologne par exemple) et d'Amérique (avec le fameux Pony Express notamment, reliant les états du Missouri et de Californie) pour aller d'un point à un autre afin de porter des nouvelles [17].

Une autre de ses origines est militaire. Les chevaux étaient utilisés pour la guerre et devaient donc être rapides et robustes. A cet effet, les militaires organisaient des épreuves pour sélectionner les chevaux de troupe. A la fin du XIX^{ème} et au début du XX^{ème} siècles, ce genre de tests a persisté, notamment avec le raid Bruxelles–Ostende (en Belgique), sur une distance de 132 km environ. Il n'existait alors que des contrôles vétérinaires sommaires et on ne faisait pas grand cas de la santé des chevaux [17][35][50].

Puis peu à peu, des compétitions d'endurance sont apparues en Amérique, avec notamment la Tevis Cup fondée en 1955, sur un parcours de 100 miles (soit environ 160,9 km) en une journée [24][25][48]. Vers le milieu des années 70, ce sport est revenu en Europe [50]. Les débuts furent modestes et initialement, l'état des chevaux n'était, là non plus, pas considéré comme le principe incontournable de ce sport naissant, et nombreuses furent les victimes [50]. Avec le temps, l'évolution des mentalités et la disparition des utilisations traditionnelles des chevaux, les règles ont progressé. Les notions de sport et d'endurance ont peu à peu surpassé les actes de cruauté ou de maltraitance envers les chevaux [17].

En France, la discipline a réellement démarré vers le milieu des années 90. Le nombre de cavaliers a alors connu un saut gigantesque : de 400 environ à la fin des années 80, il est passé à 7000 en 1999 [50].

1-1-3) Caractéristiques actuelles de la discipline

1-1-3-1) Encadrement de la discipline

Les concours équestres dans leur sens global sont des compétitions sportives et sont à ce titre assujetties au respect de la législation qui régit l'organisation et la promotion des activités physiques sportives. L'endurance équestre relève donc au niveau mondial de la FEI [15] et au niveau français de la FFE (Fédération Française d'Équitation). Il s'agit des deux seules autorités reconnues [2]. Ainsi, en France, les courses départementales, régionales et les CEN (Concours de raid d'Endurance National) dépendent du règlement FFE, alors que les CEI (Concours de raid d'Endurance International) dépendent du règlement FEI. En fait, la FFE relève de la FEI et suit ses évolutions. Par exemple, elle vient d'adopter comme la FEI l'obligation de rappels vaccinaux contre la grippe tous les 6 mois. Elle adapte également son règlement aux particularités françaises. Par exemple, à l'époque où la vaccination anti-rabique était obligatoire en France, lors de CEI, seuls les chevaux français et donc dépendant de la FFE devaient suivre cette règle.

L'endurance est donc une discipline fédérale inscrite dans un cadre précis, dans le but de mettre en avant la technicité du cavalier mais aussi et surtout de protéger le cheval [35]. Le règlement strict impose notamment l'application d'un cahier des charges précis par les

organisateurs des raids, le respect de critères qualificatifs de difficulté croissante, des contrôles médicaux standardisés et systématiques des chevaux avant, pendant et après la course, et l'implication de la responsabilité du cavalier (attribution d'éventuelles pénalités aux cavaliers en cas de transgression) [35].

L'objectif de cet encadrement strict est donc la priorité au bien-être du cheval [25].

Tableau 3 : Caractéristiques des différentes épreuves d'endurance équestres françaises [1][35]

Types d'épreuves		Départementales		Régionales		Nationales		
		D20	D30	R40	R60	*	**	***
Distance (km)		20 (de 18 à 22)	30 (de 28 à 32)	40 (de 35 à 45)	60 (de 55 à 65)	90 (de 85 à 95)	125 (de 120 à 130)	140 à 160 ou 2 x 100
Nombre d'étapes et leur longueur		1		2 x 20 km environ	2 x 30 km environ	3 x 30 km environ	3 à 4	4 à 6
							Aucune phase supérieure à 40 km	
Nombre de vet-gates intermédiaires		0		1	1	2	≥ 5 pour les épreuves de 160 km	
Vitesse moyenne (km/h)		de 10 à 12		de 12 à 15		libre, mais ≥ 12		
Age minimum du cheval (dans l'année en cours)		4 ans		4 ans	5 ans	5 ans	6 ans	7 ans
Conditions de qualification :	du cheval	Aucune		Qualifié en D20 ou D30		Qualifié en R60	Qualifié 2 fois en *	Qualifié en **
	du cavalier	Aucune		Qualifié en D20 ou D30	Qualifié en R40	Qualifié en R60	Qualifié 2 fois en *	Qualifié en **
Temps de repos intermédiaires (min)				60		40 puis 50	Dépend des courses	
Contrôles intermédiaires				Dans les 30 min après l'arrivée		Dans les 30 min après l'arrivée 2 passages max	Dans les 20 min après l'arrivée 2 passages max	Dans les 30 min après l'arrivée 2 passages max
Contrôle final		A 30 min		A 30 min		A 30 min	Dans les 20 min	Dans les 30 min
Fréquence cardiaque max (bpm)	contrôle initial	64		64		64	64	
	contrôles intermédiaires			60		56	64	
	contrôle final	60		60		56	64	
Mode de classement final		(Vitesse x 2 - Vitesse mini) x 100 Fréquence cardiaque finale		(Vitesse x 2 - Vitesse mini) x 100 Fréquence cardiaque finale		Au chronomètre		

1-1-3-2) Les différents types d'épreuves

Il existe différents types d'épreuves caractérisées notamment par la distance à parcourir et la vitesse, qui est soit libre, soit réglementée selon le niveau de concours [17]. Les principales caractéristiques de tous les types de courses se déroulant en France sont détaillées dans le Tableau 3.

Il n'y a quasiment pas de différence entre CEN et CEI. Si une épreuve de type CEN est organisée à l'étranger, son programme doit être validé par la FEI. Il s'agira alors d'un CEI ou d'un CEIO. La différence entre les deux réside dans le fait que pour ce dernier, il existe à l'issue de l'épreuve un classement individuel et un classement par équipe (avec une équipe par pays représenté), alors qu'il n'y a qu'un classement individuel lors de CEI [15].

1-1-3-3) Rôles des vétérinaires pendant les épreuves

L'endurance équestre est un sport en pleine évolution. L'augmentation de sa professionnalisation, l'amélioration de sa médicalisation, ainsi que l'élévation des intérêts commerciaux accentuent la pression sur les chevaux et en conséquence l'importance du rôle des vétérinaires à la fois dans la prévention et les traitements [5]. L'endurance est donc la discipline équestre dans laquelle la profession vétérinaire est la plus impliquée [45].

Lors d'une épreuve d'endurance, plusieurs catégories de vétérinaires collaborent. Voici leur classification selon le règlement FEI [1] :

► Les Vétérinaires de Concours ou de Raid d'Endurance

Ils sont regroupés en une équipe formant la « Commission Vétérinaire » et sont représentés par un Président [1]. Ils ont le contrôle total en matière de santé et de bien-être des chevaux [1][44][45]. Ils agissent à différents niveaux :

1) Rôle de conseils :

Les vétérinaires sont à la base de l'élaboration et de l'évolution des règlements [35].

La Commission Vétérinaire a également le devoir de conseiller et le pouvoir de contrôler le Comité Organisateur de l'épreuve en matière vétérinaire [44]. Elle agit comme un conseiller technique du Jury tout au long de la compétition et peut ainsi en définir ou en modifier les paramètres variables tels que l'agencement des aires de contrôle, les temps de repos, la longueur des étapes, les vitesses optimale et minimale etc... [1][44][45]

Enfin, les vétérinaires de la Commission peuvent aussi jouer le rôle de conseillers techniques des cavaliers, concernant par exemple le choix et l'entraînement des chevaux, la technique ou la gestion de course etc... Le but est d'aider les cavaliers à diminuer les risques d'accident et à optimiser leurs performances [1][44].

2) Réalisation des contrôles vétérinaires :

Il s'agit d'un rôle de juge. La vérification de différents paramètres lors des contrôles (ou « vet-gates ») initiaux, intermédiaires et finaux est en effet à l'origine du classement ou de l'élimination éventuelle d'un cheval [45]. Les vétérinaires de la Commission

doivent donc faire preuve de neutralité, régularité, précision et équité dans leurs jugements [1].

Le contrôle initial a principalement pour but la vérification de l'identité, des vaccinations et de l'aptitude physique du cheval à participer à l'épreuve [1].

Les contrôles intermédiaires ont pour finalité le suivi médico-sportif du cheval et garantissent son intégrité physiologique. Ils ont lieu au cours d'une période de repos entre deux étapes [1]. Les vétérinaires jugent ainsi la capacité du cheval à poursuivre la compétition [35].

Le contrôle final sert de jugement puisqu'il peut s'en dégager de possibles facteurs d'élimination. Il doit se dérouler dans les mêmes conditions pour tous les concurrents [1].

Outre les modalités spécifiques au contrôle initial (contrôle de l'identité et des vaccinations), voici les paramètres vérifiés par les vétérinaires de la Commission Vétérinaire [1][45] :

Critères de types A, objectifs et quantifiables :

Fréquence cardiaque ;
Fréquence respiratoire (pas mesurée systématiquement) ;
Température rectale (pas mesurée systématiquement) ;
Évaluation de l'état d'hydratation : temps de réplétion capillaire, durée de conservation du pli de peau.

Critères de type B, subjectifs :

Attitude et aspect généraux ;
Bruits cardiaques anormaux ;
Couleur des muqueuses ;
Arythmies ;
Présence de plaies ;
Boiterie. Elle doit être permanente sur un aller-retour au trot en ligne droite sur un terrain dur et plat.

L'utilisation de ces critères pour éliminer un cheval devait précédemment être confirmée par au moins un deuxième vétérinaire. Depuis 2005, le Règlement FEI impose même l'accord de deux vétérinaires et d'un membre du Jury, ou de trois vétérinaires.

L'endurance est la seule discipline équestre dans laquelle les juges partagent le pouvoir de décision avec les vétérinaires [44]. La Commission Vétérinaire, à l'issue des différents contrôles n'a pas de pouvoir de décision, mais elle conseille le Jury qui choisit d'entériner ou non ses recommandations [1][44].

Le Règlement impose un nombre minimal de vétérinaires dans la Commission [44]. Quel que soit le nombre de concurrents, il doit y en avoir 3 par point d'inspection [44]. De plus, il existe un quota minimal selon le nombre de partants, la difficulté et la configuration du circuit [1][44] : en général un vétérinaire pour 10 à 15 chevaux lors des CEI [1].

► Le Vétérinaire de Concours Associé et Délégué Vétérinaire

Il s'agit en général du Président de la Commission Vétérinaire [1]. Il est chargé du bon déroulement des contrôles et des relations avec le Président de Jury [1]. Il est le conseiller officiel pour toutes les questions vétérinaires auprès du Comité Organisateur, de la Commission d'Appel et du Jury de Terrain [1].

► Le Vétérinaire d'Équipe

Il est mandaté par la Fédération de son pays d'origine [44] afin d'assurer le suivi médico-sportif d'une équipe nationale [1]. Il en est le conseiller technique en matière vétérinaire [44]. Il est donc en charge de la santé, du bien-être et de la sauvegarde de l'avenir sportif des chevaux qui lui sont confiés, et participe également à la sélection et à l'entraînement de l'équipe [44].

► Le Vétérinaire Privé

Il a un rôle comparable au Vétérinaire d'Equipe mais accompagne certains concurrents individuels [1].

► Les Vétérinaires de Service

Ils ont également la dénomination de Vétérinaires Traitants [1]. Ils sont chargés d'apporter d'éventuels soins aux chevaux [1].

Leur masse de travail peut donc être considérable. En effet, dans certaines épreuves, le Règlement impose que tous les chevaux éliminés soient référés, ce qui peut parfois correspondre à 50 à 60 % des concurrents [44]. De plus, les soins à prodiguer peuvent être de longue durée [44].

L'efficacité de leur tâche impose des moyens logistiques importants. Ils doivent d'une part être en nombre suffisant pour pouvoir assurer une permanence aux écuries, à chaque point d'arrêt obligatoire et d'éventuelles interventions sur le parcours, ce qui implique des moyens de télécommunication et de transport appropriés [44] et doivent d'autre part disposer de locaux adaptés à des actes de nature variée, du soin de confort à la véritable urgence médicale [44]. Parfois, lorsque certains cas doivent être référés vers des structures mieux équipées, le soutien des confrères locaux est nécessaire [44].

► Le Vétérinaire de Contact

Il assure une communication permanente avec la FEI en matière vétérinaire [1].

► Le Vétérinaire Préleveur

Il est missionné par la FFE ou la FEI. Il est chargé de la réalisation de prélèvements à des fins de contrôles anti-dopage [1].

► Le Vétérinaire Sanitaire

Pourvu d'un mandat sanitaire départemental, il fait appliquer la législation nationale ou locale, et dépend pour cela du Préfet [1].

La clé de l'efficacité du travail des vétérinaires intervenant lors d'une compétition réside dans une bonne communication entre toutes ces catégories [6].

Le cumul de ces fonctions est interdit, pour des raisons à la fois morales (les membres de la Commission Vétérinaire doivent demeurer impartiaux), mais aussi pratiques : d'une part les vétérinaires n'ont pas le don d'ubiquité, et d'autre part, le type de responsabilité mis en jeu dans ces fonctions est différent [44]. Par exemple, les vétérinaires de la Commission sont placés sous la responsabilité du Président de Jury, alors que les vétérinaires traitants engagent leur propre responsabilité civile professionnelle [45], puisque leur travail implique une relation financière avec le responsable du cheval [44].

L'endurance équestre est un sport en pleine expansion, et dans un but de protection du cheval, cette discipline est encadrée et très strictement réglementée quel que soit le niveau de compétition.

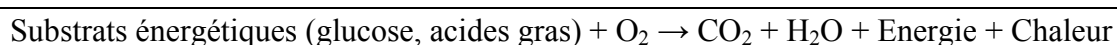
Malgré l'amélioration des soins vétérinaires et la professionnalisation de la discipline, encore trop de chevaux présentent des troubles graves [42], voire fatals [5], consécutivement à l'effort. Ces accidents sont évidemment injustifiables auprès des professionnels comme du grand public, et entretiennent en conséquence une image défavorable de la discipline [44].

L'apparition de ces troubles peut s'expliquer par le caractère très particulier de l'effort fourni lors d'une épreuve d'endurance.

1-2) Présentation du métabolisme de l'effort et des mécanismes d'apparition des désordres métaboliques du cheval d'endurance

1-2-1) L'endurance : un exercice aérobie

L'endurance est un exercice à vitesse limitée, donc d'intensité modérée, sur du long terme [18][46]. L'énergie nécessaire pendant l'effort est donc principalement issue du métabolisme aérobie des acides gras et du glycogène dans les fibres musculaires à contraction lente et à contraction intermédiaire [46]. Les réactions du métabolisme aérobie peuvent être résumées par cette équation [11][23] :



La capacité aérobie d'un cheval est variable. On appelle capacité de travail aérobie d'un cheval la vitesse qu'il peut atteindre avec une fréquence cardiaque valant 150 bpm (battements par minute) [46]. Elle peut augmenter avec l'entraînement, mais dépend également des conditions extérieures [46]. En cas de température élevée, cette capacité diminue [46]. Certaines études démontrent également l'influence raciale. En comparant trois races, il est ainsi ressorti que la capacité de travail aérobie des Andalous était significativement inférieure à celle des Pur-Sang Arabes et des Anglo-Arabes [12], deux races particulièrement adaptées à l'endurance.

Au-delà d'une certaine vitesse, le cheval risque de parvenir au seuil du métabolisme aérobie [23][46]. Cette vitesse varie entre 18 et 36 km/h selon les chevaux [23][46]. Elle peut être augmentée avec l'entraînement [18][46], par exemple en réalisant des exercices plus rapides que pendant les courses [18]. Quand ce seuil est atteint, le métabolisme anaérobie du glycogène dans les fibres musculaires à contraction rapide induit notamment une production d'acide lactique et de protons H^+ , qui, lorsqu'ils s'accumulent dans les fibres musculaires, induisent une chute du pH et une diminution des capacité enzymatique [23][46]. La quantité d'acide lactique produite dépend là aussi notamment de la race. La même étude que précédemment a prouvé qu'à 15, 20 et 25 km/h, elle était plus faible chez les Pur-Sang Arabes et les Anglo-Arabes que chez les Andalous [12].

Le travail aérobie ne peut être réalisé que peu de temps, avant de ressentir la fatigue et d'être obligé de s'arrêter. A l'allure maximale, l'effort ne peut être soutenu par le cheval que sur une distance de 800 mètres [44].

En endurance, les complications liées à l'accumulation d'acide lactique sont rares [8][43][46]. Pendant la course, le cheval fournit principalement un travail aérobie [8][43][46], et le faible taux d'acide lactique produit est facilement éliminé par le foie [8]. De plus, avec l'entraînement, la tolérance à l'acide lactique s'accroît [19].

1-2-2) Compromis entre thermorégulation et pertes hydro-électrolytiques lors d'une épreuve d'endurance

1-2-2-1) Thermorégulation chez le cheval d'endurance

1-2-2-1-1) Production de chaleur

La production de chaleur est la conséquence normale et prévisible d'un exercice [11]. Il s'agit du résultat obligatoire des réactions métaboliques d'oxydation [9][11][43] :

Substrats énergétiques (glucose, acides gras) + O ₂ → CO ₂ + H ₂ O + Énergie + Chaleur
--

La production de chaleur est 40 à 60 fois plus élevée pendant l'effort [7]. La chaleur ainsi libérée par un cheval d'endurance courant à 18km/h varie entre 6000 [46] et 7500 kcal/h [18]. Elle dépend de plusieurs paramètres, dont la taille du cheval, la durée et l'intensité de l'exercice réalisé [18].

Les muscles sont les principaux organes responsables de la thermogenèse. En effet, lors d'un déplacement, seuls 20 à 25% de l'énergie dépensée par les muscles sont convertis en travail mécanique, alors que les 75 à 80% restants sont dissipés sous forme de chaleur [7][9][18][19][21].

Ainsi, pendant une épreuve, la température corporelle d'un cheval peut gagner 3 à 4°C [19], mais sans mécanismes de thermorégulation, cette dernière pourrait s'accroître jusqu'à 15°C par heure et l'hyperthermie serait inévitable. Des mécanismes de dissipation de la chaleur produite sont donc indispensables.

1-2-2-1-2) Mécanismes de dissipation de la chaleur

C'est par des échanges de chaleur entre l'organisme et le milieu ambiant que la dissipation de chaleur est la plus importante.

On assiste d'une part à des pertes de chaleur sensibles [9] :

► Par conduction : la chaleur est cédée entre le corps et les surfaces en contact. L'air étant un mauvais conducteur thermique, cette modalité de dissipation de chaleur est mineure chez le cheval d'endurance.

► Par convection : la chaleur est perdue lors du renouvellement des molécules d'air ambiant réchauffé au contact du corps (l'air chaud s'élève). Ce mécanisme est potentialisé en présence de vent, mais est au contraire altéré si la peau est recouverte de beaucoup de poils.

► Par radiation : la chaleur est éliminée par la surface du corps par l'émission d'un rayonnement électromagnétique proche de l'infra-rouge.

On assiste d'autre part à des pertes thermiques latentes :

► Par transpiration ou perspiration : la chaleur est perdue par l'évaporation de l'eau depuis les couches superficielles de la peau.

► Par polypnée thermique : chaleur est perdue par l'évaporation de l'eau à la surface des muqueuses respiratoires.

Chez le cheval d'endurance, ce sont principalement ces phénomènes d'évaporation qui permettent l'élimination de la chaleur produite [11][19][43]. Environ 65% de la chaleur est dissipée sous forme de transpiration, et 30% par des mécanismes respiratoires [19]. Pendant une compétition, un cheval perd ainsi 10 à 15 L (litres) d'eau par heure, soit 2 à 3,5% de son poids vif par heure, ce qui peut correspondre à une perte finale de 5 à 6 % du poids vif [18][19]. Avec l'entraînement, le seuil de transpiration diminue et la quantité de sueur produite augmente, ce qui retarde l'apparition de l'hyperthermie [21][43] et réduit la concentration en électrolytes [21].

La capacité de refroidissement est fortement influencée par des facteurs individuels (un fort taux de gras la détériore par exemple) [11][19] et des facteurs environnementaux [11][19]. En milieu frais, la convection peut constituer l'unique mécanisme de pertes caloriques, sans que la transpiration ne soit nécessaire [7]. Par contre, des conditions de température extérieure et d'humidité relative élevées sont les plus difficiles pour la thermorégulation [7][19]. La transpiration est alors indispensable et 70 à 80% de l'élimination de chaleur se fait par ce biais, surtout via les fessiers et l'encolure [7].

1-2-2-2) Conséquences de la thermorégulation sur l'équilibre hydro-électrolytique du cheval

1-2-2-2-1) La thermorégulation induit une déshydratation

La déshydratation provoquée par les mécanismes de thermorégulation s'explique par l'évaporation d'eau depuis la surface de la peau et des surfaces respiratoires.

Elle peut tout d'abord être causée par la polypnée thermique. Ce processus est mineur chez le Cheval car cette espèce, contrairement à d'autres Mammifères comme le Chien, n'halète pas [46]. Il peut quand même permettre l'élimination d'environ 30% de la chaleur produite [19], notamment sous des conditions de température extérieure et d'humidité relative élevées, où la chaleur excédentaire ne peut pas entièrement être dissipée par la transpiration. L'utilisation de l'appareil respiratoire est alors indispensable [34] et peut provoquer à long terme des pertes hydriques consistantes.

C'est la transpiration qui se révèle être le mécanisme essentiellement responsable de la déshydratation observée chez les chevaux pendant une épreuve d'endurance. Comme nous l'avons vu précédemment, l'évaporation d'eau depuis la surface cutanée peut induire des pertes de 10 à 15 L par heure, soit 2 à 3,5% du poids vif du cheval, ce qui peut correspondre à un déficit hydrique final de 25 à 50 L, soit 4 à 7% du poids vif à l'issue de la course [18][19][21][49]. Avec des conditions extérieures normales, la perte de 4% du poids vif du cheval au cours d'une épreuve peut être considérée comme prévisible et sans conséquence

pathologique [49]. Par contre si la température extérieure ou l'humidité relative s'élèvent, le risque pathologique augmente [49].

La déshydratation ne reste effectivement pas sans conséquence sur un organisme. Ses effets ont notamment été étudiés chez l'Homme [34]. Il s'est ainsi avéré que cette dernière endommageait les performances de l'exercice aérobie : une déshydratation supérieure à 3% dans un environnement thermique neutre, ou supérieure à 2% dans un environnement chaud [34] suffisait à altérer l'efficacité du travail aérobie de 5% [7]. De même, une déshydratation supérieure à 5% provoque une baisse fréquente mais non systématique de la force musculaire [11].

Il n'existe pas d'étude équivalente chez le Cheval, mais sachant qu'un concurrent présente fréquemment une déshydratation de 5% à l'issue d'une épreuve, il est certain que ses performances s'en voient dégradées [7]. De plus, comme nous le verrons par la suite, dans les cas extrêmes, les conséquences sur la santé même du cheval peuvent être critiques.

1-2-2-2-2) La thermorégulation induit des troubles électrolytiques

Contrairement à l'Homme [33][38] et aux autres espèces animales, la sueur du Cheval est hypertonique [7][19][43][46]. En effet, comme le montre le Tableau 4, de nombreux électrolytes sont plus concentrés dans la sueur que dans le plasma, ce qui induit des variations des teneurs sanguines et donc des troubles métaboliques [19][49].

Tableau 4 : Comparaison de la teneur en électrolytes dans la sueur de l'Homme et du Cheval [7][33][38][47]

Concentration en mmol/L	Chez l'Homme		Chez le Cheval	
	Sueur	Plasma	Sueur	Plasma
Sodium	50	140	130 à 190	140
Chlore	35 à 40	100	160 à 190	100
Potassium	7	5	20 à 50	3,5 à 4,5
Calcium	4	2,5	5	2
Magnésium	1,5	1,5	16	0,8

► Pertes en sodium : Les concentrations dans la sueur et dans le plasma sont équivalentes [19][46]. Une transpiration abondante ne provoque donc que peu de modification sanguine [19]. En effet, en réponse à la déshydratation, des ions sodium Na^+ sont réabsorbés au niveau rénal contre des ions potassium K^+ et des protons H^+ [46]. Comme nous le verrons en dessous, les conséquences sont donc plus marquées pour l'équilibre de ces deux ions. Néanmoins, en cas de fortes pertes en Na^+ , l'homéostasie est perturbée et l'appareil circulatoire est affecté [19]. On peut alors observer une diminution de la pression artérielle et en conséquence une élévation du temps de réplétion capillaire et de la fréquence cardiaque [46].

► Pertes en potassium : La concentration dans la sueur est dix fois supérieure à celle dans le plasma [46]. Les pertes en K^+ par la transpiration sont donc très élevées [46]. Comme nous l'avons vu précédemment, la déshydratation induit des pertes rénales en K^+ et H^+ en échange de la réabsorption de Na^+ , ce qui provoque une hypokaliémie et une alcalose métabolique [46]. De plus, pendant la course, du fait de l'élévation du taux de cortisol sanguin due au stress, les pertes en K^+ par la transpiration et par l'urine sont accrues. Le taux en K^+ diminue d'abord dans le liquide extra-cellulaire, ce qui induit de la faiblesse, de la dépression, une détérioration de la motilité gastro-intestinale, une paralysie flasque des muscles squelettiques et une hyperexcitabilité des nerfs longs [46]. De plus, l'hypokaliémie provoque une vasoconstriction musculaire à l'origine d'une hypoperfusion et d'une mauvaise oxygénation des muscles [19]. Ensuite, son taux diminue dans le liquide intra-cellulaire, ce qui a pour conséquence une altération des potentiels membranaires [19] d'où une diminution du seuil d'excitabilité nerveuse [46], des arythmies, et une irritabilité musculaire [19].

► Pertes en chlore : Les pertes en ion chlore Cl^- par la sueur correspondent à la somme des pertes en Na^+ et K^+ [46]. Il s'agit en temps normal du principal ion réabsorbé au niveau rénal [46]. En son absence, ce sont les bicarbonates HCO_3^- qui sont réabsorbés [46]. Cela explique que la concentration plasmatique en Cl^- varie comme celle en Na^+ et inversement à celle en HCO_3^- [13]. La conservation rénale de HCO_3^- vise en fait à maintenir l'anion-gap, dont la formule est rappelée ci-dessous [13], dans des valeurs normales [21]. L'hypochlorémie est donc, avec l'hypokaliémie, la principale cause d'alcalose métabolique [46].

$\text{Anion-gap} = ([Na^+] + [K^+]) - ([Cl^-] + [HCO_3^-]) = 10 \text{ à } 20 \text{ mEq/L}$

► Pertes en calcium : Sa teneur dans la sueur est supérieure à celle du plasma. Le calcium sanguin est composé de 50% de calcium ionisé Ca^{2+} et de 50% de calcium lié à des protéines [46]. L'hypocalcémie due à une transpiration importante induit des modifications dans la diffusion de sodium dans les nerfs à l'origine d'une élévation de l'excitabilité nerveuse et donc des contractions musculaires involontaires [19][46]. Là aussi, le stress et ainsi l'augmentation de cortisol plasmatique accentuent les pertes en Ca^{2+} [46].

► Pertes en magnésium : Sa teneur dans la sueur est supérieure à celle du plasma [46]. En cas de transpiration abondante, l'hypomagnésémie provoque une modification du potentiel de repos du système nerveux ainsi qu'une mauvaise régulation de l'acétylcholine, d'où un risque d'irritabilité neuromusculaire et parfois des spasmes et des tétanies musculaires [19][46].

► Pertes en phosphore : Sa concentration est faible dans la sueur [46]. Les répercussions sur les valeurs sanguines sont donc modérées. Au contraire, pendant l'exercice et avec la déshydratation, son taux plasmatique a même tendance à augmenter du fait de la déphosphorylation de l'Adénosine Tri Phosphate (ATP) et de la Créatine Phosphate [46].

Ainsi, outre les pertes purement hydriques liées aux mécanismes de thermorégulation, des troubles électrolytiques non négligeables apparaissent fréquemment lors d'une épreuve d'endurance et sont à l'origine de nombreuses atteintes métaboliques [49].

1-2-2-2-3) La thermorégulation induit des troubles acido-basiques

Comme nous l'avons vu précédemment, le cheval d'endurance n'est que rarement confronté à l'acidose métabolique [8][19][43][46]. Avec le métabolisme aérobie résultant d'un d'effort d'intensité modérée sur du long terme [18][46], le taux d'acide lactique n'augmente effectivement pas de façon importante et n'induit donc pas de chute du pH [19]. Les complications liées à l'accumulation d'acide lactique risquent de survenir si les performances du cheval sont altérées [46], ou si sa capacité de travail aérobie est dépassée [46] (lors d'un galop final par exemple) [44].

En revanche, du fait des mécanismes de thermorégulation, le cheval d'endurance est nettement plus enclin à l'alcalose, les composantes métabolique et respiratoire pouvant intervenir simultanément [21][46] :

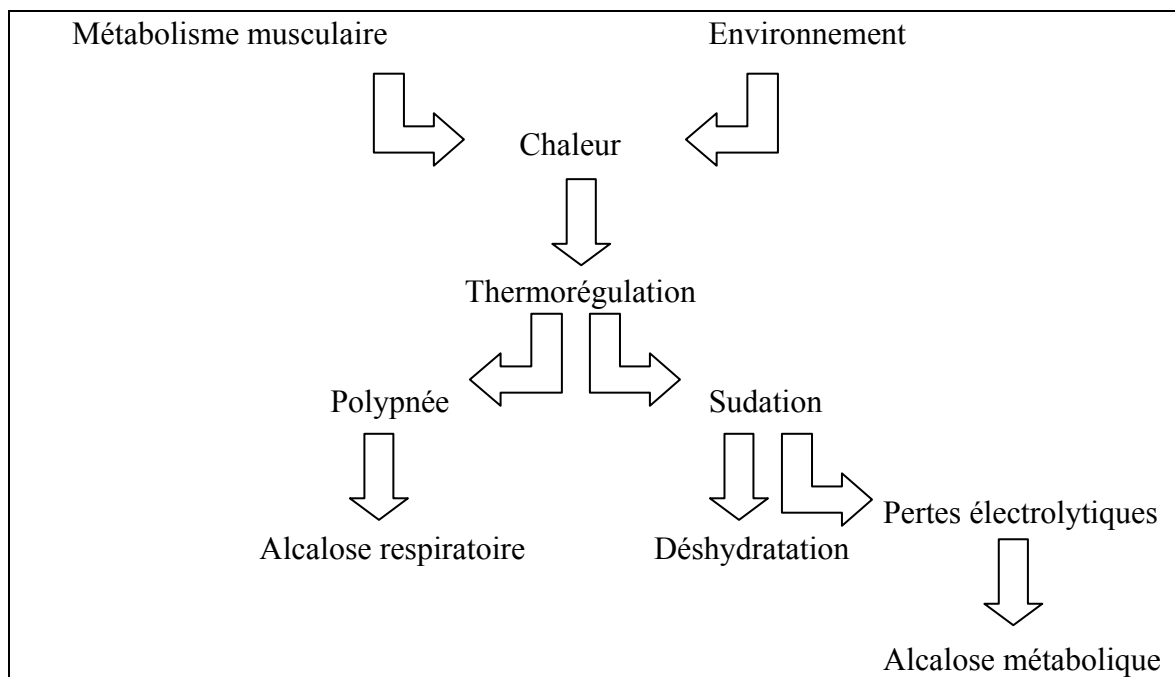
► L'alcalose respiratoire : En réponse à la production de chaleur, l'augmentation de la post-charge cardiaque permet une augmentation du volume sanguin périphérique et ainsi une dissipation thermique cutanée [43][46]. Lorsque ces phénomènes sont dépassés, les mécanismes de dissipation de la chaleur par la respiration sont enclenchés [46]. On observe alors une polypnée et en conséquence une augmentation de la ventilation alvéolaire. Ces processus sont alors à l'origine d'une chute de la pression partielle en CO_2 , puis d'une alcalose respiratoire [21][43][46].

► L'alcalose métabolique : Elle constitue la composante principale des troubles acido-basiques du cheval d'endurance. Elle s'explique par les pertes en Na^+ et Cl^- par la transpiration. D'une part, en réponse au déficit en Na^+ , les reins excrètent des K^+ et des protons H^+ en échange d'une réabsorption de Na^+ [46]. D'autre part, consécutivement à l'hypochlorémie et dans le but de maintenir l'anion-gap normal, les reins réabsorbent des HCO_3^- [14][19][21][43][46]. Ces mécanismes induisent ainsi une alcalose métabolique et une acidurie paradoxale [21][46].

La transpiration et la polypnée thermique, principaux mécanismes de dissipation de la chaleur excédentaire produite pendant une épreuve d'endurance, sont, bien qu'indispensables à la survie du cheval, responsables de déséquilibres hydro-électrolytiques et acido-basiques sévères, eux-mêmes à l'origine d'un grand nombre de troubles métaboliques caractéristiques du cheval d'endurance et que nous détaillerons plus tard.

La Figure 1 récapitule tous ces processus.

Figure 1 : Schématisation des conséquences des mécanismes de thermorégulation [7]



1-2-3) Activité musculaire et pertes énergétiques lors d'une épreuve d'endurance

1-2-3-1) **Caractéristiques structurales et fonctionnelles des différents types de fibres musculaires utilisées pendant l'effort**

Les fibres musculaires mobilisées pendant un effort peuvent être classifiées ainsi :

► Les fibres musculaires de type I : Il s'agit des fibres à contraction lente [19][43]. Elles sont très bien vascularisées, ce qui permet un bon apport en substrats sanguins ainsi qu'une bonne élimination des déchets du métabolisme [19][43]. Elles possèdent également un grand nombre de mitochondries [19][43] aux capacités oxydatives plus élevées [19]. Leur potentiel d'oxydation d'acides gras est donc supérieur [19][43]. Enfin, leur concentration en myosine ATPase est faible, ce qui explique que leurs contractions soient lentes et de tension maximale limitée [44]. Ces fibres musculaires sont donc globalement plus résistantes à la fatigue [44]. Elles sont utilisées préférentiellement pour des exercices longs et modérés tels que l'endurance [44].

► Les fibres musculaires de type II : Il s'agit des fibres à contraction intermédiaire (IIa) et rapide (IIb) [19][43]. Leur vascularisation est moins bonne [43], et leur concentration en myosine ATPase est forte [43]. En conséquence, leurs contractions sont rapides avec une tension maximale élevée, et leur résistance à la fatigue est médiocre [43]. Elles ont recrutées pour des exercices plus intenses [43]. Il existe néanmoins une différence entre les fibres IIa et IIb, ces dernières possédant une moins bonne capacité d'oxydation que les fibres IIa [19].

Chez les chevaux performants en endurance, la proportion et la taille des fibres I et IIa sont plus élevées [19], et ce sont ces fibres qu'ils vont mobiliser préférentiellement [46]. Cela explique la dominance du métabolisme aérobie et la faible quantité d'acide lactique produit [46].

Le ratio fibres I / fibres II est fixe selon la race et les individus, et ne peut subir aucune évolution [19]. Il vaut par exemple 32% chez les chevaux d'élite en endurance, contre 21% chez les autres [44].

A l'inverse, avec l'entraînement, il est possible d'obtenir une augmentation de la proportion de fibres IIa au sein des fibres de type II [21]. De plus, des adaptations structurelles peuvent se produire [19][21] : augmentation de la capillarisation, de la faculté de stockage, de la quantité et de la capacité oxydative des mitochondries par une élévation des enzymes de la β -oxydation [19][21][43].

1-2-3-2) Fourniture d'énergie aux muscles pendant l'effort

L'exercice physique nécessite un apport d'énergie augmenté de 25 à 100% [19]. L'énergie nécessaire au fonctionnement musculaire a plusieurs origines selon la durée de l'effort :

► L'ATP et la Créatine Phosphate : Ce sont les premiers substrats utilisés, mais les réserves musculaires sont infimes [46].

► Les glucides : Ils sont principalement utilisés lors d'un effort intense, ou au début d'un effort prolongé [19].

Le glucose sanguin ne constitue pas non plus un substrat conséquent [46]. Il est transporté jusqu'aux muscles [43] et sa concentration diminue rapidement [19]. En réponse à l'hypoglycémie, le taux de glucagon augmente, ce qui provoque la stimulation de la néoglucogenèse hépatique à partir de l'acide lactique, de l'acide pyruvique et du glycérol [19].

C'est le glycogène qui représente la source d'énergie glucidique la plus importante [19][46]. Ses réserves se situent dans le foie et dans les muscles. Le premier site ne permet qu'un maintien de la glycémie alors que le deuxième constitue la véritable source d'énergie [8]. Le glycogène musculaire est initialement mobilisé dans les fibres à contraction lente, puis dans les fibres à contraction rapide [21]. Il est dégradé en glucose puis utilisé pour le métabolisme musculaire [43]. Comme l'illustre le Tableau 5, c'est évidemment la glycolyse aérobie qui va permettre la plus forte production d'énergie [43].

Tableau 5 : Comparaison des rendements énergétiques des glycolyses aérobie et anaérobie [43]

	Via la glycolyse aérobie	Via la glycolyse anaérobie
Quantité d'ATP libérée à partir d'1 mol de glycogène	37 mol	3 mol

Pendant une compétition d'endurance, les réserves en glycogène musculaire sont réduites de 50 à 100% [19]. En cas d'hypoglycémie et d'épuisement des stocks glucidiques, on assiste à un ralentissement voire à un arrêt de l'activité musculaire [8][21], ainsi qu'à une diminution des capacités d'oxydation des acides gras [8][19]. Cependant, avec l'entraînement, les réserves en glycogène peuvent être accrues [21].

► Les lipides : Il s'agit de la meilleure source du métabolisme aérobie [19]. Ils sont donc principalement utilisés lors d'un effort long d'intensité modérée comme l'endurance [19].

Ils sont constitués des acides gras libres issus, soit directement des triglycérides musculaires, soit de la libération depuis les tissus adipeux présents dans l'organisme [8][19][43][46]. Les acides gras libres fournissent alors de l'énergie exclusivement via leur β -oxydation dans les fibres musculaires [43]. Leur utilisation permet donc une diminution de l'accumulation d'acide lactique, un retard dans l'atteinte de la fatigue [19].

Les sources d'énergie utilisées par un cheval en endurance sont donc principalement le glycogène et les acides gras. Le rendement énergétique de la β -oxydation des acides gras est nettement supérieur à celui de la glycolyse (Tableau 6).

Tableau 6 : Comparaison des rendements énergétiques de la glycolyse et de la β -oxydation [43]

	Par mol de glycogène		Par mol d'acides gras libres
	Via la glycolyse aérobie	Via la glycolyse anaérobie	Via la β -oxydation
Production d'ATP	37 mol	3 mol	138 mol

De plus, l'utilisation des acides gras permet une économie des réserves musculaires en glycogène [19][43]. C'est pourquoi avec l'entraînement, ils sont plus exploités que le glycogène [19]. Néanmoins, ils ne peuvent pas constituer l'unique source d'énergie. En effet, la mobilisation des acides gras depuis les dépôts de l'organisme prend du temps et constitue ainsi le facteur limitant de leur utilisation [43]. De même, il est intéressant de noter que la production d'énergie est également variable selon la disponibilité en dioxygène O_2 . En effet, pour 1 mol de O_2 consommée, l'oxydation du glycogène fournit 10% de plus d'ATP que celle des acides gras [43]. Il existe donc un équilibre entre ces deux sources d'énergie, et leur exploitation varie en fonction de la durée et de l'intensité de l'exercice [43].

Outre les conséquences liées à l'épuisement des réserves énergétiques, un exercice prolongé a également pour effet à long terme un changement de la perméabilité membranaire des fibres musculaires, sans association systématique avec des lésions graves [43]. Il est donc normal d'observer une augmentation de la concentration plasmatique de certaines enzymes musculaires comme la Créatine Phospho-Kinase CPK [19][43]. Le changement de perméabilité membranaire s'explique par une diminution du pH musculaire lié à l'accumulation d'acide lactique et de H^+ [19]. Néanmoins, lorsque ces modifications deviennent majeures, les conséquences ne sont plus négligeables. Elles peuvent avoir un effet sur le fonctionnement cellulaire (une forte variation de pH nuit au fonctionnement de certaines enzymes capitales au métabolisme et à la survie cellulaire) [19], mais aussi sur les fonctions de certains organes (en cas de libération massive de myoglobine musculaire dans la circulation sanguine, les reins ne parviennent pas à en éliminer la totalité et sont vite saturés) [8].

Les troubles métaboliques du cheval d'endurance trouvent leurs origines, d'une part dans les déséquilibres hydro-électrolytiques et acido-basiques liés aux mécanismes de thermorégulation mis en œuvre pendant l'effort, et d'autre part dans l'épuisement des réserves énergétiques et les modifications liées au fonctionnement musculaire.

Nous allons désormais tâcher de décrire chacun des désordres métaboliques fréquemment rencontrés chez le cheval d'endurance, en les mettant en relation avec ces dérèglements.

1-3) Présentation des principales affections métaboliques du cheval d'endurance

1-3-1) Déshydratation

A l'issue d'un effort de longue durée, il est inévitable que le cheval soit déshydraté, mais de manière plus ou moins marquée [14]. Elle peut devenir pathologique et constituer un motif d'élimination. Lors des Championnats du Monde en 2000 et d'Europe en 2001, elle a été responsable de 27% des causes d'élimination pour trouble métabolique [6].

1-3-1-1) Facteurs prédisposants

Comme nous l'avons vu précédemment, en endurance, les pertes hydriques peuvent atteindre 10 à 15 L par heure avec des températures extérieures élevées [1][14][23]. En effet, sous une atmosphère chaude, mais également humide, les pertes sont accentuées [14]. De même, plus le travail réalisé est intense, ou plus le cheval manifeste du stress, plus les déperditions en eau seront importantes [14]. De plus, la sueur étant hypertonique, le cheval ne ressent que tardivement la soif, et en conséquence, ces pertes hydriques ne sont pas compensées par une prise de boisson suffisante.

Enfin, un déséquilibre hydro-électrolytique préalable à l'effort est également fortement préjudiciable [14].

1-3-1-2) Signes cliniques

L'état d'hydratation d'un cheval est déterminé par un examen physique dont nous allons détailler les caractéristiques ci-dessous, mais également par une estimation de la quantité de sueur produite, ainsi que par la surveillance de l'aspect des fécès et des mictions [19].

Selon les symptômes observés, il est possible de juger le pourcentage de déshydratation atteint par le cheval :

► Déshydratation légère : Elle correspond à déficit hydrique valant moins de 3% du poids vif du cheval [14][23]. Elle se manifeste par une diminution du volume urinaire, une sécheresse des muqueuses, et une réduction de l'élasticité cutanée [14][23] mise en évidence par la réalisation du test du pli de peau à la pointe de l'épaule.

► Déshydratation modérée : Elle correspond à un déficit hydrique valant environ 5% du poids vif du cheval [14][23]. Dans ce cas, la diminution de l'élasticité cutanée est plus marquée, et associée à un rétrécissement et un enfoncement des yeux, de la faiblesse, de la fièvre, un pouls faible et une chute de la pression artérielle [14][23].

► Déshydratation sévère : Elle correspond à un déficit hydrique valant environ 10% du poids vif du cheval, soit approximativement 40L [14][23]. Les troubles de l'appareil circulatoire sont alors dominants, avec une diminution du volume plasmatique, des déséquilibres hydro-électrolytiques importants, et des crottins secs et en quantité insuffisante [14][23]. La déshydratation provoque en effet une viscosité sanguine à l'origine d'une mauvaise perfusion de certains organes comme l'intestin et les muscles, et d'une entrave à l'élimination de chaleur par les mécanismes respiratoires [19].

1-3-1-3) Etiopathogénie

Comme nous l'avons vu précédemment, ce sont les mécanismes de thermorégulation qui sont à l'origine des pertes hydriques, non seulement par le phénomène de polypnée thermique mais surtout par celui de la transpiration [14][23]. De plus, la sueur étant hypertonique, le volume plasmatique diminue de façon hypotonique [14][23], et le cheval, bien que déshydraté n'éprouve pas la sensation de soif [14][23].

1-3-1-4) Prévention

La prévention de la déshydratation passe tout d'abord par un bon entraînement. En effet, cela permet de diminuer le seuil d'atteinte de la transpiration, et ainsi de réduire la concentration en électrolytes de la sueur [43][46].

Ensuite, il s'agit de maintenir un bon état d'hydratation pendant la course [34]. Aux points d'assistance de l'épreuve, l'eau doit être proposée en libre-service [46]. Cependant, comme nous l'avons vu précédemment, il est fréquent que le cheval ne ressente pas la soif. Il est donc indispensable de l'habituer préalablement à boire pendant la course [19], et il est parfois possible de stimuler la prise de boisson en frottant son nez ou ses gencives avec du sel [18].

1-3-2) Coup de chaleur

Cette pathologie est également appelée « coup de chaud » ou « hyperthermie ». Elle se produit lorsqu'un exercice est réalisé dans un lieu chaud et que les processus de thermorégulation sont dépassés [49].

1-3-2-1) Facteurs prédisposants

Les facteurs risquant d'accélérer l'apparition de ce trouble sont nombreux. On peut les séparer entre facteurs environnementaux, facteurs individuels et facteurs liés à la gestion de l'entraînement et de la course [11].

► Facteurs environnementaux : Un climat chaud et humide (notamment lorsque la somme de la température extérieure et de l'humidité relative excède 110 [19]) constitue les conditions de thermorégulation les plus difficiles [11][2][34][49]. Un environnement sans mouvement d'air et sans ombre [7][11] ne favorise pas non plus l'élimination de la chaleur. Si avant l'épreuve, le cheval n'est pas suffisamment acclimaté à des conditions climatiques extrêmes et différentes de celles auquel il est habitué, le risque de coup de chaud est élevé [14].

► Facteurs individuels : Les robes foncées [11][45] ainsi que des poils longs [1][7][11][18] peuvent favoriser l'hyperthermie. De même, un cheval gras [7][11][31] est plus prédisposé à un coup de chaleur, le tissu adipeux, qui présente une faible conductibilité thermique, est isolant et défavorise la dissipation de la chaleur par la peau [9]. Certaines races, de petite taille et présentant une faible masse musculaire, tels que le Pur Sang Arabe sont moins exposés à ce trouble [7][11][18].

► Facteurs liés à la gestion de l'entraînement et de la course : Un long transport en camion [5][18], ou une station dans toute zone chaude mal ventilée [1] risque de favoriser l'apparition d'hyperthermie. De même, une acclimatation trop peu longue ne permet pas au cheval de s'adapter à des conditions climatiques extrêmes [1][7][49]. Un entraînement insuffisant du cheval favorise également l'émergence d'un coup de chaud [5][7][49]. Enfin, si l'épreuve est longue avec un terrain difficile, le risque est d'autant plus élevé [7][11].

1-3-2-2) Signes cliniques

Ils concernent plusieurs appareils :

► Troubles neurologiques : Le cheval peut manifester de la faiblesse ou de l'abattement, de la dépression ou de la tristesse, de l'ataxie ou de l'incoordination [5][23][49], et dans les cas plus graves des pertes de conscience et des convulsions pouvant aller jusqu'à la mort [49].

► Troubles cardiovasculaires : La récupération cardiaque est mauvaise [5][18]. On observe donc une élévation de la fréquence cardiaque [5][18][23][49]. Le pouls est faible [23] et associé à une augmentation du temps de réplétion capillaire [18][49].

► Troubles respiratoires : La récupération respiratoire est mauvaise [5]. La polypnée persistante [5][18][23][49] est à l'origine d'une inversion du rapport de la fréquence cardiaque sur la fréquence respiratoire normalement inférieur à 2/1 [5][46]. De plus, les muqueuses apparaissent congestionnées [5][18], ce qui illustre la mauvaise oxygénation tissulaire.

► Autres troubles : Le cheval présente de l'hyperthermie, pouvant atteindre 41 à 43°C [5][23][49].

La transpiration, d'abord excessive [23], diminue jusqu'à s'arrêter complètement [18][23][49].

1-3-2-3) Etiopathogénie

L'hyperthermie survient lorsque le gain de chaleur issue du métabolisme et de l'environnement excède la quantité de chaleur pouvant être éliminée par les mécanismes de thermorégulation, principalement par la transpiration [19][23][49]. En effet, quand la production de chaleur devient excessive, une augmentation du volume sanguin périphérique permet normalement sa dissipation [19][43]. Cela nécessite une augmentation de la post-charge cardiaque et donc une augmentation de la fréquence et du débit cardiaque à l'origine d'une élévation de la température corporelle [19][43].

En conséquence, l'hyperthermie induit un accroissement de la consommation en O₂ du fait d'un métabolisme élevé [23]. Cette consommation augmente de 10% par degré Celsius [23]. Au-delà de 41°C, l'apport en O₂ par la respiration ne suffit plus, et l'hypoxie cellulaire entraîne des dommages irréversibles [5][23][46].

1-3-2-4) Prévention

Il s'agit d'une part de diminuer la quantité de chaleur produite, et d'autre part d'améliorer son élimination.

► Réduction de la quantité de chaleur produite : En diminuant la longueur, la vitesse et la difficulté de la course, que ce soit par son tracé ou par le type de terrain (en évitant par exemple les sols lourds et profonds tels que la boue ou le sable) [7][11], ainsi qu'en allongeant les temps de repos [7], on prévient les consommations d'énergie excessives à l'origine des fortes productions de chaleur. Il faut également veiller à réduire le stress du transport [7].

► Amélioration de l'élimination de la chaleur produite : Il s'agit de faciliter les mécanismes de thermorégulation. Pour cela, on peut tout d'abord gérer la préparation du cheval. Avec un bon entraînement [5][43], le cheval sue à une température extérieure moindre, ce qui permet de retarder le délai d'atteinte de l'hyperthermie [44]. Ce délai peut également être augmenté en acclimatant le cheval aux conditions du site de course [5][7]. Il faut environ 14 jours pour une acclimatation complète à un climat plus chaud et plus humide [21]. De plus, une coupe de poils courte [11] facilite la dissipation de la chaleur par la peau. Enfin, l'application d'eau froide sur le corps pendant l'épreuve permet un bon refroidissement [11].

Ensuite, il est possible d'agir au niveau de la gestion de l'évènement, en choisissant par exemple de faire concourir les chevaux au moment le plus frais, le moins humide et le moins ensoleillé de la journée [11], afin d'optimiser les mécanismes de thermorégulation.

1-3-3) Épuisement

On l'appelle également « fatigue métabolique ». Cette pathologie est fréquente chez les chevaux participant à des épreuves de longue durée, pour lesquelles la récupération est moins bonne [21]. Mis à part en endurance, où elle est responsable de 25 [5] à 27 [6], voire 29% [42] des motifs d'élimination pour trouble métabolique, on la retrouve lors d'épreuves de cross, de chasse à courre... [21]

1-3-3-1) Facteurs prédisposants

Comme pour l'hyperthermie, les facteurs de prédisposition à l'épuisement sont multiples.

► Facteurs environnementaux : Tous les facteurs risquant de favoriser l'hyperthermie et les déséquilibres hydro-électrolytiques augmentent le risque d'épuisement, et notamment des conditions de température et d'humidité relative élevées [21][49][46].

► Facteurs individuels : Là aussi, tous les éléments prédisposant à l'hyperthermie et aux troubles hydro-électrolytiques sont à prendre en compte. Un lien entre l'épuisement et

l'hypothyroïdie est également envisagé [18]. Enfin, il semblerait que certaines races, comme le Quarter Horse soient plus exposées [21].

► Facteurs liés à la gestion de l'entraînement et de la course : On retrouve les mêmes facteurs. En outre, un cavalier incapable d'estimer la forme de son cheval ou de reconnaître les signes précurseurs de la fatigue métabolique ne peut pas prévenir son apparition en arrêtant sa monture à temps [21].

1-3-3-2) Signes cliniques

Ils sont multiples et atteignent plusieurs appareils :

► Troubles neuromusculaires : Un cheval épuisé peut manifester de la réticence à se déplacer [18][21][46], une démarche raide [21], de la désorientation, de la léthargie [49][46]. Cela peut aller jusqu'au choc [5]. Des crampes musculaires [1], ainsi qu'une atonie intestinale [1][5][46] et anale [1][49][46] y sont parfois associées.

► Troubles cardio-vasculaires et respiratoires : La mauvaise récupération cardiaque [46] induit la persistance d'une fréquence cardiaque élevée [1][18][21][49][46], qui, associée à une élévation de la fréquence respiratoire [1][18][21][49][46] liée aux phénomènes de thermorégulation [46] a pour conséquence une inversion du rapport de la fréquence cardiaque sur la fréquence respiratoire, normalement inférieur à 2/1 [5][46].

Le temps de réplétion capillaire est augmenté [21][46].

Les muqueuses sont congestionnées [1].

► Troubles digestifs : Une dysorexie [1][21][49] est fréquente. De plus, la diminution des bruits digestifs liée à l'atonie intestinale peut être associée à des coliques [21][49]. Enfin, le cheval peut également présenter de la diarrhée [21].

► Autres troubles : Le cheval épuisé présente une déshydratation [1][5][21][49][46]. Les signes visibles en sont une perte d'élasticité cutanée [21][46], des yeux enfoncés [21][46], des muqueuses sèches [21][49][46], un mauvais remplissage jugulaire [46], une augmentation du temps de réplétion capillaire [1][49], une transpiration réduite [49], des crottins secs [21], des urines concentrées [5][21]...

Une hyperthermie est également présente [1][18][46].

L'association avec d'autres symptômes tels que le flutter diaphragmatique [21][49] ou la fourbure aiguë [21] est parfois observable.

1-3-3-3) Etiopathogénie

L'épuisement est un phénomène global résultant de l'association de plusieurs troubles liés à l'effort [5]. L'accumulation excessive de chaleur, les déséquilibres hydro-électrolytiques et acido-basiques, ainsi que l'épuisement des réserves musculaires [21] ont pour conséquence une hémococoncentration à l'origine d'une diminution de la vitesse de circulation du sang

provoquant une baisse des apports en substrats vers les muscles, de l'oxygénation tissulaire, et de la perfusion périphérique [1][5][21].

1-3-3-4) Prévention

La prévention de la fatigue métabolique passe tout d'abord par une bonne gestion de l'entraînement, de l'alimentation et de la course.

► Gestion de l'entraînement : Il permet une augmentation de la proportion des fibres musculaires à contraction intermédiaire au sein des fibres de type II, ainsi que des adaptations structurelles également à l'origine d'une amélioration de la capacité du travail musculaire aérobie : accroissement de la capillarisation, de la faculté de stockage, et de la quantité et de la capacité oxydative des mitochondries par une élévation des enzymes de la β -oxydation [19][21][43]. En outre, avec un travail régulier, le volume plasmatique du cheval augmente et le début de la transpiration devient plus précoce, ce qui facilite la thermorégulation [21].

► Gestion de l'alimentation : Une ration riche en glucides pourrait sembler bénéfique, mais les risques de coliques, diarrhée et fourbure qui y sont associés ne sont pas négligeables [21]. Par contre, un apport important en lipides, à hauteur de 10% des calories de la ration, permet de retarder l'utilisation du glycogène et d'abaisser la température centrale [21].

► Gestion de la course : En cas de température extérieure ou d'humidité élevées, il est préférable d'annuler ou de raccourcir la course [21].

Pendant l'épreuve, des électrolytes peuvent être apportés au cheval, soit en libre service, soit mélangés à la ration ou à l'eau, soit sous forme de pâte [21].

Enfin, il est indispensable que le cavalier soit capable d'évaluer la forme de son cheval et de reconnaître les signes précurseurs de l'épuisement [21].

1-3-4) Flutter diaphragmatique

Le flutter est un bon indicateur de déséquilibres métaboliques [14] et d'un épuisement imminent [1][46]. Il survient généralement lors de la deuxième moitié de course (13, 32).

Si elle n'est pas associée à un autre trouble, cette pathologie n'engage pas le pronostic vital [14][23], mais ses causes peuvent induire des conséquences graves [23].

Elle est responsable, selon les sources de 10 [5] à 13 [6], voire 15,9% [42] des éliminations pour cause métabolique.

1-3-4-1) Facteurs prédisposants

► Facteurs environnementaux : Lors de journées chaudes pendant lesquelles le cheval transpire beaucoup, le risque d'apparition de flutter diaphragmatique est accru [5][46].

► Facteurs individuels : Aucune prédisposition d'âge, de sexe ou de race n'a été mise en évidence [5][23]. Néanmoins, il apparaît qu'un cheval gras, et qui dégage donc plus de chaleur, est plus sensible [18]. De plus, le flutter diaphragmatique est souvent une affection récurrente [5]. Un cheval l'ayant déjà déclarée lors de courses antérieures semble donc plus exposé [5].

► Facteurs liés à la gestion de la course : Le risque d'apparition de flutter est augmenté si, pendant la course, le cheval mange peu [5], ou boit de l'eau n'ayant pas été complémentée en électrolytes [46]. Enfin, un cheval stressé pendant l'épreuve est nettement plus confronté à ce trouble [14][23].

1-3-4-2) Signes cliniques

Le flutter diaphragmatique se manifeste par des spasmes uni- ou bilatéraux de la région du flanc, d'intensité variable (du simple frémissement au cognement fort [23]), et synchrones avec le battement cardiaque [1][14][23][46]. Il s'agit de contractions du diaphragme, concordant avec la dépolarisation atriale [46].

1-3-4-3) Etiopathogénie

Le flutter diaphragmatique est dû à l'hypersensibilité du nerf phrénique à l'activité électrique du cœur [14][23]. Le nerf phrénique passe au-dessus des atria, en contact du péricarde [14][23]. Lors de flutter, il est stimulé par la dépolarisation cardiaque et induit alors une contraction du diaphragme.

L'hypersensibilité du nerf phrénique s'explique par des déséquilibres hydro-électrolytiques et acido-basiques [14][23][46] aggravés par le stress de l'épreuve [14][23]. L'alcalose métabolique fréquemment observée en endurance est notamment responsable d'une chute de la calcémie, qui, associée à une hypomagnésémie due aux pertes par la sueur, induit une augmentation du seuil d'excitabilité nerveuse [14][23][46]. En parallèle, l'alcalose, associée à l'hypokaliémie également conséquence aux pertes de sueur, provoque une hyper-irritabilité nerveuse [14][23][46]. De plus, le stress induit une élévation du taux de cortisol à l'origine d'une accentuation de l'hypocalcémie et d'une augmentation de la transpiration, accélérant l'alcalose et l'hypokaliémie [14][23]. Le stress lié à la compétition amplifie donc les facteurs responsables du flutter diaphragmatique.

1-3-4-4) Prévention

Il s'agit principalement d'éviter les changements dans la gestion des apports électrolytiques de la ration [5]. Il est néanmoins possible de proposer au cheval un régime riche en calcium dix jours avant la course, puis en calcitriol quatre à cinq jours avant [18].

1-3-5) Troubles musculaires

On peut distinguer les troubles musculaires ou myopathies traumatiques, qui comprennent notamment les contusions, les ruptures musculaires et les tendinites, des myopathies métaboliques [23]. Ces dernières sont diverses et de gravité variable. Lors des courses d'endurance, elles constituent 27,3% des d'élimination pour causes métaboliques [42].

Parmi celles-ci, nous allons nous intéresser à la plus fréquente chez le cheval d'endurance, la rhabdomyolyse d'effort [49]. On l'appelle également myopathie d'effort, myosite, ou maladie du lundi matin [14]. Il s'agit d'une conséquence fréquente des courses d'endurance [19] et 13% des chevaux éliminés pour raison métabolique la présentent [6]. Elle survient soit de façon paroxystique dans les 10 premiers kilomètres de course [5][34], soit à tout moment d'un effort soutenu [5][13][34], voire même après l'arrêt de l'exercice [13][34].

1-3-5-1) Facteurs prédisposants

► Facteurs environnementaux : Là encore, des conditions de températures extérieures élevées [13][14][49] à l'origine de déséquilibres hydro-électrolytiques [34][49] favorisent l'apparition de la rhabdomyolyse d'effort.

► Facteurs individuels : Les chevaux jeunes [14][34][36] et plus particulièrement les pouliches semblent plus affectées [34][36]. De même, certaines races très musclées comme le Quarter Horse y sont plus sensibles [14]. A l'inverse, des chevaux trop gras [14], ou au contraire très minces et nerveux sont également des cas à risque [5][14][36].

Enfin, outre les facteurs d'âge, de sexe, de race, de conformation et de caractère, il existe des prédispositions individuelles, liées notamment aux propriétés des muscles [5][13].

► Facteurs liés à la gestion de l'entraînement et de la course : Tout d'abord, des erreurs dans le rationnement peuvent être à l'origine d'une rhabdomyolyse d'effort [34] : une ration trop riche [5][14][34], ou déséquilibrée en électrolytes [5], vitamine E et sélénium [34] constitue un facteur de risque.

Ensuite le manque d'entraînement [5][14] ou d'échauffement avant la course [5] accroissent également le risque de myosite. Enfin, un des facteurs de risque les plus évidents est le repos du cheval la veille de l'épreuve [36].

1-3-5-2) Signes cliniques

La sévérité de la rhabdomyolyse d'effort est très variable [5].

► Cas modérés : Le cheval présente une démarche raide [23], une réticence à se déplacer [14] et un durcissement des muscles [14].

► Cas graves : La douleur est plus marquée [14], associée à une transpiration excessive [1][5][13][14][23][34][49][46], soit localisée aux zones atteintes, soit globale [49], à une élévation des fréquences cardiaque [5][14][49], et respiratoire [14][13][49], à un faciès anxieux [1][23][34][49], et parfois à des signes de dépression [49] et d'anorexie [49]. De la fièvre est parfois également présente [1][14].

Outre ces signes généraux, on observe surtout des indices de troubles musculaires : les grands groupes de muscles sont fermes, [5][14][49][46], chauds [14][23][46], enflés [5][14][23][34][46], douloureux à la palpation [1][5][13][14][23][49][46], et parfois agités de spasmes [14][46]. Dans les cas les plus graves, le cheval est en décubitus [5][13][46].

Les muscles atteints sont principalement ceux du dos et des membres postérieurs [49][46]. En relation avec ces lésions, on relève une augmentation de la concentration des enzymes musculaires telles que la CPK [5][23][34] et de l'Aspartate Amino Transférase AST [5][23][34]. La première a un temps de demi-vie de 6 heures, ce qui explique que son taux atteint un pic dans les 24 heures près l'apparition des signes et valant de 1000 à 30000 UI [23] puis diminue rapidement [34]. Quant aux AST, leur temps de demi-vie est de 14 jours. Leur concentration commence à augmenter 24 heures après le début des signes et peut rester au-dessus des normes pendant plusieurs semaines [34]. La libération de ces enzymes depuis le muscle est accompagnée de celle de fortes quantités de myoglobine, qui, éliminée par les reins, provoque une coloration des urines [1][5][14][49][46].

1-3-5-3) Etiopathogénie

L'étiologie de la rhabdomyolyse d'effort est mal connue [1]. Sa cause primaire est la nécrose ischémique des fibres musculaires [14][46], dont les origines sont multiples.

L'ischémie trouverait tout d'abord son origine dans la vasoconstriction généralisée due au stress [46]. Ensuite, les mécanismes de thermorégulation interviennent également en provoquant une vasodilatation périphérique associée à un shunt de l'irrigation musculaire [23][46]. Enfin, l'hypokaliémie liée aux pertes de sueur induit une contraction du sphincter précapillaire [14][19][23][46]. En effet, en temps normal, le potassium libéré depuis les cellules musculaires permet une dilatation des artérioles et une meilleure perfusion des muscles [14][19][23]. En conséquence de l'ischémie, les apports en O₂ et nutriments s'amenuisent. Ainsi, le métabolisme anaérobie s'enclenche, et l'acide lactique, normalement éliminé par voie veineuse, s'accumule du fait de la mauvaise irrigation [19][23][46]. La chute de pH induite par ces phénomènes provoque alors la nécrose cellulaire [14][19][46], à l'origine de la libération des enzymes musculaires et de la myoglobine [14][19].

Il semblerait également qu'un déficit en vitamine E et sélénium [23][46] puisse intervenir, sans que le mécanisme soit connu.

1-3-5-4) Prévention

Un entraînement adéquat, une acclimatation aux conditions de course, ainsi que la réalisation d'un exercice modéré la veille de la course permettent de réduire les risques [5][36].

De même une ration bien équilibrée et complémentée minéraux, vitamine E et sélénium [13][23][34] est indispensable.

NB: Il ne faut pas confondre la rhabdomyolyse d'effort avec les crampes du cheval d'endurance. Elles se manifestent par une raideur musculaire [5][23]. Elles sont dues à l'hypocalcémie [23] qui provoque une diffusion nerveuse de sodium à l'origine d'une hyperactivité des unités motrices se manifestant par des fasciculations et des contractions involontaires des muscles [1][19]. Elles rétrocedent spontanément avec le repos [5] et comme aucune lésion musculaire n'y est associée, on n'observe pas d'augmentation des CPK [5].

1-3-6) Troubles digestifs

Les troubles intestinaux correspondent à 20% des éliminations pour cause métabolique [6]. Il s'agit principalement de diarrhée et de coliques de fatigue [5][6]. Il est important de distinguer ces troubles des diarrhées de début de course, transitoires et sans conséquence [5], liées au stress.

Les douleurs abdominales responsables des coliques d'effort ont deux causes principales : l'impaction du gros colon et/ou du caecum et l'iléus paralytique [49]. Ces coliques peuvent survenir à tout moment de la course et sont responsables de 14,7% des éliminations pour raison métabolique [42]. Nous n'allons nous intéresser qu'à ces dernières.

1-3-6-1) Facteurs prédisposants

Tout désordre métabolique [23] et donc tout déséquilibre hydro-électrolytique [5] peut provoquer des troubles de la motilité intestinale.

Les grosses fatigues [1], les coups de chaleur [1] et les longs transports [49] sont également des facteurs prédisposants.

De même, des facteurs liés à l'alimentation peuvent intervenir, tels que des changements de rationnement [23], une anorexie ou à l'inverse un excès de nourriture [5], une baisse de boisson [49] ou de la diarrhée pendant la course [5].

1-3-6-2) Signes cliniques

La douleur abdominale est d'intensité variable [5], et ses signes ne sont pas caractéristiques [1] : le cheval est anxieux, transpire, gratte au sol, se roule, se regarde les flancs, et peut présenter de la diarrhée [1].

1-3-6-3) Etiopathogénie

La cause primaire des coliques d'effort est le ralentissement ou l'arrêt de transit [5] dus à une hypoxie viscérale [1]. Pendant l'effort, l'appel du sang se fait vers la périphérie et on assiste à une vasoconstriction centrale à l'origine d'une diminution de masse sanguine en zone viscérale [1]. L'hypoperfusion de l'intestin finit par induire un début de nécrose viscérale [1].

En conséquence de l'arrêt du transit, on constate une malabsorption et une fermentation dans le gros intestin, à l'origine d'une diarrhée secondaire [5].

Les conséquences de ces troubles digestifs peuvent être dramatiques, et comme le traitement chirurgical est parfois nécessaire, de nombreux cas doivent être référés vers des structures mieux adaptées.

1-3-7) Fourbure aiguë

La fourbure aiguë est une réaction de l'organisme à l'intoxication par des catabolites issus de l'effort et majorée par l'hypoxie [1]. Il s'agit d'une affection systémique grave dont les répercussions ne se manifestent que dans les pieds [4][32].

1-3-7-1) Facteurs prédisposants

D'après une étude menée entre 1986 et 1991 [39], aucune prédisposition de race, de sexe ou d'âge n'a pu être mise en évidence. Néanmoins, selon certains auteurs, il peut exister une base génétique risquant de favoriser l'apparition de la fourbure aiguë [4]. De même, il semblerait que les Poneys constituent la race la plus touchée [4].

1-3-7-1) Signes cliniques

La fourbure aiguë atteint principalement les pieds antérieurs, mais peut également frapper simultanément les 4 pieds [1][32].

Elle se manifeste par une démarche douloureuse associée à un pouls digité frappé, des pieds à la paroi chaude et douloureuse lors de l'exploration avec la trichoise [1][23][32]. Le cheval se tient campé, et dans les cas dans les plus graves, en décubitus [1]. La région coronaire peut paraître déprimée à la palpation [1].

1-3-7-2) Etiopathogénie

Il existe plusieurs hypothèses pour expliquer la physiopathologie de cette affection.

Chez le cheval d'endurance, ses causes principales sont les déséquilibres hydro-électrolytiques et acido-basiques ainsi que les troubles cardio-vasculaires à l'origine d'un défaut de perfusion du pied [23], associé à des traumatismes répétés sur les sabots pendant la course [23][32].

Un dysfonctionnement de la vascularisation digitale provoque une diminution du flot de perfusion du doigt. Les causes de ce trouble sont mal connues. Il peut s'expliquer par une baisse de la pression artérielle suite à une hypovolémie, en cas de déshydratation grave par exemple [32]. En endurance, l'élévation des pressions exercées sur les pieds pendant l'effort peut également intervenir : le trauma répété est à l'origine de spasmes vasculaires et d'une inflammation des tissus situés sous la corne, pouvant aller jusqu'à un œdème et une hémorragie sub-murale [32]. Ces dérèglements induisent une ouverture des shunts artério-veineux provoquant en conséquence une ischémie locale transitoire [1][32]. Pendant cette phase ischémique, peu de symptômes sont détectables. On constate en effet une perte de sensation, et une diminution de température de la paroi, dues à l'occlusion vasculaire. Les tissus épidermiques sont les premiers touchés par cette diminution de perfusion : l'ischémie provoque des dommages cellulaires irréversibles [32].

Ensuite, quand les mécanismes responsables de l'ischémie sont renversés, une hyperhémie se produit, accompagnée d'une libération de radicaux libres, puis d'une inflammation et d'une nécrose tissulaire [32] à l'origine d'un désengrènement entre podophylle et kératophylle [1]. C'est à ce moment que l'augmentation de température de la paroi ainsi que la douleur à l'origine de la boiterie surviennent [32]. La nécrose uniquement de la partie dorsale du pied provoque une bascule de la troisième phalange pouvant être associée à une perforation de la sole [1]. Cette bascule de la troisième phalange explique la dépression pouvant être palpée en partie coronaire [1]. Par contre la nécrose de l'ensemble du tissu induit une descente en bloc de la troisième phalange à l'origine d'une compression du tissu velouté et d'une nécrose secondaire de la fourchette [1].

Cette pathologie est une des plus graves. Son pronostic sportif mais aussi vital est le plus souvent assez sombre.

L'endurance équestre est une discipline en plein essor, d'une part par le nombre croissant de ses participants et d'autre part par la multiplication des épreuves, à tous les niveaux. Les troubles métaboliques pouvant se développer pendant leur déroulement sont de nature variée et peuvent avoir des conséquences dramatiques sur la carrière et même parfois sur la santé des chevaux. Néanmoins, malgré l'amélioration des connaissances relatives à ces troubles, de la qualité des soins et du niveau d'entraînement et de préparation, encore trop de chevaux doivent être traités pendant les épreuves, ce qui nuit gravement à l'image de ce sport. Il paraît donc primordial de chercher à diminuer le nombre d'animaux soignés pendant les raids, et dans ce but de développer notre expérience concernant les troubles métaboliques des chevaux d'endurance, afin de tenter d'éviter leur apparition. C'est avec ces objectifs que notre étude a été menée. Nous allons la décrire dans la partie suivante.

2) Étude épidémiologique de l'incidence des troubles métaboliques chez les chevaux d'endurance et des paramètres associés à leur développement lors de courses de longue distance

2-1) Présentation de l'étude et de ses objectifs

Notre travail a pour objectif de mieux connaître les troubles métaboliques développés par les chevaux d'endurance lors de courses de longue distance afin de mieux les prévenir. Une vaste étude descriptive a donc été menée en 2003 avec deux buts complémentaires. Il s'agissait tout d'abord d'établir un recensement des ces affections métaboliques en décrivant leur incidence et leurs caractéristiques, puis de faire émerger de possibles facteurs de risque associés à leur occurrence.

2-2) Protocole de l'étude : matériels et méthode

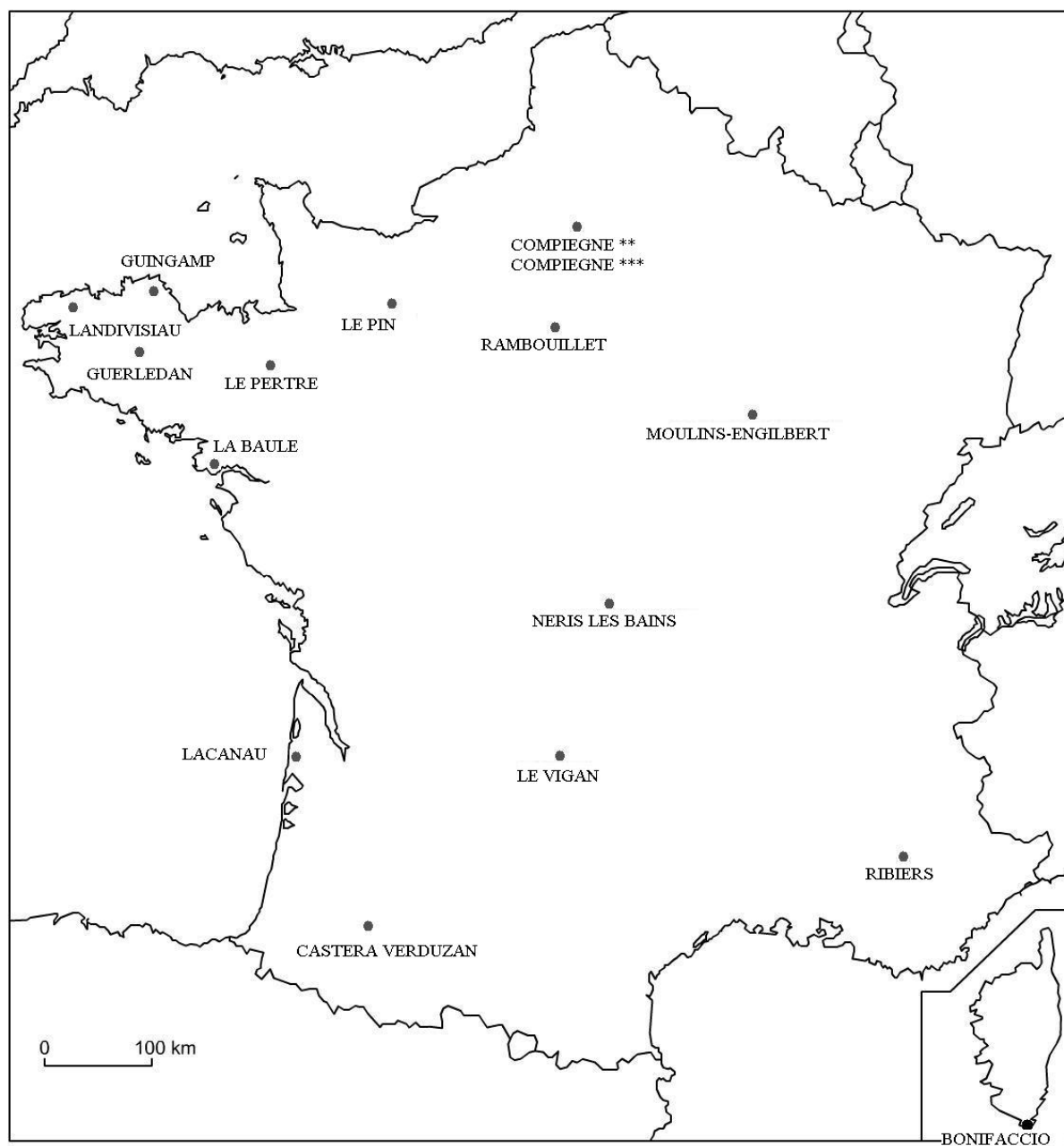
2-2-1) Échantillonnage

Les chevaux d'endurance participant aux CEI s'étant déroulées en France pendant la saison 2003 constituent la population étudiée.

Il n'y a tout d'abord pas eu de véritable échantillonnage des courses concernées, dans le sens où nous n'avons pas réalisé de tirage au sort afin de déterminer les épreuves que nous étudierions. Nous nous sommes intéressés aux courses sur lesquelles nous pouvions directement recenser les informations souhaitées, et celles pour lesquelles nous pouvions déléguer ce travail de récolte à des confrères. Il s'agit donc plutôt d'un échantillonnage de convenance selon nos disponibilités à nous rendre sur les sites des épreuves ou en fonction de la possibilité d'obtenir les données. 16 des 20 CEN ou CEI s'étant déroulées en France en 2003 ont ainsi pu être prises en compte dans notre étude. La répartition géographique de ces courses est illustrée par la **Figure 2** (page suivante).

Ensuite, au sein de chaque course, aucun tirage au sort des chevaux y prenant part n'a non plus été effectué. En effet, le but de cette étude purement descriptive était de prendre en compte la totalité des animaux participant aux épreuves, afin d'étudier plus spécifiquement les chevaux terminant avec succès (groupe A) et les chevaux ayant été disqualifiés pour raison métabolique (groupe B), et de faire émerger des hypothèses de facteurs de risque. Nous n'avons donc pas de souci de comparabilité entre les deux groupes A et B, lors de cette étude.

Figure 2 : Répartition géographique des courses incluses dans l'étude



Légende : ** : CEN**
 *** : CEN***

2-2-2) Récolte des données

Les données ont donc été recueillies lors de 16 des 20 CEI ayant eu lieu en France entre avril et octobre 2003. L'étude concernait ainsi 946 concurrents et se basait sur deux protocoles complémentaires.

Tout d'abord, la veille de la course, chaque participant était prié de compléter un questionnaire portant sur les caractéristiques physiques de leur monture (sexe, race, âge, taille, poids etc...), leur carrière et leur expérience respectives, la régie du cheval (alimentation et habitat), ainsi que sur la gestion de la course (entraînement, transport jusqu'au site du raid, dernier repas avant le départ etc...). Un exemplaire de ce formulaire a été placé en Annexe 1.

Ensuite, les vétérinaires traitant étaient chargés de remplir, pour chaque cheval soigné pendant et à l'issue de l'épreuve, une fiche décrivant les signes cliniques présentés par l'animal, le diagnostic et le traitement établis, ainsi que l'évolution des troubles. Là aussi, un exemplaire se trouve en Annexe 2.

Parallèlement à ces deux enquêtes, pour chaque course, une fiche sur les conditions climatiques (température à l'ombre et hygrométrie relative) était complétée (modèle en Annexe 3), et le récapitulatif des résultats pour chaque candidat, recensés par les organisateurs, était conservé.

2-2-3) Analyse des données

2-2-3-1) Tri des données

Alors que certaines données ont directement pu être traitées (notamment les résultats de chaque épreuve, les caractéristiques générales des candidats, et le détail des examens et des soins vétérinaires), d'autres paramètres ont dû être triés afin d'en faciliter leur exploitation.

Tout d'abord, en fonction de leur résultat, les chevaux ont été répartis parmi ces catégories :

- ▶ Chevaux ayant achevé la course avec succès et ayant été classés (groupe A) ;
- ▶ Chevaux ayant été éliminés pour raison métabolique mais n'ayant pas nécessité de soins ;
- ▶ Chevaux ayant été éliminés pour cause de boiterie ;
- ▶ Chevaux ayant été éliminés suite à l'abandon du cavalier ;
- ▶ Chevaux ayant développé des troubles métaboliques et ayant nécessité des soins, qu'ils aient achevé la course ou non (groupe B).

De même, selon les conditions extérieures relevées sur les sites, les courses ont également pu être classées en différents groupes :

- ▶ Conditions météorologiques « FS » : fraîches et sèches ($T^{\circ} \leq 22^{\circ}\text{C}$ et hygrométrie relative $HR \leq 50\%$) ;
- ▶ Conditions météorologiques « FH » : fraîches et humides ($T^{\circ} \leq 22^{\circ}\text{C}$ et $HR > 50\%$) ;
- ▶ Conditions météorologiques « CS » : chaudes et sèches ($T^{\circ} > 22^{\circ}\text{C}$ et $HR \leq 50\%$) ;
- ▶ Conditions météorologiques « CH » : chaudes et humides ($T^{\circ} > 22^{\circ}\text{C}$ et $HR > 50\%$).

2-2-3-2) Traitement des données

A partir des récapitulatifs des résultats obtenus auprès des organisateurs, nous avons tout d'abord pu établir, pour chaque course, les taux d'achèvement, de classement et d'éliminations quelles qu'en soient leur cause.

Les conditions de température et d'hygrométrie de chaque course ont été exploitées en faisant une moyenne des valeurs relevées au départ, à chaque point de contrôle et à l'arrivée.

Ensuite, tous les questionnaires remplis par les cavaliers la veille de la course ont été analysés, afin d'obtenir une description générale de tous les chevaux ayant pris part aux épreuves. Le nombre de fiches récupérées nous a également permis de déterminer les taux de réponse à l'enquête.

Les données concernant les examens et les soins réalisés par les vétérinaires sur les chevaux traités pendant la course ont également été exploitées afin d'obtenir une description des affections métaboliques développées par les participants.

Enfin, nous avons observé les groupes A et B, afin de déterminer d'éventuelles relations statistiques entre l'apparition de troubles métaboliques pendant les épreuves et différents paramètres liés aux caractéristiques et à la préparation des chevaux, ou au déroulement des courses.

2-2-3-3) Outils statistiques

Les données relatives aux groupes A et B ont été comparées à l'aide du test du χ^2 . A titre indicatif, des risques relatifs (RR) ont été calculés lorsque ces deux groupes étaient statistiquement différents pour le facteur considéré (quand $p < 0,05$).

2-3) Résultats

2-3-1) Généralités

2-3-1-1) Caractéristiques des courses et taux de réponse

L'enquête a été menée sur 16 CEI et CEN ** ou *** ayant eu lieu en France entre avril et octobre 2003. Le détail des lieux, dates et distances des épreuves est reporté dans le Tableau 7 (page suivante). 946 candidats au total ont pris part aux épreuves, et la répartition selon les courses est très variable (de 18 à 110 partants). Sur ces 946 participants, 789 ont bien voulu prendre part à notre étude, ce qui correspond à 83,4% de réponse. Cette valeur moyenne est très élevée, et cela est confirmé par le fait qu'excepté 2 courses pour lesquelles le taux de réponse est inférieur à 50%, tous les chiffres sont supérieurs à 70%. Néanmoins, même si le nombre de questionnaires remplis par les cavaliers est très important, il faut bien préciser que chaque fiche rendue n'a pas toujours été entièrement complétée. Ainsi, comme nous le verrons en détail par la suite, selon le type d'information demandé, le taux de réponse est par contre beaucoup plus variable.

Le détail des conditions moyennes de température et d'hygrométrie relative (HR) de chaque épreuve apparaît dans le Tableau 8. Pour certaines épreuves où nous ne nous sommes pas rendus en personne (Bonifacio, La Baule, Castera Verduezan, Nérès Les Bains et Le Pertre), ces données n'ont pas pu être obtenues.

Tableau 8 : Conditions météorologiques de chaque course

	Température moyenne (°C)	Hygrométrie relative moyenne (%)
Le Vigan	19,5	60,5
Ribiers	20,2	52,3
Rambouillet	17,5	68,3
Guerledan	23,8	60
Guigamp	25,3	39,7
Le Pin	27	42,5
Moulins-Engilbert	30,7	36,2
Landivisiau	22,4	66,6
Lacanau	26,6	46,4
Compiègne **	18,8	66,2
Compiègne ***	17	55,8

Tableau 7 : Caractéristiques générales des courses

Lieu	Date	Distance (km)	Type d'épreuve	Nombre de partants	Nombre de fiches	% de réponses	Nombre de classés	% de classés	Nombre d'éliminés	% d'éliminés	Nombre de soignés pour trouble métabolique	% de soignés pour trouble métabolique
Bonifacio	12/04/2003	140	CEI***	34	32	94,1	19	59,4	13	40,6	5	15,6
Le Vigan	26/04/2003	160	CEI***	18	18	100,0	12	66,7	6	33,3	0	0,0
Ribiers	03/05/2003	130	CEI**	84	41	48,8	14	34,1	27	65,9	13	31,7
La Baule	10/05/2003	160	CEIO****	38	15	39,5	11	73,3	3	20,0	1	6,7
Rambouillet	17/05/2003	130	CEI**	87	73	83,9	50	68,5	23	31,5	3	4,1
Castera Verduezan	24/05/2003	130	CEI**	53	42	79,2	19	45,2	23	54,8	3	7,1
Guerledan	31/01/2003	136	CEI**	44	43	97,7	14	32,6	29	67,4	6	14,0
Guingamp	28/06/2003	160	CEI***	29	25	86,2	14	56,0	11	44,0	3	12,0
Le Pin	19/07/2003	130	CEN**	77	74	96,1	36	48,6	35	47,3	10	13,5
Moulins Engilbert	02/08/2003	130	CEI**	77	72	93,5	30	41,7	39	54,2	11	15,3
Landivisiau	15/08/2003	2 x 100	CEI***	29	28	96,6	9	32,1	19	67,9	3	10,7
Lacanau	19/08/2003	126	CEN**	66	64	97,0	35	54,7	29	45,3	10	15,6
Compiègne **	29/08/2003	120	CEI**	60	55	91,7	33	60,0	23	41,8	1	1,8
Compiègne ***	30/08/2003	140	CEI***	38	34	89,5	20	58,8	14	41,2	2	5,9
Néris Les Bains	20/09/2003	130	CEN**	102	92	90,2	36	39,1	54	58,7	9	9,8
Le Pertre	18/10/2003	130	CEI**	110	81	73,6	41	50,6	38	46,9	8	9,9

Somme	946	789		393		386		88	
Moyenne			83,4		50,8		48,0		10,5
Min	18	15	39,5	9	32,1	3	20,0	0	0,0
Max	110	92	100,0	50	73,3	54	67,9	13	31,7

De même, la répartition des épreuves selon les conditions météorologiques est reportée dans le Tableau 9. Les courses ne se répartissent qu'entre deux grands types de climat : un début et une fin de saison caractéristiques (frais et humide) et un été chaud. C'est en effet cette année-là que la France a subi un épisode caniculaire. Notons qu'aucune course n'entre dans la catégorie « FS ».

Tableau 9 : Répartition des courses selon leurs conditions météorologiques

Frais et sec (FS) T≤22°C ; HR≤50%	Frais et humide (FH) T≤22°C ; HR>50%	Chaud et sec (CS) T>22°C ; HR≤50%	Chaud et humide (CH) T>22°C ; HR>50%
	Le Vigan	Guingamp	Guerledan
	Rambouillet	Le Pin	Landivisiau
	Compiègne **	Moulins-Engilbert	
	Compiègne ***	Lacanau	
	Ribiers		

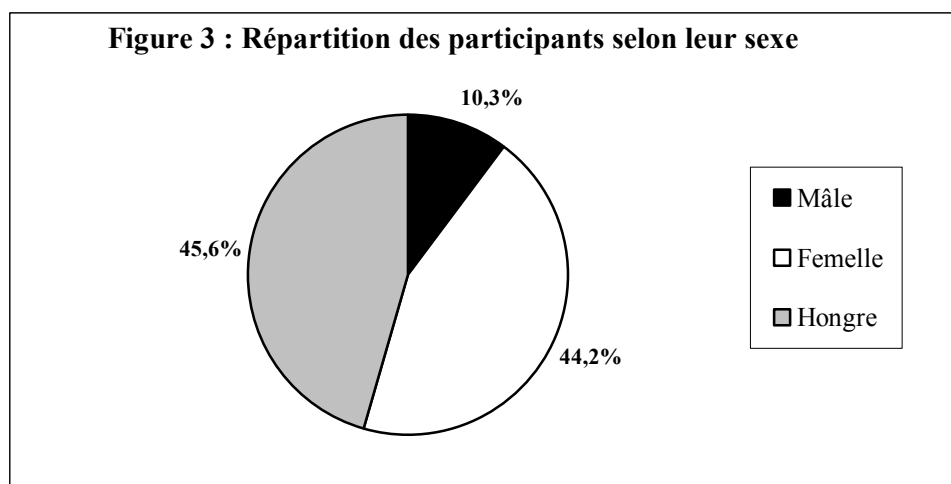
2-3-1-2) Caractéristiques de chevaux participant aux épreuves

Le Tableau 10 (p.56) décrit les caractéristiques des chevaux ayant pris part aux épreuves.

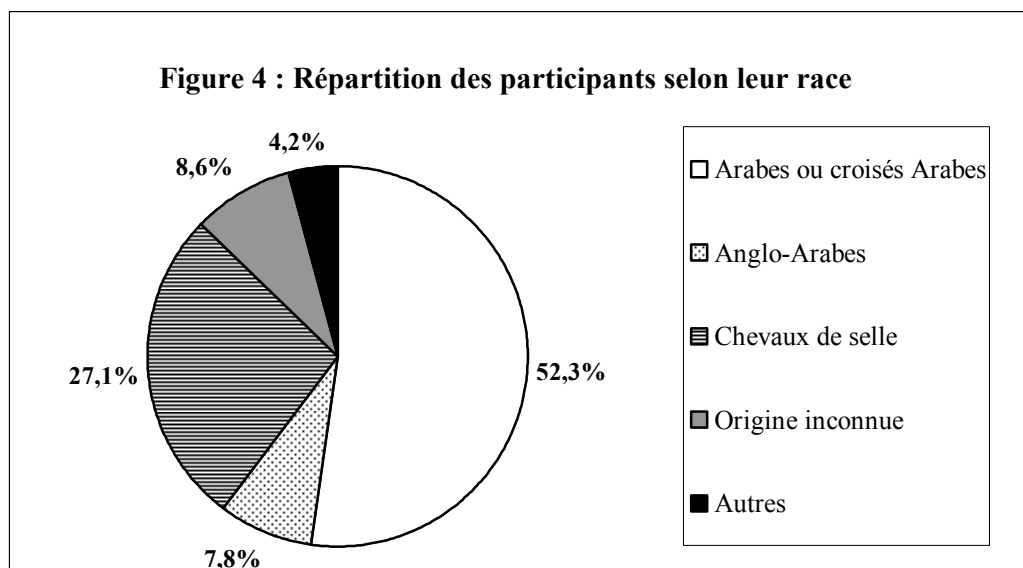
Pour la construction des Figures qui vont suivre, nous avons utilisé les pourcentages calculés en faisant abstraction du nombre de candidats n'ayant pas répondu à la question (« NR » signifiant « Non Répondu »). En effet, ces valeurs sont parfois assez différentes des pourcentages calculés à partir du nombre total de chevaux prenant part à chaque course.

Ils ont 9+/-2 ans en moyenne, mais les âges sont assez étalés (entre 6 et 17 ans).

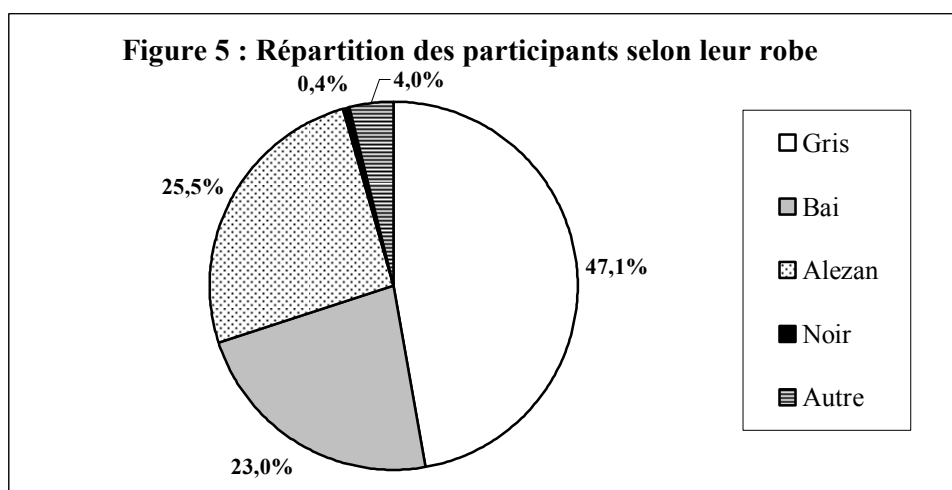
Comme le montre la Figure 3, les sexes les plus représentés sont les hongres puis les juments (quasiment 90% à eux deux). Les entiers correspondent à peine à 10% des participants.



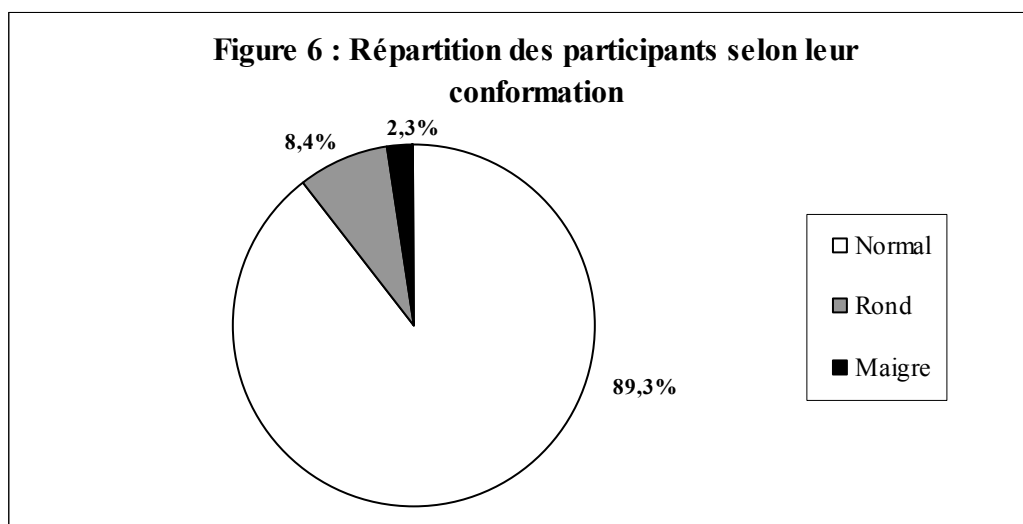
Plus de 50% des chevaux d'endurance ayant pris part à notre étude sont des Pur-Sang Arabes ou des croisés Arabes (Figure 4). Les chevaux de selle occupent la deuxième place (plus d'un quart des chevaux). Enfin, les Anglo-Arabes, les chevaux d'origine inconnue (« OI ») et les chevaux d'autres races (Barbes, Trotteurs, Poneys, autres Pur-Sang) représentent moins de 5% des candidats.



Quasiment 50% des chevaux prenant part à l'étude sont de couleur grise (Figure 5). Les robes bai et alezanes représentent ensuite chacune environ un quart des participants. Enfin, les robes noires ainsi que les autres types de robes (café au lait, rouan, isabelle, pie...) sont minoritaires (4,4%).



Les candidats apparaissent de petit gabarit : en moyenne, ils mesurent 1,54 m et pèsent un peu plus de 410 kg. Les écarts-types pour ces deux moyennes sont assez faibles, puisqu'ils valent respectivement 5 cm et 50 kg. La très grande majorité (quasiment 90%) d'entre eux sont estimés de conformation corporelle « normale » par leur cavalier (Figure 6). Les chevaux considérés comme « ronds » sont ensuite plus nombreux que les individus « maigres » (8,4 contre 2,3%) des participants).



Le cheval caractéristique des épreuves de CEI et CEN en France est donc un Pur-Sang Arabe hongre, de couleur grise, de petit gabarit et âgé de 9ans.

Tableau 10 : Caractéristiques générales des chevaux de l'étude

		Valeur	E.T.	Min	Max	% parmi tous les chevaux	% parmi réponses
SEXE	Mâle	81				10,3	10,3
	Femelle	348				44,1	44,2
	Hongre	359				45,5	45,6
	NR	1				0,1	
RACE	Arabes ou croisés	410				52,0	52,4
	Anglo-Arabe	61				7,7	7,8
	Barbe	6				0,8	0,8
	Cheval de Selle	212				26,9	27,1
	Origine Inconnue	67				8,5	8,6
	Autres	27				3,4	3,4
	NR	6				0,8	
AGE (ans)		9	2	6	17		
ROBE	Gris	365				46,3	47,1
	Bai	178				22,6	23,0
	Alezan	198				25,1	25,5
	Noir	3				0,4	0,4
	Autres	31				3,9	4,0
	NR	14				1,8	
CONFORMATION	Normal	618				78,3	89,3
	Rond	58				7,4	8,4
	Maigre	16				2,0	2,3
	NR	97				12,3	
FC repos		35	4	20	48		
POIDS (kg)		412	52	250	600		
TAILLE (cm)		154	5	131	172		
POILS	Court	517				65,5	77,6
	Tondu	146				18,5	21,9
	Long	26				3,3	3,9
	NR	123				15,6	

Après avoir présenté les résultats concernant les caractéristiques générales des courses et des chevaux y participant, nous allons nous intéresser aux chevaux ayant été éliminés des épreuves.

2-3-2) Troubles métaboliques survenus pendant les épreuves

2-3-2-1) Prévalence, répartition et causes des éliminations et des soins pendant les épreuves

Comme le montre le Tableau 11 (page suivante), il existe, selon les courses, de grandes variations dans la proportion des chevaux éliminés, qui fluctue entre 20 et 67,9%, avec une moyenne de 48%.

Les motifs d'élimination sont de trois sortes : élimination pour cause métabolique, pour boiterie, ou pour abandon du cavalier. Parmi tous les chevaux ayant pris part à l'étude, les valeurs respectives moyennes de ces disqualification valent 14,5%, 25,1%, et 5,2% (Tableau 11). On peut également considérer cette répartition parmi les candidats éliminés : 51,8% (de 0 à 78,6% selon les courses) d'entre eux le sont pour boiterie, contre 29,3% (de 7,1 à 66,7% selon les courses) pour raison métabolique, et 12,7% (de 0 à 33,3% selon les courses) suite à l'abandon de leur cavalier (Tableau 11).

Quelle qu'en soit la cause, 12,5% des candidats en moyenne ont nécessité des soins vétérinaires pendant les épreuves. 10,5% en moyenne (de 0 à 31,7% selon les courses), soit 84,5% d'entre eux, ont été traités suite à un trouble métabolique (Tableau 11). Il est intéressant de noter que parmi les chevaux soignés, 15% ont quand même été classés à l'issue des raids. Ces chevaux n'entrent évidemment pas dans le groupe A.

La Figure 7 illustre la répartition des éliminations et des traitements selon l'avancée de la course. Plus de 50% des motifs d'élimination pour boiterie ont lieu aux boucles 1 et 2. Les éliminations pour cause métabolique sont les plus fréquentes à la troisième boucle (50% des éliminations pour cette raison ont lieu à ce niveau de la course), et quasiment 75% d'entre elles se produisent sur les boucles 2 et 3. Quant aux chevaux ayant nécessité des soins suite à un trouble métabolique, ils suivent la même tendance : les traitements ont principalement lieu aux boucles 2 et 3.

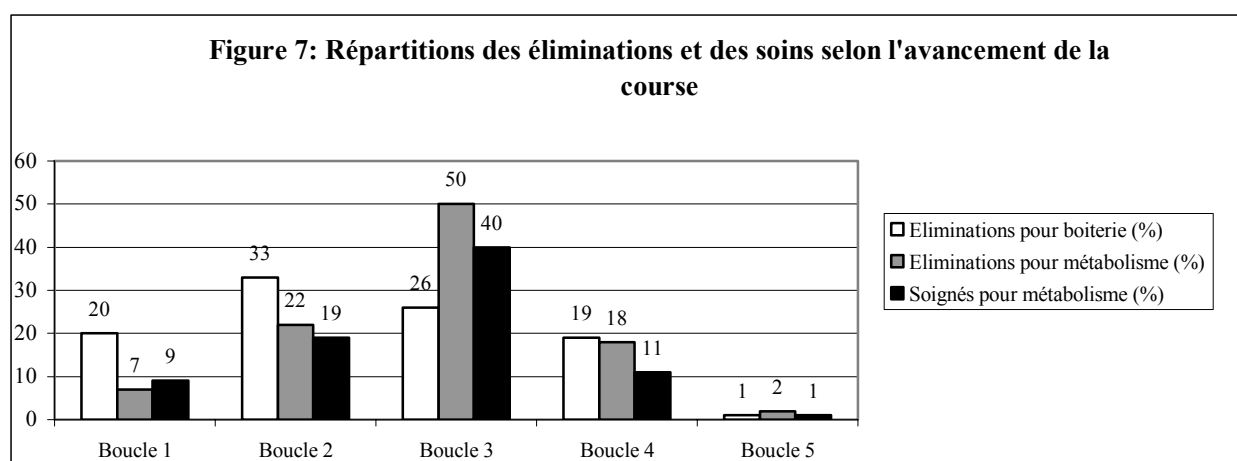
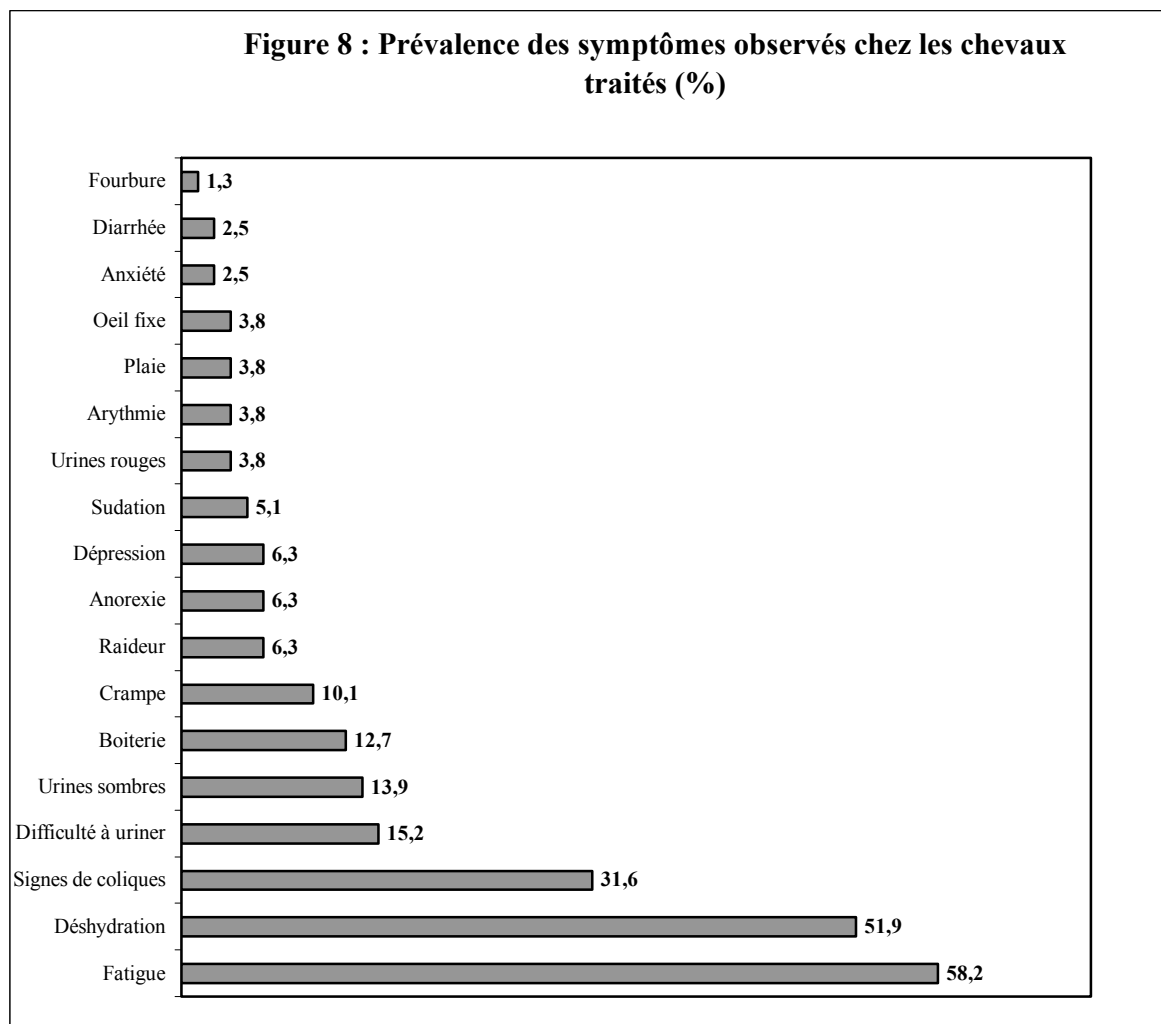


Tableau 11 : Prévalence, répartition et motifs des éliminations

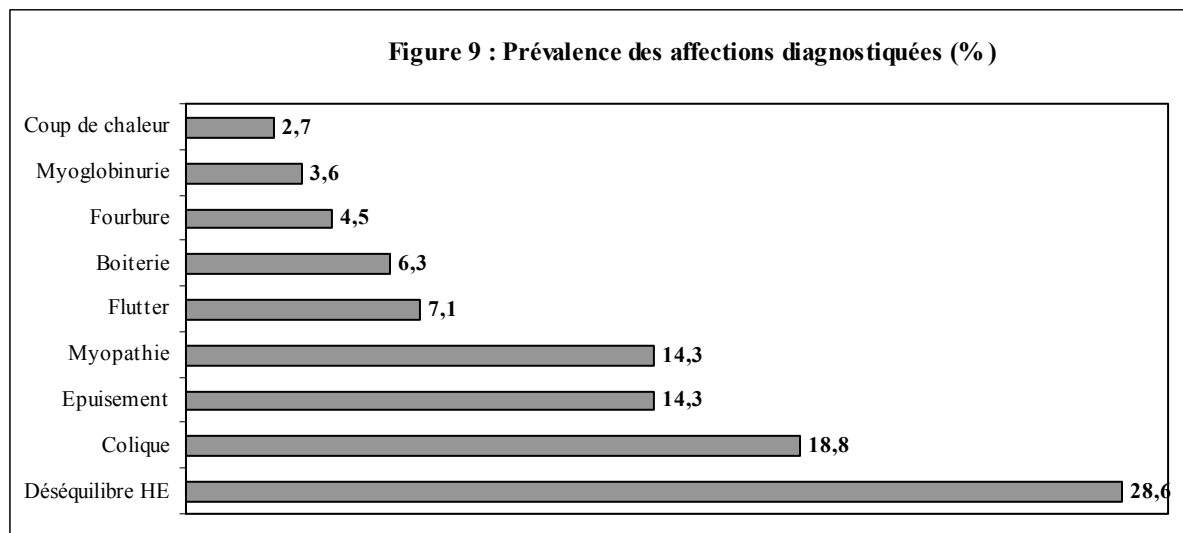
Lieu	Nombre d'éliminations pour boiterie	% éliminations pour boiterie parmi partants	% éliminations pour boiterie parmi éliminés	Nombre d'éliminations pour métabolisme	% éliminations pour métabolisme parmi partants	% éliminations pour métabolisme parmi éliminés	Nombre d'éliminations pour abandon	% éliminations pour abandon parmi partants	% éliminations pour abandon parmi éliminés
Bonifacio	7	21,9	53,8	3	9,4	23,1	3	9,4	23,1
Le Vigan	3	16,7	50,0	1	5,6	16,7	2	11,1	33,3
Ribiers	8	19,5	29,6	18	43,9	66,7	1	2,4	3,7
La Baule	0	0,0	0,0	1	6,7	33,3	1	6,7	33,3
Rambouillet	14	19,2	60,9	6	8,2	26,1	0	0,0	0,0
Castera Verduezan	17	40,5	73,9	2	4,8	8,7	3	7,1	13,0
Guerledan	8	18,6	27,6	7	16,3	24,1	2	4,7	6,9
Guingamp	7	28,0	63,6	2	8,0	18,2	2	8,0	18,2
Le Pin	12	16,2	34,3	17	23,0	48,6	6	8,1	17,1
Moulins Engilbert	18	25,0	46,2	21	29,2	53,8	0	0,0	0,0
Landivisiau	14	50,0	73,7	4	14,3	21,1	1	3,6	5,3
Lacanau	11	17,2	37,9	13	20,3	44,8	5	7,8	17,2
Compiègne **	14	25,5	60,9	5	9,1	21,7	4	7,3	17,4
Compiègne ***	11	32,4	78,6	1	2,9	7,1	1	2,9	7,1
Néris Les Bains	33	35,9	61,1	20	21,7	37,0	1	1,1	1,9
Le Pertre	29	35,8	76,3	7	8,6	18,4	2	2,5	5,3
Somme	206			128			34		
Moyenne		25,1	51,8		14,5	29,3		5,2	12,7
Minimum	0	0,0	0,0	1	2,9	7,1	0	0,0	0,0
Maximum	33	50,0	78,6	21	43,9	66,7	6	11,1	33,3

2-3-2-2) Caractéristiques des troubles métaboliques survenus pendant les épreuves

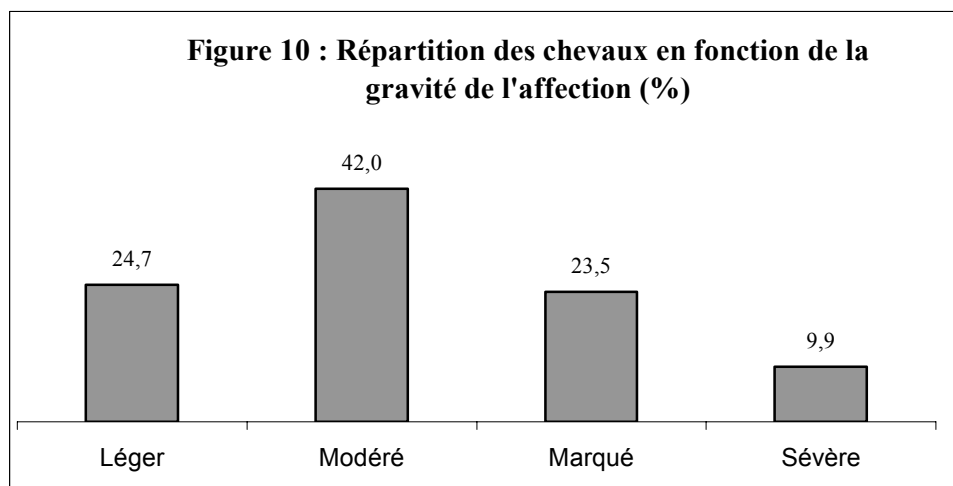
Les symptômes recensés par les vétérinaires lors de leurs examens cliniques sont présentés dans la Figure 8. Plus de 50% des chevaux soignés présentaient des signes de fatigue et de déshydratation. Les troubles digestifs (signes de colique, anorexie, diarrhée), urinaires (difficultés à uriner, urines sombres ou rouges), musculaires ou locomoteurs (boiterie, raideur, crampe) sont également assez fréquents : respectivement 40,5%, 32,9% et 29,1% des symptômes relevés. Les autres signes observés (dépression, sudation, arythmie, plaie, anxiété, œil fixe et fourbure) sont plus rares : 26,6% à eux tous.



La Figure 9 présente la répartition des diagnostics établis par les vétérinaires traitants. Les déséquilibres hydro-électrolytiques (déséquilibres HE) ont constitué 28,6% des affections métaboliques, puis viennent les coliques (18,6%) et l'épuisement et la myopathie d'effort (chacun 14,3%). Les diagnostics de flutter diaphragmatique, de boiterie, de fourbure, de myoglobulinurie et de coup de chaleur sont plus rares (chacun moins de 8%).



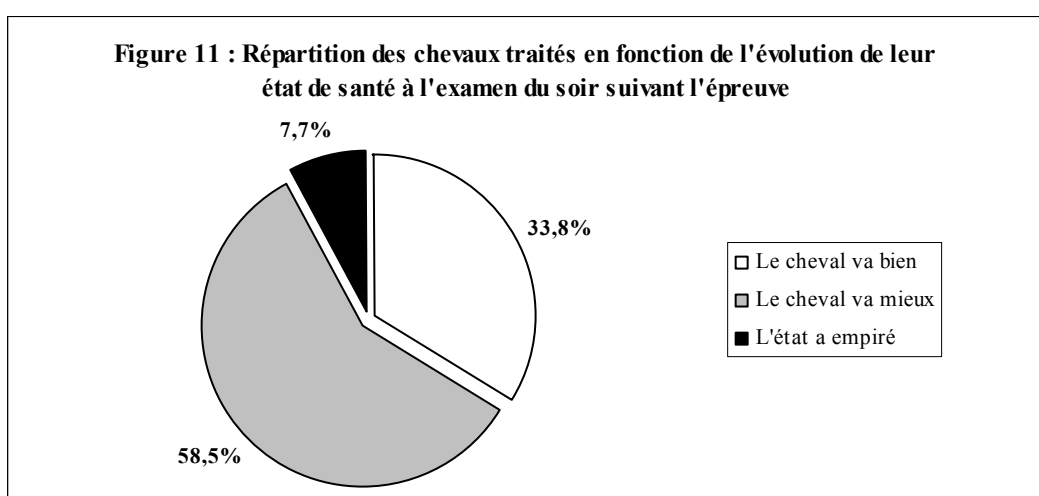
Environ 2/3 des cas ayant été traités par les vétérinaires ont été jugés d'une gravité légère à modérée (66,7% à eux deux). Néanmoins, la proportion d'affections estimées marquées ou sévères dépasse 30% (Figure 10).



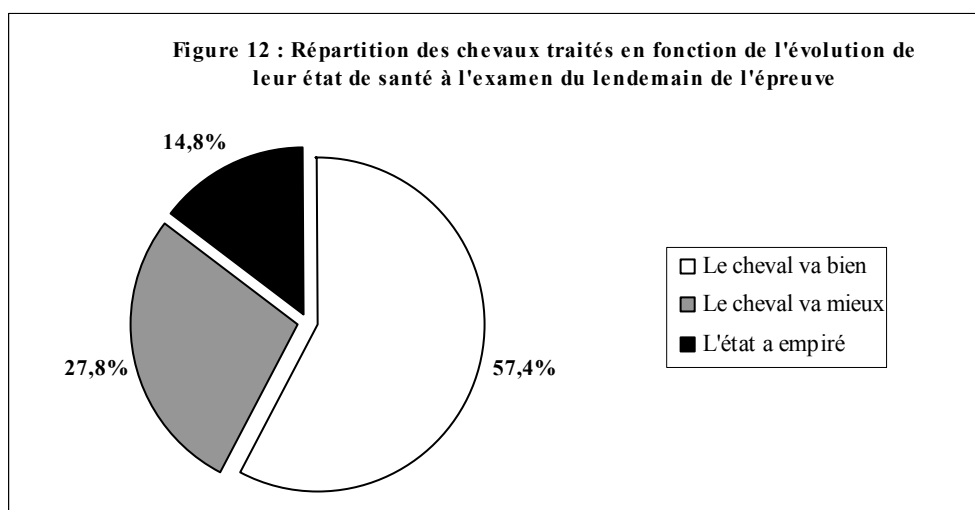
Suite aux traitements mis en place par les vétérinaires, le temps nécessaire à une amélioration de l'état général est d'un peu moins de 2 heures en moyenne, sachant que le plus court était de quelques minutes, et le plus long de 12 heures. Pour une guérison estimée complète, il faut par contre attendre 4h30 en moyenne (de quelques minutes à 24 heures). Lors de l'examen clinique du soir, ayant lieu 5 à 6 heures après la fin de la course, 33,8% des chevaux allaient bien, 58,8% étaient en cours d'amélioration, mais 7,7% s'étaient dégradés et nécessitaient encore des soins (Tableau 12 et Figure 11).

Tableau 12 : Évolution de l'état des chevaux soignés

Pourcentage de chevaux concernés	Le cheval va bien	Le cheval va mieux	L'état a empiré
A l'examen du soir	33,8	58,5	7,7
A l'examen du lendemain suivant la course	57,4	27,8	14,8



La Figure 12 illustre l'évolution lors de l'examen réalisé le lendemain matin : une grosse moitié des chevaux présentaient alors un bon état général (57,4%), et 27,8% étaient en voie de guérison. Néanmoins, 14,8% avaient encore besoin de soins, et beaucoup d'entre eux ont dû être référés dans des structures mieux équipées.



2-3-3) Corrélations entre différents paramètres et l'apparition de troubles métaboliques pendant les épreuves

Nous avons cherché à savoir si chacun des facteurs individuels ou environnementaux décrits plus loin pouvait être corrélé avec le développement de troubles métaboliques. Pour cela, nous avons, pour chaque critère, comparé le nombre de chevaux classés (groupe A) à ceux ayant dû être soignés (groupe B). Le détail de tous ces chiffres a été placé en Annexes 4 et 5. Précisons qu'il y a 378 chevaux dans le groupe A et 88 dans le groupe B.

2-3-3-1) Paramètres individuels

2-3-3-1-1) Sexe des chevaux

Notons que 100% des cavaliers du groupe A, contre 98,9% de ceux du groupe B ont complété la question concernant le sexe de leur cheval.

Tout d'abord, il est apparu que la proportion de hongres dans le groupe B (36,8%) est significativement inférieure à celle du groupe A (48,4%). Le taux d'accident métabolique chez les juments et les étalons est ainsi 1,6 fois plus élevé que chez les hongres ($p < 0,05$).

Ensuite, comparativement aux autres sexes, les juments ont nécessité 1,6 fois plus de soins suite au développement d'un trouble métabolique ($p < 0,1$).

Il n'existe par contre pas de différence significative entre les nombres d'étalons des groupes A et B.

Enfin, on peut remarquer que 82,4% des juments du groupe B, contre 66,2% de celles du groupe A étaient en chaleurs au moment de l'épreuve (nous avons considéré toutes les femelles ayant eu leurs chaleurs dans un intervalle de 2 semaines autour de la date de la course). Cette différence est statistiquement significative ($p < 0,1$). Ainsi, par rapport aux mâles (entiers ou hongres) et aux femelles à un autre moment de leur cycle, les juments en chaleurs ont développé 1,8 fois plus d'affections métaboliques ayant nécessité des soins vétérinaires.

Le taux de réponse à cette question est beaucoup plus faible : 74,1% dans le groupe A et seulement 38,3% dans le groupe B.

2-3-3-1-2) Race des chevaux

Les chevaux ont été classés parmi ces groupes raciaux : Pur-Sang Arabes et croisés Arabes, Anglo-Arabes, chevaux de selle, chevaux « OI », et autres races minoritaires (Poneys, Barbes, Trotteurs, autres Pur-Sang...). En comparant chacune des 4 races principales aux autres, puis en comparant les races dominantes aux races moins représentées, aucune différence significative n'a pu être mise en évidence entre les groupes A et B.

Pour ce critère, 100% des cavaliers du groupe A et 97,7% de ceux du groupe B ont répondu.

2-3-3-1-3) Âge des chevaux

Deux groupes d'âge ont été établis, en se basant sur l'âge moyen des candidats : les chevaux jusqu'à 9 ans, et ceux ayant plus âgés. Dans notre étude, le taux d'incidence de troubles métaboliques ayant nécessité une prise en charge médicale est 1,7 fois plus élevé chez les chevaux les plus âgés ($p < 0,05$).

99,7% des cavaliers du groupe A et 98,9% de ceux du groupe B ont fourni l'âge de leur monture.

2-3-3-1-4) Caractéristiques physiques des chevaux

En séparant les chevaux de taille inférieure à la moyenne ($< 1,54$ m) de ceux plus grands ($\geq 1,54$ m), nous avons pu mettre en évidence que ces derniers avaient développé 1,7 fois plus de troubles métaboliques ($p < 0,05$).

De même, les chevaux pesant moins que la moyenne (< 410 kg) en ont développé 1,2 fois que ceux dont le poids est supérieur ou égal à 410 kg ($p < 0,1$).

Enfin, une autre différence significative a pu émerger concernant la conformation corporelle des participants. En effet, d'une part les chevaux considérés comme « ronds » par leur cavalier sont 2,8 fois plus nombreux parmi le groupe B ($p < 0,01$). D'autre part, parmi les chevaux considérés comme de conformation « normale », le taux d'incidence de troubles métaboliques est 1,7 fois moins élevé que pour les animaux soit trop gros soit trop maigres ($p < 0,05$).

Nous nous sommes également intéressés à d'autres caractéristiques physiques des participants. Nous les avons tout d'abord classés selon la couleur de leur robe, en séparant les robes claires (gris, blanc et rouan) des robes intermédiaires (alezan, isabelle, pie, café au lait, palomino et aubère) et foncées (bai et noir). Aucune différence statistiquement significative n'est apparue en comparant les proportions de ces catégories dans les groupes A et B.

Enfin, en comparant les nombres de chevaux au poil long, au poil tondu (entièrement ou partiellement) et au poil court parmi les chevaux classés et les chevaux ayant été soignés, là encore, aucune différence significative n'a pu être mise en évidence.

Concernant ces descriptifs physiques de leur cheval, 89,9% des cavaliers du groupe A ont répondu en moyenne, contre 75,7% de ceux du groupe B.

2-3-3-2) Paramètres liés à la carrière des chevaux et des cavaliers

2-3-3-2-1) Expérience des chevaux

Les chevaux du groupe A ont en moyenne 3 ans d'expérience en endurance, contre 4 pour ceux du groupe B. Il est tout d'abord apparu que les chevaux ayant pratiqué moins de 4 années d'endurance étaient statistiquement moins nombreux dans le groupe B (46,3% contre 59,5% dans le groupe A). Ainsi, les chevaux d'au moins 4 ans d'expérience en endurance ont développé pendant les épreuves 1,7 fois plus de troubles métaboliques nécessitant des soins que les autres ($p < 0,05$).

Le nombre moyen de CEI et CEN réalisées dans leur carrière par tous les chevaux inclus dans l'étude est de 3. Il n'y a pas de différence significative du nombre de chevaux traités parmi ceux ayant couru moins ou plus que cette moyenne.

Nous avons également comparé le nombre moyen de CEI ou CEN ayant été effectuées dans leur carrière par les chevaux ayant moins de 4 ans d'expérience et par ceux plus expérimentés. Il vaut 1,6 pour les premiers contre 4,4 pour les seconds.

Dans les 12 mois précédant l'étude, les chevaux ont couru en moyenne dans 1 CEI ou CEN. Il y a statistiquement plus de chevaux ayant couru 2 CEI ou CEN dans l'année en cours parmi les chevaux du groupe B (21,4% contre 18,3% dans le groupe A). Ainsi, les chevaux ayant déjà participé à 2 épreuves dans la saison ont présenté au cours des courses 1,2 fois plus d'affections métaboliques que ceux n'ayant pas encore couru, ou n'ayant participé qu'à 1 CEI ou CEN ($p < 0,05$) et 1,1 fois plus que ceux ayant couru plus de 2 fois ($p < 0,05$).

Enfin, en séparant des autres les chevaux ayant déjà été éliminés dans l'année pour raison métabolique (n'ayant pas été éliminés ou éliminés pour une autre raison), aucune différence n'est apparue entre les groupes A et B.

Notons que pour ces critères, les taux de réponse moyens des cavaliers des groupes A et B valent respectivement 80,4% et 73,9%.

2-3-3-2-2) Expérience des cavaliers

Aucune différence statistiquement significative n'a pu être mise en évidence pour ces critères.

Tout d'abord, la répartition de l'expérience des cavaliers entre professionnels, confirmés, amateurs et débutants est similaire dans les deux groupes étudiés. Il en est de même pour la connaissance qu'a le cavalier de son cheval : les proportions de cavaliers montant habituellement, occasionnellement, ou pour la première fois leur cheval sont les mêmes dans les groupes A et B.

En moyenne, 96,6% des cavaliers du groupe A et 82,4% ont fourni les réponses à ces questions.

2-3-3-3) Paramètres liés à l'entretien des chevaux

2-3-3-3-1) Alimentation des chevaux

Il était tout d'abord demandé aux cavaliers de décrire la ration de leurs chevaux. A l'issue du traitement de ces données, il est apparu que les modalités de rationnement étaient très variées, à la fois par les types d'aliments utilisés mais aussi par la quantité distribuée.

Afin de pouvoir comparer les modes d'alimentation dans nos deux groupes, nous avons établi une ration « idéale » en fonction du type d'effort très particulier que constitue l'endurance à ce niveau, à partir des recommandations de certains auteurs [28][40] : 0,75 à 1,5% du poids vif en fourrages et 1 à 1,25% du poids vif en concentrés. Notons que quand les fourrages sont distribués à volonté, nous les avons estimés à 3% du poids vif [40].

Les quantités de fourrages et de concentrés distribués sont similaires dans les groupes A et B : elles correspondent respectivement à 2,1% pour les fourrages (de 0,9 à 5,4% dans le groupe A et de 0,8 à 4,7% dans le groupe B), et à 1,3% pour les concentrés (de 0,6 à 3,7% dans le groupe A et de 0 à 3,4% dans le groupe B).

Au sein des groupes A et B, nous avons ensuite classés les chevaux en plusieurs catégories :

- ▶ Chevaux recevant une ration correspond aux recommandations ;
- ▶ Chevaux recevant la quantité recommandée de fourrages, mais soit plus, soit moins de concentrés que les normes ;
- ▶ Chevaux recevant la quantité recommandée de concentrés, mais soit plus soit moins de fourrages que les normes ;
- ▶ Chevaux sur-alimentés ;
- ▶ Chevaux sous-alimentés.

Mais en comparant la répartition de ces modes de rationnement dans les deux groupes, aucune différence significative n'a pu être mise en évidence.

Nous nous sommes ensuite interrogés sur l'éventuel impact que pouvait avoir un changement de rationnement peu de temps avant l'épreuve. En comparant dans les groupes A et B les proportions de chevaux ayant subi une modification de rationnement moins de 15 jours avant l'épreuve avec ceux dont l'alimentation n'avait pas changé, aucune différence statistique n'a pu être mise en évidence.

Nous ne sommes donc pas parvenus dans cette étude à faire émerger une relation statistique entre la gestion de l'alimentation et le taux d'incidence des troubles métaboliques pendant les épreuves. Notons que le taux de réponse pour cette partie de l'étude est de 81,7% pour le groupe A et de 60,3% pour le groupe B.

2-3-3-3-2) Habitat des chevaux

Les chevaux du groupe A passent en moyenne un peu plus de 5h par jour au box et ceux du groupe B 4h40, mais les variations sont importantes (de 0 à 24h par jour pour chaque groupe). Après avoir comparé dans les deux groupes les proportions de chevaux pas (chevaux jamais mis au box) ou peu (chevaux passant moins de 4h ou moins de 8h par jour en box) habitués à passer du temps au box avec les autres, aucune différence significative n'a pu être relevée.

97,4% des cavaliers du groupe A et 79,5% de ceux du groupe B ont répondu aux questions relatives à ce critère.

2-3-3-4) Paramètres liés à la préparation et au déroulement des épreuves

2-3-3-4-1) Trajet pour se rendre sur le site des épreuves

En moyenne, les candidats mettent 4h45 à parvenir au site de la course (4h pour le groupe A, 5h30 environ pour le groupe B), et les variations sont importantes : de quelques minutes à plus d'une journée. Il n'y a pas de différence significative concernant ce temps moyen entre les deux groupes. Par contre, en classant au sein des groupes A et B les chevaux selon le temps mis pour rejoindre le lieu de l'épreuve, il est apparu que les participants ayant roulé moins de 5h ont été 1,6 fois plus nombreux à devoir subir des soins suite au développement de troubles métaboliques pendant la courses ($p < 0,1$).

La distance moyenne parcourue pour ce trajet vaut quasiment 450 km pour le groupe A et un peu plus de 400 km pour le groupe B. Là aussi, les écarts sont importants (de quelques kilomètres à plus de 1200, voire 1500 km). Pour ce facteur, nous n'avons pas pu mettre en évidence de différence significative entre les groupes A et B.

Les taux de réponse concernant ces critères valent respectivement 94,2 et 75% chez les cavaliers A et B.

2-3-3-4-2) Acclimatation aux conditions des épreuves

Entre le moment de l'arrivée sur le site et celui du départ de l'épreuve, il s'écoule en moyenne 37 heures (38 heures pour les chevaux du groupe A et 36 heures pour ceux du groupe B). Les intervalles sont importants : d'une demi-journée à 5 jours pour le groupe B et même 13 jours pour le groupe A.

En classant les chevaux en fonction de la durée de leur acclimatation aux conditions de l'épreuve parmi ces catégories : moins d'une demi-journée, moins d'une journée, et moins de 2 jours, puis en comparant leur répartition dans les deux ensembles étudiés, aucune différence significative n'a pu être mise en évidence.

97,4% des cavaliers du groupe A et 79,5% de ceux du groupe B ont répondu aux questions relatives à ce critère.

2-3-3-4-3) Dernier repas avant le départ des épreuves

Les chevaux sont nourris pour la dernière fois en moyenne 4h10 avant le départ de la course dans le groupe A et 3h45 dans le groupe B. Cet intervalle varie dans les deux ensembles entre 30 minutes et 12 heures avant l'épreuve.

Nous avons classé les chevaux en fonction du type de ration reçue et du délai entre ce repas et le début de l'effort, mais aucune différence statistiquement significative n'existe entre les groupes A et B en ce qui concerne cet aspect de la gestion du cheval avant la course.

Les taux de réponse à cette question sont assez faibles : respectivement 59,8% et 63,6% parmi les chevaux classés et les chevaux soignés.

2-3-3-4-4) Conditions climatiques pendant les épreuves

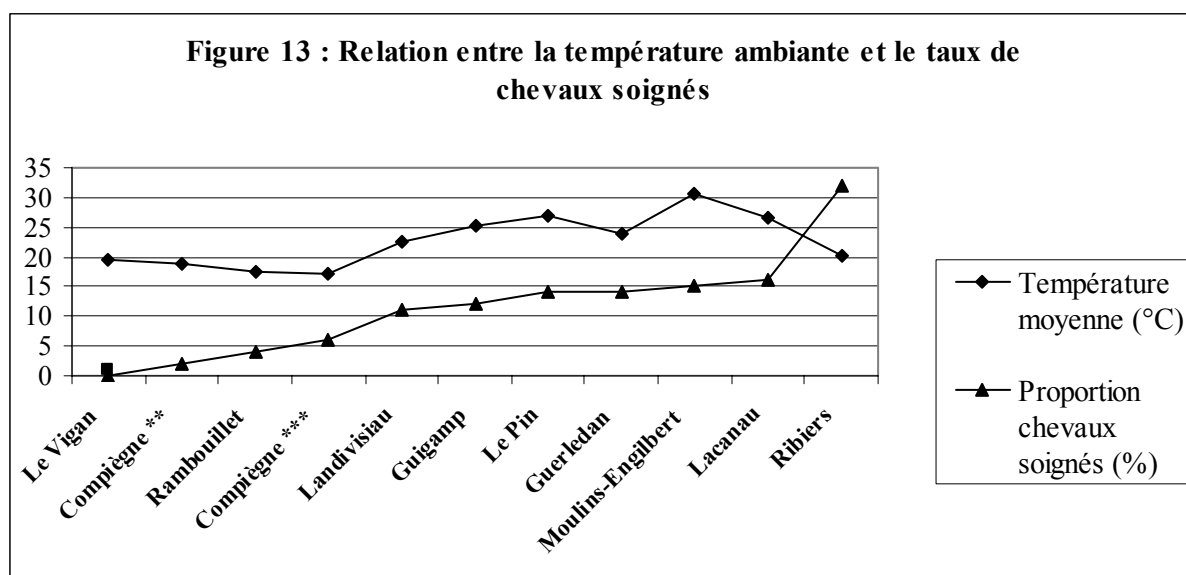
Les données climatiques n'ont été obtenues que pour 11 des 16 épreuves de notre étude. Elles ont été mises en relation avec le taux de chevaux soignés sur chacune de ces courses.

Comme l'illustrent le Tableau 13 et la Figure 13, il existe un parallèle entre la température extérieure et le nombre de chevaux ayant nécessité des soins. En effet, en dessous de 20°C, la proportion de chevaux traités n'excède pas 6%. Au-delà, ce taux augmente rapidement.

Il ne semble par contre pas avoir de lien avec l'humidité ambiante.

Tableau 13 : Relation entre les conditions climatiques et le taux de chevaux soignés pour affection métabolique

	Proportion de chevaux soignés (%)	Température moyenne (°C)	Hygrométrie relative moyenne (%)
Le Vigan	0	19,5	60,5
Compiègne **	2	18,8	66,2
Rambouillet	4	17,5	68,3
Compiègne ***	6	17	55,8
Landivisiau	11	22,4	66,6
Guigamp	12	25,3	39,7
Le Pin	14	27	42,5
Guerledan	14	23,8	60
Moulins-Engilbert	15	30,7	36,2
Lacanau	16	26,6	46,4
Ribiers	32	20,2	52,3



Afin de confirmer cette hypothèse d'un point de vue statistique, nous avons, pour chacune des trois catégories de climats (FH, CS, CH), comparé le nombre de chevaux dans les groupes A et B. Ces chiffres sont présentés en Annexe 6. L'association statistique entre la température et le taux de chevaux soignés est indéniable : le taux d'incidence des troubles métaboliques s'est avéré 2,1 fois plus élevé par temps chaud que par temps frais ($p < 0,001$).

2-3-3-5) Causes d'apparition suspectées par les cavaliers

31% des cavaliers du groupe B ont pu expliquer l'incidence des troubles métaboliques chez leur monture. Ces causes sont recensées dans le Tableau 15 et illustrées dans la Figure 14. Il s'agit principalement de facteurs individuels liés au cheval (22,2%) : cheval stressé, jument en chaleurs, ou animaux ayant déjà manifesté des troubles métaboliques et exposés à des récives, et de facteurs climatiques : 22,2% des cavaliers ayant mis en évidence une cause à l'apparition des troubles chez leur cheval ont jugé le temps trop chaud. Ensuite, par ordre décroissant d'importance, les autres facteurs identifiés sont des anomalies pendant la course (18,5%), des erreurs dans le gestion de l'alimentation (14,8%), des trajets jugés trop fatigants (11,1%), puis des défauts dans l'entraînement des chevaux (7,4%). Enfin 1 cavalier (soit 3,7% des causes identifiées) a estimé que son cheval, habitué à vivre tout le temps au pré, s'était énervé dans son box la nuit avant l'épreuve.

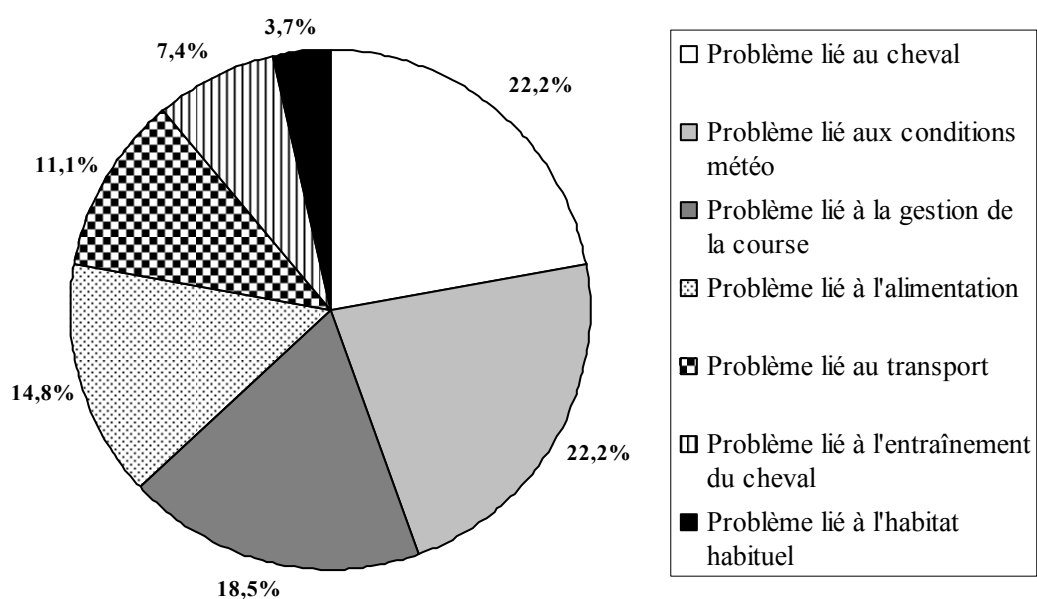
Certains paramètres individuels (le sexe, l'âge, la conformation physique...), certains paramètres liés à la carrière (les années d'expérience, le nombre de courses déjà courues dans l'année) ou à la gestion de l'évènement (la durée du trajet pour se rendre sur la course), ainsi que des facteurs environnementaux (la température ambiante) sont ainsi dans notre étude statistiquement reliés aux taux d'incidence des troubles métaboliques pendant les épreuves d'endurance de longues distances.

Tableau 14 : Causes d'apparition suspectées par les cavaliers

			Nombre de cas	%
Problème lié au cheval	Sexe	Jument en chaleurs	1	22,2
		Mâle énervé	1	
	Stress		1	
	Récidive de troubles métaboliques	Coliques	1	
		Fourbure	1	
		Flutter	1	
Problème lié à l'alimentation	Erreurs de rationnement		4	14,8
Problème lié à la gestion de la course	Vitesse trop importante		1	18,5
	Terrain difficile		1	
	Prise de boisson ou mictions modifiées		3	
Problème lié au transport	Trajet trop long		3	11,1
Problème lié à l'entraînement du cheval	Trop de courses		1	7,4
	Pas assez entraîné		1	
Problème lié aux conditions météo	Trop chaud		6	22,2
Problème lié à l'habitat habituel	Pas habitué au box		1	3,7

Somme	27
% parmi chevaux traités	31

Figure 14 : Répartition des causes d'apparition de troubles métaboliques identifiées par les cavaliers



Après avoir exposé les résultats de notre étude, nous allons tâcher de les interpréter, et quand cela est possible, de les confronter à ceux d'autres études. Nous chercherons également à mettre en évidence les limites de notre enquête.

2-4) Discussion

2-4-1) Interprétation des résultats et comparaison à la bibliographie

2-4-1-1) A propos de l'échantillonnage

Notre but n'était pas d'obtenir une représentativité de l'ensemble des chevaux d'endurance courant en France, mais d'étudier spécifiquement une population de référence : les animaux ayant pris part aux épreuves de niveau CEN/CEI pendant la saison 2003.

Tout d'abord, comme nous l'avons vu précédemment, les courses ayant été étudiées dans notre travail ne sont pas issues d'un tirage au sort réalisé parmi la totalité de ces épreuves. On ne peut donc pas parler d'échantillonnage des courses. Néanmoins, sachant que 16 des 20 épreuves correspondant à ces critères, soit 80%, ont été intégrées à notre étude, on peut estimer que par son exhaustivité, cet « échantillon » de convenance peut prétendre à une certaine représentativité à l'échelle nationale.

De même, nous n'avons pas non plus réalisé de tirage au sort parmi la population cible. Nous avons en effet cherché à travailler sur la totalité des chevaux prenant part aux épreuves étudiées, et donc à travailler de manière exhaustive.

Enfin, notons que nous n'avons pas cherché à établir de critères de comparabilité entre les groupes A et B. En effet, nous n'avons eu aucune maîtrise sur la structure de ces ensembles, et notre étude n'a eu d'autre prétention que d'être purement descriptive. En observant ces deux groupes, elle n'a ainsi permis qu'à mettre en évidence des corrélations statistiques entre différents paramètres et le taux d'incidence de troubles métaboliques. Remarquons qu'à ce jour, aucune étude analytique comparant statistiquement à l'issue d'une course des chevaux atteints de troubles métaboliques et des chevaux sains selon des critères stricts de comparabilité n'a été réalisée. En conséquence, les facteurs décrits par les auteurs comme prédisposants à certains troubles métaboliques survenant pendant les épreuves sont également issus d'une simple observation de ces troubles.

2-4-1-2) A propos des caractéristiques des chevaux participant aux épreuves

Les chevaux de notre étude ont en moyenne 9 ans, mais les écarts sont importants : de 6 à 17 ans. Dans d'autres publications, on peut voir que les écarts d'âge sont toujours grands [26][27][48], d'environ 5 ans jusqu'à 22 voire même 24 ans pour le cheval le plus âgé [27][48]. D'après la réglementation [16][15], pour concourir en CEN ou en CEIO les chevaux doivent avoir respectivement au moins 6 et 7 ans dans l'année, mais aucune limite d'âge maximal n'est imposée. Ces impératifs réglementaires sont bien illustrés dans notre étude,

puisque l'on y trouve des chevaux dont l'âge correspond au minimum autorisé, ainsi que des candidats plus âgés auxquels aucune législation n'interdit de concourir.

Nous avons pu constater que les hongres et les juments étaient les deux sexes les plus représentés dans notre étude : quasiment 90% des candidats. Lors de la Tevis Cup de 2003, ces deux sexes correspondaient à un peu plus de 90% des partants [48]. A ce niveau de compétition en endurance, les départs groupés ainsi que la promiscuité aux moments des contrôles provoquent souvent des bousculades, et les entiers ne sont pas les animaux les plus faciles à maîtriser dans ces circonstances, ce qui pourrait expliquer qu'ils ne constituent pas le sexe le plus plébiscité par les cavaliers d'endurance.

Plus de la moitié des chevaux de notre enquête sont des Pur-Sang Arabes ou des croisés Arabes. Que ce soit lors de la Tevis Cup [48] ou lors d'autres épreuves américaines [26], la proportion de cette race est toujours supérieure à 50%. Comme nous l'avons vu précédemment, cette race est caractérisée par une capacité de travail aérobique particulièrement élevée [12] et une proportion en fibres musculaires de type I et IIa importante [6]. Ces chevaux très endurants et peu exigeants sont donc particulièrement adaptés à cette discipline, ce qui explique qu'ils en constituent la race de prédilection.

Nous avons pu mettre en évidence que les chevaux participant aux épreuves sont de petit gabarit : en moyenne 1,54 m au garrot et 412 kg. Ces chiffres peuvent s'expliquer par le fait que plus de 50% des candidats sont des croisés Arabes, dont les standards de taille et de poids correspondent à ces valeurs. De même, la prédominance de la couleur grise parmi les participants (quasiment 50%) est certainement due au fait que cette robe est la plus représentée chez les Pur-Sang Arabes.

2-4-1-3) A propos des éliminations pendant les épreuves

Environ la moitié des chevaux (48%) de notre étude ont été éliminés pendant les épreuves. Cette valeur est tout à fait comparable aux chiffres publiés à l'issue d'autres épreuves encadrées par la FEI : par exemple 56,5% lors de la Coupe du Monde de 1997 au Qatar (épreuve de 100 km) et 55,1% lors de celle de 1998 à Dubaï (épreuve de 160 km) [10].

Par contre, la répartition des raisons d'élimination entre boiterie et cause métabolique est plus variable d'une course à l'autre. Dans la plupart des cas, les boiteries prédominent sur les causes métaboliques [10][26][48]. Néanmoins, dans certaines épreuves, l'occurrence des troubles métaboliques est plus forte que celle des boiteries : il s'agit dans notre étude, soit des courses où le climat était le plus chaud (au Pin ou à Moulins-Engilbert par exemple, soit des épreuves dont le tracé possédait le moins de dénivelé (à La Baule par exemple). Les courses sont alors souvent rapides et affectent plus le métabolisme des chevaux. Ce phénomène a également été décrit lors de la Coupe du Monde de 1997 au Qatar. Son parcours était court (100 km) et plat, donc très rapide. En conséquence, quasiment 90% des éliminations avaient une origine métabolique [10].

Comme nous l'avons vu précédemment, 10,5% des chevaux participants ont dû être soignés suite au développement d'une affection métabolique. Une étude a été menée entre 1998 et 2001 sur 27 courses de type CEI ou Championnat dans le but d'analyser 200 cas de

soins apportés pendant les épreuves [42]. La proportion de chevaux soignés a varié de 4,2 à 16,4%, ce qui inclut notre valeur moyenne. Il semble donc fréquent que 10% environ des chevaux prenant part à une épreuve d'endurance de haut niveau présentent des troubles métaboliques consécutifs à l'effort et nécessitent des soins. Cette valeur est intolérable et injustifiable, et c'est à partir de ce constat que nous avons décidé de diriger notre étude. Notons également que 15% des chevaux ayant été traités dans notre enquête ont été classés à l'issue des courses : cela peut paraître inconcevable (pourquoi n'ont-ils pas été éliminés ?), mais l'explication réside certainement dans l'existence d'un intervalle de temps entre la fin de l'effort et l'apparition des symptômes. En effet, de nombreux troubles ne surviennent que tardivement, et ne peuvent ainsi que difficilement être dépistés lors du dernier vet-gate.

Plus de 50% des éliminations pour boiterie ont lieu aux boucles 1 et 2. En effet, il paraît logique qu'un cheval atteint d'un trouble ostéo-articulaire chronique le manifestera rapidement et ne sera pas capable de continuer l'épreuve. A l'inverse, les éliminations pour troubles métaboliques sont plus tardives (principalement aux boucles 2 et 3), ce qui peut s'expliquer par le temps nécessaire à la diminution des réserves énergétiques et aux désordres hydro-électrolytiques liés aux mécanismes de thermorégulation. De façon logique, la répartition des chevaux soignés suit la même tendance : plus le nombre de chevaux éliminés pour trouble métabolique est élevé, plus on s'attend à ce que le nombre de chevaux à soigner augmente.

2-4-1-4) A propos des troubles métaboliques survenus pendant les épreuves

Les types de symptômes recensés par les vétérinaires lors de notre étude sont typiques de ceux généralement décrits et que nous avons présentés dans la première partie. Les trois signes principaux : fatigue, déshydratation et coliques sont les mêmes que ceux observés lors de l'étude sur les 200 cas de chevaux soignés [42].

Il en est de même pour les diagnostics établis par les vétérinaires traitants : quelle que soit l'étude, les cinq mêmes dominantes pathologiques représentent plus de 80% des cas [6][42]. Il s'agit des déséquilibres hydro-électrolytiques, des coliques, des épuisements, des myopathies et des flutters diaphragmatiques.

Dans notre étude, comme dans l'étude sur les 200 cas [42], il apparaît que plus de la moitié des affections ne sont jugées que d'une gravité légère à modérée. Cependant, environ 30% des chevaux présentent un trouble marqué ou sévère, ce qui est loin d'être négligeable. En mettant ce chiffre en relation avec le taux de chevaux soignés, cela nous indique que dans notre étude, presque 3% des participants vont déclarer des troubles métaboliques graves risquant fortement de nuire à leur carrière. Cette proportion est élevée et nous pousse évidemment à vouloir prévenir l'apparition de ces troubles.

Dans la plupart des cas, nous avons pu voir que l'état de santé des chevaux s'améliore en quelques heures. Le lendemain de l'épreuve, plus des trois-quarts des animaux soignés ne manifestent plus aucun signe inquiétant ou sont en cours de guérison. Ceci illustre l'efficacité des soins prodigués : l'amélioration des connaissances dans ce domaine, la bonne coordination entre les vétérinaires présents sur l'épreuve, la précocité des soins ainsi que la qualité des équipements et des moyens employés en sont la clé. Néanmoins, l'état de près de

15% des chevaux soignés continue à être préoccupant, et la plupart d'entre eux ont dû être référés dans des structures plus adaptées.

Cet aspect de la discipline ne doit pas être perdu de vue. De plus, il est important de préciser que certains chevaux ont pu manifester des troubles plus tardivement, une fois rentrés chez eux par exemple. Ces animaux n'apparaissent dans aucune étude, et de ce fait, tous les chiffres préoccupants que nous avons décrits précédemment sont certainement sous-estimés.

2-4-1-5) A propos des corrélations mises en évidence entre certains paramètres et l'apparition de troubles métaboliques pendant les épreuves

2-4-1-5-1) Paramètres individuels

Dans notre étude, il est apparu que les hongres ont développé statistiquement moins de troubles métaboliques pendant les épreuves, et plus précisément que les juments ont été les plus nombreuses à devoir être traitées. On peut donc faire l'hypothèse que le sexe des chevaux pourrait constituer un facteur de risque de développement d'affections métaboliques pendant les courses. En effet, d'après certains auteurs, les femelles seraient plus sujettes à la fatigue [18]. Ceci pourrait s'expliquer par le fait qu'à certains moments de leur cycle, elles peuvent présenter des baisses de performance. Notre étude a effectivement montré que les juments en chaleurs ont 1,6 fois plus de risque de devoir être traitées. Au regard de ce résultat, l'utilisation d'altrenogest (Régumate ND), autorisée en compétition FEI depuis 2003 peut être intéressante : elle permet en effet de réduire la manifestation des chaleurs [15].

Les hongres semblent néanmoins constituer le sexe le plus facile à gérer pour cette discipline.

Même si les Pur-Sang Arabes ou croisés Arabes prédominent en endurance, aucune relation entre la race des concurrents et le taux d'incidence d'accidents métaboliques n'a pu être mise en évidence. D'ailleurs, dans aucune publication le critère racial n'est présenté comme facteur de risque de développement de troubles. Beaucoup d'auteurs affirment en effet que de nombreuses races conviennent à l'endurance et que tous les chevaux courageux, vigoureux et résistants peuvent s'adapter à cette discipline [18][22][27]. Ceci explique peut-être le fait qu'une proportion non négligeable de chevaux « OI », participe à ces épreuves (8,6%) et se classe même parfois parmi les meilleurs.

La proportion de chevaux soignés a été dans notre étude 1,7 fois plus élevée chez les chevaux de plus de 9 ans que chez les animaux plus jeunes. Un âge supérieur à la moyenne pourrait donc constituer un facteur de risque de développement de troubles métaboliques. Ces chevaux ont cependant plus de métier, mais il semblerait que cette plus longue expérience soit à double tranchant. En effet, les chevaux plus expérimentés et donc plus âgés sont souvent plus poussés par leur cavalier. De plus, avec les années, ils accumulent les séquelles métaboliques de leurs anciennes courses, ce qui peut accélérer l'apparition de problèmes. A l'inverse, les chevaux plus jeunes, moins expérimentés, sont la plupart du temps ménagés par leur cavalier. Ils ne sont évidemment pas à l'abri des troubles métaboliques, mais sont en général plus sujets aux boiteries.

Les chevaux de gabarit plus important que la moyenne ont également été plus souvent soignés suite à une affection métabolique : les individus les plus grands ($\geq 1,54\text{m}$) ou les plus gras (estimés « ronds » par leurs propriétaires) l'ont été chacun 1,7 fois plus que les individus plus petits ou de conformation moins grasse. On peut donc faire l'hypothèse que des caractéristiques physiques et corporelles hors normes pourraient constituer des facteurs de risque de développement de troubles métaboliques. Ceci est interprété assez simplement dans la bibliographie : d'une part les chevaux plus « volumineux » par la taille ou la quantité de gras doivent fournir plus d'énergie qu'un autre cheval pour un effort identique [18][27], et d'autre part les capacités de thermorégulation sont fortement réduites lorsque le taux de gras augmente en constituant une couche trop isolante [7][11][31]. A l'inverse, les chevaux plus légers que la moyenne ($< 410\text{ kg}$) ont développé 1,2 fois plus de troubles métaboliques. Ceci pourrait s'expliquer par le fait qu'en dessous d'un certain poids, les substrats énergétiques ne sont pas suffisants pour accomplir un tel effort [27].

D'après la bibliographie, d'autres facteurs physiques peuvent influencer l'apparition de troubles métaboliques. Il s'agit notamment de critères agissant sur les capacités de thermorégulation : la longueur et la couleur des poils notamment. En effet plus les phanères sont développées [7][11] et plus la couleur de la robe est foncée [11], plus la thermorégulation est difficile. Cela est également valable dans d'autres espèces [37]. Dans notre étude, cette relation n'a pu être mise en évidence statistiquement.

Enfin, un dernier critère pourrait être considéré : il s'agit du comportement des chevaux, et notamment de leur capacité à manifester du stress. Ses causes sont multiples : étalon énervé, cheval séparé de ses partenaires habituels pendant l'épreuve, animal sensible à l'agitation ou à la foule etc... Plusieurs cavaliers dont les chevaux ont dû être soignés ont mis en avant ce facteur, et il aurait été utile de trouver un moyen d'objectiver le stress des participants dans notre étude.

2-4-1-5-2) Paramètres liés à la carrière des chevaux et des cavaliers

Les chevaux ayant pratiqué au moins 4 ans d'endurance ont présenté dans notre étude 1,7 fois plus d'affections métaboliques. L'hypothèse que les années d'expérience constitueraient un facteur de risque de développement de troubles semble contradictoire avec le fait que les chevaux plus expérimentés sont d'une part moins stressés [3] et d'autre part mieux préparés à de telles épreuves [10]. Cependant, il faut préciser que cette question est ambiguë et a certainement été mal interprétée par les cavaliers, qui ont cru qu'il s'agissait des nombres de saisons disputées en CEN ou CEI. En effet, avec les critères de qualification de l'époque, un cheval arrivé à ce niveau de compétition ne peut pas être à sa première année d'endurance, comme l'ont répondu certains cavaliers.

Néanmoins, on peut voir que les chevaux plus expérimentés (plus de 4 ans d'expérience en endurance) ont logiquement effectué plus de CEI et CEN dans leur carrière (4,3 contre 1,6 pour les autres). Cela pourrait expliquer pourquoi cette catégorie de candidats apparaît à risque : comme nous l'avons vu précédemment pour les chevaux plus âgés que la moyenne, les chevaux pratiquant l'endurance depuis longtemps accumulent des séquelles et sont moins ménagés par leur cavalier. Néanmoins, ces résultats sont à considérer avec précaution. En effet, certains cavaliers peuvent avoir intégré à leur réponse le nombre de participations à des

épreuves de 90 km, soit à des CEN*, alors que nous ne souhaitons prendre en compte que les épreuves de niveau supérieur ou égal aux CEN**. Les calculs seraient alors biaisés.

Ensuite, même si aucune relation statistique entre l'apparition de troubles métaboliques pendant les épreuves et le nombre total de CEN ou CEI courues dans leur carrière n'a pu être mise en évidence, il est apparu que ce n'était pas le cas du nombre d'épreuves disputées dans les 12 mois précédant l'étude. Ainsi, les chevaux ayant déjà participé à 2 épreuves dans la saison ont été 1,2 fois plus souvent atteints par un trouble métabolique consécutif à l'effort que ceux n'ayant pas couru ou n'ayant participé qu'à 1 CEI ou CEN et 1,1 fois plus que ceux ayant couru plus de 2 fois. Pour interpréter ces résultats, il est intéressant de remarquer que les cavaliers des groupes A et B qui se déclarent débutants ou amateurs ont participé en moyenne à un peu moins d'1 CEN ou CEI dans l'année (0,88). Ainsi, quel que soit le niveau de leur cavalier, on peut estimer que les chevaux ayant couru moins de 2 épreuves importantes dans l'année sont moins fatigués et donc moins susceptibles de développer des troubles métaboliques. D'autre part, les chevaux ayant participé à plus de 2 CEN ou CEI correspondent logiquement aux cavaliers plus expérimentés et risquant donc moins de mener leur monture à l'épuisement.

Enfin, aucun lien entre le taux d'incidence de troubles métaboliques et l'expérience du cavalier ou la connaissance de son cheval n'a émergé dans notre étude. Cependant, il aurait été logique de penser que les cavaliers peu ou moins expérimentés ainsi que ceux connaissant mal leur monture aient été plus exposés à des troubles métaboliques. Il est cependant fréquent que les cavaliers ne connaissant pas leur monture soient des professionnels, ce qui expliquerait qu'ils ne soient plus exposés que les autres.

2-4-1-5-3) Paramètres liés à l'entretien des chevaux

Notre étude a montré que les modes de rationnement des chevaux étaient très variés, et c'est ce qui ressort également dans d'autres textes [26][40] : uniquement des fourrages ou des fourrages et des concentrés de toutes sortes, et dans des proportions et des quantités très variables.

Cependant il est surprenant de constater que dans notre enquête, aucun de ces types d'alimentation n'ait été corrélé au développement d'affections métaboliques. Il existe en effet des recommandations assez précises de la quantité de fourrages et de concentrés à donner chaque jour aux chevaux d'endurance, véritables athlètes dont le rationnement doit être scrupuleusement respecté [28][40]. Néanmoins, il faut préciser que la plupart des réponses aux questions concernant ces critères étaient incomplètes ce qui doit nous faire interpréter nos résultats avec prudence.

De même, alors que de nombreuses publications déconseillent les changements de rationnement peu de temps avant les épreuves [28][40], notre étude ne permet pas de relier les transitions alimentaires récentes et l'apparition de problèmes métaboliques. Là aussi, et pour les mêmes raisons, la valeur de nos résultats doit être modérée. Cependant, même si ce critère n'a pas émergé du point de vue statistique, il est intéressant de noter que quelques cavaliers l'ont identifié comme étant à l'origine des troubles de leur cheval.

Nombreux sont les chevaux de l'étude passant la plupart de leur temps au pré. En conséquence, on aurait pu s'attendre à ce que les animaux peu habitués à dormir au box, stressent la nuit avant l'épreuve, et soient en conséquence plus exposés à des déficiences métaboliques. Cela a effectivement été la cause identifiée par un des cavaliers. Néanmoins, nos résultats nous indiquent qu'il n'existe pas de différence statistiquement significative du nombre de chevaux peu accoutumés au box entre les groupes A et B. On peut imaginer qu'à ce niveau de compétition, la plupart des candidats commencent à être habitués aux conditions de course et sont donc peu sensibles à ce genre de changement.

2-4-1-5-4) Paramètres liés à la préparation et au déroulement des épreuves

De nombreux articles présentent les longs trajets en van comme une expérience éprouvante à l'issue de laquelle les chevaux sont déshydratés, épuisés et stressés [3][7]. Dans notre étude, aucun lien entre la distance parcourue et le taux de chevaux soignés n'a pu être mis en évidence. Par contre, mais avec une valeur statistique relative ($p < 0,1$), il est apparu que les chevaux voyageant moins de 5 heures avant d'arriver sur le site de l'épreuve étaient 1,6 fois plus touchés que les autres. L'hypothèse qu'un trajet en van plus court que la moyenne puisse constituer un facteur de risque de développement de troubles paraît complètement contradictoire par rapport à ce que décrivent certains auteurs, mais peut être expliqué par le fait que les chevaux traités sont souvent novices et prennent part à des courses se déroulant près de chez eux, alors que les meilleurs chevaux n'hésitent pas à venir de l'autre bout de la France pour concourir.

Plusieurs auteurs conseillent d'allonger l'intervalle de temps entre l'arrivée sur le site du raid et le départ de l'épreuve afin de permettre aux chevaux de s'acclimater aux conditions de course et de récupérer du transport [7][10]. Dans notre étude, aucune relation entre la durée d'acclimation et la proportion de chevaux soignés n'a pu être mise en évidence. Cela s'explique peut-être par le fait que la plus grande partie des candidats venaient tous de France, et que les différences de climat au sein de ce même pays sont minimales et n'imposent donc pas de véritable acclimation. En effet, les 2 semaines d'acclimation recommandées dans certains articles le sont lors d'épreuves se tenant dans des conditions extrêmes, notamment dans le désert du Qatar lors de la Coupe du Monde de 1997 [7][10].

La littérature préconise de ne pas nourrir les chevaux dans les deux ou trois heures précédant l'effort [28][40], une surcharge gastro-intestinale pendant l'exercice pouvant s'avérer fortement préjudiciable. Notre étude n'a pas permis de mettre en évidence de lien entre le délai entre le dernier repas et la course et l'apparition de troubles métaboliques. Cependant, en endurance, les chevaux ont l'habitude d'être nourris pendant les pauses sur le parcours, et donc de courir l'estomac plein, ce qui peut expliquer que cet aspect de la gestion de la course ne soit pas apparu comme un hypothétique facteur de risque.

Dans notre étude, un rapport évident est apparu entre les conditions extérieures et le taux de chevaux soignés. Il y a en effet 2,1 fois plus de chevaux traités quand le temps est plus chaud. On pourrait donc faire l'hypothèse qu'un climat chaud constitue un facteur de risque de développement de troubles métaboliques. De nombreux articles décrivent en effet l'influence des conditions météorologiques sur les performances des chevaux pendant l'effort [1][7][11][29][30]. Il apparaît que la chaleur et l'humidité constituent les conditions de

thermorégulation les plus difficiles. En effet, plus il fait chaud et humide, plus la dissipation de la chaleur produite par l'effort est difficile car l'évaporation de la sueur est plus laborieuse [11]. Dans notre étude, le taux d'éliminations dues à l'apparition de troubles métaboliques est corrélé à la température ambiante, ce qui corrobore les différentes publications. Par contre, aucune relation n'a pu être mise en évidence concernant l'hygrométrie relative et le développement de troubles métaboliques. Cela peut éventuellement s'expliquer par le fait que les taux d'humidité relevés dans notre enquête n'atteignent pas les extrêmes parfois observés sous certaines latitudes et pouvant nuire aux mécanismes de thermorégulation. En effet, dans les publications évoquant ce facteur de risque, un climat est considéré comme humide quand l'hygrométrie relative vaut 80% [29][30], ce qui est loin de nos valeurs maximales. Ces dernières valent tout de même quasiment 70%, mais ne sont jamais associées à des températures élevées (22,4°C au maximum). Nous n'avons donc dans notre étude jamais réellement été confrontés à des conditions de température et d'humidité extrêmes.

Plusieurs paramètres reliés statistiquement au taux d'incidence de troubles métaboliques pourraient donc constituer des facteurs de risques pour les chevaux d'endurance. Ainsi, les juments en chaleurs, les chevaux plus âgés que la moyenne, les animaux de gabarit hors standard, mais aussi ceux manquant d'expérience pourraient être des sujets plus exposés à ces affections. De même, tout facteur risquant de nuire au bon fonctionnement des mécanismes de thermorégulation (climat chaud ou chevaux trop gras par exemple) pourrait augmenter le risque de leur développement.

2-4-1-6) A propos des taux de réponse

Nous avons pu voir précédemment qu'une très forte proportion des cavaliers a répondu à notre enquête : 83,4% en moyenne. Notons qu'il n'a pas toujours été facile de récupérer les fiches, et que le travail de collecte était beaucoup plus efficace quand une des personnes participant à la réalisation de l'étude se rendait sur place et poussait les cavaliers à répondre. Le taux de réponse est néanmoins assez variable : de 39,5 à 100% selon les courses, et ces écarts peuvent s'expliquer soit par le fait que nous n'étions pas sur les sites pour récolter les données, soit par le trop grand nombre de participants à solliciter.

D'autre part, comme nous l'avons souligné précédemment, tous les questionnaires n'étaient pas entièrement complétés. Cela peut s'expliquer par le fait que ce sont le plus souvent les cavaliers qui remplissaient les fiches et non les entraîneurs, et que pour certaines questions, ces derniers auraient été les mieux placés pour répondre. En outre, nous avons comparé pour chaque question le taux de réponse des groupes A et B, et il est apparu que pour 19 des 22 critères évoqués, soit dans 86,4% des cas, les participants du groupe A avaient répondu en plus grande proportion ($p < 0,01$). Cela laisse à penser que les chevaux A sont peut-être encadrés par des équipes plus consciencieuses et plus motivées à faire avancer les connaissances en endurance.

Enfin, il est regrettable de constater que les fiches que devaient compléter les vétérinaires traitants l'ont été beaucoup moins soigneusement que celles remplies par les équipes de cavaliers et entraîneurs. Néanmoins, n'oublions pas que dans l'urgence de certains actes, la priorité allait bien évidemment vers les soins aux chevaux.

2-4-2) Biais et limites de l'étude

Des critiques peuvent être apportées concernant les questionnaires. Tout d'abord, comme nous l'avons remarqué précédemment, de nombreux formulaires destinés au cavalier nous ont été rendus incomplets, ou avec des réponses illisibles ou ininterprétables. Nous pourrions nous demander si un questionnaire plus succinct, avec uniquement des questions fermées ou des propositions de réponses (cases à cocher par exemple) n'aurait pas moins rebuté les participants et aurait été de ce fait, complété plus facilement et plus consciencieusement. Cela nous aurait également permis un tri des données plus aisé. Ce type d'amélioration est notamment valable pour l'alimentation des chevaux, pour laquelle les types de réponse était très variés et donc difficilement interprétables. Enfin, notons que certaines questions auraient dû être mieux tournées, notamment celle à propos du nombre d'années d'endurance, qui, comme nous l'avons vu plus haut, a pu prêter à confusion.

De plus, la véracité de certaines réponses est certainement à relativiser. En effet, certains entraîneurs ou cavaliers ne souhaitent pas révéler leurs « secrets » et en conséquence, ne répondent pas aux questions concernées, ou y répondent de façon incomplète ou inexacte. Cette observation est également valable pour des questions qui demandaient de juger le cheval (sur sa conformation par exemple). On peut en effet se demander si les réponses ont été très objectives.

Enfin, les questionnaires destinés aux vétérinaires auraient probablement dû être plus concis. Trop d'informations leur étaient certainement demandées (notamment en ce qui concerne l'examen du cheval). En ayant réduit le nombre de questions ou en ayant ciblé davantage les informations demandées, peut-être aurions nous eu plus de réponses.

Ensuite, nous devons nous interroger sur une autre limite de l'étude. Il est très probable que nous ayons sous-estimé le nombre de chevaux présentant des troubles métaboliques. En effet, certains concurrents ont certainement commencé à en manifester les signes qu'une fois rentrés chez eux, et donc trop tardivement pour pouvoir être inclus dans notre étude. Or, il peut s'agir d'affections graves, telles que la fourbure aigue ou l'endotoxémie, dont les conséquences peuvent être désastreuses sur le pronostic sportif voire vital des animaux atteints. Il est donc regrettable de ne pas avoir pu les étudier.

En outre, nous devons préciser que plusieurs des cas des chevaux de notre groupe B, donc des chevaux soignés pour affection métabolique présentaient également des signes de boiterie (12,7% des symptômes observés). Même si cela est dommage, nous devons nous rendre à l'évidence qu'il est très difficile d'isoler des cas de métabolisme pur.

Enfin, n'oublions pas la nature purement descriptive de notre étude : nous avons comparé des groupes dont la structure nous échappait et dont aucune comparabilité n'était garantie. Nous n'avons ainsi pu mettre en évidence que des relations statistiques entre différents paramètres liés au cheval, à sa préparation ou à la course et l'incidence de troubles métaboliques pendant les épreuves. Ceci nous a néanmoins permis d'émettre des hypothèses de facteurs de risque à propos de ces paramètres, préalable à toute étude analytique éventuelle. Une telle étude, qui suppose le strict respect des critères comparabilité pourrait désormais être envisagée, mais sa mise en oeuvre semble néanmoins d'une grande difficulté sauf à ne sélectionner qu'un seul critère parmi ceux qui sont apparus comme d'éventuels facteurs de risque à l'issue de notre étude..

Ainsi, d'une part, plusieurs détails dans l'organisation de notre étude auraient pu être améliorés, et d'autre part, nous devons garder à l'esprit que nous sommes certainement passés à côté de plusieurs cas. Nos résultats n'en sont pas pour autant approximatifs ou aberrants, et doivent permettre de faire avancer les connaissances dans le domaine de l'endurance.

2-4-3) Perspectives

Les résultats de notre étude justifient les changements du règlement des courses d'endurance de longues distances ayant été adoptés en France en 2003. Les conditions de qualification en CEI** et CEI*** sont désormais très strictes à la fois pour le cavalier et pour le cheval. De plus, les chevaux ayant été éliminés deux fois de suite pour raison métabolique, ou trois fois de suite quelle qu'en soit la raison, doivent être mis au repos 12 mois et doivent se requalifier ensuite sur deux CEI*. Enfin, les cavaliers ayant été disqualifiés trois fois de suite avec le même cheval, ou cinq fois dans la saison avec le même cheval doivent se requalifier sur deux CEI*.

Toutes ces modifications, ainsi que l'application stricte des règlements a un but précis : la protection des chevaux d'endurance, trop souvent négligée dans le passé.

Dans cet objectif, d'autres études seront nécessaires. Il serait tout d'abord intéressant d'augmenter le nombre de chevaux inclus dans l'enquête. Une enquête recensant 200 cas de chevaux traités a déjà été réalisée, mais il y manquait une population de référence (les chevaux classés) [42]. Dans notre cas, nous avons pu observer deux groupes, mais aucune comparabilité n'était garantie. De nouveaux travaux prenant en compte plus de cas, mais également des études analytiques se basant sur deux échantillons comparables et permettant ainsi de mettre en évidence avec certitude un facteur de risque de développement de troubles métaboliques dont le rôle serait fortement suspecté pourraient être très bénéfiques aux recherches permettant de faire progresser ce sport.

Ensuite, une étude similaire pourrait être menée sous des climats différents, afin d'analyser l'influence de conditions extérieures plus variées et plus extrêmes. En effet, dans notre étude, nous n'avons pu mettre en évidence que le rapport entre la chaleur et le taux de chevaux soignés, tout en restant dans des variations et des extrêmes de température modérés : 13,7°C d'amplitude, avec une température maximale de 30,7°C sur l'année. Or, de nombreuses courses ont lieu sous des conditions plus extrêmes. Les courses dans les déserts du Moyen-Orient sont fréquentes et confrontent les chevaux à des variations de température démesurées (atmosphère très fraîche avant le lever du soleil, puis véritable fournaise pendant la journée). Les conséquences sur le métabolisme des concurrents peuvent évidemment être catastrophiques. De plus, afin d'étudier l'influence de l'humidité sur le développement de troubles métaboliques, il serait intéressant de réaliser une enquête sur des sites où l'hygrométrie relative est plus forte, sous des climats équatoriaux par exemple. Dans ce contexte, chaleur et humidité seraient associées et l'étude de l'influence des conditions climatiques les plus difficiles pour la thermorégulation serait alors possible. Multiplier ainsi les climats sous lesquels une nouvelle enquête serait menée permettrait de mieux estimer l'effet des conditions extérieures sur le métabolisme des athlètes.

Enfin, même si cela paraît difficile à mettre en place, il serait utile de mener une étude dans laquelle le suivi à long terme des candidats pourrait être réalisé. En effet, comme nous l'avons vu précédemment, on peut émettre l'hypothèse que le nombre de chevaux ne manifestant des troubles qu'une fois rentrés chez eux n'est pas négligeable. Si une étude sur les troubles métaboliques développés par les chevaux pendant les courses d'endurance se veut plus précise et plus drastique, elle doit prendre en compte l'apparition tardive de certains symptômes en établissant un suivi des candidats une fois rentrés chez eux.

2-4-4) Récapitulatif : recommandations aux cavaliers d'endurance

En nous basant à la fois sur les données de la bibliographie et sur nos résultats, nous avons établi un bilan non exhaustif des conseils à suivre afin de prévenir le développement de troubles métaboliques pendant les épreuves.

2-4-4-1) Choix du cheval

► **Sexe** : Les hongres semblent les chevaux les plus calmes et en conséquence les plus faciles à gérer en endurance.

De plus, il vaut mieux éviter de faire courir les juments en chaleurs ou en fin de chaleurs au moment de l'épreuve. Elles sont effectivement plus exposées à des baisses de performances. L'utilisation légalisée du Régumate ND pendant les compétitions présente dans ce cas un intérêt non négligeable.

► **Race** : Il n'existe pas de races plus vulnérables que d'autres, mais les Pur-Sang Arabes, par leur adaptation physique, leur résistance et leur courage, semblent les plus adaptés.

► **Âge** : Les chevaux plus vieux que la moyenne sont des sujets à risque, du fait de l'accumulation de désordres métaboliques au fur et à mesure du temps. A l'inverse, les individus les plus jeunes sont davantage exposés au stress.

► **Caractéristiques physiques** : Les chevaux doivent être de gabarit et de conformation moyennes : ni trop maigres (risque de déficit en réserves énergétiques pendant l'effort), ni trop gras (le tissu adipeux entrave la dissipation normale de la chaleur produite pendant l'effort).

De même, les chevaux à robes claires (moins de chaleur accumulée) et dont les poils ont été coupés court ou tondus (évacuation de la chaleur facilitée) sont moins sujets aux troubles de la thermorégulation. Évidemment, toute modification dans la coupe ou la tonte des poils doit avoir été réalisée suffisamment longtemps avant l'épreuve pour que les animaux puissent adapter leur métabolisme.

2-4-4-2) Préparation du cheval

► **Entraînement physique** : Un travail progressif et régulier s'impose. Il permet entre autres une diminution du seuil de transpiration, ainsi qu'une adaptation musculaire nécessaire à ce type d'effort. Les chevaux doivent être habitués à courir dans des conditions variées de relief et de terrain. De même, il vaut mieux éviter d'habituer les chevaux à courir en permanence avec les mêmes congénères : certains ne supportant pas d'en être séparés pendant les épreuves manifestent alors un stress important.

De plus, un arrêt complet de l'exercice quelques jours avant l'épreuve afin de « reposer le cheval » est complètement néfaste aux performances, et donc à bannir.

Enfin, un cheval ayant déjà pris part à beaucoup de courses dans sa carrière (ou dans l'année en cours), bien que plus expérimenté, peut avoir accumulé des lésions métaboliques risquant de catalyser le développement de troubles. Il en est de même pour les candidats sujets à des affections métaboliques chroniques ou récidivantes.

► **Gestion de l'alimentation :** Il existe des recommandations concernant les proportions de fourrages et de concentrés : respectivement 0,75 à 1,5 %, et 1 à 1,25 % du poids vif chaque jour pour les chevaux réalisant un exercice intense, tel que l'endurance.

Il est conseillé de procéder à plusieurs repas quotidiens de petit volume.

Au sujet de la composition de la ration, il paraît important de limiter l'apport en glucides facilement fermentescibles, tels que l'amidon, pouvant être à l'origine de graves troubles gastro-intestinaux. De plus, les proportions en vitamines et électrolytes doivent être respectées, notamment concernant les apports en calcium, en vitamine E et en sélénium.

Aucune modification de la ration ne doit avoir lieu dans les semaines précédant l'épreuve.

► **Gestion de l'habitat :** Les chevaux doivent être habitués à passer une certaine partie de leur vie au box, ce qui évite le stress excessif lié au confinement lors des nuits précédant les épreuves.

2-4-4-3) Gestion de l'épreuve

► **Gestion du trajet vers le site :** Pour les chevaux, un long transport en van représente une source importante de stress et d'épuisement. Il doit être tant que possible réduit et il est recommandé de le fractionner en réalisant plusieurs pauses. Il faut également éviter de rouler aux heures les plus chaudes, la ventilation dans les camions de transport n'étant pas toujours optimale.

Enfin, une acclimatation de plusieurs jours entre l'arrivée sur le site et le départ de la course est fortement conseillée, d'une part pour habituer les chevaux aux conditions climatiques pouvant être très différentes des leurs, et d'autre part pour permettre une récupération à l'issue de la fatigue engendrée par le transport. L'idéal est de respecter une journée d'adaptation pour chaque tranche de 500 km parcourue.

► **Caractéristiques de la course :** Quand cela est possible, il est intéressant de faire courir les chevaux aux heures les plus fraîches et les plus ombragées de la journée. Les portions de course ayant lieu sur des terrains lourds et profonds devraient également être limitées. Le cas échéant, les cavaliers doivent adapter leur allure et leur vitesse aux conditions de l'épreuve, en fonction du tracé et des conditions climatiques.

Enfin, ils doivent être à l'écoute de leur monture. Tout signe avant-coureur de développement de troubles doit être reconnu, et les capacités d'un cheval ne doivent jamais être surestimées.

► **Assistance pendant l'épreuve :** Doivent être proposés aux candidats à chaque arrêt : → Des fourrages afin de faciliter le transit ;

→ Des concentrés afin de fournir des sucres rapides, mais à condition qu'ils soient facilement assimilables (des floconnés par exemple), et en petites quantités (0,5 L à chaque vet-gate) ;

→ De l'eau fraîche à volonté, éventuellement complémentée en électrolytes si les chevaux y sont accoutumés.

Il est important que les chevaux soient habitués à boire et à manger dès les premiers arrêts autorisés, afin de prévenir un épuisement trop rapide des réserves énergétiques et de limiter la déshydratation.

Ces conseils ne sont évidemment pas à considérer comme universels et absolus, mais peuvent néanmoins permettre de limiter l'apparition de troubles métaboliques pendant les épreuves.

Le Tableau en récapitule les aspects les plus importants :

Tableau 15 : Récapitulatif des conseils à suivre par les cavaliers d'endurance

		Recommandé	À risque
Cheval	Sexe	Hongre	Jument en chaleurs
	Race	Pur-Sang Arabe	
	Age	Age moyen (9 ans environ)	
	Robe	Couleur claire	
	Poils	Court ou tondu	
Préparation du cheval		Entraînement régulier et progressif	Routine dans les conditions d'entraînement
			Cheval usé par trop d'épreuves
			Cheval atteint d'affections chroniques ou récidivantes
			Arrêt complet de l'exercice avant l'épreuve
Alimentation	Ration	0,75 à 1,5 % du PV en fourrages 1 à 1,25 % du PV en concentrés	Trop de glucides fermentescibles
		Respect de la complémentation en vitamines et minéraux	
	Modes de rationnement	Repas nombreux et peu volumineux	
	Transitions		Modification récente de la ration
Habitat		Cheval habitué à rester au box	Aucune habitude du box
Transport en van		Court, avec arrêts répétés	Aux heures chaudes de la journée
Récupération / acclimatation		1 journée par 500 km parcourus	
Course	Gestion de la course	Adaptation de la vitesse et des allures selon météo et tracé	Dépassement des limites du cheval
			Station prolongée sous chaleur/soleil
	Alimentation avant le départ	Au moins 2 heures avant	Surcharge gastrique avant le départ
	Ravitaillement aux vet-gates	Foin	Anorexie
		Eau fraîche ad lib +/- électrolytes 0,5 L de concentrés assimilables	Adypsie

CONCLUSION

L'endurance est une des disciplines équestres les plus anciennes. Les chevaux parcouraient initialement de grandes distances à des fins militaires, stratégiques ou commerciales, puis, progressivement, dans un but de divertissement, différentes compétitions ont vu le jour. La santé et le bien-être des chevaux n'étaient alors pas considérés comme les aspects fondamentaux de ce sport naissant. Depuis les années 90, l'endurance équestre connaît un véritable essor. Il s'agit aujourd'hui de la deuxième discipline internationale (mais aussi française), par le nombre de ses participants. Elle est désormais assujettie à une législation stricte, relevant de la FEI (Fédération Équestre Internationale) et de la FFE (Fédération Française d'Équitation) au niveau français. Cette réglementation drastique a principalement pour but de protéger les chevaux, tout en cherchant à mettre en avant la technicité des cavaliers. Elle impose notamment l'application d'un cahier des charges précis par les organisateurs des raids, le respect de critères qualificatifs de difficulté croissante, des contrôles médicaux standardisés et systématiques des chevaux avant, pendant et après la course, et l'implication de la responsabilité du cavalier.

Néanmoins, malgré cet encadrement strict, la professionnalisation de la discipline et l'amélioration de la qualité des soins vétérinaires, de nombreux chevaux manifestent des troubles consécutifs à l'effort, parfois préjudiciables à leur carrière ou même à leur vie. En effet, l'endurance est un exercice prolongé et d'intensité modérée, à l'origine d'une part d'un épuisement progressif des réserves énergétiques, et d'autre part du déclenchement des mécanismes de thermorégulation visant à dissiper la chaleur produite lors de l'effort. Ces phénomènes peuvent avoir pour conséquence une déshydratation, des déficits électrolytiques et un déséquilibre acido-basique (alcaloses métabolique et respiratoire). Ces perturbations sont à l'origine des troubles métaboliques déclarés par certains chevaux pendant les épreuves. Les affections manifestées peuvent prendre des formes très différentes : déséquilibres hydro-électrolytiques, épuisement, coup de chaleur, flutter diaphragmatique, coliques, myopathies, fourbure aiguë etc... mais toutes trouvent leurs origines dans ces mêmes désordres métaboliques, et leurs conséquences peuvent être dramatiques.

Évidemment, l'image de chevaux sous perfusion lors des épreuves, ainsi que les rares issues fatales sont fortement préjudiciables à la réputation de cette discipline et injustifiables auprès du grand public. Nous avons donc mené notre étude dans le but de mieux connaître les troubles développés par les chevaux d'endurance, d'une part afin d'améliorer leur détection et leur gestion, et d'autre part afin de chercher à réduire leur apparition.

L'enquête globale sur tous les candidats ayant pris part à 16 CEI ou CEN s'étant déroulées en France en 2003 et entrant dans notre étude nous a tout d'abord permis de déterminer les caractéristiques des chevaux participant à ces épreuves. Il s'agit principalement de hongres (45,6%), de race Pur-Sang Arabes (52,3%), de couleur grise (47,1%), de petit gabarit (154 +/- 5 cm au garrot et 410 +/- 50 kg en moyenne) et âgés de 9 ans en moyenne. Ces résultats sont tout à fait compatibles avec ceux déjà publiés à ce sujet par d'autres auteurs.

Ensuite, l'analyse des données sur les résultats des compétitions nous a fourni des statistiques concernant les taux de classement et d'élimination. Sur l'ensemble des courses, 48% des chevaux ont été disqualifiés, ce qui est comparable à d'autres données. Parmi ces éliminations, 51,8% (de 0 à 78,6%) ont eu lieu suite à une boiterie, 29,3% (de 7,1 à 66,7%) à cause d'un trouble métabolique, et 12,7% (de 0 à 33,3%) suite à l'abandon du cavalier. Ces valeurs sont très variables selon les épreuves et dépendent des conditions de course. Certains

tracés au dénivelé important et au terrain caillouteux sont ainsi à l'origine d'un taux de boiteries plus important, alors que les parcours plats et en conséquence plus rapides, ainsi que les courses ayant lieu sous des climats plus chauds sollicitent plus les mécanismes de thermorégulation et induisent donc une prévalence de troubles métaboliques plus élevée. De plus, parmi tous les candidats, encore 12,5% ont nécessité des soins suite à ces troubles. Ce chiffre paraît élevé, mais correspond tout à fait à ceux d'autres publications.

L'étude accomplie avec l'aide des vétérinaires traitants sur les soins apportés aux chevaux manifestant des troubles métaboliques nous a apporté des résultats comparables à ceux d'autres auteurs. Les dominantes pathologiques développées sont équivalentes à celles retrouvées généralement sur ce type d'épreuve : les déséquilibres hydro-électrolytiques, les coliques, les épuisements, les myopathies telles que la rhabdomyolyse d'effort, et les flutters diaphragmatiques constituent 80% des diagnostics établis. Ces affections sont la plupart du temps de gravité modérée, même si 3% sont jugées comme « sévères ». En moyenne, avec des soins appropriés, elles s'améliorent en moins de 2 heures, et sont résolues en 4h30. Néanmoins, le lendemain de la course, 12,5% des patients demeurent dans un état préoccupant et doivent être référés, ce qui est loin d'être dérisoire.

Enfin, nous avons pu mettre en évidence des relations statistiquement significatives entre certains paramètres et le taux d'incidence de troubles métaboliques, et émettre ainsi l'hypothèse qu'ils pourraient constituer des facteurs de risque du développement de ces troubles. Certaines caractéristiques individuelles sembleraient tout d'abord pouvoir favoriser leur apparition : les juments en chaleurs, les chevaux plus grands ou plus âgés que la moyenne présenteraient ainsi respectivement 1,8 ($p<0,1$), 2,2 ($p<0,05$) et 1,7 ($p<0,05$) fois plus de risque. De même, certains aspects concernant l'expérience des candidats pourraient intervenir : les animaux ayant notamment accumulé les saisons d'endurance ont présenté 1,7 fois plus de troubles métaboliques que les autres ($p<0,05$). Ensuite, tout élément nuisant aux mécanismes de thermorégulation pourrait catalyser le développement de troubles : les chevaux plus gras que les autres ont ainsi été 2,8 fois plus atteints ($p<0,01$), et les courses se déroulant dans un climat plus chaud induiraient 2,1 fois de soins ($p<0,001$). Enfin, ponctuellement, certains cavaliers ont pu identifier les causes d'élimination de leur monture : cheval stressé, alimentation mal gérée, transport trop long pour se rendre sur le site de l'épreuve, etc...

Ces résultats justifient tout à fait certains changements de la réglementation ayant été adoptés en France en 2003, et notamment le durcissement des critères de qualification. Dans un même objectif de protection des chevaux, d'autres travaux devront être réalisés, notamment afin d'étudier des climats plus extrêmes que ceux trouvés en France et en conséquence plus néfastes aux mécanismes de thermorégulation. De même, il serait intéressant de pouvoir établir un suivi des chevaux une fois rentrés chez eux, afin d'obtenir des données sur les troubles ne se développant que tardivement, mais tout aussi nuisibles à la carrière et parfois à la vie des animaux.

Tous ces progrès dans les connaissances liées à l'endurance équestre doivent continuer à se focaliser sur un but précis : sauvegarder le bien-être et la santé des chevaux, tout en développant la technicité de ce sport et l'attrait du public pour cette discipline.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Association Française des Vétérinaires d'Endurance Equestre. *Manuel du Vétérinaire*, 2005, 50p.
- [2] ATOCK MA, WILLIAMS RB. Welfare of competition horses. *Rev Sci Tech.*, 1994, **13**(1), 217-232.
- [3] BARTON MH, WILLIAMSON L, JACKS S, NORTON N. Body weight, hematologic findings, and serum and plasma biochemical findings of horses competing in a 48-, 83-, or 159-km endurance ride under similar terrain and weather conditions. *Am J Vet Res.*, 2003, **64**(6), 746-753.
- [4] BAILEY SR, MARR CM, ELLIOTT J. Current research and theories on the pathogenesis of acute laminitis in the horse. *Vet J*, 2004, **167**(2), 129-42.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] BERMAN F. Bilan biologique des chevaux d'endurance. In : *Proceeding du Congrès de l'AVEF*, Montpellier, 30-31-1^{er} Octobre-Novembre 2003, 163-165.
- [9] BRUGERE H. *Système Nerveux*. Polycopié. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité Pédagogique de Physiologie. 2002-2003, 87p.
- [10] BURGER D, DOLLINGER S. Raisons d'élimination, état de santé et carrière sportive des chevaux d'endurance dans les raids d'endurance en Europe et dans les pays arabes : approche statistique. *Prat Vét Equine*, 1998, **30**(118), 9-12.
- [11] CARLSON GP. Atlanta 1996-Heat, humidity and horses. *Br Vet J.*, 1994, **150**(3), 211-213.
- [12] CASTEJON F, RUBIO D, TOVAR P, VINUESA M, RIBER C. A comparative study of aerobic capacity and fitness in three different horse breeds (Andalusian, Arabian and Anglo-Arabian). *Zentralbl Veterinarmed A.*, 1994, **41**(9), 645-652.
- [13] COLAHAN PT, MAYHEW IG, MERRITT AM et al. *Manual of Equine Medicine and Surgery*. Saint-Louis : Mosby, 1999, 590p.

- [14] DWYER RM. The practical diagnosis and treatment of metabolic conditions in endurance horses. *Equine Practice : J Equine Med Surg Pract.*, 1986, **8**(8), 21-33.
- [15] Fédération Equestre Internationale. *Site officiel de la FEI* [En-ligne], Mise à jour du 15 juin 2005, [<http://horsesport.org>], (consulté le 16 juin 2005) : Règlement FEI 2005.
- [16] Fédération Française d'Equitation. *Règlement des concours équestres*. Panazol : Lavauzelle, 2005, 48p.
- [17] Fédération Française d'Equitation. *Site officiel de la FFE* [En-ligne], Mise à jour du 1^{er} juin 2005 [<http://www.ffe.com/>], (consulté le 1^{er} juin 2005).
- [18] FELDMAN J. Principles of sport medicine for the endurance and eventing horse. *J Equine Vet Sci.*, 1994, **14**(6), 331-332.
- [19] FLAMINO MJ, GAUGHAN EM, GILLEPSIE JR. Exercise intolerance in endurance horses. *Vet Clin North Am Equine Pract.*, 1996, **12**(3), 565-580.
- [20] FLAMINO MJ, RUSH BR. Fluid and electrolyte balance in endurance horses. *Vet Clin North Am Equine Pract.*, 1998, **14**(1), 147-158.
- [21] FOREMAN JH. The exhausted horse syndrome. *Vet Clin North Am Equine Pract.*, 1998, **14**(1), 205-219.
- [22] FOWLER ME. Veterinary management of endurance trial rides. *J South Afr Vet Assoc.*, 1980, **51**(2), 81-83.
- [23] FOWLER ME. Veterinary problems during endurance trail rides. *J South Afr Vet Assoc.*, 1980, **51**(2), 87-91.
- [24] France Endurance. *Site de l'Endurance Equestre* [En-ligne], Mise à jour du 1^{er} juin 2005, [<http://www.france-endurance.com/>], (consulté le 1^{er} juin 2005).
- [25] 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.
- [26] FREGIN GF. General discussion of physiologic observations recorded on 117 horses during 100-mile endurance rides. In : *55th Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners*, Miami, Florida, December 1979. 315-321.
- [27] GARLINGHOUSE SE, BURRILL MJ. Relationship of body condition score to completion rate during 160 km endurance races. *Equine Vet J Suppl.*, 1999, **30**, 591-595.
- [28] HARPER F. Feeding the equine athlete. *Horse Express*, 2004, **23**(4), 46-9.
- [29] HARRIS PA, MARLIN DJ, SCOTT CM, HARRIS RC, MILLS PC, ORME CE *et al.* Clinical observations in nonheat acclimated horses performing treadmill exercise in cool (20°C/40% RH), hot, dry (20 °C/40% RH) or hot, humid (30°C/ 80% RH) conditions. *Equine Vet J Suppl.*, 1995, **20**, 78-84.

- [30] HARRIS PA, MARLIN DJ, SCOTT CM, HARRIS RC, MILLS PC, ORME CE *et al.* Electrolyte and total protein changes in nonheat acclimated horses performing treadmill exercise in cool (20°C/40% RH), hot, dry (20 °C/40% RH) or hot, humid (30°C/ 80% RH) conditions. *Equine Vet J Suppl.*, 1995, **20**, 85-96.
- [31] HOGSON D. Body fat: is it a handicap to race horses ? *Vet J.*, 2002, **163**(3), 223-225.
- [32] HOOD DM. The pathophysiology of developmental and acute laminitis. *Vet Clin North Am Equine Pract.* 1999, **15**(2), 321-343.
- [33] Infiweb. *Site Francophone des Professions Infirmières* [En-ligne], Mise à jour du 20 septembre 2005, [<http://www.infiweb.org/index.html/>], (consulté le 21 septembre 2005).
- [34] KOBLUK CN, AMES TR, GEOR RJ. *The Horse Diseases and Clinical Management*. Philadelphia : WB Saunders, 1995, 1481p.
- [35] LECLERC JL. Présentation des courses d'endurance. In : *Proceeding du Congrès de l'AVEF*, Montpellier, 30-31-1^{er} Octobre-Novembre 2003, 156-157.
- [36] MACLEAY JM, SORUM SA, VALBERG SJ, MARSH WE, SORUM MD. Epidemiologic analysis of factors influencing exertional rhabdomyolysis in Thoroughbreds. *Am J Vet Res.*, 1999, **60**(12), 1562-1566.
- [37] MADERTL, HOLT SM; HAHN GL, DAVIS MS, SPIERS DE. Feeding strategies for managing heat load in feedlot cattle. *J Anim Sci.*, 2002, **80**(9), 2373-2382.
- [38] Nutri-Site. Site de la diététique du sportif [En-ligne], Mise à jour du 20 septembre 2005, [<http://www.nutri-site.com/dossiers/prod-énergétiques.html>], (consulté le 21 septembre 2005).
- [39] POLZER J, SLATER MR. Age, breed, sex and seasonality as risk factors for equine laminitis. *Prev Vet Med.*, 1997, **29**(3), 179-184.
- [40] RALSTON SL. Nutritional management of horses competing in 160 km races. *Cornell Vet.*, 1988, **78**(1), 53-61.
- [41] 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.
- [42] 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.
- [43] ROSE RJ. Endurance exercise in the horse: a review. Parts I and II. *Br Vet J.*, 1986, **142**(6), 542-552.
- [44] SAUDEMONT JP. Les différentes catégories de vétérinaires en endurance et leurs rôles. *Prat Vét Equine*, 1998, **30**(118), 9-12.

- [45] 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.
- [46] SMITH CA. Electrolyte imbalances and metabolic disturbances in endurance horses. *Comp Cont Ed Pract Vet.*, 1985, **7**(10), 575-582.
- [47] Spécialités Equines Ostéo Articulaires Vétérinaires. *Site de SEOA Vétérinaire* [En-ligne], Mise à jour du 1^{er} février 2005 [<http://www.seoavet.fr/>], (consulté le 25 juin 2005).
- [48] The Western States Trail Fundation. *Tevis Cup Ride Home Page* [En-ligne], Mise à jour du 22 septembre 2005 [<http://www.foothill.net/tevis/>], consulté le 23 septembre 2005.
- [49] WILLIAMSON L. Medical Management of Eventing Horses. *In : ROBINSON NE* editor. *Current Therapy in Equine Medicine*. 5th ed. Philadelphia : WB Saunders, 1997, 731-736.
- [50] 1Cheval.com. *Site de 1Cheval.com* [En-ligne], Mise à jour du 1^{er} juin 2005 [<http://www.equitation-magazine.com/equitation/endurance/>], (consulté le 1^{er} juin 2005).

ANNEXES

Annexe 1 : Exemple du questionnaire remis à chaque participant



ASSOCIATION FRANÇAISE DES VÉTÉRINAIRES
D'ENDURANCE EQUESTRE

ENQUÊTE ÉPIDÉMIOLOGIQUE



Course _____ Distance _____ km Date _____

Nom du cheval _____ N° de dossard _____
 Sexe _____ Race _____ Age _____ ans
 Couleur de la robe _____ Poil* : tondu court long
 Hauteur au garrot _____ Poids estimé _____ kg Embonpoint* : rond normal maigre
 Votre cheval souffre-t-il d'un problème ou d'une maladie chronique?* oui non
 Si oui, lequel ou laquelle? _____ Quelle est sa fréquence cardiaque habituelle au repos? ☐
 Pour une jument, indiquer la date de ses dernières chaleurs _____

Nom du cavalier _____
 Expérience* : débutant amateur confirmé professionnel
 Combien de CEI ou de CEN avez-vous terminées? _____
 Combien de fois avez-vous été classé dans les 5 premiers d'une CEI ou CEN? _____
 Connaissance du cheval* : cavalier habituel cavalier occasionnel 1ère course avec le cheval

Carrière de votre cheval

Nombre de saisons d'endurance (y compris celle en cours) _____ Lieux et dates _____
 Nombre de CEI - CEN dans la carrière (excepté celle-ci) _____
 Nombre de CEI - CEN terminées dans la carrière _____
 Nombre de CEI - CEN dans les 12 derniers mois (excepté celle-ci) _____
 Nombre de CEI - CEN terminées dans les 12 derniers mois _____
 Nombre d'éliminations en CEI - CEN dans les 12 derniers mois _____
 Date(s) et motif(s) d'élimination _____
 Nombre de Pré-Nationales dans les 12 derniers mois _____
 Date du dernier gros travail _____ A quelle vitesse? _____ km/h Durée de l'effort _____

Alimentation de votre cheval

Quels fourrages mange-t-il habituellement? _____ quantité par jour _____ kg
 Quels concentrés mange-t-il habituellement? _____ quantité par jour _____ l
 Avez-vous modifié récemment l'alimentation?* oui non Quand? _____
 Quelle a été la nature du changement? _____
 Dernier repas avant la course : aliments distribués et quantité? _____ heure _____

Autres

Quelle a été la durée du transport pour venir sur la course? _____ h La distance? _____ km
 Quel jour êtes-vous arrivé sur le site de la course? _____ A quelle heure? _____
 Combien de temps votre cheval passe-t-il habituellement au box? _____ h/jour
 Combien de temps votre cheval passe-t-il habituellement au pré ou au paddock? _____ h/jour

* entourer la mention qui vous concerne

Tourner la feuille SVP

Annexe 2 : Exemple de la fiche de soins remplie par les vétérinaires

ENQUÊTE CHEVAUX SOIGNÉS

Date _____ Heure _____ Lieu _____ Epreuve _____
 Nom du cheval _____ N° de dossard _____

Examen du cheval				Pli de peau	TRC	Transit	Temp. °C	Chaleur des pieds	Pouls digité	Tonus anal
Heure	FC	FR	MO							

Fatigue	☐	Anorexie	☐	Dépression	☐
Sudation anormale	☐	Anxiété	☐	Désorientation	☐
Déshydratation	☐	Oeil fixe	☐	Arythmie	☐
Coliques	☐	Diarrhée	☐	Souffle cardiaque	☐
Difficultés à uriner	☐	Urines sombres	☐	Urines rouges	☐
Boiterie	☐	Crampe (localisé)	☐	Raideur (généralisé)	☐
Plaie	☐	Fourbure	☐	Fracture	☐

Diagnostic	
Déséquilibre hydroélectrolytique	☐
Epuisement	☐
Myopathie d'effort	☐
Flutter diaphragmatique	☐
Colique	☐
Boiterie sévère	☐
Coup de chaleur	☐
Fourbure aiguë	☐
Autre	☐

Degré de sévérité	_____
1 = léger, 2 = modéré, 3 = marqué, 4 = sévère	
Origine suspectée	_____
Commentaires	_____

Traitement	
Heure	_____
Ringer lactate	_____ l
NaCl	_____ l
Calcium	☐
Glucose	_____ l
Finadyne	_____ ml
Phényl butazone	_____ g
Noramidopyrine	_____ ml
Acépromazine	☐
Antibiotiques	☐
Paraffine	_____ l
Douche	☐
Marche en main	☐
Repos au box	☐
Autre	_____

Evolution	
Temps nécessaire pour observer une amélioration	_____
Temps nécessaire pour disparition des symptômes	_____
Examen du soir :	le cheval va bien
	le cheval va mieux
	les soins sont poursuivis
Examen du lendemain :	le cheval va bien
	le cheval va mieux
	les soins sont poursuivis
	le cheval est référé dans une clinique

Annexe 3 : Exemple d'une fiche de relevé des conditions climatiques

Épreuve : _____

Date : _____

Conditions climatiques

	lieu	heure	température °C	hygrométrie %	conditions climatiques
Veille de la course					
Départ					
Boucle 1					
VG1					
Boucle 2					
VG2					
Boucle 3					
VG3					
Boucle 4					
VG4					
Boucle 5					
Arrivée					
Soir					

Conditions de course

	difficulté 1 : facile 2 : assez facile 3 : assez difficile 4 : difficile	dénivelé 1 : en descente 2 : plat 3 : irrégulier 4 : en montée	terrain 1 : très profond 2 : profond 3 : souple 4 : dur 5 : très dur	commentaires
Boucle 1				
Boucle 2				
Boucle 3				
Boucle 4				
Boucle 5				

Annexe 4 : Répartition des chevaux entre les groupes A et B

		n = 88						n = 378					
		Groupe B : chevaux soignés						Groupe A : chevaux classés					
		Valeur	E.T.	Min	Max	%	% parmi réponses	Valeur	E.T.	Min	Max	%	% parmi réponses
SEXE	Entier	8				9,1	9,2	32				8,5	8,5
	Femelle	47				53,4	54,0	163				43,1	43,1
	Hongre	32				36,4	36,8	183				48,4	48,4
	NR	1				1,1		0				0,0	
RACE	Arabes ou croisés	40				45,5	46,5	193				51,1	51,1
	AA	9				10,2	10,5	24				6,3	6,3
	Barbe	1				1,1	1,2	4				1,1	1,1
	Cv de selle	26				29,5	30,2	111				29,4	29,4
	OI	7				8,0	8,1	33				8,7	8,7
	Autre (poney, PS, TF)	3				3,4	3,5	11				2,9	2,9
	NR	2				2,3		0				0,0	
AGE	Age moyen (ans)	10	2	7	16			9	2	5	17		
	≤ 9 ans	45				51,1	52	241				63,8	64
	> 9ans	42				47,7	48	136				36,0	36
	NR	1				1,1		1				0,3	
CHALEURS	Oui	14				29,8	82,4	43				26,4	66,2
	Non	3				6,4	17,6	22				13,5	33,8
	NR	30				63,8		98				60,1	

			Groupe B : chevaux soignés					Groupe A : chevaux classés						
			Valeur	E.T.	Min	Max	%	% parmi réponses	Valeur	E.T.	Min	Max	%	% parmi réponses
CONFORMATION		Normal	51				58,0	81,0	306				81,0	90,3
		Rond	11				12,5	17,5	24				6,3	7,1
		Maigre	1				1,1	1,6	9				2,4	2,7
		NR	25				28,4		39				10,3	
POIDS (kg)	Poids moyen		407	54	300	500			414	51	250	600		
	< 410 kg		32				36,4	58,2	167				44,2	53,7
	≥ 410 kg		23				26,1	41,8	144				38,1	46,3
	NR		33				37,5		67				17,7	
TAILLE (cm)	Taille moyenne		156	5	147	166			154	5	134	172		
	≥ 160 cm		15				17,0	23,1	52				13,8	15,0
	< 160 cm et ≥ 154 cm		30				34,1	46,2	145				38,4	41,9
	< 154 cm		20				22,7	30,8	149				39,4	43,1
	NR		23				26,1		32				8,5	
MALADIE CHRONIQUE	Oui	Métabolique	0				0,0	0,0	7				1,9	1,9
		Non métabolique	0				0,0	0,0	3				0,8	0,8
	Non		69				78,4	100,0	350				92,6	97,2
	NR		19				21,6		18				4,8	

		Groupe B : chevaux soignés						Groupe A : chevaux classés					
		Valeur	E.T.	Min	Max	%	% parmi réponses	Valeur	E.T.	Min	Max	%	% parmi réponses
ROBE	Gris	40				45,5	47,6	187				49,5	50,3
	Bai	15				17,0	17,9	80				21,2	21,5
	Alezan	28				31,8	33,3	83				22,0	23,4
	Noir	0				0,0	0,0	2				0,5	0,5
	Rouan	0				0,0	0,0	7				1,9	1,9
	Isabelle	0				0,0	0,0	3				0,8	0,8
	Pie	0				0,0	0,0	2				0,5	0,5
	Café au lait	0				0,0	0,0	1				0,3	0,3
	Palomino	1				1,1	1,2	3				0,8	0,8
	Aubère	0				0,0	0,0	4				1,1	1,1
	NR	4				4,5		6				1,6	
POILS	Courts	45				51,1	68,2	244				64,6	73,5
	Tondus	19				21,6	28,8	74				19,6	22,3
	Longs	2				2,3	3	14				3,7	4,2
	NR	22				25,0		46				12,2	

		Groupe B : chevaux soignés						Groupe A : chevaux classés					
		Valeur	E.T.	Min	Max	%	% parmi réponses	Valeur	E.T.	Min	Max	%	% parmi réponses
EXPERIENCE CHEVAL	Nombre moyen d'années d'endurance	4	2	1	11			3	2	0	11		
	< 4 ans	30				34,1	46,2	210				55,6	59,5
	≥ 4 ans	35				39,8	53,8	143				37,8	40,5
	NR	23				26,1		25				6,6	
	Nombre moyen de CEI/CEN dans la carrière	3	4	0	20			3	3	0	25		
	0	21				23,9	29,6	114				30,2	30,8
	> 0 et ≤ 3	24				27,3	33,8	153				40,5	41,4
	> 3 et < 10	20				22,7	28,2	86				22,8	23,2
	≥ 10	6				6,8	8,5	17				4,5	4,6
	NR	17				23,9		8				30,2	
	Nombre moyen de CEI/CEN dans les 12 derniers mois	1	1	0	5			1	2	0	7		
	0	26				29,5	37,1	146				38,6	39,4
	1	22				25,0	31,4	121				32,0	32,6
	2	15				17,0	21,4	68				18,0	18,3
	> 2	7				8,0	10,0	36				9,5	9,7
	NR	18				29,5		7				38,6	
	Nombre moyen d'éliminations dans les 12 derniers mois	0,6	0,7	0	3			0,4	0,6	0	3		
	Jamais d'élimination	42				47,7	63,6	269				71,2	73,5
	Eliminations pour métabolisme	10				11,4	15,2	34				9,0	9,3
	Eliminations pour autre cause	14				15,9	21,2	63				16,7	17,2
	NR	22				25,0		12				3,2	

			Groupe B : chevaux soignés						Groupe A : chevaux classés					
			Valeur	E.T.	Min	Max	%	% parmi réponses	Valeur	E.T.	Min	Max	%	% parmi réponses
EXPERIENCE CAVALIER	Expérience	Professionnel	18				20,5	24,3	80				21,2	21,8
		Confirmé	37				42,0	50,0	171				45,2	46,6
		Amateur	18				20,5	24,3	104				27,5	28,3
		Débutant	1				1,1	1,4	12				3,2	3,3
		NR	14				15,9		11				2,9	
	Connaissance du cheval	Habituel	59				67,0	83,1	298				78,8	82,1
		Occasionnel	6				6,8	8,5	27				7,1	7,4
		1ère fois	6				6,8	8,5	38				10,1	10,5
		NR	17				19,3		15				4,0	
	Nombre de CEI/CEN terminées dans la carrière		9,03	16,8	0	100			10	19	0	150		
	Nombre de classement parmi les 5 premiers		2,65	7,01	0	50			3	6	0	50		

		Groupe B : chevaux soignés						Groupe A : chevaux classés					
		Valeur	E.T.	Min	Max	%	% parmi réponses	Valeur	E.T.	Min	Max	%	% parmi réponses
HABITAT	Temps quotidien moyen au box	4h41	6h	0h	24h			5h08	6h10	0h	24h		
	Temps quotidien moyen au pré	19h	6h24	0h	24h			18h46	6h14	0h	24h		
	Jamais au box	37				42,0	52,9	187				49,5	50,8
	≤ 8h par jour au box	10				11,4	14,3	53				14,0	14,4
	> 8h et ≤16h par jour au box	22				25,0	31,4	117				31,0	31,8
	>16h par jour au box	1				1,1	1,4	11				2,9	3,0
	NR	18				20,5		10				2,6	

			Groupe B : chevaux soignés						Groupe A : chevaux classés						
			Valeur	E.T.	Min	Max	%	% parmi réponses	Valeur	E.T.	Min	Max	%	% parmi réponses	
ACCCLIMATATION			Durée moyenne	36h	23h	12h	5j			38h	27h	10h	13j		
			≤ 12 h	14				15,9	20,9	95				25,1	25,5
			> 12 h et ≤ 24 h	5				5,7	7,5	13				3,4	3,5
			> 24 h	48				54,5	71,6	264				69,8	71,0
			NR	21				23,9		6				1,6	
TRAJET	Temps moyen		5h25	4h35	5min	22h			4h	4h23	5 min	26h			
	< 2h		12				13,6	17,1	40				10,6	10,7	
	≥ 2h et < 5h		26				29,5	37,1	119				31,5	31,8	
	≥ 5h et <8h		11				12,5	15,7	96				25,4	25,7	
	≥ 8h et <12h		13				14,8	18,6	80				21,2	21,4	
	≥ 12h		8				9,1	11,4	39				10,3	10,4	
	NR		18				20,5		4				1,1		
	Distance moyenne parcourue (km)		403	294	3	1500			448	290	4	1250			
	≤ 200 km		20				22,7	32,3	89				23,5	26,3	
	> 200 km et ≤ 500 km		22				25,0	26,2	122				32,3	32,6	
	> 500 km et ≤ 800 km		14				15,9	22,6	91				24,1	26,9	
	> 800 km		6				6,8	9,7	36				9,5	10,7	
	NR		26				29,5		40				10,6		

			Groupe B : chevaux soignés						Groupe A : chevaux classés					
			Valeur	E.T.	Min	Max	%	% parmi réponses	Valeur	E.T.	Min	Max	%	% parmi réponses
ALIMENTS	% Moyen/100 kg de PV fourrages		2,1	0,7	0,8	4,7			2,1	0,2	5,4	0,9		
	% Moyen/100 kg de PV concentrés		1,3	0,7	0,0	3,4			1,3	0,0	3,7	0,6		
	Fourrages et concentrés dans les normes		3				3,4	7,9	18				4,8	7,0
	Fourrages OK et pas assez de concentrés		3				3,4	7,9	22				5,8	8,5
	Fourrages OK et trop de concentrés		2				2,3	5,3	30				7,9	11,6
	Trop de fourrages et de concentrés		11				12,5	28,9	93				24,6	36,0
	Pas assez de fourrages et de concentrés		0				0,0	0,0	6				1,6	2,3
	Concentrés OK et pas assez de fourrages		2				2,3	5,3	3				0,8	1,2
	Concentrés OK et trop de fourrages		8				9,1	21,1	32				8,5	12,4
	Pas de concentrés et fourrages ad lib		9				10,2	23,7	54				14,3	20,9
	NR		50				56,8		120				31,7	
Dernier repas	Délai moyen dernier repas (h)		3h45	3h38	30 min	12h			4h10	3h50	30 min	12h		
	Dernier repas 2 h avant la course		7				17,1	14,9	57				53,8	21,0
	Concentrés dans les 2 h		32				36,4	68,1	152				40,2	55,9
	Fourrages dans les 2 h		0				0,0	0,0	1				0,3	0,4
	Dernier repas plus de 10h avant		8				9,1	17,0	62				16,4	22,8
	NR		41				36,4		106				40,2	
Changement (<15j)		Oui	4				4,5	5,9	15				4	4
		Non	64				72,7	94,1	343				91	96
		NR	20				22,7		20				5	

Annexe 5 : Résultats statistiques des comparaisons entre les groupes A et B

<u>CARACTERISTIQUES DU CHEVAL</u>				% Réponses	
				A	B
SEXE	Femelle vs autres sexes	p<0,1	RR Femelle/autres sexes = 1,6	100	98,9
	Entier vs autres sexes	p<0,9			
	Hongre vs autres sexes	p<0,05	RR Autres sexes/Hongre = 1,6		
CHALEURS	Juments en chaleur vs autres juments	p<0,2		39,9	36,2
	Juments en chaleur vs autres juments et autres sexes	p<0,1	RR Juments en chaleurs/autres cvx = 1,8		
RACE	Ar et xAr vs autres races	p<0,5		100	97,7
	AA vs autres races	p<0,2			
	OI vs autres races	p<0,9			
	CS vs autres races	p<0,9			
	Races majoritaires (Ar et xAr, AA, OI, CS) vs races minoritaires (Po, barbe, TF, PS)	p<0,9			
AGE	Chevaux ≤ 9 ans vs chevaux plus âgés	p<0,05	RR Cvx>9ans/Cvx ≤ 9 ans = 1,7	99,7	98,9
ROBE	Robes foncées (noir, bai) vs robes intermédiaires (alezan, isabelle, pie, café au lait, palomino, aubère) et robes claires (gris, blanc, rouan)	p<0,9		98,4	95,5
	Robes foncées et intermédiaires vs robes claires	p<0,5			
	Robes foncées vs robes claires	p<0,5			
CONFORMATION	Chevaux ronds vs chevaux normaux	p<0,01	RR Cvx ronds/Cvx normaux = 2,8	89,7	71,6
	Chevaux maigres vs chevaux normaux	p>0,9			
	Chevaux normaux vs chevaux ronds et maigres	p<0,05	RR Cvx maigres et ronds/Cvx normaux = 2,2		
POIDS	Chevaux < 410 kg vs chevaux plus lourds	p<0,1	RR Cvx < 410 kg/cvx plus lourds = 1,2	82,3	62,5
TAILLE	Chevaux < 154 cm vs chevaux plus grands	p<0,01	RR Cvx grande taille/Cvx petite taille = 1,7	91,5	73,9
POILS	Chevaux au poil long et court vs chevaux au poil tondu	p<0,3		87,8	75
	Chevaux au poil tondu et court vs chevaux au poil long	p<0,9			

EXPERIENCE DU CHEVAL

				% Réponses	
				A	B
ANNEES D'ENDURANCE	< 4 ans vs plus d'expérience	p<0,05	RR exp ≥4ans/exp<4ans = 1,7	93,4	73,9
CEI/CEN DANS LA CARRIERE	≤ 3 vs plus de courses	p<0,2		69,8	76,1
CEI/CEN DANS L'ANNEE	0, 1, 2 vs >2	p<0,5		61,4	70,5
	0, 1 vs 2	p<0,05	RR 2 CEI-CEN/0 et 1 = 1,2		
	2 vs >2	p<0,05	RR 2 CEI-CEN/plus de 2 = 1,1		
ÉLIMINATIONS DANS L'ANNEE	Pour métabo vs pour autre cause vs pas d'élimination	p<0,3		96,8	75
	Pour métabo vs pour autre cause et pas d'élimination	p<0,2	RR pour métabo/ non = 1,7		

EXPERIENCE DU CAVALIER

EXPERIENCE	Professionnel et confirmé vs amateur et débutant	p<0,5		97,1	84,1
	Professionnel vs autres	p<0,9			
	Débutant vs autres	p<0,9			
CONNAISSANCE DU CHEVAL	Cavalier habituel vs occasionnel vs 1ère fois	p<0,9		96	80,7
	Cavalier habituel vs autres	p<0,9			

ALIMENTATION

				% Réponses	
				A	B
CHANGEMENT DE RATION DANS LES 15J	Changement vs pas de changement	p<0,9		95	77,3
DERNIER REPAS AVANT L'EPREUVE	Ration 2h avant l'épreuve vs ration <2h avant l'épreuve	p<0,5		59,8	63,6
	Ration <2h avant l'épreuve vs autres	p<0,2			
	Conc. <2h avant l'épreuve vs autres	p<0,2			
	Ration ≤2h avant l'épreuve vs autres	p<0,5			
RATION	Fourr. et conc.dans les normes vs autres	p<0,9		68,3	43,2
	Pas assez de conc. vs conc. dans les normes	p<0,5			
	Trop de conc. vs fourr. et conc. dans les normes	p<0,9			
	Pas assez de fourr. vs fourr. dans les normes	p>0,9			

TEMPS HABITUEL AU BOX

TEMPS AU BOX SUR UNE JOURNEE	Jamais vs cv habitué au box	p<0,9		97,4	79,5
	≤1/3 de journée vs plus longtemps	p<0,9			
	<4h vs ≥4h par jour	p<0,5			

ARRIVEE SUR LE SITE DE LA COURSE

TEMPS TRAJET	Trajet <2h vs trajet plus long	p<0,2	
	Trajet <5h vs trajet plus long	p<0,1	RR trajet<5h/≥5h = 1,6
	Trajet <8h vs trajet plus long	p<0,9	
	Trajet <12h vs trajet plus long	p<0,9	
DISTANCE TRAJET	Trajet ≤ 200 km vs trajet plus long	p<0,5	
	Trajet ≤ 500 km vs trajet plus long	p<0,3	
	Trajet ≤ 800 km vs trajet plus long	p<0,3	
ACCLIMATATION AU SITE DE LA COURSE	≤ 24h vs plus longue	p<0,9	
	≤ 12h vs plus longue	p<0,5	
	<2j vs ≥2j	p<0,5	

% Réponses	
A	B
98,9	79,5
89,4	70,5
98,4	76,9

Annexe 6 : Répartition des chevaux des groupes A et B selon les conditions météorologiques

		Nombre chevaux classés		Nombre chevaux soignés	
			Total		Total
FH	Le Vigan	12	129 (57,6%)	0	19 (8,7%)
	Ribiers	14		13	
	Rambouillet	50		3	
	Compiègne **	33		1	
	Compiègne ***	20		2	
CS	Guingamp	14	115 (50,3%)	3	34 (14,1%)
	Le Pin	36		10	
	Moulins-Engilbert	30		11	
	Lacanau	35		10	
CH	Guerledan	14	23 (32,4%)	6	9 (12,3%)
	Landivisiau	9		3	