

## Y-a-t-il une relation entre la vitesse, la récupération cardiaque et le risque d'élimination en course d'endurance de longue distance (80 à 160 km)?

Par :

- M. YOUNES<sup>1</sup>, C. ROBERT<sup>2</sup>, F. COTTIN<sup>3</sup> et E. BARREY<sup>4</sup>
- <sup>1</sup>YOUNES, Inserm U902, Université d'Evry, Rue du Père André Jarlan, 91000 Evry.
- <sup>2</sup>ROBERT, Université Paris-Est, ENVA, 7 av du Gal de Gaulle, 94704 MAISONS-ALFORT cedex.
- <sup>3</sup>COTTIN, Inserm U902, Université d'Evry, Rue du Père André Jarlan, 91000 Evry
- <sup>4</sup>BARREY, INRA GABI UMR1313, 78350 Jouy-en-Josas. Inserm U902, Université d'Evry, Rue du Père André Jarlan 91000 Evry.

### Résumé

Sur les épreuves d'endurance à vitesse libre de 80 km ou plus, la moitié des chevaux partants sont éliminés lors d'un contrôle vétérinaire et il semble que cette proportion ait tendance à augmenter avec les vitesses de course. Ce travail avait donc pour objectif d'étudier l'évolution des paramètres de course en fonction des causes d'élimination afin de proposer des moyens de prévention.

Pour cela, les valeurs de vitesse moyenne (V.moy), temps de récupération (T.récup) et fréquence cardiaque de récupération (FC. Récup) ont été analysées chez 7 033 chevaux classés (C) ou éliminés (NC) pendant des épreuves de 80 km à 160 km.

La comparaison des C et des NC montre que les chevaux les plus rapides sur la course présentent un risque plus élevé d'être éliminés pour boiteries ; les chevaux éliminés pour troubles métaboliques quant à eux mettent plus longtemps à récupérer au vet-gate et présentent des valeurs de FC.récup plus élevées. Afin de réduire les éliminations, les cavaliers doivent donc adapter leur vitesse de course aux capacités et au niveau d'entraînement de leur cheval. Par ailleurs, les critères de récupération devraient être pris en compte systématiquement lors des contrôles vétérinaires car ils constituent de bons marqueurs du risque d'élimination pour trouble métabolique.

**Mots clés : endurance, vitesse moyenne, récupération cardiaque, éliminations.**

### Summary

About half of the horses starting a long distance endurance ride are eliminated during a veterinary control. This proportion tends to increase with increasing riding speeds. The aim of this work was to investigate changes in ride parameters depending on the reasons for eliminations in order to propose prevention solutions.

The values of average speed, recovery time and heart rate recovery were analyzed in 7033 classified (C) or eliminated horses (NC) during 80km to 160km endurance rides.

Comparison of C and NC horses showed that the fastest horses had a higher risk for being lame eliminated; metabolic eliminated horses had an increased recovery time and higher heart rate recovery.

Riders should choose their speed considering the fitness and the training level of their horses to reduce the elimination rate. Moreover, the recovery criteria should be evaluated by veterinarians on regular basis as they may be considered as good indicators of the risk of metabolic trouble.

**Key-words: endurance, average speed, cardiac recovery, elimination.**

## Introduction

L'endurance équestre est un sport international géré par la Fédération Equestre Internationale (FEI) depuis 1982 ; le premier Championnat du Monde a été organisé en 1998 aux Émirats Arabes Unis. Depuis, le nombre des participants a beaucoup augmenté plus que quatre fois dans le monde entier (FEI., 2013a). Les courses d'endurance sont des épreuves de longue durée (80-160km) qui se déroulent en plusieurs étapes courues à une vitesse supérieure à 12 km/h sur un itinéraire balisé.

Des contrôles vétérinaires (vet-gate) obligatoires sont effectués de façon régulière tous les 30 à 40 km au long du parcours. Ils garantissent la bonne santé du cheval, car tout trouble évident (déshydratation, boiterie, épuisement ...) entraîne sa disqualification. Le premier critère évalué lors de ces contrôles est la fréquence cardiaque (FC). Le seuil de FC fixé par le règlement pour pouvoir continuer la course est de 64 battements par minutes (bpm). Le temps nécessaire au cheval pour récupérer et atteindre cette FC est compté dans le temps de course. Les chevaux mettant plus de 20 minutes à descendre à 64 bpm sont disqualifiés (FEI., 2013b).

Ces dernières années, les vitesses moyennes en course ont augmenté et il semble que la proportion d'éliminations ait suivi la même tendance (Marlin *et al.*, 2008) ce qui est préoccupant au plan sportif et éthique pour cette discipline. Les principales causes d'élimination des chevaux en course d'endurance de 160 km sont la boiterie, la déshydratation et les troubles métaboliques (Barnes *et al.*, 2010). Dans les pays chauds et humides, les éliminations pour troubles métaboliques sont plus fréquentes que dans les pays au climat tempéré (Flamino *et al.*, 1998). Cependant, les éliminations pour cause de boiterie restent les plus fréquentes, quel que soit le pays, et s'expliquent par les changements de terrain avec des vitesses de course élevées (Nagy *et al.*, 2010). Une étude réalisée sur 4 326 partants dans les principaux pays d'endurance a permis d'évaluer à 54% la proportion d'éliminés durant les contrôles vétérinaires, 69% pour boiterie (LA) et 23,5% pour trouble métabolique (ME) (Nagy *et al.*, 2010).

La mesure de la fréquence cardiaque est pertinente pour évaluer la capacité physique du cheval de course et juger son état de santé (Valette *et al.*, 1992). Plusieurs études (Marsland *et al.*, 1968, Auvinet *et al.*, 1991) ont montré que les chevaux qui présentent une FC moins élevée durant les tests d'effort sont les plus performants et les mieux classés en course. Ainsi, l'entraînement réduit le temps de récupération cardiaque par la restauration plus précoce de la fonction parasymphatique à destination du cœur après l'exercice (Hada *et al.*, 2006, Bitschnau *et al.*, 2010). L'effet bénéfique de l'entraînement sur la fréquence cardiaque de récupération (FC.récup) est donc connu chez les chevaux de course de courte durée mais rien n'a pas encore été montré chez le cheval d'endurance.

L'objectif de cette étude est de décrire et de comparer l'évolution de la vitesse et du temps de récupération cardiaque pendant des courses de 80 à 160 km en fonction de l'issue de la course (chevaux classés vs. éliminés), du pays et de la catégorie d'âge à partir des données de 7 033 départs, pour préciser le profil des chevaux éliminés et éventuellement proposer des solutions de prévention. L'hypothèse sous-jacente est que les chevaux classés et les chevaux éliminés présentent des profils différents ; l'identification d'un profil à risque pourrait permettre de définir un nouveau critère de jugement utilisable lors des contrôles vétérinaires pour évaluer l'aptitude du cheval à finir la course.

## 1. Matériels et méthodes

### 1.1. Base de données

Les données proviennent de l'ensemble des courses d'endurance où le chronométrage a été assuré par la société ATRM Systems (<http://www.atrm-systems.fr/>) entre 2007 et 2011. Les épreuves sur deux jours, les courses de moins de 80 km et les données redondantes ont été écartées de l'étude. Au final, 7 033 départs sur différentes épreuves nationales et internationales, dans quatre pays, France (FRA - 72,14%), Espagne (ESP - 11,5%), Portugal (PORT - 1,56%) et Émirats Arabes Unis (UAE - 14,7%) ont été analysés. Les données manquantes pour certains chevaux (âge, étape et cause d'élimination) sur le fichier de base ont été complétées à partir de la base de données du site de la FEI (<http://www.fei.org>).

Les informations disponibles sont :

- lieu, épreuve, pays et distance de course ;
- cavalier, cheval, classement final, cause et étape d'élimination ;
- vitesse moyenne (V.moy) sur chaque étape, temps moyen de récupération cardiaque (T.moy.récup) et fréquence cardiaque de récupération (FC.récup) à chaque vet-gate.

Le temps de récupération à chaque étape de la course est calculé par l'écart entre les heures d'arrivée et de présentation au contrôle vétérinaire. Seule la première valeur de la FC enregistrée lors du vet-gate a été considérée comme FC.récup.

Les chevaux se répartissent en classés (C) et éliminés (NC) durant la course, ces derniers se divisant en 4 catégories :

- les éliminés pour boiterie (LA), sont par définition les chevaux qui présentent des allures irrégulières à cause de blessure ou de problèmes articulaires (FEI 2013) ;
- les métaboliques (ME) sont les chevaux qui ont des valeurs de FC supérieures à 64 bat/min après 20 min de récupération et/ou qui présentent un statut métabolique médiocre (déshydratation, fatigue, index de récupération cardiaque élevé ...)
- les abandons (RET) sont les chevaux qui ont été retirés de la course par leur cavalier alors qu'ils étaient jugés aptes à continuer lors du contrôle vétérinaire ;
- les éliminés dont la cause d'élimination n'était pas précisée (EL).

Les critères suivants ont également été considérés :

- la distance de course (31,55% d'épreuves\* - 80 à 119 km, 50,5% de \*\* - 120 à 139 km et 17,95% de \*\*\* - 140 à 160 km) ;
- l'âge du cheval (jeunes de 6 à 8 ans, intermédiaire 9-11 ans et vieux de 12 à 19 ans) ;
- le lieu (FRA, ESP-POR et UAE).

## 1.2. Analyse statistique

Plusieurs méthodes statistiques du logiciel NCSS 2007 ont été utilisées pour étudier la relation entre les différents paramètres enregistrés chez les chevaux classés et les éliminés. Une analyse descriptive (moyennes, écart-types) et un test de normalité des variables ont tout d'abord été réalisés. Une analyse des corrélations a permis d'étudier les liaisons entre les variables quantitatives. Les données des chevaux classés (C) et non-classés (NC) ont été analysées séparément. Des analyses de variance ont été réalisées ainsi qu'un test de moyenne (GLM avec test des moyennes par LSD, NCSS.2007) ont été utilisés pour étudier les effets de la catégorie d'âge, de distance, du lieu de course et les causes d'élimination sur les variables V.moy, T.moy.récup et FC.récup à chaque étape d'une part et à l'issue de la course d'autre part. Le seuil de signification a été fixé à  $P < 0,05$ .

## 2. Résultats

### 2.1. Causes d'élimination

Parmi les 7 033 partants, 2 740 (39%) ont été éliminés (NC), essentiellement (64,47%) pour boiterie (LA), 14,34% pour des problèmes métaboliques (ME), 15,21% pour abandon (RET) et 5,94% pour d'autres causes (EL). La majorité des éliminations (60%) ont eu lieu au 2<sup>ème</sup> ou au 3<sup>ème</sup> vet-gate. (Tableau 1).

Tableau 1: Distribution des chevaux classés (C) et éliminés (NC) à chaque étape de la course.  
Table 1: Distribution of the classified (C) and eliminated (NC) horses during each stage of the ride.

	Classés (C)	Éliminés (NC)	Boiterie*	Métabolique	Abandon	Autres causes
Effectif	4293	2740	<b>1766</b>	393	417	163
Pourcentage	61	39	<b>64,47</b>	14,34	15,21	5,94
	Étape1	Étape2	Étape3	Étape4	Étape5	Étape6
Éliminés						
Effectif	384	<b>693</b>	<b>950</b>	430	170	113
Pourcentage	14	25,29	34,67	15,69	6,2	4,12

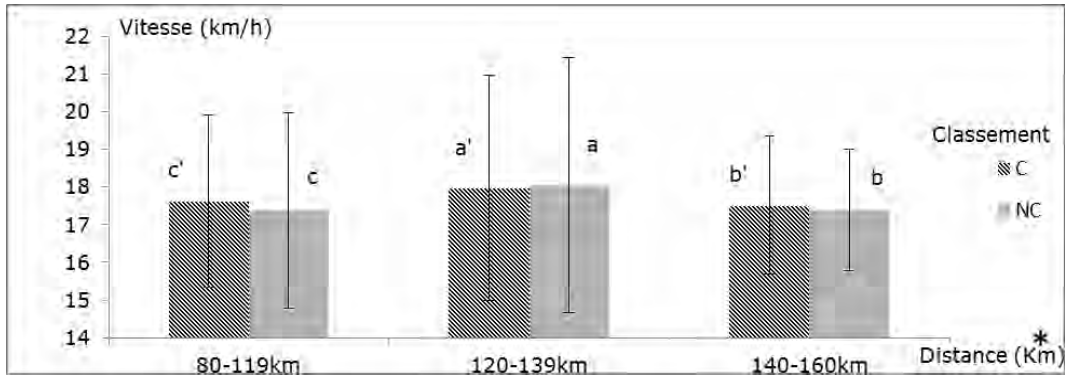
\* Effet significatif à  $P < 0,001$ . *Significant effect at  $p < 0.001$ .*

### 2.2. Variation de la vitesse moyenne, du temps moyen récupération et de la fréquence cardiaque moyenne de récupération chez les C et les NC selon les catégories de distance de course

#### 2.2.1. Variation de la V.moy chez les C et les NC selon les catégories de distance de la course

Les épreuves de 120 à 139 km se déroulent avec une V.moy plus élevée que les courses de 80 à 119 km et de 140 à 160 km. ( $P < 0,001$ ). Pour les épreuves de 120 à 139 km les NC présentent une V.moy légèrement plus élevée que les C. En revanche, pour les autres catégories de distances (80-119 km et 140-160 km) les C ont une V.moy plus élevée que les NC (Figure 1).

Figure I : Variation de la vitesse moyenne (V.moy) chez les C et les NC pour chaque catégorie de distance durant la course. Moyenne (écart-type) ;  
 Figure I: Variation of the average speed (V.moy) of the classified horses (C) and eliminated (NC) for every category of distance during the ride. Average (standard deviation);

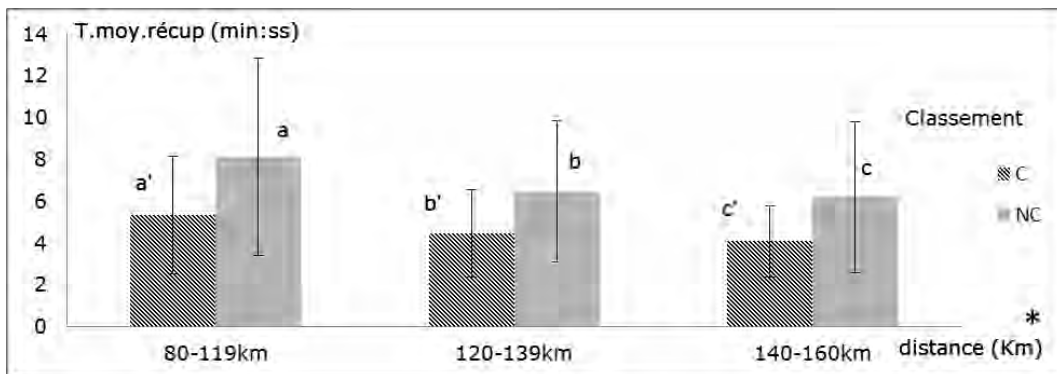


\* effet significatif de la catégorie de distance à  $P < 0,05$  ; les moyennes suivies par deux lettres différentes sont significativement différentes à  $P < 0,05$  ; a, b, c pour le test de moyenne intra (NC) ; a', b', c' pour le test de moyenne intra (C). \* significant effect of the category of distance at  $P < 0,05$ ; the means followed by two different letters are significantly different at  $P < 0,05$  ; a, b, c for mean test within (NC); a', b', c' for mean test within (C).

### 2.2.2. Variation du T.moy.récup chez les C et les NC selon les catégories de distance de course

Pour toutes les catégories de distance, les NC mettent plus de temps à récupérer que les C à chaque étape de la course ( $P < 0,0001$ ). Les chevaux qui ont couru sur des épreuves de 80 à 119 km (C et NC) ont un temps moyen de récupération (T.moy.récup) plus élevé (C=5min19s, NC=8min07s) que sur des épreuves de 120 à 139 km (C=4min28s, NC=6min28s) et de 140 à 160 (C=4min04s, NC=6min12s) ( $P < 0,0001$ ) (Figure II).

Figure II : Moyenne (écart-type) du temps moyen de récupération (T.moy.récup) chez les C et les NC pour chaque catégorie de distance ;  
 Figure II: Average (standard deviation) of average recovery time (T.moy.récup) of the C and the NC for each category of distance.



\* voir légendes Figure I. \* see legends Figure I.

### 2.2.3. Variation de la FC.moy.récup chez les C et les NC selon les catégories de distance de course

La FC.moy.récup est plus élevée ( $P < 0,0001$ ) chez les chevaux (C et NC) qui ont couru sur des épreuves de 140 à 160 km (C=58,51 bpm et NC=59,63 bpm) que sur des épreuves de 80 à 119 km (55,68 bpm et 57,43 bpm) et de 120 à 139 km (57,75 bpm et 58,92 bpm) (Figure III).

Pour toutes les catégories de distance les NC ont une FC.moy.récup plus élevée ( $P < 0,001$ ) que les C à toutes les étapes de la course (Figure IV).

Figure III : Moyenne (écart-type) de la (FC.moy.récup) chez les C et les NC pour chaque catégorie de distance ;  
 Figure III: Average (standard deviation) of (FC.moy.récup) of the C and the NC for each category of distance ;

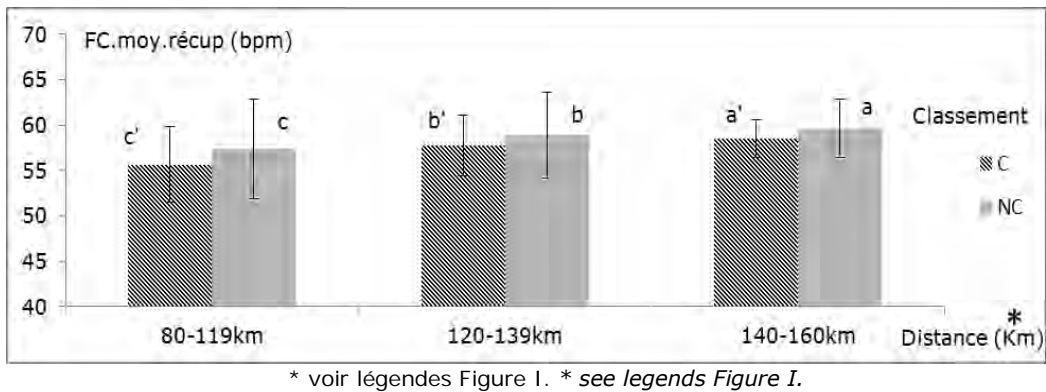
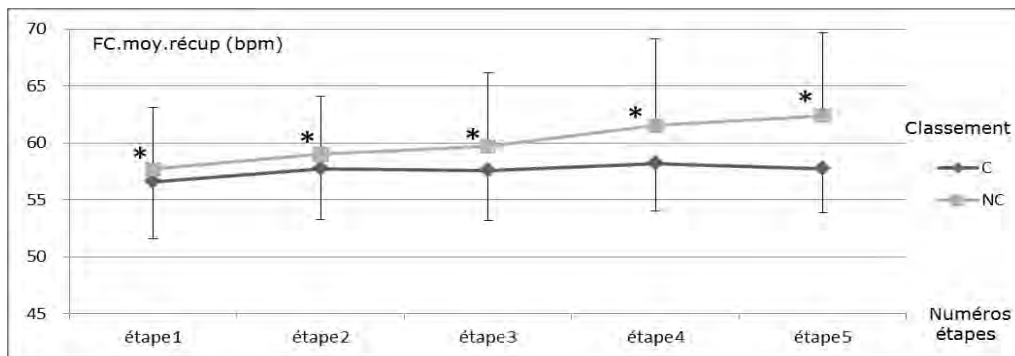


Figure IV : Moyenne (écart-type) de la (FC.moy.récup) chez les C et les NC à chaque étape de la course (80-160km).  
 Figure IV: Average (standard deviation) of (FC.moy.récup) of the C and the NC for each stage of the ride.



\* effet significatif du classement à  $P < 0,05$ . \* significant effect of the Classification at  $P < 0,05$ .

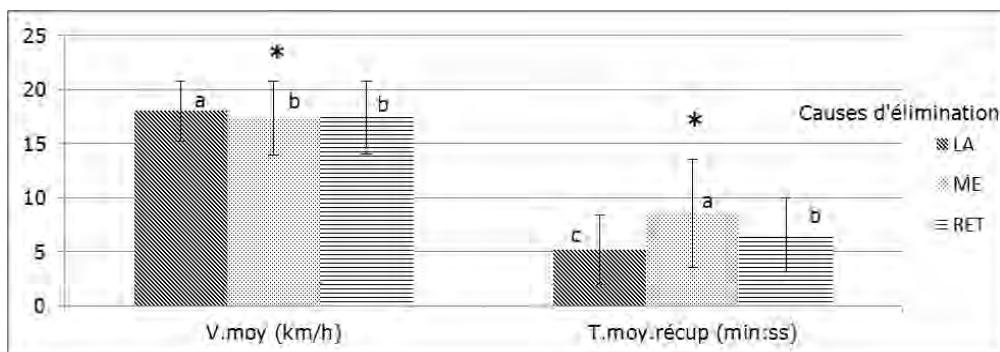
### 2.3. Variation de la vitesse moyenne, du temps moyen de récupération et de la fréquence cardiaque moyenne de récupération chez les NC selon la cause d'élimination

La vitesse moyenne de course varie selon les causes d'élimination. Les chevaux éliminés pour boiterie (LA) ont une V.moy significativement ( $P < 0,001$ ) plus élevée (18,04 km/h) que les autres éliminés, les métaboliques (17,4 km/h) et les abandons (17,42 km/h).

Les ME ont un temps moyen de récupération (T.moy.récup) plus élevé (8min32s) que les autres éliminés (LA=5min12s et RET=6min35s) pendant la course ( $P < 0,0001$ ). (Figure V).

Sur toutes les étapes de la course les ME mettent plus du temps ( $P < 0,0001$ ) pour récupérer que les LA et les RET.

Figure V : Moyenne (écart-type) de la V.moy et du T.moy.récup selon les causes d'élimination.  
 Figure V: Average (standard deviation) of average speed and average recovery time according to elimination causes.



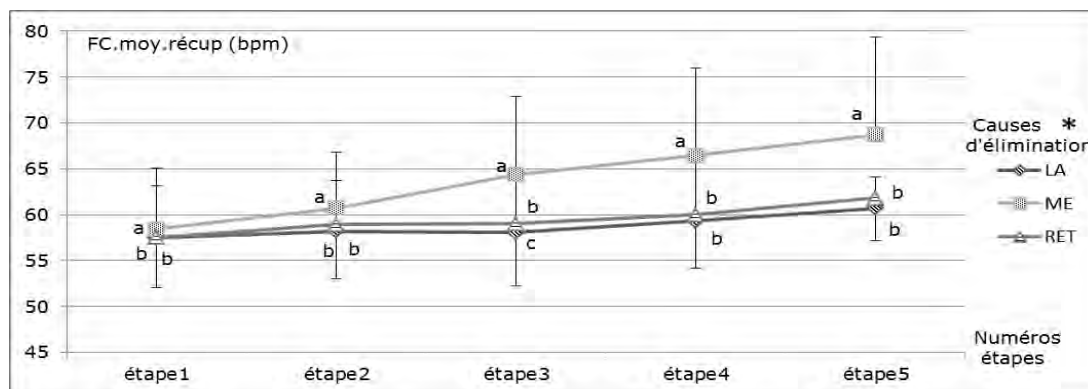
\* Effet significatif à  $p < 0,05$  de la cause d'élimination. Les moyennes suivies par deux lettres différentes sont significativement différentes. \* significant effect of the elimination cause at  $P < 0.05$ ; the means followed by two different letters are significantly different at  $P < 0.05$ .

Les éliminés pour trouble métabolique (ME) présentent une FC.moy.récup plus élevée ( $61,75 \pm 5,3$  bpm) que les boiteux ( $57,28 \pm 4,5$  bpm) et les abandons ( $57,99 \pm 4,5$  bpm).  $P < 0,001$ .

La FC.moy.récup des ME augmente à chaque étape de la course et, en moyenne, dépasse largement le seuil d'élimination (64 bpm) sur les deux dernières étapes de la course. La FC.récup des LA et des RET augmente légèrement durant la course avec des valeurs au-dessous du seuil d'élimination (Figure VI).

Figure VI : Moyenne (écart-type) Variation de la FC.moy.récup à chaque étape de la course selon les causes d'élimination.

Figure VI: Average (standard deviation) Variation of the FC.moy.récup according elimination causes for each stage of the ride. ;



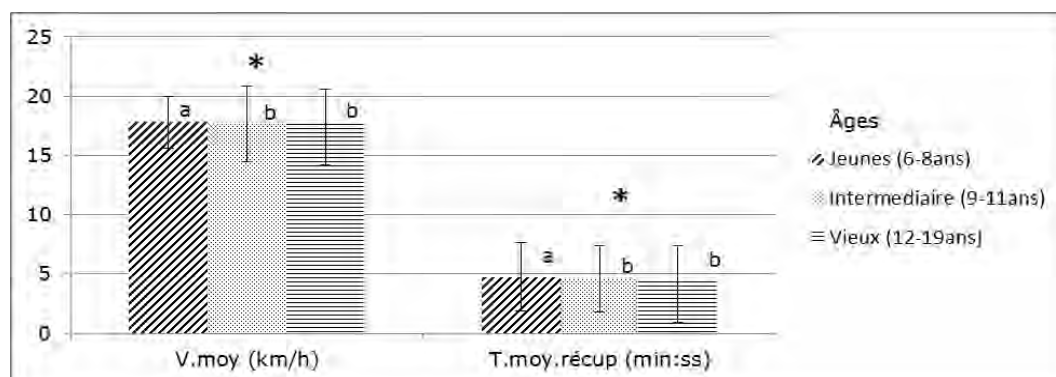
\* voir légendes Figure I. \* see legends Figure I.

#### 2.4. Variation de la V.moy, de T.moyen.récup et de FC.moy.récup selon les différentes catégories d'âge durant les courses de 80 à 160 km

Les jeunes chevaux (6 à 8 ans) ont une V.moy plus élevée ( $P < 0,01$ ) pendant la course ( $17,48 \pm 2,2$  km/h) que les chevaux d'âge intermédiaires ( $17,68 \pm 2,9$  km/h) et les vieux chevaux ( $17,66 \pm 3,5$  km/h). Les jeunes chevaux ont également un T.moy.récup légèrement plus élevé ( $4\text{min}44 \pm 2\text{min}48$ ) que les autres catégories d'âge (intermédiaire  $4\text{min}34 \pm 2\text{min}48$  et vieux  $4\text{min}27 \pm 2\text{min}54$ ) ( $P < 0,05$ ). En revanche, ils ont une FC.moy.récup moins élevée ( $56,84 \pm 4,4$  bpm) que les intermédiaires ( $57,38 \pm 3,9$  bpm) et les vieux chevaux ( $57,55 \pm 3,9$  bpm)  $P < 0,0001$ . Il n'y a pas de différence entre les intermédiaires et les vieux chevaux (Figure VII).

Figure VII : Moyenne (écart-type) de la V.moy et du T.moy.récup selon les différentes catégories d'âge.

Figure VII: Average (standard deviation) of (V.moy) and (T.moy.récup) According to the various categories of age



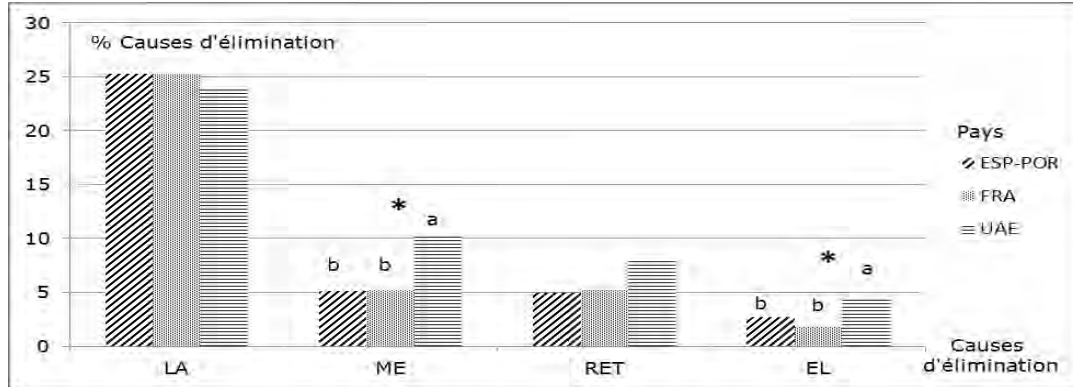
\* Effet significatif à  $p < 0,05$  de l'âge. Les moyennes suivies par deux lettres différentes sont significativement différentes. \* significant effect of age at  $P < 0,05$ ; the means followed by two different letters are significantly different at  $P < 0,05$ .

## 2.5. Variation des causes d'élimination, de la V.moy, T.moy.récup, et de la FC.moy.récup selon les pays.

### 2.5.1. Variation des causes d'élimination selon les pays

Les proportions d'élimination pour boiterie sont similaires en Europe (FRA, ESP et PORT), (25% des partants) et aux UAE, (24%). Par contre, la proportion d'éliminations pour métabolisme (ME) est plus élevée aux UAE (10,4% des partants contre 5,1% en Espagne-Portugal et 5,2% en France -  $P < 0,01$ ). (Figure VIII).

Figure VIII : Distribution des causes d'élimination selon les pays pour tous les partants.  
Figure VIII: Distribution of the causes of elimination according to the various countries for all starters



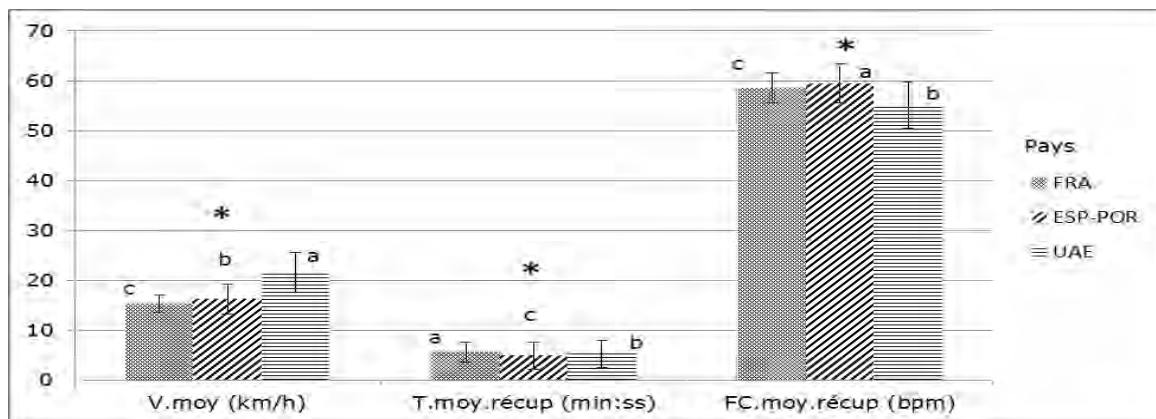
\* Effet significatif du pays sur le pourcentage d'élimination pour raison métabolique ou cause inconnue ; les moyennes suivies par deux lettres différentes sont significativement différentes à  $P < 0,05$ . \* Significant effect of the percentage of metabolic elimination or unknown elimination reason; the means followed by two different letters are significantly different at  $P < 0,05$ .

### 2.5.2. Variation de la V.moy, T.moy.récup, et de la FC.moy.récup selon les pays.

La vitesse de course est beaucoup plus élevée aux UAE ( $21,63 \pm 3$  km/h) qu'en France ( $15,34 \pm 1,7$  km/h) et en Espagne-Portugal ( $16,32 \pm 2$  km/h). La FC.moy.récup est moins élevée aux UAE ( $55,06 \pm 4,6$  bpm) qu'en France ( $58,6 \pm 4$  bpm) et en Espagne-Portugal ( $59,45 \pm 2,7$  bpm). ( $P < 0,001$ ).

Le T.moy.récup est moins élevé ( $P < 0,0001$ ) en Espagne ( $5 \pm 2$  min 42s) qu'aux UAE ( $5$  min 20  $\pm$  3 min 54s) et en France ( $5$  min 44  $\pm$  3 min) (Figure IX).

Figure IX : Moyenne (écart-type) de la V.moy, T.moy.récup et FC.moy.récup selon les différents pays.  
Figure IX: Average (standard deviation) of V.moy, T.moy.récup and FC.moy.récup according to the various countries.



\* Effet significatif du pays ; les moyennes suivies par deux lettres différentes sont significativement différentes à  $P < 0,05$ . \* Significant effect of the country; the means followed by two different letters are significantly different at  $P < 0,05$ .

### 3. Discussion

#### 3.1. Limites du protocole

La base de données présente un nombre important de chevaux, 7 033 partants, répartis sur des épreuves de 80 à 160 km. Plusieurs informations manquaient pour certains chevaux : nom/race/âge du cheval, étape ou cause d'élimination et FC.récup. Seules les grandes courses sont représentées, et toutes les épreuves ne sont pas enregistrées. Cette étude porte ainsi sur seulement 25% des épreuves reconnues par la FEI entre 2007 et 2011.

Elle ne concerne que 4 pays, trois en Europe (FRA, ESP et PORT) et les UAE en Asie ; plusieurs pays d'endurance n'ont pas été enregistrés (Amérique du Sud, USA, Afrique du Sud, Italie, Uruguay...). Notre étude montre qu'il existe des différences significatives selon les pays. Il serait donc intéressant de vérifier si les résultats obtenus ici sont transposables aux pays manquants et, éventuellement, de déterminer les meilleures stratégies de course adaptées à chaque pays.

#### 3.2. Résultats obtenus

Plusieurs études (Nagy *et al.*, 2010, Marlin *et al.*, 2008) ont évoqué les risques d'élimination liés à une vitesse élevée durant les épreuves d'endurance mais sans jamais le démontrer. C'est la première fois qu'une relation entre la vitesse moyenne, le temps de récupération cardiaque et le risque d'élimination est mise en évidence par l'étude de l'évolution de ces paramètres à chaque étape de la course chez les chevaux classés et les éliminés sur différentes distances de course.

Les boiteries (LA) et les troubles métaboliques (ME) sont les causes d'élimination les plus fréquentes (respectivement 64,47% (LA) et 14,34% (ME) des chevaux éliminés) dans cette étude comme dans la littérature. L'étude de Nagy *et al.* en 2010 explique la fréquence élevée des éliminations par le grand nombre de partants, les changements de terrain, et le niveau d'entraînement. Dans cette étude nous avons montré que les chevaux éliminés pour boiterie courent à des vitesses significativement plus élevées que les autres éliminés et ce, pour toutes les catégories de distance. Cette vitesse excessive pourrait donc être la cause principale d'apparition des boiteries.

Marlin *et al.* (1996 et 2002) ont montré que dans les pays chauds et humides le risque d'élimination pour des problèmes métaboliques (ME) augmente suite à un déséquilibre électrolytique et à la déshydratation. Dans notre étude, les chevaux qui ont couru aux UAE ont des vitesses beaucoup plus élevées que dans les pays européens (France, Espagne, Portugal). Ces vitesses plus élevées, parfois associées à des conditions climatiques moins favorables, sont probablement la cause des nombres importants d'éliminations.

Les chevaux éliminés pour troubles métaboliques (ME) présentent un profil particulier dès la première étape de la course : des valeurs plus élevées de FC.récup que les autres éliminés, avec également des temps de récupération plus longs pouvant parfois entraîner un dépassement du seuil d'élimination (64 bpm à 20 minutes). Cette tachycardie relative lors du contrôle vétérinaire pourrait s'expliquer par l'accumulation de fatigue et l'affaiblissement du système parasympathique (= freinateur du cœur) avec persistance de la composante sympathique (= accélératrice) du cœur (Cottin *et al.*, 2006). La FC.récup est un indice important du degré d'entraînement et de la performance cardiaque ; elle est considérée comme un bon indicateur du degré de fatigue chez le cheval d'endurance (Rose *et al.*, 1990, Bitschnau *et al.*, 2010). Chez l'homme, la FC.récup est un indicateur du niveau physique et d'entraînement, les sujets les plus entraînés récupérant plus vite que les moins entraînés (Hagberg *et al.*, 1980). La FC.récup est également un facteur pronostique des maladies cardiovasculaire et de la mortalité chez l'homme (Cole *et al.*, 1999).

Pour toutes les catégories de distances, les NC présentent des valeurs de FC.récup plus élevées que les C et mettent plus du temps pour récupérer sur toutes les étapes de la course. Ces résultats peuvent être expliqués par un défaut d'entraînement qui se manifeste au niveau de la récupération cardiaque prolongée, et par une mauvaise gestion de la vitesse durant la course. En effet l'intensité de l'effort est un facteur limitant de la durée de l'exercice physique chez l'homme et l'animal. Plus la vitesse augmente, plus les réserves énergétiques sont épuisées rapidement et la durée de l'effort est réduite.

L'effort d'endurance entraîne des déséquilibres électrolytiques (DHE), qu'un entraînement adapté permet à l'organisme de supporter et de compenser en partie ; une course bien gérée en fonction des capacités du cheval limite également les déséquilibres hydro-électrolytiques (Robert *et al.*, 2010, Flaminio *et al.*, 1998).

Les jeunes chevaux d'endurance âgés de 6 à 8 ans ont une V.moy plus élevée et une FC.récup moins élevée que les chevaux d'âge intermédiaires et les vieux chevaux. Chez l'homme la performance physique en général et cardiaque (FC.récup) en particulier diminuent avec l'âge par la baisse de l'activité



vagale du cœur (Bigger *et al.*, 1995, Pagani *et al.*, 1986). Chez le cheval, McKeever *et al.* (2010) ont en revanche montré que la diminution de la performance des vieux chevaux est plutôt liée à une diminution de la thermorégulation durant l'exercice physique qu'à une différence de FC.récup. On peut donc supposer que les jeunes chevaux sont ainsi moins exposés aux troubles métaboliques. Dans notre étude, la FC.récup plus basse est néanmoins associée à un T.récup plus élevé ; ces résultats pourraient aussi s'expliquer par une gestion plus difficile de la période de récupération, les cavaliers ne connaissant pas encore bien les capacités de récupération de ces chevaux novices et prenant davantage de marge (T.récup plus élevé) pour passer le contrôle vétérinaire.

Les éliminations à cause des troubles métaboliques sont deux fois plus élevées aux UAE qu'en Europe, ceci peut être expliqué par deux facteurs : la chaleur et l'humidité comme le soulignent Marlin *et al.* (1996 et 2002) et la vitesse élevée durant la course démontrée dans la présente étude. Aux UAE, la vitesse moyenne est supérieure avec une FC.récup inférieure et le même T.récup. Ceci semble contradictoire. On pourrait suspecter que la différence d'entraînement et de terrain favorisent une meilleure récupération. En plus les méthodes d'enregistrement de la FC.récup et du T.récup sont différentes aux UAE, en effet, les chevaux entrent rapidement dans l'aire de contrôle vétérinaire ce qui leur permet d'avoir un T.récup très réduit par rapport aux autres pays, cependant cette mesure ne reflète pas vraiment le temps de récupération cardiaque car en attendant l'examen vétérinaire la FC.récup continue à descendre à des valeurs inférieures au seuil d'élimination. C'est pour cette raison qu'il est difficile d'extrapoler une étude menée en Europe pour des courses effectuées dans d'autres pays.

## 4. Perspectives

L'élimination en cours d'épreuve peut s'expliquer par une mauvaise gestion de la vitesse durant la course et notamment en début de course. Un entraînement inadapté se manifeste par un temps de récupération cardiaque élevé puisque les chevaux qui vont être éliminés passent beaucoup plus de temps à récupérer avec des valeurs de FC.récup élevées. Le T.récup et la FC.récup sont deux paramètres prédictifs de l'élimination des chevaux durant la course ; les chevaux à risque sont ceux dont le T.récup et la FC.récup augmentent d'une étape à l'autre et qui présentent des valeurs de FC.récup élevées au contrôle vétérinaire. Ils doivent être mieux surveillés afin d'éviter des accidents de parcours et de préserver leur santé.

## Conclusion

Les chevaux classés et les éliminés présentent deux profils de course différents. Les chevaux à risque sont ceux qui ont une vitesse élevée durant la course : ils risquent d'être éliminés pour boiteries, et les chevaux qui mettent longtemps à récupérer au vet-gate avec des valeurs de FC.récup élevées : ils risquent de développer des troubles métaboliques et doivent être particulièrement surveillés par les vétérinaires.

Le temps de récupération apparaît comme un paramètre très pertinent qui devrait être intégré dans les critères évalués lors du contrôle vétérinaire de manière systématique ; il semble refléter à la fois le niveau d'entraînement et la capacité physique du cheval à finir la course.

Pour se classer, un cheval doit avoir une bonne préparation physique et une bonne gestion de la vitesse dans les premières étapes de la course.

## Remerciements

Nous remercions la société ATRM Systems pour la communication des données sur lesquelles repose cette étude épidémiologique.

## Références

Auvinet, B., Galloux, P., Michaux, J.M., Franqueville, M., et al, 1991. Test d'effort standardisé de terrain pour chevaux de concours complet. *Science & Sport* 6, 145-152.

Barnes, A., Kingston, J., Beeton, S., Kuiper, C., 2010 Endurance veterinarians detect physiologically compromised horses in a 160 km ride. *Equine Vet J Suppl.* 38, 6-11.

Bigger, JT., Fleiss, JL., Steinman, RC., Rolnitzky, LM., Schneider, WJ., Stein, PK., 1995 RR variability in healthy, middle-aged persons compared with patients with chronic coronary heart disease or recent acute myocardial infarction. *Circulation* 91(7), 1936-43.

- Bitschnau, C., Wiestner, T., Trachsel, DS., Auer JA., Weishaupt, MA., 2010 Performance parameters and post exercise heart rate recovery in Warmblood sports horses of different performance levels. *Equine vet. J., Suppl.* 38, 17-22.
- Cole, C.R., Blackstone, E.H., Pashkow, F.J., Snader, C.E. and Lauer, M.S., 1999 Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N. Engl.J. Med* 341, 1351-1357.
- Cottin, F., Barrey, E., Lopes, P., Billat, V., 2006., Effect of repeated exercise and recovery on heart rate variability in elite trotting horses during high intensity interval training. *Equine Vet J Suppl* 36, 204-9.
- FEI 2013a (site institutionnel) <http://www.fei.org/disciplines/endurance/about-endurance>
- FEI 2013b Endurance rules. 8<sup>th</sup> Edition, effective 1 January 2013. pp 29.
- Flamino, M.J.B. and Rush, B.R., 1998 Fluid and electrolyte balance in endurance horses. *Vet. Clin* 14, 147-158.
- Hada, T., Ohmura, H., Mukai, K., Eto, D., Takahashi, T. and Hiraga, A., 2006 Utilisation of the time constant calculated from heart rate recovery after exercise for evaluation of autonomic activity in horses. *Equine vet. J., Suppl* 36, 141-145.
- Hagberg, J.M., Hickson, R.C., Ehsani, A.A. and Holloszy, J.O., 1980 Faster adjustment to and recovery from submaximal exercise in the trained state. *J. appl.Physiol* 48, 218-224.
- Marlin, D.J., McEwen, J. and Sluyter, F., 2008. Completion and treatment rates in modern endurance racing. *Proceedings of 4th International Equitation Science Conference, Dublin.*
- Marlin, D.J., Nankervis, K., 2002 Exercise testing. *Equine Exercise Physiology* pp 211-244.
- Marlin, D.J., Schott, C.M. and Schroter, R.C., 1996. Physiological responses in non-heat acclimated horses performing treadmill exercise in cool (20°C/40% RH), hot dry (30°C/40% RH) and hot humid (30°C/80% RH) conditions. *Equine vet. J., Suppl* 22, 70-84.
- Marsland, W.P., 1968 Heart rate response to submaximal exercise in the Standardbred horse. *J Appl Physiol* 24 (1), 98-101.
- McKeever, KH., Eaton, TL., Geiser, S., Kearns, CF., Lehnhard, RA., 2010 Age related decreases in thermoregulation and cardiovascular function in horses. *Equine Vet J Suppl* 38, 220-7.
- Nagy, A., Murray, J.K., Dyson, S., 2010. Elimination from elite endurance rides in nine countries: A preliminary study. *Equine Veterinary Journal* 42, 637-643.
- Pagani, M., Lombardi, F., Guzzetti, S., Rimoldi, O., Furlan, R., Pizzinelli, P., Sandrone, G., Malfatto, G., Dell'Orto, S., Piccaluga, E., 1986 Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog. *Circ Res* 59(2), 178-93.
- Ridgway, K.J., 1994. Training endurance horses. *The Athletic Horse.* pp 409-417.
- Robert, C., Goachet, AG., Fraipont, A., Votion, DM., Van Erck, E., Leclerc JL., 2010. Hydration and electrolyte balance in horses during an endurance season. *Equine Veterinary Journal* 42, 98-104.
- Rose, R.J., Hendrickson, D.K. and Knight, P.K. 1990 Clinical exercise testing in the normal thoroughbred racehorse. *Aust. vet. J* 67, 345-348.
- Valette, J.P., et al, 1992. Détection précoce de l'aptitude physique chez le Pur Sang Arabe de course. *EquAthlon vol.4*, 13.