



les Haras
nationaux

Comité d'Orientation
Scientifique et Technique

Direction des Connaissances

appel d'offres 2008

**Physiologie de l'Entraînement
et de la Performance
chez le Cheval d'Endurance**

(PEPCE)

7 décembre 2007

DOCUMENT DE PRESENTATION D'UN PROJET 2008

Titre du projet proposé (2 lignes maximum)

Physiologie de l'Entraînement et de la Performance chez le Cheval d'Endurance

Titre abrégé :

PEPCE

Mots clé :

Endurance, entraînement, physiologie de l'effort
Cardiologie, électrolytes, infections respiratoires, métabolisme, muscle, performance, physiologie de la digestion, tests sportifs, tests transcriptomiques

Responsable(s) scientifique(s) : 2 au maximum

- Jean-Louis LECLERC
Fédération Française d'Equitation
10 rue Christophe Doublat, 88000 EPINAL
jeanlouis.leclerc2@wanadoo.fr
Tél : 06 72 96 46 12
10% ETP de temps affecté au projet

- Céline ROBERT
Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort
7 av. du Gal de Gaulle, 94704 MAISONS-ALFORT cedex
crobert@vet-alfort.fr
Tél : 01 43 96 70 85 Fax : 01 43 96 31 62
20% ETP de temps affecté au projet

Partenaire(s) participant au projet

- ENESAD Dijon : Véronique JULLIAND (20% ETP), Anne-Gaëlle GOACHET(40% ETP), Caroline CHEVASSUS(20% ETP), Laure MARTIN (10% ETP) et Christelle PHILIPPEAU (10% ETP)
- Centre Européen du Cheval de Mont-le-Soie :
Didier SERTEYN (10% ETP), Dominique VOTION (50% ETP), Arianne NIESTEN (50% ETP), Franck THIERRY (30% ETP), Stéphane KOHNEN (10% ETP), J.-P. LEJEUNE (10% ETP), G. DEBY-DUPONT (10% ETP), A. MOUYTIS-MICKALAD (20% ETP)
- Université de Liège : Tatiana ART (10% ETP), Audrey FRAIPONT (30% ETP)
- CIRALE/CEMESPO : Emmanuelle VAN ERCK, 10% ETP de temps affecté au projet
- Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort : Aude GIRAUDET (10% ETP)

Programme de recherche proposé

1) Position du problème

Longtemps confondue avec le tourisme équestre et ignorée du monde sportif, l'endurance équestre a conquis de nombreux cavaliers à la recherche d'un sport d'extérieur et s'est faite connaître grâce à ses performances au plus haut niveau (c'est actuellement la discipline équestre qui rapporte le plus de médailles à la France). Ces dernières années ont vu l'intérêt pour l'endurance équestre exploser tant au niveau national qu'international. Les techniques d'entraînement, de monte et de gestion des chevaux d'endurance, véritables athlètes équins, ont évolué, ce qui s'est traduit par une amélioration nette des performances mais aussi des exigences : des parcours de 160 km qui se bouclaient à une vitesse moyenne de 15 km/h en 2000 se courent maintenant à une vitesse supérieure à 18 km/h. Parallèlement, la discipline s'est professionnalisée avec la création d'écuries spécialisées en endurance. La valeur des chevaux a augmenté ainsi que les enjeux sur les épreuves, s'accompagnant du développement d'une très forte concurrence internationale.

L'endurance est une discipline extrêmement exigeante sur le plan de la condition physique ; l'effort d'endurance représente en effet une sollicitation de l'organisme d'intensité modérée mais de

longue durée, totalement différente de celle qui est observée en course de trot ou de galop. De nombreuses adaptations physiologiques sont nécessaires pour soutenir ce type d'exercice. En course d'endurance, le moindre dysfonctionnement peut avoir des conséquences immédiates et conduire à l'élimination du cheval. Les deux principales causes de disqualification des chevaux pendant ou après la course sont les désordres de type métabolique (déséquilibre hydro-électrolytique, épuisement, myosites, coliques...) et les troubles locomoteurs (Schott et al. 2006).

Des études récentes menées lors de courses d'endurance ont montré chez les chevaux l'existence de lésions cardiaques (Holbrook et al. 2006) et musculaires, ainsi que des signes évidents de stress oxydant et de stress inflammatoire (Art et al. 2006) se traduisant par une activation des neutrophiles (Serteyn et al. 2006). Le rôle des neutrophiles dans la physiologie de l'exercice est peu étudié et on ne sait rien des causes et des conséquences de cette activation. Elle pourrait se produire par la résorption d'endotoxines bactérienne suite à une ischémie intestinale, être la conséquence du flux circulatoire par action mécanique ou être induite par des organes en souffrance. L'effort en course pourrait aussi induire des modifications de la flore intestinale permettant la prolifération de clostridies ou autres bactéries potentiellement pathogènes ; ces changements de l'écosystème digestif entraîneraient ensuite la lyse de certaines bactéries et la production d'endotoxines. On considère généralement qu'une inflammation systémique et excessive peut être nocive et contribuer à des désordres métaboliques sévères (iléus, fourbure, choc endotoxinique). Tous ces mécanismes pourraient jouer un rôle majeur dans les causes d'élimination en course pour raison métabolique.

Les méthodes actuelles d'entraînement des chevaux d'endurance reposent peu ou pas sur des bases scientifiques démontrées, mais plutôt sur l'expérience et l'appréciation subjective de l'entraîneur et du cavalier (Rivero 2007). Il n'y a actuellement aucune donnée sur l'adaptation physiologique longitudinale des chevaux d'endurance au cours d'une saison de préparation et de compétition.

Ainsi, on connaît très peu de chose sur l'évolution de la physiologie digestive au cours de l'entraînement, point crucial pour fournir l'énergie à l'animal et pour éviter les désordres digestifs potentiels tels que la libération d'endotoxines citée ci-dessus.

De même, s'il existe des études sur le métabolisme du cheval d'endurance, la plupart sont relativement anciennes et ont été réalisées en course sur des distances assez réduites (80 à 100 km) ou à faible vitesse. Les études plus récentes concernant des courses longues et plus rapides sont peu nombreuses et le plus souvent focalisées sur les désordres hydro-électrolytiques (DHE) et le poids (Lindinger et Ecker 1995, Jahn et al. 1996, Marlin et al. 2002, Barton et al. 2003, Schott et al 2006).

Les seules données disponibles sur les effets de l'entraînement en endurance ont été menées en laboratoire avec des chevaux entraînés sur tapis roulant (McKeever 1987), mais aucune n'a été effectuée sur des chevaux à l'entraînement en conditions réelles. Les tests d'efforts n'ont alors rien de comparable avec une course (durée limitée, tapis roulant incliné pour favoriser l'apparition de la fatigue). Sur tapis roulant, le cheval n'est pas monté ; la dépense énergétique est donc moindre (Pagan et Hintz, 1986). De plus, la locomotion, la fréquence cardiaque et la lactatémie sont différentes si l'exercice est pratiqué sur tapis roulant ou réalisé sur le terrain. A même vitesse, la fréquence de foulées est plus lente et la longueur des foulées plus grande sur tapis roulant que sur piste (Barrey *et al.*, 1993b). L'exercice sur tapis horizontal génère une plus faible réponse cardiaque et un niveau de lactate sanguin inférieur à ceux générés sur terrain plat aux mêmes vitesses (Valette *et al.*, 1992); (Barrey *et al.*, 1993a). Par conséquent, l'économie de course des allures est différente sur tapis roulant et sur piste et la consommation d'oxygène est biaisée.

Problème :

L'adaptation et l'intégrité des différents systèmes participant à la réalisation de l'effort sont une condition préalable à la performance. Or, on connaît très peu de choses sur la physiologie du cheval d'endurance du 3^{ème} millénaire. Par ailleurs, de nombreux paramètres peuvent interférer avec le métabolisme (alimentation, troubles respiratoires ou locomoteurs sub-cliniques, comportement...).

Le suivi longitudinal d'un ensemble de paramètres physiologiques sur un groupe homogène de chevaux expérimentaux, hébergés au même endroit, nourris et entraînés de façon standardisée, et gérés comme des chevaux de compétition, est indispensable pour :

- déterminer quels sont les mécanismes d'adaptation du cheval d'endurance au cours d'une saison,
- adapter une stratégie d'entraînement et d'alimentation,
- mieux gérer les compétitions,
- aménager la récupération des chevaux après les courses,

et dès lors, essayer de prévenir l'apparition de troubles pouvant potentiellement limiter les performances.

Objectifs scientifiques :

Les objectifs de ce projet sont de :

- 1/ Contribuer à appréhender les adaptations métaboliques (digestives, hydro-électrolytique, musculaire, cardio-respiratoire...) du cheval au cours d'une saison d'endurance, c'est-à-dire tout au long de la phase de préparation, pendant une épreuve de haut niveau (CEI** = 120 km), puis après la compétition en phase de récupération, et enfin, lors de la répétition de ce cycle préparation/course/récupération.
- 2/ Mieux comprendre les mécanismes physiopathologiques d'apparition des troubles métaboliques, musculaires et cardio-respiratoires dans cette discipline au cours de la saison ;
- 3/ Déterminer les paramètres les plus pertinents pour effectuer le suivi d'un cheval d'endurance à l'entraînement et en course.

Applications pratiques :

L'ensemble des résultats obtenus contribueront à une meilleure **compréhension** des événements - et de leur séquence d'apparition - survenant sur le plan métabolique, cardio-respiratoire et musculaire au cours d'efforts prolongés en condition physiologique d'une part, et dans des conditions pouvant conduire à l'apparition de dommages d'autre part.

Dans un objectif global d'améliorer le bien-être et la performance des chevaux participant à des compétitions d'endurance, les résultats de ces recherches devraient permettre de proposer aux acteurs de la filière des **moyens de prévention** de l'apparition des troubles dits « métaboliques » chez les chevaux d'endurance à la fois pendant les phases d'entraînement et lors des compétitions. Ces moyens de prévention passent par l'amélioration de la gestion de l'**alimentation** et de la **complémentation minérale** des chevaux, par la mise en œuvre de **suivis sportifs** adaptés au cours de leur phase de préparation, par un dépistage précoce des dysfonctionnements métaboliques et hydro-électrolytiques en course et par une amélioration de la récupération après les épreuves.

Il devrait également ressortir de ces travaux l'identification de **paramètres significatifs** pour la gestion de la performance du cheval d'endurance mais aussi la conception de **kits de dosage rapides** à utiliser sur le terrain pour évaluer la condition physique d'un athlète et mettre en évidence de manière précoce une éventuelle souffrance. Par exemple, la technologie SIEFED-VERTICAL Flow est en développement pour le dosage de myéloperoxydase équine, témoin précoce de l'activation des neutrophiles et donc de l'inflammation.

Dans le même ordre d'idées, les résultats de l'étude sur l'activation des gènes pourraient permettre de déterminer un profil optimal de la bonne condition physique et de dépister l'activation précoce de gènes pro-inflammatoires ; une puce à DNA spécifique pourrait ainsi être mise sur le marché pour évaluer le niveau de « forme » d'un sujet. A terme, de tels tests pourraient être utilisés directement sur les vet-gate pour déterminer l'aptitude des chevaux à continuer la course.

2) Pour les projets pluriannuels, détailler le calendrier du projet et situer la proposition 2008 dans l'échéancier ;

Le projet est prévu sur plusieurs années, mais seul le contenu de la première année est défini. Le programme des années suivantes sera déterminé en fonction des résultats obtenus cette année. L'organisation des saisons d'endurance (début de l'entraînement des chevaux en février, premières courses en avril, dernières courses en octobre et repos hivernal) s'adapte bien à un programme annuel reconductible d'une année sur l'autre.

Cette première année permettra de :

- 1/ mesurer les variations physiologiques liées à l'entraînement d'une part et à la course d'autre part sur une population de chevaux « expérimentaux » dont la conduite est contrôlée ;
- 2/ déterminer les paramètres les plus pertinents dans le suivi à l'entraînement et à l'effort des chevaux d'endurance, afin de réduire les examens à pratiquer dans des protocoles ultérieurs ;

3/ de mettre en place les bases d'un travail en commun entre plusieurs équipes.

En fonction des résultats obtenus, un projet pluriannuel sera présenté en 2009 afin de :

- 1/ développer ultérieurement des programmes sur des chevaux « non-expérimentaux » qu'il est beaucoup plus difficile de suivre (mesures plus ponctuelles) ;
- 2/ mettre en place des protocoles d'évaluation de différents régimes alimentaires ou différentes méthodes d'entraînement (il faut alors évaluer la part de variation liée aux différences imposées de celle liée à l'entraînement) ;
- 3/ définir les paramètres les plus significatifs à mettre en place pour évaluer la qualité de la condition physique, les effets de l'entraînement et dépister les signes de souffrance précoce.

3) Programme détaillé des recherches

- structure du projet, cohérence des différentes actions de recherche envisagées, déroulement et calendrier

Structure du projet :

Le projet PEPCE propose de suivre un groupe de chevaux d'endurance à l'entraînement et en course pendant une saison grâce à l'évaluation d'un maximum de paramètres pouvant interférer avec le métabolisme de l'effort. Pour cela, il rassemble des équipes formées de spécialistes des différents domaines de la physiologie du cheval de sport : nutrition, médecine interne et médecine sportive, physiologie musculaire et cardio-respiratoire... Chaque équipe propose d'étudier une des composantes de l'adaptation à l'effort en fonction de son domaine de compétence et d'excellence.

Le projet comporte 6 fiches d'actions. La première correspond à la gestion des chevaux tout au long de la saison : l'objectif est d'obtenir un effectif de chevaux « expérimentaux » gérés de la façon la plus proche possible de chevaux d'endurance de haut niveau. **Cette fiche est la clé de voûte de tout le projet.**

Les 5 autres fiches correspondent aux examens et mesures qui seront réalisés sur ces chevaux par chaque équipe pour documenter les adaptations physiologiques à l'entraînement sur le plan digestif, hydro-électrolytique, inflammatoire, musculaire et cardio-respiratoire.

Matériels et méthodes :

Chevaux :

Huit chevaux d'endurance qualifiés pour participer à des épreuves d'endurance de 120 km minimum seront utilisés pour ce programme. Ce nombre paraît un bon compromis entre le coût et les contraintes liées à l'entretien d'un effectif de chevaux d'une part, et les nécessités scientifiques et statistiques d'autre part. Etant donné les risques d'apparition de troubles locomoteurs ou médicaux en cours d'entraînement et après les courses, on peut ainsi espérer avoir au final des données sur la saison complète pour 5 à 6 chevaux.

Les chevaux seront hébergés à l'ENESAD avec des conditions d'entretien et d'entraînement parfaitement connues et maîtrisées (fiche d'action n°1).

Programme d'entraînement et d'engagement en course :

Les chevaux ont passé l'hiver au pré chez leur éleveur. Ils seront soumis à un protocole d'entraînement et de sorties en course de type endurance sur lequel seront réalisées différentes séries de mesures :

Février : retour des chevaux à l'ENESAD

3 semaines de transition alimentaire - mesures initiales avant la reprise de l'entraînement

4 semaines d'entraînement - Test d'effort court : 30 km

4 semaines plus tard - Test d'effort long sur piste : 3x30 km

3 semaines plus tard, CEI**

Mise au repos 8 à 15 jours et mesures sur la récupération après la 1^{ère} course

Reprise de l'entraînement

4 semaines plus tard - Test d'effort court : 30 km

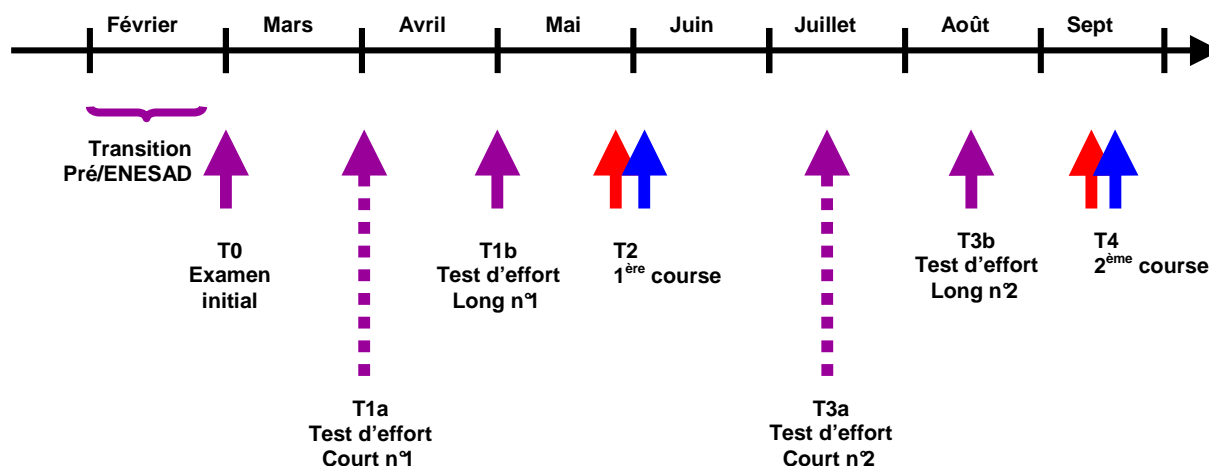
4 semaines plus tard Test d'effort long sur piste : 3x30 km

3 semaines plus tard, CEI**

2 semaines plus tard, mesures sur la récupération après la 2^{ème} course

Pour des raisons pratiques, les chevaux seront répartis en 2 lots qui suivront le même régime d'entraînement mais participeront à des courses différentes décalées de 1 à 2 semaines (3 à 4 sujets engagés sur la même course).

Les engagements sur les CEI seront déterminés avec JL Leclerc en choisissant des courses sur bon terrain afin de limiter l'apparition de boiteries.



Mesures :

Divers examens (prises de sang, examen clinique complet, microbiopsie musculaire, ECG au repos et à l'effort, échocardiographie-Doppler, examen respiratoire ...) et prélèvements (sang, urine...) seront effectués à des moments clés de la saison d'endurance 2008.

T0 : à l'arrivée à l'ENESAD

T1a : 1^{er} test d'effort court (30 km)

T1b : 1^{er} test d'effort long (3x30 km)

T2 : 1^{ère} course

T3a : 2^{ème} test d'effort court (30 km)

T3b : 2^{ème} test d'effort long (3x30 km)

T4 : 2^{ème} course

Le tableau ci-dessous résume l'ensemble des examens qui seront réalisés. Le détail sera précisé pour chaque paramètre dans les fiches d'action correspondantes.

Examens / prélèvement	Evènement	Paramètres ou famille de paramètres mesurés	Fiche d'action				
			2	3	4	5	6
Prise de sang	T0, T1b*, T2**, T3b*, T4**	NF, Ht, PT, Alb, électrolytes		X		X	
	T0, T1b*, T2**, T3b*, T4**	urée, créatinine, cortisol		X			
	T0, T1b*, T2**, T3b*, T4**	fibrinogène, haptoglobine, MMP				X	
	T0, T1b*, T2**, T3b*, T4**	stress oxydant				X	
	T0, T1b*, T2**, T3b*, T4**	ARN et microarray				X	
	T0, T1a et b*, T2**, T3a et b*, T4**	Enzymes musculaires			X	X	
	T0, T1b*, T2**, T3b*, T4**	Myéloperoxydase (MPO)			X	X	
	T1a*	oligoéléments					
Prise d'urine	T0, T1b*, T2**, T3b*, T4**	électrolytes, créatinine		X			
Micro-biopsie musculaire	T0, T1b*, T2*, T3b*, T4*	[MPO] et activité MPO			X	X	
		complexe1 mitochondrial			X		
		respiration mitochondriale			X		
		histologie				X	
		ARN, gènes de l'inflammation				X	
Lavage Broncho-Alvéolaire	T0, T1a, T2, T3a, T4	numération, cytologie, MPO				X	X
Lavage Trachéal	T0, T1a, T2, T3a*, T4	bactériologie, RT-PCR					X
Echo-doppler	T0, T1a*, T1b*, T3a*, T3b*	morphologie-fonction cardiaque					X
ECG	T0, T1a*, T1b*, T2**, T3a*, T3b**, T4**	activité cardiaque					X
Test de fonction respiratoire	T0, T1a*, T1b*, T3a*, T3b*	VO2, paramètres de ventilation	X				X
Digestibilité, transit, activité microbienne	T0, T2**, T4**		X				

Calendrier prévisionnel :

Janvier 2008 : réunion des différents partenaires, adaptation des protocoles expérimentaux au calendrier d'entraînement défini pour les chevaux, coordination des examens, prélèvements et analyses

Février 2008 : examens initiaux – répartition des chevaux en lots

Mai-juin 2008 : premières courses

Fin juin 2008 : réunion débriefing des premières manips et résultats

Août-septembre 2008 : deuxièmes courses

Octobre 2008 : fin des mesures post course

Novembre 2008 : résultats préliminaires – projets pour 2009

Organisation générale : présentation des 6 actions de recherche

Action de recherche n°1 : Adaptation des chevaux à l'entraînement et l'effort d'endurance

Responsables : Anne-Gaëlle GOACHET et Jean-Louis LECLERC

Action de recherche n°2 : Evolution de la physiologie digestive avec l'entraînement

Responsable : Véronique JUILLIAND

Action de recherche n°3 : Evolution du statut hydro-électrolytique des chevaux d'endurance avec l'entraînement et l'effort

Responsable : Céline ROBERT

Action de recherche n°4 : Fonction mitochondriale : effet de l'entraînement et de l'activation des neutrophiles

Responsable : Didier SERTEYN

Action de recherche n°5 : Adaptation musculaire à l'entraînement et à l'effort de type course et mécanismes contribuant à l'apparition d'inflammation et de lésions musculaires

Responsable : Tatiana ART

Action de recherche n°6 : Adaptations cardio-respiratoires et sportives du cheval d'endurance à l'entraînement et à l'effort

Responsable : Emmanuelle van ERCK

Action de recherche n° 1

Intitulé de l'action de recherche : Adaptation des chevaux à l'entraînement et l'effort d'endurance

Nom des responsables de l'action de recherche : Anne-Gaëlle GOACHET et Jean-Louis LECLERC

Adresse : Enesad, BP 87999, 21079 DIJON Cedex

Tel : 03 80 77 25 59 Fax : 03 80 77 25 84

e-mail : ag.goachet@enesad.fr

Problématique :

Pour établir les adaptations physiologiques à l'entraînement, il est indispensable de maîtriser les conditions d'entretien des animaux. Les études sur le terrain ne permettent en général pas de connaître tous les facteurs susceptibles d'interférer avec le métabolisme, en particulier l'alimentation, le planning d'entraînement et les troubles sub-cliniques pouvant affecter les athlètes.

Objectif de l'action de recherche :

L'objectif est d'élaborer un planning d'entraînement et de sortie en course comparable à ce qui se pratique habituellement pour les chevaux d'endurance de haut niveau et d'y soumettre 8 chevaux gérés dans des conditions « expérimentales ».

En parallèle, le suivi rapproché des chevaux permettra de réaliser une évaluation « simple » de l'évolution des chevaux au cours de la saison : poids, mental/comportement, forme, locomotion...

Toutes les autres fiches d'action du projet reposent sur la présente fiche.

Animaux :

Huit chevaux pur-sang arabes qualifiés pour participer à des épreuves d'endurance de 120 km ou plus (CEI** et CEI***) seront utilisés dans cet essai.

En février 2008, les chevaux seront rentrés à l'ENESAD après avoir passé l'hiver au pré. Ils seront soumis à un examen de santé complet incluant un examen médical, une endoscopie des voies respiratoires supérieures (cf. fiche d'action n°6), un bilan sanguin (cf. fiche d'action n°3) et un examen locomoteur. Le programme d'entraînement et de sortie en course sera alors établi par Anne-Gaëlle Goachet et Jean-Louis Leclerc en fonction des performances antérieures de chaque cheval et des résultats des examens. Les chevaux seront ensuite répartis en 2 lots en fonction des courses prévues pour eux.

Ils seront conduits dans les installations expérimentales de l'ENESAD, en conditions contrôlées calquées sur ce qui est préconisé pour les chevaux de l'équipe de France d'endurance. Ils seront hébergés en box individuel et auront accès à un paddock dans la journée. L'entraînement aura lieu en conditions de terrain à raison de 3 à 4 sorties par semaine et les chevaux seront montés par les cavaliers de l'équipe d'endurance de l'ENESAD.

Les animaux recevront une alimentation équilibrée à base de foin (de composition connue) et d'aliment concentré, chacun étant distribué en 2 repas par jour.

Un bilan sanguin sera effectué à mi-entraînement afin d'évaluer les éventuelles carences en oligo-éléments. Une supplémentation minérale permettant de les corriger sera mise en place au minimum un mois avant la première course.

De l'huile sera ajoutée à la ration de concentrés pendant le mois précédant la course pour atteindre un taux de 6-7% de matière grasse dans la ration.

Les chevaux suivront un programme d'entraînement d'endurance spécifique afin de les préparer à une épreuve de 120km en mai-juin 2008 et une seconde 3 mois plus tard (cf. programme général)

Mesures :

1/ Chaque semaine à jour et heure fixe, l'évolution physique et clinique des chevaux au cours de la saison sera suivie à l'aide des examens suivants :

- pesée et attribution d'une note d'état ;
- évaluation subjective du mental et du comportement par le cavalier à l'aide d'une grille standardisée ;
- examen clinique au repos (attitude, condition physique, FC, FR, température rectale) ;
- examen locomoteur au trot en ligne droite et sur le cercle dur aux 2 mains filmé pour une analyse ultérieure en aveugle.

2/ L'évolution du quotient respiratoire au cours de la saison sera évaluée avant la reprise de l'entraînement et à l'occasion des tests d'effort à l'aide d'un matériel portable de mesure des échanges gazeux. Les mesures seront coordonnées avec celles de la fiche action n°6.

Résultats attendus :

La réalisation de ce programme sert de base aux protocoles présentés dans les autres fiches d'action. Elle permettra de reproduire dans des conditions « expérimentales » le programme d'alimentation et d'entraînement préconisé pour les chevaux d'endurance de haut niveau.

Le suivi clinique des chevaux permettra de :

- adapter si nécessaire en cours de saison le programme d'entraînement et de sorties en course des chevaux ;
- déterminer s'il existe des signes cliniques d'adaptation à l'effort d'endurance au cours de la saison ;
- retrouver à postériori les prémices de désordres apparus plus tard dans la saison ou en course (fatigue, trouble respiratoire, boiterie...).

La mesure du quotient respiratoire permettra de suivre l'adaptation du métabolisme énergétique à l'entraînement d'endurance dans le cas d'un régime alimentaire enrichi en matières grasses.

Durée de la recherche : 1 an rang de l'année de recherche / nombre d'années totales : 1/1

Publications scientifiques prévues :

Communication dans des congrès et revues professionnels

Vulgarisation des résultats :

Présentation des résultats aux cavaliers d'endurance lors du forum endurance annuel

Valorisation des résultats – impact sur l'innovation et l'attractivité des territoires (préciser les enjeux du projet pour la filière en matière d'innovation ou d'attractivité des territoires ruraux) :

Liste du personnel de la structure d'accueil concerné :

Anne-Gaëlle GOACHET, , ingénieur doctorante, ENESAD
10 étudiants de l'équipe d'endurance de l'ENESAD
Claire SIVRY et Bernard CHATEAU, animaliers, ENESAD.
Laure MARTIN, ingénieur de recherche-vétérinaire, ENESAD
Caroline CHEVASSUS, ingénieur d'étude - responsable de la station expérimentale, ENESAD
Stagiaire : soit un étudiant de Master en « nutrition et santé », soit un ingénieur en agronomie.

Jean-Louis LECLERC, entraîneur des Equipes de France d'Endurance

Collaborations externes (fournir attestation des scientifiques concernés) : sans objet

Action de recherche n° 2

Intitulé de l'action de recherche : Evolution de la physiologie digestive avec l'entraînement

Nom du responsable de l'action de recherche : Véronique JULLIAND

Adresse : 26, Bd Dr Petitjean, BP 87999, 21079 DIJON CEDEX

Tél : 03 80 77 25 59 Fax : 03 80 77 25 84

e-mail : v.julliand@enesad.fr

Problématique :

Chez le cheval d'endurance, l'utilisation de l'énergie de la ration est un facteur clé de la performance et dépend notamment des phénomènes qui se déroulent au niveau du tractus digestif. Or, il a été démontré que l'activité physique pouvait influencer l'efficacité de la digestion chez le cheval athlète. Pour certains auteurs, l'activité physique provoquerait une baisse de la digestibilité des aliments (Pagan et al. 1998 ; Katsuki et al. 1998 ; Bergero et al., 2002), expliquée par un temps de transit plus court chez le cheval à l'effort. Pour d'autres, elle entraînerait une meilleure digestibilité de la ration (Orton et al., 1985). Face à ces données contradictoires, nous avons initié des travaux pour mesurer l'impact de l'entraînement d'endurance sur la digestibilité de la ration, sur le temps de rétention des digesta et sur la microflore digestive du cheval. Nos résultats ont montré qu'avec une ration 70% foin (NDF : 63,8%, ADF : 35,9%) et 30% concentrés (NDF : 40%, amidon : 22%, MG : 2%), la digestibilité de la MO et des fractions pariétales (NDF et ADF) était augmentée lorsque le niveau d'entraînement des chevaux

augmentait. Ceci ayant probablement un impact favorable sur l'utilisation énergétique de la ration.

Une spécificité de l'alimentation du cheval d'endurance est la supplémentation en Matière Grasse pour augmenter la densité énergétique de la ration sans augmenter l'apport de glucides rapidement fermentescibles. Ceci pourrait en outre favoriser l'utilisation des lipides pendant l'effort, éviter l'hypoglycémie relative à un repas riche en glucides sous l'action de l'insuline, et réduire les pertes d'eau par sudation... (Essen-Gustavsson et al., 1991; Kronfeld et al., 1994; Hoyt et al., 1995; Pagan et al., 2002). Cependant certains auteurs ont observé une baisse de l'ingestion de fourrages et de la digestibilité des fibres avec des rations riches en lipides (Bush et al., 2001 ; Jansen, 2000, 2002), même si d'autres n'ont montré aucune perturbation (Holland and Cuddeford, 1992; Kronfeld et al., 2004).

Est-ce que les résultats de digestibilité que nous avons observés avec un régime non enrichi en MG resteraient identiques avec une supplémentation en MG ?

Objectif de l'action de recherche :

Mesurer l'évolution de la digestibilité d'une ration enrichie en MG et de ses facteurs explicatifs en fonction de l'entraînement à l'endurance.

Méthodes :

Des mesures de digestibilité, de temps de transit et d'activité microbienne seront réalisées au repos et après chaque épreuve d'endurance.

La digestibilité totale apparente des constituants de la ration (MS, MO, NDF, ADF, énergie brute) sera mesurée par récolte partielle des fèces, pendant quatre jours consécutifs, à raison de deux échantillons par jour (après la fin de l'ingestion des repas de concentrés, soit vers 8h15 et 17h45).

Le temps de transit du foin, du concentré et de la phase liquide dans le tube digestif sera mesuré par collecte partielle des fèces toutes les 2 heures pendant 54 heures.

Le dénombrement des différentes flores bactériennes (anaérobie totale, lactico-lytique, amylolytique et cellulolytique) et la mesure de l'activité microbienne (pH, AGV et acide lactique) seront effectués sur des échantillons de fèces collectées la semaine des mesures de digestibilité et transit, quatre heures après le repas du matin.

Les valeurs de digestibilité, de temps de transit et d'activité microbienne après 3 mois (course 1) et 6 mois (course 2) d'entraînement à l'endurance seront d'une part comparées aux valeurs obtenues en début de saison sur chaque cheval, d'autre part aux valeurs obtenues les années précédentes sur des chevaux entretenus avec un régime sans matière grasse.

Résultats attendus :

Disposer de données concernant l'impact de l'entraînement sur la digestion (digestibilité des parois végétales en particulier, transit des digesta et flore digestive) d'un régime supplémenté en MG,

Même si les extrapolations seront à considérer avec prudence, la comparaison aux données obtenues précédemment avec un régime non supplémenté en MG permettra d'estimer d'une part l'impact des MG sur la digestion, d'autre part les interactions avec l'entraînement.

Durée de la recherche : 1 an rang de l'année de recherche / nombre d'années totales : 1/1

Publications scientifiques prévues :

1 article dans une revue internationale à comité de lecture

Communication dans des congrès nationaux (JRE, journées AVEF) et internationaux (ICEEP 2010)

Vulgarisation des résultats :

Présentation des résultats aux cavaliers d'endurance lors du forum endurance (février 2009)

Note d'information sur les sites dédiés à l'endurance

Valorisation des résultats :

Les résultats pourront servir de base à l'élaboration de recommandations alimentaires plus adaptées à la physiologie digestive du cheval d'endurance de haut niveau.

Liste du personnel de la structure d'accueil concernée :

Scientifiques : Goachet AG, Julliard V, Martin L et Philippeau C

Ingénieurs et Techniciens animaliers : Château B, Chevassus C, et Sivry C

Ingénieurs et Techniciens de laboratoire : Jacotot E, De Vos Franzin MC

Stagiaires : soit un étudiant de Master en « nutrition et santé », soit un ingénieur en agronomie.

Collaborations externes (fournir attestation des scientifiques concernés) : sans objet

Action de recherche n° 3

Intitulé de l'action de recherche :

Evolution du statut hydro-électrolytique des chevaux d'endurance avec l'entraînement et l'effort

Nom du (ou des) responsable(s) de l'action de recherche : Céline ROBERT

Adresse : ENVA, 7, av. du Gal de Gaulle, 94704 MAISONS-ALFORT cedex

Tel : 01 43 96 70 85.....Fax : 01 43 96 31 62

e-mail : crobert@vet-alfort.fr

Problématique :

L'effort d'endurance est à l'origine d'une forte production de chaleur qui nécessite la mise en place des mécanismes de thermorégulation, la transpiration étant le principal. Sur une épreuve de 10 heures, on estime qu'un cheval peut perdre jusqu'à 50l de sueur (Carlson 1983), soit le même volume d'eau, mais aussi 300 g de sodium, 550 g de chlore et 120 g de potassium. Ces pertes hydro-électrolytiques sont la principale cause des désordres métaboliques qui affectent en moyenne 10% des chevaux partants sur des épreuves de 120 à 160 km (Robert 2002).

Les mesures réalisées sur les courses montrent que l'effort induit des changements significatifs dans les concentrations plasmatiques en électrolytes, mais, excepté pour le potassium, les valeurs restent en général dans les normes (Deldar et al. 1982, Snow et al. 1982, Sloet et al. 1991, Schott et al. 1997). Quelques études réalisées sur des courses de 100 km ou plus rapportent néanmoins des pertes significatives (Rose et al. 1980, Ralston et Larson 1989), essentiellement pendant la première étape de la course (Lindinger et Ecker 1995).

Les pertes électrolytiques ne semblent pas différer significativement entre les chevaux à l'arrivée et ceux éliminés sur une épreuve de 160 km. Seul le calcium (total et ionisé) serait diminué chez les performers alors qu'il reste inchangé chez les éliminés (Schott et al. 2006). A l'inverse, Lindinger et Ecker (1995) ont montré que les meilleurs chevaux d'une 160 km étaient capables de maintenir leur équilibre hydro-électrolytique. Dans une autre étude, les chevaux engagés sur une épreuve de 159 km avaient des concentrations plasmatiques en sodium, chlore, bicarbonates et calcium avant la course plus faibles que les chevaux engagés le même jour sur des épreuves plus courtes. Les chevaux classés sur cette course avaient en revanche une natrémie supérieure à celle des chevaux éliminés (Barton et al. 2003).

Par ailleurs, il a été montré que 5 semaines d'entraînement sur tapis roulant entraînaient une hypervolémie associée à une diminution des clairances osmotique, de l'urée et du sodium (McKeever 1987). Nous avons également observé une hypervolémie (diminution de l'hématocrite et du nombre d'hématies) ainsi qu'une augmentation de la natrémie et de la pression osmotique (Robert 2007) sur les chevaux de l'Equipe de France d'endurance en fin de préparation pour une épreuve de championnat.

Toutes ces études tendent à montrer qu'il existe un effet de l'entraînement sur l'équilibre hydro-électrolytique et que l'état de ce dernier pourrait interférer avec la performance en course. Néanmoins, le mécanisme de ces adaptations à l'effort demeure inconnu et les données bibliographiques ne vont pas toutes dans le même sens.

Une explication potentielle de ces divergences de résultats tient dans la nature des prélèvements effectués. En effet, les concentrations plasmatiques en électrolytes reflètent assez mal ce qui se passe au niveau du corps (Carlson 1987) car il existe des mécanismes de régulation qui maintiennent les concentrations relativement constantes (Ralston 1992). Par ailleurs, les électrolytes du sérum de cheval sont peu stables et les conditions de prélèvement et de conservation des échantillons sanguins influencent significativement les résultats (Ralston 1992, Lopez et al. 2006). Seul le ionogramme urinaire permet d'appréhender l'équilibre hydro-minéral (Ralston 1992, Berman 2003).

Objectif de l'action de recherche :

Evaluer les modifications du statut hydro-électrolytique à l'entraînement et en course.

Ces données sont indispensables pour adapter la supplémentation hydro-électrolytique pendant la période d'entraînement et pendant les épreuves afin de contribuer à prévenir l'apparition de troubles métaboliques en course.

Méthodes :

Le protocole sera mis en œuvre sur les chevaux de l'ENESAD (cf. fiche d'action n°1) dont les apports alimentaires seront connus et maîtrisés.

Des prélèvements de sang et d'urine seront effectués en début de saison, après 2 mois d'entraînement (test d'effort n°1b), avant, pendant et après la 1^{ère} épreuve de 120 km, 6 semaines après la remise au travail (test d'effort 2b), avant, pendant et après la 2^{ème} épreuve de 120 km.

Excepté lors des courses, les prélèvements seront effectués entre 3 et 6 heures après la prise du repas du matin, car les concentrations urinaires en électrolytes sont très sensibles à l'apport alimentaire (Ralston 1992). Une attention particulière sera apportée à la conservation des échantillons

(centrifugation, contrôle de la descente en température, conservation sous régime du froid et réduction des délais d'acheminement), les paramètres dosés étant particulièrement sensibles à l'hémolyse.

Paramètres dosés :

Sang : Ht, solides totaux, urée, Alb, Na, Cl, Ca ionisé, K, P, Mg, HCO₃, Osm, cortisol

Urine : Ca, P, Mg, Na, K

Résultats attendus :

Cette action de recherche devrait contribuer à :

- connaître les variations physiologiques du statut hydro-électrolytique avec l'entraînement et l'effort
- établir dans quelle mesure les concentrations urinaires sont corrélées aux concentrations plasmatiques en électrolytes
- mieux comprendre la pathogénie des désordres hydro-électrolytiques observés en course

Durée de la recherche : 1 an rang de l'année de recherche / nombre d'années totales : 1/1

Publications scientifiques prévues :

1 article dans une revue internationale à comité de lecture

Communication dans des congrès nationaux (JRE, journées AVEF) et internationaux (ICEEP 2010)

Vulgarisation des résultats :

Présentation des résultats aux cavaliers d'endurance lors du forum endurance (février 2009)

Note d'information sur les sites dédiés à l'endurance

Valorisation des résultats :

Les résultats obtenus fourniront des éléments objectifs pour conseiller les cavaliers quant à la nécessité de supplémenter leurs chevaux en électrolytes pendant la période d'entraînement et pendant les épreuves.

Liste du personnel de la structure d'accueil concerné (chercheurs, enseignants-chercheurs et techniciens):

Céline ROBERT, Maître de conférences à l'ENVA

Aude GIRAUDET, Ingénieur de Recherche à l'ENVA

2 étudiants vétérinaires dans le cadre de leur thèse de Doctorat Vétérinaire

Collaborations externes (fournir attestation des scientifiques concernés) :

Laboratoire Départemental Frank Duncombe pour les dosages

Action de recherche n° 4

Intitulé de l'action de recherche :

Fonction mitochondriale musculaire : effet de l'entraînement et de l'activation des neutrophiles

Nom des responsables de l'action de recherche : Didier SERTEYN, Dominique VOTION

Adresse : Centre Européen du Cheval de Mont-le-Soie

N°1 Mont-le-Soie, 6690 Vielsalm

Tel : +3280216556 Fax : +3280672356

e-mail : didier.serteyn@ulg.ac.be

Objectif de l'action de recherche : Déterminer les effets de l'entraînement et de l'activation des neutrophiles induites par la compétition sur le fonctionnement mitochondrial évalué par l'activité du complexe I et la respiration cellulaire au niveau musculaire

Présentation des partenaires :

- Le Centre Européen du cheval de Mont-le-Soie (MLS) assure depuis plusieurs années le suivi de l'équipe nationale belge d'endurance et développe un programme de suivi de jeunes chevaux d'endurance élevés en région Wallonne (18 chevaux dans des conditions standardisées) (Administrateur: Prof D. Serteyn).
- Le Centre de l'Oxygène, Recherche et Développement (CORD) créé en 1991 regroupe plus de 30 chercheurs et techniciens issus de plusieurs secteurs des facultés des sciences, de médecine et de médecine vétérinaire de l'Université de Liège autour d'une thématique commune : l'implication

des formes activées de l'oxygène et de l'azote (RNOS) en pathologie humaine et vétérinaire ainsi qu'en physiologie et biologie cellulaire et moléculaire (Directeur : Prof. D. Serteyn).

Nos travaux récents ont montré qu'il se produisait une activation des neutrophiles lors des compétitions de haut niveau (Serteyn et al., 2006 ; Art et al. 2006). La MPO est une enzyme spécifique des polymorphonucléaires neutrophiles relarguée dans le milieu extracellulaire lors de l'activation de ceux-ci. L'enzyme active est capable de produire de l'HOCl à partir de l'H₂O₂ découlant de l'anion superoxyde généré par l'activité de la Nadph-Oxydase. L'HOCl est probablement l'oxydant le plus puissant généré in vivo mais la MPO est aussi capable de nitrer de nombreux composants biologiques. Lors de leur activation, les neutrophiles produisent donc un réel stress oxydant de part l'activité conjointe de la Nadph-Oxydase et de la Myéloperoxydase. La production des formes activées de l'Oxygène pourraient altérer le fonctionnement mitochondrial notamment par l'oxydation des fonctions thiols des enzymes et substrats de la chaîne respiratoire ainsi que des systèmes anti-oxydants. D'autre part, lors de la dégranulation de neutrophiles, il se produit également une libération de phospholipase et surtout protéases qui peuvent contribuer au dysfonctionnement de la cellule musculaire. Nous disposons également d'un dosage ELISA spécifique de l'élastase équine neutrophilaire. Des variations de cette dernière sont observées également lors de l'effort physique intense (résultats non publiés). L'action de recherche 5 a, entre autre, comme objectif de préciser les conditions d'apparition de la réaction inflammatoire et de préciser si elle exerce des effets néfastes au niveau des muscles par l'augmentation de la rhabdomyolyse.

Méthodes : Les chercheurs de MLS en partenariat avec le CORD disposent de techniques validées et originales pour atteindre les objectifs. La technologie SIEFED (Specific Immuno-extraction followed by enzymatic detection) permet de mesurer l'activité de la myéloperoxydase (WO/2005/075986) et l'activité du complexe I mitochondrial dans des microbiopsies musculaires (Franck et al., 2005, Franck et al., 2006). L'oxymétrie haute résolution permet de mesurer la respiration mitochondriale au sein de microbiopsies sans extraction préalable des mitochondries (Votion et al., 2007 a,b).

Les prélèvements sanguins et les microbiopsies musculaires seront coordonnés avec l'ensemble du programme (action N°1). A titre d'exemple :

- Prélèvements de microbiopsies musculaires sur 8 chevaux aux T0 avant entraînement, T1, T2 pendant la phase d'entraînement (avant tests d'effort) et T3, T4 après la compétition (1h). Dosage de la concentration total en MPO (ELISA), activité de la MPO et du Complexe I mitochondrial (SIEFED), respiration mitochondriale.
- Prises de sang (9) : T0, T1, T2 (avant et après effort standardisé), T3, T4 (avant et après la compétition). Dosage de la MPO (ELISA) à mettre en relation avec les autres paramètres sanguins (par exemple enzymes musculaires et formule sanguine) (cf action 5 et 3).

Résultats attendus :

La réalisation du protocole nous permettra de répondre aux objectifs décrits. La mesure de la respiration mitochondriale sur des microbiopsies musculaires varie-t-elle en fonction de la condition physique et si oui, les cavaliers disposeront alors d'un test nouveau, fiable et original pour évaluer la condition physique ?

En outre, si la réaction inflammatoire observée lors d'efforts intenses perturbe la fonction mitochondriale, il sera utile de connaître les circonstances d'apparition (cf fiche d'action 5) afin de pouvoir la moduler et améliorer les performances.

Plusieurs dérivables seront disponibles après cette recherche : des kits de dosage rapides pour le dosage de la MPO ou de l'élastase des neutrophiles.

Perspectives 2009

En fonction des résultats observés, les analyses seront étendues à un plus grand nombre de chevaux de haut niveau dans des conditions de travail différentes afin de vérifier si la mesure de la fonction mitochondriale est un bon marqueur de la condition physique. En outre, lors d'élimination en course, des biopsies musculaires seront réalisées pour vérifier si, au cours de la compétition, une altération de la fonction mitochondriale peut être la cause de l'élimination.

Durée de la recherche : 1 an rang de l'année de recherche / nombre d'années totales : 1/2

Publications scientifiques prévues : 2 publications de haut niveau

Vulgarisation des résultats : Congrès et publication dans les journaux équestres

Valorisation des résultats : Biotechnologie équine par la conception, la production et la commercialisation de kits de dosage

Liste du personnel de la structure d'accueil concerné :

Enseignants-chercheurs : D. Serteyn,

Chercheurs : D. Votion, A. Mouytis-Mickalad, T. Franck, S. Kohnen, G de la Rebière, JP Lejeune

Techniciens : A Niesten

Collaborations externes (fournir attestation des scientifiques concernés) : sans objet

Action de recherche n° 5

Intitulé de l'action de recherche :

Adaptation musculaire à l'entraînement et à l'effort de type course et mécanismes contribuant à l'apparition d'inflammation et de lésions musculaires

Nom des responsables de l'action de recherche : Tania ART, Audrey FRAIPONT

Adresse : Service de Physiologie, Centre de Médecine Sportive Equine.

Faculté de Médecine Vétérinaire. Université de Liège.

Bld de Colonster n° 20, Bât B42

4000 Liège. Belgique

Tel : 003243664030

Fax : 003243662935

e-mail : audrey.fraipont@ulg.ac.be

tatiana.art@ulg.ac.be

Problématique :

La plupart des chevaux participant à une course d'endurance présentent des taux plasmatiques en enzymes musculaires fortement élevés, surtout chez les chevaux éliminés pour raison métabolique (Sloet van Oldruitenborgh-oosterbaan *et al.*, 1991 ; Barrey *et al.*, 2006 ; Schott *et al.*, 2006).

Ce phénomène pourrait être physiologique chez des chevaux sains lors d'exercice de longue durée : l'augmentation des concentrations sanguines de la CPK, de l'AST et de la myoglobine serait apparemment due à une augmentation de la perméabilité du sarcolemme (Valberg *et al.*, 1993). Les valeurs de références des activités des enzymes musculaires, vu leur forte concentration chez tous les chevaux d'endurance, devraient être spécifiquement adaptées à cette discipline (Rose *et al.*, 1979 ; Barton *et al.*, 2003). Dans une étude menée par Barrey et collaborateurs (2006), les concentrations plasmatiques en enzymes musculaires étaient très élevées chez les chevaux éliminés lors d'une course d'endurance, et certains d'entre eux présentaient des signes cliniques de douleurs musculaires. De nombreuses études ont investigué les désordres métaboliques ou structurels apparaissant lors de pathologies musculaires telles que la rhabdomyolyse d'exercice récurrente (RER ; Valberg *et al.*, 1999a ; Mlekoday *et al.*, 2001) et la myopathie de stockage des polysaccharides (PSSM ; Valberg *et al.*, 1999b ; Quiroz-Rothe *et al.*, 2002 ; Firshman *et al.*, 2003). La composante génétique de la RER et de la PSSM a également été investiguées au cours d'études de familles (Valberg *et al.*, 1996 ; Macleay *et al.*, 1999 ; Dranchak *et al.*, 2005).

Cependant le *primum novens* et les mécanismes de mise en place de la rhabdomyolyse d'exercice ne sont pas encore élucidés. C'est pourquoi, en complément à la biochimie et l'hématologie sanguines, l'approche génomique pourrait nous aider à mieux comprendre ce type de désordre musculaire chez les chevaux d'endurance. Chaque adaptation physiologique est le résultat de changements métaboliques dans lesquels les protéines de structures et les enzymes sont impliquées. Toutes ces synthèses protéiques et ces régulations métaboliques sont sous l'influence de gènes qui sont sur- ou sous-exprimés. En conséquence, les modulations d'expression de gènes dans les cellules sanguines, musculaires ou pulmonaires qui seront prélevées au cours de cette étude devraient refléter le stress physiologique rencontré lors d'effort d'endurance et permettre une meilleure compréhension des mécanismes d'apparition et d'action du stress inflammatoire ainsi que les mécanismes d'adaptation du métabolisme musculaire du cheval d'endurance à l'entraînement et en course.

Objectif de l'action de recherche :

Par cette étude de suivi longitudinal,

- évaluer les modifications apparaissant au niveau musculaire chez le cheval d'endurance à l'entraînement et en course, sur un plan histologique, enzymatique et transcriptomique ;

- contribuer à une meilleure compréhension des mécanismes moléculaires régissant les adaptations musculaires à l'effort et à l'entraînement ainsi que les modifications survenant lors d'éventuelles pathologies ;
- sélectionner les examens les plus fiables, performants et rentables pour aider à l'évaluation du niveau d'entraînement et au diagnostic d'anomalies musculaires ;
- déterminer les paramètres et gènes d'intérêt pour une détection précoce et précise de certaines anomalies musculaires.

Méthodes pour l'année 2008 :

- Chevaux : voir détail dans le programme général
- Seront effectués sur ces chevaux des prélèvements de muscles (par microbiopsies du muscle *gluteus medius* et du chef long du triceps brachial), de sang et de lavage broncho-alvéolaire (LBA) en début de saison (février 2008, chevaux non entraînés), après 8 semaines d'entraînement et ce avant et après un test d'effort standardisé de 30 km sur piste, 1 mois plus tard avant et après un test d'effort standardisé sur piste de 3x30 km et 3 semaines plus tard avant et après une course réelle de CEI** ainsi qu'après 2 semaines de récupération
- Paramètres analysés :
 - Sur le muscle : coupes histologiques sous différentes coloration (types de fibres, état des cellules, présence de neutrophiles et/ou de macrophages, densité capillaire), activité des différentes enzymes impliquées dans le métabolisme musculaire, activité de la myéloperoxidase (MPO), extraction d'ARN et mesure de l'expression de différents gènes impliqués dans l'inflammation et le métabolisme cellulaire (grâce à un microarray)
 - Sur le sang : formule leucocytaire, dosage de l'hématocrite, de certaines protéines de l'inflammation (fibrinogène, MPO, haptoglobine, métalloprotéinases de matrice), de l'activité des enzymes musculaires (CK, AST, LDH), du stress oxydant (capacité anti-oxydante hydrophile, capacité anti-oxydante lipophile, lipides oxydés, protéines oxydées), des protéines totales et ions (Na, K, Cl, Mg, Ca, P), extraction de l'ARN des cellules sanguines et mesure de l'expression des différents gènes grâce à un microarray
 - Sur le LBA : cytologie (lecture d'une lame colorée, différenciation et comptage cellulaire), lame de Thomas (dénombrement cellulaire total), dosage de la MPO (mise en rapport avec le nombre de neutrophiles)

Résultats attendus :

- Détermination des examens les plus intéressants dans l'étude de l'adaptation musculaire à l'entraînement et à l'effort de type course d'endurance
- Meilleure compréhension des mécanismes de mise en place de ces adaptations et d'apparition de lésions et d'inflammation musculaires

Durée de la recherche : 2 ans rang de l'année de recherche / nombre d'années totales : 1/2

Publications scientifiques prévues fin 2009:

2 publications dans des revues avec lecteurs
1 thèse de doctorat

Vulgarisation des résultats de 2008:

AVEF, PVE, NPE

Présentation des résultats aux cavaliers d'endurance lors du forum endurance (février 2009)

Note d'information sur les sites dédiés à l'endurance

Valorisation des résultats :

Liste du personnel de la structure d'accueil concerné :

Tatiana ART, professeur de physiologie à la Faculté Vétérinaire de Liège

Audrey FRAIPONT, doctorante à la Faculté Vétérinaire de Liège

Collaborations externes (fournir attestation des scientifiques concernés) : sans objet

Action de recherche n° 6

Intitulé de l'action de recherche :

Adaptation des capacités sportives et étude de la fonction cardio-respiratoire à l'entraînement et à l'effort de type course chez le cheval d'endurance.

Nom du (ou des) responsable(s) de l'action de recherche : Emmanuelle van Erck, Tania ART

Adresse : Centre de Médecine Sportive Equine.

Faculté de Médecine Vétérinaire. Université de Liège.

Bld de Colonster n° 20, Bât B42

4000 Liège. Belgique

CIRALE - Médecine Sportive

La Fromagerie

14430 Goustranville, France

Tel : 0032 497 24 86 84

e-mail : emmanuelle.vanerck@skynet.be

tatiana.art@ulg.ac.be

Problématique :

Si les adaptations cardio-respiratoires avec l'entraînement sont bien documentées chez les chevaux de course, qu'ils soient Pur sang ou trotteurs, aucune étude n'a été menée sur les modifications cardio-respiratoires des chevaux d'endurance.

A l'heure actuelle donc, peu de données ont été publiées sur la fonction cardiovasculaire des chevaux d'endurance en course, hormis les fréquences cardiaques enregistrées aux contrôles vétérinaires, qui s'effectuent entre des phases d'effort intense (Rose et al., 1983, Robert et al., 2002). Des conditions climatiques et des parcours difficiles, un niveau de préparation physique insuffisant, l'apparition de désordres hydro-électrolytiques et la déshydratation sont des facteurs fréquemment rencontrés en course d'endurance et qui peuvent prédisposer les chevaux à développer des troubles cardiaques. L'existence d'une souffrance du myocarde a récemment été mise en évidence par le dosage de concentrations anormalement élevés de troponine cardiaque de type I (cTnI) chez les athlètes équins participant à différentes compétitions d'endurance de 80 à 160 km (Holbrook et al., 2006). Cette constatation n'a pu être mise en relation avec l'existence de troubles métaboliques ou cardiaques post-effort lors de cette étude. Chez les athlètes humains réalisant un effort de forte intensité, l'augmentation de la cTnI s'accompagne de troubles de la contractilité détectables à l'échocardiographie (Rifai et al. 1999).

Bien qu'étant le premier facteur limitant à l'effort maximal chez l'athlète équin sain (Art et al., 1986), le système respiratoire est rarement considéré comme tel chez le cheval au cours d'un effort de type endurance. Cependant les affections respiratoires jouent un rôle dans le développement de certains troubles métaboliques. Les résultats préliminaires d'une étude en cours semblent montrer que les chevaux d'endurance atteints d'affections respiratoires ont des paramètres sportifs inférieurs à ceux des chevaux sains (Projet Haras Nationaux MSHN). Les implications que ces données peuvent avoir sur des chevaux en compétition restent indéterminées. Par ailleurs, après une compétition, les chevaux d'endurance présentent une chute de l'immunité qui peut prédisposer au développement de maladies infectieuses respiratoires (Tyler et al., 1996 ; Robson et al., 2003). Ces affections respiratoires subcliniques pourraient retarder la récupération des chevaux, compromettre la poursuite de l'entraînement entre les compétitions et limiter leurs performances ultérieures. Les mécanismes d'apparition de l'ensemble de ces troubles, et dès lors leur possible prévention, sont encore peu élucidés.

Objectif de l'action de recherche :

- Déterminer l'évolution de paramètres sportifs standardisés au cours des différentes phases d'une saison de préparation et de compétition.
- Evaluer les adaptations morphologiques et fonctionnelles cardiaques des chevaux d'endurance au cours de leur phase de préparation à la compétition et déterminer les répercussions d'une course sur la fonction cardiovasculaire.
- Evaluer les adaptations de la fonction respiratoire des chevaux d'endurance au cours de leur phase de préparation à la compétition et suivre les répercussions d'une course sur le système respiratoire, en particulier le statut inflammatoire et immunitaire.

Méthodes pour l'année 2008 :

- Chevaux : voir détail dans le programme général
- Seront effectués sur ces chevaux des échocardiographies-Doppler, des analyses d'électrocardiographie, des tests de fonction respiratoire ainsi que des prélèvements respiratoires en

début de saison (février 2008, chevaux non entraînés), après 4 semaines d'entraînement et ce avant et après un test d'effort standardisé de 30 km sur piste, 5 semaines plus tard avant et après un test d'effort standardisé sur piste de 3x30 km et 3 semaines plus tard avant et après une course réelle de CEI** ainsi qu'après 2 semaines de récupération

- Paramètres analysés :

- Mesure de la consommation en oxygène (VO₂) et des paramètres de ventilation à l'entraînement lors des tests d'effort standardisés et suivi de son évolution au cours d'une saison (en coordination avec l'action n°1)
- Suivi par échocardiographie-Doppler des adaptations morphologiques et fonctionnelles au cours d'une saison
- Evaluation de l'activité cardiaque à l'effort par enregistrement et analyse des ECG lors des tests sportifs standardisés de 30km, de 3x30 km et des compétitions
- Sur les prélèvements respiratoires (LT et LBA, voir Action 5) : bactériologie du LT, cytologie, dosage de la MPO sur LBA et recherche virale (RT-PCR)

Résultats attendus :

- Détermination des adaptations physiologiques cardio-respiratoires à l'entraînement et à l'effort de type course d'endurance
- Evaluation longitudinale de l'évolution de paramètres sportifs objectifs avec l'entraînement au cours d'une saison
- Meilleure compréhension des mécanismes de mise en place de ces adaptations et d'apparition de troubles cardio-respiratoires

Durée de la recherche : 2 ans rang de l'année de recherche / nombre d'années totales : 1/2

Publications scientifiques prévues :

2 publications avec revues par des lecteurs

Vulgarisation des résultats :

Publication dans une ou plusieurs revues vétérinaires (PVE, NPE)

Présentation des résultats aux cavaliers d'endurance lors du forum endurance (février 2009)

Note d'information sur les sites dédiés à l'endurance

Valorisation des résultats :

Soumission des résultats à des congrès vétérinaires (AVEF, BEVA, ICEEP) et publications scientifiques dans des revues de haut niveau

Liste du personnel de la structure d'accueil concerné :

Emmanuelle VAN ERCK, consultante en médecine sportive à la Faculté Vétérinaire de Liège et au CIRALE

Tatiana ART, professeur de physiologie à la Faculté Vétérinaire de Liège

Audrey FRAIPONT, doctorante à la Faculté Vétérinaire de Liège

Collaborations externes (fournir attestation des scientifiques concernés) :

Dominique VOTION, chercheur au Centre Européen du cheval à Mont-le-Soie (cf. fiche n°4)

Guillaume Fortier, Laboratoire Départemental Franck Duncombe à Caen

4) Liste des publications

Revue scientifique :

Art T., Franck T, Gangl M, Votion D., Kohnen S, Deby-Dupont G, Serteyn D. Plasma concentrations of myeloperoxidase in endurance and 3-day event horses after a competition. (2006) Equine Vet J Suppl. 36:298-302.

Art T., Duvivier D.H., van Erck E., de Moffarts B., Votion D., Bedoret D., Lejeune J.P., Lekeux P., Serteyn D. (2006) Validation of a portable equine metabolic measurement system. Equine Vet. J., Suppl. 36, 557-561.

Franck T, Kohnen S, Deby-Dupont G, Grulke S, Deby C, Serteyn D. A specific method for measurement of equine active myeloperoxidase in biological samples and in in vitro tests. (2006) J Vet Diagn Invest. 18:326-34.

van Erck E., Serteyn D., Art T. (2007) Evaluation of oxygen consumption during field exercise tests in Standardbred trotters. Equine Comparative and Exercise Physiology 4(1), 43-49.

Varloud M., De Fombelle A., Goachet A.G., Drogoul C., And Julliard V. (2004) Partial and total apparent digestibility of carbohydrates in horses are affected by diet. Animal Science. 79 : 61-72.

Votion DM, Navet R, Lacombe VA, Sluse F, Essén-Gustavsson B, Hinchcliff KW, Rivero JLL, Serteyn D., Valberg SJ. (sous presse) Muscle energetics in exercising horses. Equine and Comparative Exercise Physiology.

Congrès internationaux :

Goachet AG., Poncet C., Boisot P., Courouze A. And Julliard V., (2006) Feed digestibility, passage rate and fecal microflora in horses conditioned to perform 60 and 90 km endurance races. Proceedings of the 7th International Conference on Equine Exercise Physiology, Fontainebleau, France.

Leclerc, J. L. and C. Robert (2006). Use of electrolytes during long distance endurance rides: about the French experience. 7th International Conference on Equine Exercise Physiology, Fontainebleau (France), 13.

Congrès nationaux, techniques ou professionnels :

Goachet A-G., (2006) Us et coutumes vs nutrition raisonnée du cheval d'endurance. Conférence invitée, Journées de l'AVEF, Versailles, 8p

Robert, C. (2007). Bilans sanguins chez le cheval d'endurance : intérêt dans le suivi de l'entraînement et de la performance en course. Conférence invitée, Journées de l'AVEF, Deauville. 134-139.