

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Abd El Hamid Ibn Badis - Mostaganem**



**Faculté des Sciences de la nature et de la vie**  
**Département d'Agronomie**

**Mémoire de fin d'études**  
**En vue de l'obtention du diplôme de**  
**Master En Agronomie**

**Spécialité : Génétique et Reproduction animale.**

**THEME :**

**ÉTUDE MORPHOMÉTRIQUE DU CHEVAL  
D'ENDURANCE DE RACE ARABE  
EN RELATION AVEC LA PERFORMANCE**

**Présenté par : DERGAL Marwa**

**Devant le jury :**

- |                                    |                    |
|------------------------------------|--------------------|
| - Président : Mr. DAHLOUM Lahowari | M.A.A U.MOSTAGANEM |
| - Encadreur : Mm. FASSIH Aicha     | M.A.A U.MOSTAGANEM |
| - Examineur : Mr. TAHRI Miloud     | M.A.A U.MOSTAGANEM |

**Thème réalisée au niveau de la jumenterie Chou-Chaoua de Tiaret**

**Année Universitaire : 2018- 2019**

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mon grand père et ma grande mère pour les valeurs qu'ils m'ont transmises pour leurs amours et encouragements.*

*A mes très chers parents qui ont fait beaucoup de sacrifices tout en veillant sur mon instruction pour que je sois un jour le digne de leur bonne foi. Aucun de mes mots ne saurait exprimer l'ampleur de ma reconnaissance. Merci pour votre soutien, que le tout puissant vous accorde une bonne santé et longue vie.*

*A mes frères et sœurs les plus chers en commençant par MOHAMED, OUSSAMA, YASSIN, MOUNA, ASMAA, SOUNDOUS.*

*A mes enseignants dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour leurs conseils, aides, et encouragements.*

*A mes amis et mes sœurs qui ont passé avec moi les moments les plus agréables à la cité universitaire.*

*A mes amies avec qui j'ai partagé les belles années du cycle universitaire*

*A tous ceux qui m'ont encouragé et aider de près et de loin pour réaliser ce modeste travail.*

*MARWA*

## *Remerciements*

*Au terme de ce modeste travail je tiens à :*

*Remercie vivement mon professeur Mme Fassih Aicha. Qui m'a guidé dans la rédaction de mon mémoire, merci pour votre encadrement, votre enseignement et vos précieux conseils.*

*Je tiens également à remercier messieurs les membres de jury pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant de siéger à mon soutenance.*

*Je tiens à remercier tout particulièrement :*

*Les Professeurs du Département d'agronomie et spécialement les professeurs de ce master celui de génétique et reproduction animale et plus spécialement le PR Halbouche Miloud pour son soutien.*

*Mes remerciements les plus chaleureux vont à :*

*Monsieur ABD EL MOUMEN MOHAMMED SAJD directeur de la jumenterie.*

*je tiens également à remercier les techniciens qui m'ont beaucoup aidés.*

*A l'ensemble du personnel travaillant dans la jumenterie, avec qui j'ai passé des jours de stage très agréables ;*

*L'ensemble des éleveurs que j'ai pu rencontrer, pour les sympathies et Merci pour votre aide, votre grande disponibilité ainsi que de m'avoir fait découvrir l'endurance équestre.*

*A toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce modeste travail, veuillez trouver ici l'expression de mes remerciements les plus sincères.*

*Encore merci*

## **Sommaire**

<b>Liste des tableaux.....</b>	<b>1</b>
<b>Liste des figures.....</b>	<b>2</b>
<b>Liste des abréviations.....</b>	<b>3</b>
<b>Liste des annexes.....</b>	<b>4</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>5</b>
<b>PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....</b>	<b>6</b>
<b>Chapitre 01 : Présentation de l'endurance équestre.....</b>	<b>6</b>
1.1. Origine de l'endurance équestre.....	6
1.2. Epreuves d'endurance équestre.....	7
1.2.1. Types d'épreuves.....	7
1.2.2. Déroulement des épreuves.....	8
1.2.3. Principales causes d'élimination.....	8.
<b>Chapitre 02 : Rappel physiologique de l'effort d'endurance.....</b>	<b>12</b>
2.1. Production d'énergie nécessaire à l'effort d'endurance.....	12
2.2. Consommation d'énergie produite par le muscle.....	13
2.2.1. Différents types de fibres musculaires.....	13
2.3. Thermorégulation lors de l'effort d'endurance.....	14
2.3.1. Production de chaleur au cours de l'exercice.....	14
2.3.2. Mécanismes de dissipation de la chaleur.....	15
<b>Chapitre 03 : Qualités du cheval d'endurance.....</b>	<b>18</b>
3.1. Races adaptées à l'endurance.....	18
3.2. Age.....	18
3.2. Age.....	18
3.3.	
Sexe.....	18
3.4. Qualités psychologiques.....	19
3.5. Qualités physiologiques.....	19
3.6. Qualités physiques.....	20
3.6.1. Morphologie.....	22

3.6.2. Allure.....	23
<b>Chapitre 04 : Critères de jugement de l'aptitude d'un cheval à l'endurance.....</b>	<b>24</b>
4.1. Performances et indices génétiques.....	24
4.1.1. Indice de performance.....	24
4.1.2. Indices génétiques.....	25
4.2. Les concours de modèles et allures.....	26
4.2.1. Organisation.....	26
4.2.2. Critères de jugement et grilles de pointages.....	26
<b>DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE.....</b>	<b>29</b>
<b>1. Matériels et méthodes.....</b>	<b>30</b>
<b>1.1. Population de l'étude.....</b>	<b>30</b>
<b>1.2. Protocol expérimentale.....</b>	<b>30</b>
1.2.1. Information sur les chevaux.....	30
1.2.2. Mensuration.....	31
<b>1.3. Traitement des données et analyses des résultats.....</b>	<b>32</b>
<b>2. Résultats.....</b>	<b>32</b>
<b>2.1. Etudes descriptives des résultats de l'étude.....</b>	<b>32</b>
2.1.1. Mensuration.....	32
<b>2.2. Evaluation de la performance.....</b>	<b>35</b>
<b>2.3. Etude analytique : relation entre les différents paramètres et la performance.....</b>	<b>36</b>
2.3.1. Relation mensuration-performance.....	36
<b>3. Discussion.....</b>	<b>38</b>
<b>3.1. A propos de la population et du protocole de l'étude.....</b>	<b>38</b>
3.1.1. La population d'étude.....	38
3.1.2. Les paramètres mesurés sur le terrain .....	38
3.1.2.1. Mensuration.....	38
3.1.2.1. Indice de performance.....	39
<b>3.2. Apports de l'étude.....</b>	<b>39</b>
3.2.1. Résultats morphométriques.....	39

3.2.1.1. Modèle morphométriques du cheval d'endurance moyen.....	39
3.2.1.2. Comparaison avec les autres disciplines .....	41
3.2.1.3. Relation entre les résultats morphométriques et la performance.....	42
<b>3.3. Perspective.....</b>	<b>43</b>
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>46</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>47</b>

## **LISTE DES TABLEAUX :**

**Tableau 1 : Classification des épreuves d'endurance équestre (FEA)**

**Tableau 2 : Valeur des indices de performance (2011 élaborée par l'INRA)**

**Tableau 3 : relation mensurations indices de performance**

**Tableau 4 : relation rapport morphométriques indices de performances**

**Tableau 5 : comparaison des résultats morphométriques de notre étude avec les résultats d'autres études.**

**Tableau 6 : comparaison des résultats morphométriques de notre étude avec les résultats d'autres études concernant d'autre discipline.**

## **LISTE DES FIGURES :**

**Figure 1 : Carte de suivi vétérinaire**

**Figure 2 : Participation relative des différentes voies métaboliques selon la discipline du cheval**

**Figure 3 : Représentation schématique de la filière aérobie**

**Figure 4 : surface corporelle par rapport au poids chez le cheval et chez l'homme**

**Figure 5 : Principaux modes d'échange de chaleur entre le cheval et son environnement**

**Figure 6 : Grille de jugement concours d'élevage à orientation endurance**

**Figure 7 : Description des principales mesures effectuées**

**Figure 8 : Distribution des chevaux en fonction de la hauteur au garrot HG (cm)**

**Figure 9 : distribution des chevaux en fonction de la longueur corporelle LC (cm)**

**Figure 10 : distribution des chevaux en fonction de l'épaisseur cutanée (mm)**

**Figure 11 : Grille du jugement proposée pour les concours modèles.**

## **Liste des annexes :**

**Annexe 1 : la morphologie du cheval**

**Annexe 2 : différents photos concernant le cheval et la course d'endurance**

**Annexe 3 : Feuille de résultats chiffrés après une autre analyse morphométrique par le logiciel EQUIMETRIX**

**Annexe 4 : Feuille de résultats graphiques après l'analyse morpho métrique par le logiciel EQUIMETRIX (étude morphométrique par l'ENVA)**

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

**FEA = Fédération Algérienne d'Equitation.**

**ACA = Association du Cheval Arabe.**

**ATP = Adenosine Triphosphate.**

**BLUP = Best Linear Unbiased Prediction**

**CCE = Concours Complet d'Equitation.**

**CNREE = Comité National des Raids Equestre d'Endurance.**

**CSO = Concours de Saut d'Obstacle.**

**ENVA = Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.**

**FEE = Fédération Française d'Equitation.**

**FEI = Fédération Equestre Internationale**

**HG = Hauteur au Garrot.**

**IC = Indice Corporel.**

**IS = Indice Surfaccique**

**INRA = Institut National de la Recherche Agronomique.**

**INSERM = Institut National de la Santé et Recherche.**

**IRE = Indices de performance en Raids d'Endurance.**

**IS = Indice surfaccique.**

**LC = Longueur Corporel.**

**NEC = Note d'Etat Corporelle.**

**OI = Origine Inconnue.**

**ONC = Origine Non Constatée.**

**PC = Pli Cutané.**

**PEE = Programme d'Elevage Endurance.**

**PT = Périmètre Thoracique.**

**S = Surface.**

**SHF = Société Hippique Française.**

**SIRE = Système d'Information Relatif aux Equidés.**

## INTRODUCTION :

Depuis des siècles, l'homme utilise les capacités sportives naturelles exceptionnelles du cheval au service de sa locomotion et ce sur des distances parfois très importantes. Le développement de cette capacité naturelle à soutenir un effort durant plusieurs heures, souvent vital (enjeux guerriers ou commerciaux), a guidé de manière très importante la filière équestre dès ses origines. Le cheptel actuel résulte de cette recherche incessante d'une endurance accrue.

L'intérêt des professionnels de la filière équine est d'identifier le plus tôt possible les chevaux performants afin d'éviter un investissement de temps et financier trop important sur des chevaux qui n'atteindront pas le niveau escompté. Aujourd'hui, le repérage de jeunes chevaux performants repose sur la performance des ascendants du cheval et sur son morphotype, c'est-à-dire sa morphologie et ses allures. La conformation et les allures d'un cheval sont les critères les plus anciens pour prédire la performance d'un jeune cheval. L'évaluation de ces critères se fait traditionnellement de manière subjective notamment lors de concours «Modèles et allures». Cependant, les données objectives concernant le cheval d'endurance sont inexistantes et les grilles de jugement utilisées dans les concours modèles et allures se basent sur des données empiriques.

Des plusieurs projets résultant de la collaboration des plusieurs équipes de recherche, a pour objectif d'identifier les biomarqueurs et les déterminants génétiques permettant de caractériser les aptitudes sportives à l'exercice aérobie en course d'endurance. Il devrait permettre d'améliorer les méthodes de pointage des épreuves d'élevage avec des critères réellement associés à la performance, de caractériser les profils phénotypiques et génétiques des chevaux les plus performants et de mettre au point un test génétique permettant d'évaluer l'aptitude génétique d'un jeune cheval destiné à l'endurance.

Le travail suivant comporte dans un premier temps une partie bibliographique afin de présenter l'endurance équestre, la physiologie de l'effort d'endurance, la qualité d'un cheval d'endurance

et les critères existants actuellement pour juger de l'aptitude d'un cheval à l'endurance. Dans un deuxième temps, une étude expérimentale portant uniquement sur l'aspect morphométrique. Cette étude propose de caractériser la morphologie du cheval d'endurance et de comparer un paramètre morphologique mesuré à la performance afin de proposer aux éleveurs et aux associations de race des critères objectifs et pertinents pour apprécier l'aptitude des jeunes chevaux destinés à l'endurance.

**PREMIERE PARTIE : ETUDE**

**BIBLIOGRAPHIQUE**

## Chapitre 01 : Présentation de l'endurance équestre

### 1.1. Origine de l'endurance équestre

Les raids guerriers sont à l'origine de l'endurance équestre. Le premier raid guerrier historique est attribué aux Hyksos venus d'Asie qui traversèrent la Syrie pour envahir l'Égypte. Le cheval a alors permis à des populations devenues nomades de conquérir d'autres territoires et de parcourir ainsi de très grandes étendues. Les chevaux utilisés lors de ces raids guerriers sont des petits chevaux réputés infatigables et adaptés à un environnement rude.

La France a connu le cheval arabe lors des batailles contre les Maures au **VIII<sup>ème</sup>** siècle puis lors des croisades au Moyen-Orient durant lesquelles la cavalerie légère et endurante de l'armée arabe sera toujours supérieure à la cavalerie lourde chrétienne. Beaucoup plus tard, Napoléon restaure les Haras en 1806 et utilise un cheval importé d'Égypte afin d'alléger sa cavalerie. Dès lors, le cheval arabe est donc utilisé comme améliorateur de race et en race pure.

Parallèlement à son utilisation guerrière, le cheval est utilisé pour la communication. La poste à cheval fut marquée par le Pony-express qui relia le Missouri à la Californie d'avril **1860** à octobre **1861**.

L'utilisation sportive fut très progressive. Les raids furent tout d'abord exclusivement pratiqués par les militaires pour l'entraînement puis des raids militaires sportifs se sont développés. Le premier raid militaire sportif organisé fut le raid Berlin-Vienne en **1892** où les participants devaient parcourir **120km** par jour pendant **5 jours** consécutifs. Beaucoup de chevaux meurent à la suite de la course, en raison du manque de connaissance de la physiologie sportive et de l'absence de contrôle vétérinaire. On remarque alors la supériorité des chevaux près du sang et orientaux. Ces raids furent ouverts aux civils dans les années **20**. Le réel début de l'endurance sportive se fera aux USA avec la création de la Tevis Cup en **1955**.

C'est seulement en **1975**, dans le Sud de la France que la discipline est apparue avec un premier raid de **130km** : le raid de Florac. En **1976**, le « Comité National des Raids Equestre d'Endurance » **CNREE** est créé et impose en **1980** des épreuves qualificatives. Les cavaliers français dominent la discipline au niveau mondial depuis les années **1990**, mais une participation croissante des pays du Moyen-Orient est observée. **Le sheikh Mohammed ben Rachid Al Maktoum** a largement investi dans l'achat des meilleurs chevaux d'endurance du monde pour l'émirat de Dubaï, lui permettant de devenir champion du monde d'endurance en **2012**. Le Qatar investit à son tour pour reprendre le titre de champion du monde à l'émir de Dubaï, achetant notamment des chevaux français parmi les meilleurs. La discipline continue de s'ouvrir à l'Asie (**juin 2015**, la première compétition d'endurance **FEI** en Chine)

## **1.2. Epreuves d'endurance équestre**

Les épreuves d'endurance équestre sont réglementées en Algérie par le club équestre en collaboration avec la fédération équestre Algérienne (**FEA**) sous l'égide de la fédération Internationale des sports équestres (**FEI**) au niveau internationale.

### **1.2.1. Types d'épreuves**

L'endurance équestre est pratiquée individuellement ou en équipe et consiste à parcourir en extérieur un itinéraire imposé et balisé.

Il existe des épreuves de **40 à 160km** réalisées en étapes selon le nombre de kilomètres et représentées dans **le tableau 1** ci-dessous. Les vitesses sont imposées jusqu'à **90km**. Pour les courses de **90 à 160km** ce sont des épreuves à vitesse libre se courant au niveau national et sont organisées par la **FEI**, la vitesse doit être de **12 km/h minimum**. Une progression obligatoire en épreuves à vitesse imposée est nécessaire pour pouvoir participer aux épreuves à vitesse libre afin de juger de l'aptitude des chevaux et des cavaliers.

**Tableau 1. Classification des épreuves d'endurance équestre (FEA) :**

<b>Epreuves à vitesse limité</b>			
<b>Appellation</b>	<b>Distance</b>	<b>Tolérance</b>	<b>Moyenne horaire</b>
<b>Qualificative</b>	40 km	18 à 22 km	10 à 13 km/h
<b>Qualificative</b>	60 km	27 à 33 km	10 à 13 km/h
<b>Nationale</b>	80 km	35 à 45 km	12 à 15 km/h
<b>Epreuves à vitesse libre</b>			
<b>Nationale</b>	80km	Vitesse libre	minimum 12 km/h
<b>Nationale</b>	80km	Vitesse libre	Min11km/h Min 12 km/h
<b>International</b>	120km	Vitesse libre	
<b>International</b>	160km	Vitesse libre	20km/h

## 1.2.2. Déroulement des épreuves

### 1.2.2.1. Accueil

A l'arrivée sur le lieu de la course, les participants reçoivent leur dossard avec son numéro, la carte vétérinaire du cheval (**fig.1**), la carte du parcours ainsi que le carnet « road-book » pour son équipe suiveuse. Il est important pour le cavalier avant le départ de connaître exactement la course qui l'attend: difficultés de parcours, les points de repos, les points de contrôles vétérinaires ou vet-gate, nombre exact de kilomètres à parcourir afin de calculer sa vitesse moyenne, etc.

### 1.2.2.2. Départ

Avant le départ, le cavalier conduit son cheval à un premier contrôle vétérinaire réalisé par un vétérinaire choisi par les organisateurs. Ce dernier effectue un contrôle sanitaire. Il vérifie la carte de suivi vétérinaire et l'identité du cheval à l'aide d'un lecteur de puce électronique et les vaccinations obligatoires. Il va prendre la fréquence cardiaque du cheval au repos, regarder ses allures, son niveau d'hydratation et vérifier son état de santé général. Il dressera ainsi un état global du cheval avant le départ de la course afin de s'assurer que le cheval est apte à la course.

Pour les épreuves de **120 à 160km** à vitesse libre, le cavalier doit passer à la pesée. Le poids du cavalier et du harnachement sans la bride doit être au **minimum de 70kg**. Les départs se font individuellement ou groupés pour les épreuves à vitesse limitées et obligatoirement groupés pour les épreuves à vitesse libre. L'heure du départ est notée sur la carte vétérinaire et le chronomètre est déclenché.

### 1.2.2.3. Assistance

La course peut se faire en une ou plusieurs étapes, dite boucles, en fonction de sa longueur totale. Les cavaliers d'endurance sont entourés par leur équipe suiveuse ou d'assistance constituée le plus souvent de proches du cavalier. Cette équipe suiveuse est indispensable pour la réussite de la course. Elle part en voiture et attend le couple cavalier-cheval aux points d'assistance prévus avant la course et signalés sur le carnet de route et la carte du circuit, afin de réhydrater, alimenter ou refroidir le cheval et de vérifier son état général ainsi que donner des informations tactiques au cavalier.

### 1.2.2.4. Contrôles vétérinaires



### 1.2.2.5. Classement :

Le classement final est différent pour les épreuves à vitesse limitée et celles à vitesse libre.

Le classement final des épreuves à vitesse limitée est calculé de la manière suivante :

$$\frac{((\text{Vitesse} \times 2) - (\text{Vitesse minimale}) \times 100)}{\text{Fréquence cardiaque finale}}$$

Le concurrent le mieux classé est celui qui obtient le résultat le plus élevé, donc celui dont le cheval a la fréquence cardiaque la plus basse et qui se rapproche le plus de la vitesse imposée ou limitée.

Le classement final des épreuves à vitesse libre est obtenu selon l'ordre de franchissement de la ligne d'arrivée sous réserve du contrôle vétérinaire final et validation par le président du jury.

### 1.2.3. Principales causes d'élimination :

Les causes d'élimination peuvent être la présence des troubles métaboliques, des troubles locomoteurs ou l'abandon. Des études montrent que la plupart des chevaux sont éliminés pour boiteries et les restes sont éliminés pour causes métaboliques.

Les boiteries sont généralement les causes d'élimination les plus fréquentes.

- **Deux types de critères d'inspection sont retenus :**

**Les critères de type A : sont des critères directement mesurables.** Il s'agit de :

-Une fréquence cardiaque supérieure à **64 battements par minute** à l'issue du temps de récupération imparti (**20 à 30 min** selon les épreuves), reflétant une mauvaise récupération du cheval donc des signes de fatigues, de souffrance ou de déshydratation.

-Une fréquence respiratoire élevée avec une température rectale supérieure à **39.5°C**.

**Les critères de type B : sont des critères qualitatifs** tels que :

La détection des boiteries, la présence d'une déshydratation (pli de peau persistant), la couleur des muqueuses, le temps de réplétion capillaire, les bruits digestifs, les bruits cardiaques ou des mouvements respiratoires anormaux ainsi que la présence de plaies ou de blessures diverses susceptibles de s'aggraver ou d'engendrer une souffrance.

Si le cheval présente un critère de type A, il est éliminé systématiquement et la décision d'un seul vétérinaire est nécessaire. L'élimination Boiterie requière la décision d'au moins deux vétérinaires. C'est la combinaison de plusieurs critères physiologiques défavorables de type B qui entraîne l'élimination Métabolique d'un cheval.

De nombreux facteurs de risque existent mais beaucoup peuvent être évités par l'anticipation, la qualité de l'entraînement et l'expérience.

L'endurance est une discipline à risque pour le cheval, surtout à haut niveau. C'est pourquoi les contrôles vétérinaires y sont fréquents et que l'on oblige le couple cavalier/cheval à se qualifier sur des épreuves nationales avant de participer à des épreuves de niveau international. Le cheval d'endurance est donc un athlète complet et tout son organisme est mobilisé pendant l'effort.

## Chapitre 02 : Rappel physiologique de l'effort d'endurance

L'effort d'endurance ne consiste pas à résister mais à retarder et limiter l'apparition de la fatigue, créée notamment par des déchets métaboliques tels que le lactate, qui empêchera le cheval de poursuivre l'effort.

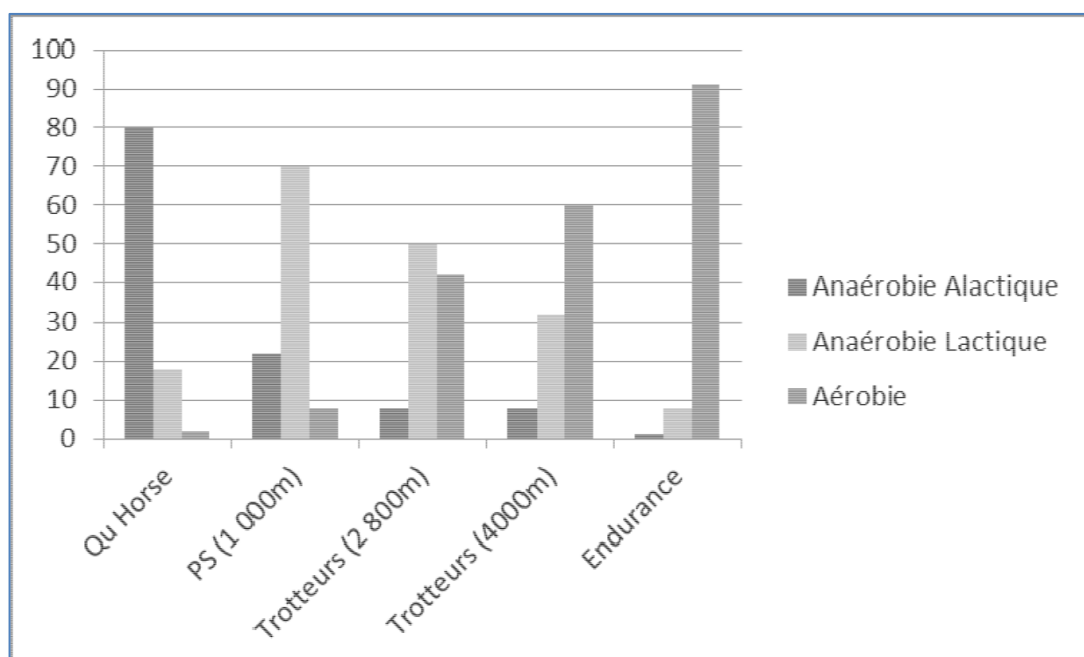
### 2.1. Production d'énergie nécessaire à l'effort d'endurance

La source immédiate d'énergie est l'**ATP**. Il existe trois voies métaboliques de production :

- **La voie anaérobie alactique** fournit de l'énergie rapidement pour des efforts courts et intenses comme pour les courses de quater horse.
- **La voie anaérobie lactique** est utilisée pour les efforts un peu plus longs et moins intenses. Plus la distance augmente, moins cette voie est utilisée.
- **La voie aérobie** est utilisée par les trotteurs, les chevaux de concours complets et les chevaux d'endurance pour les efforts de longue durée. (Cycle de krepes)

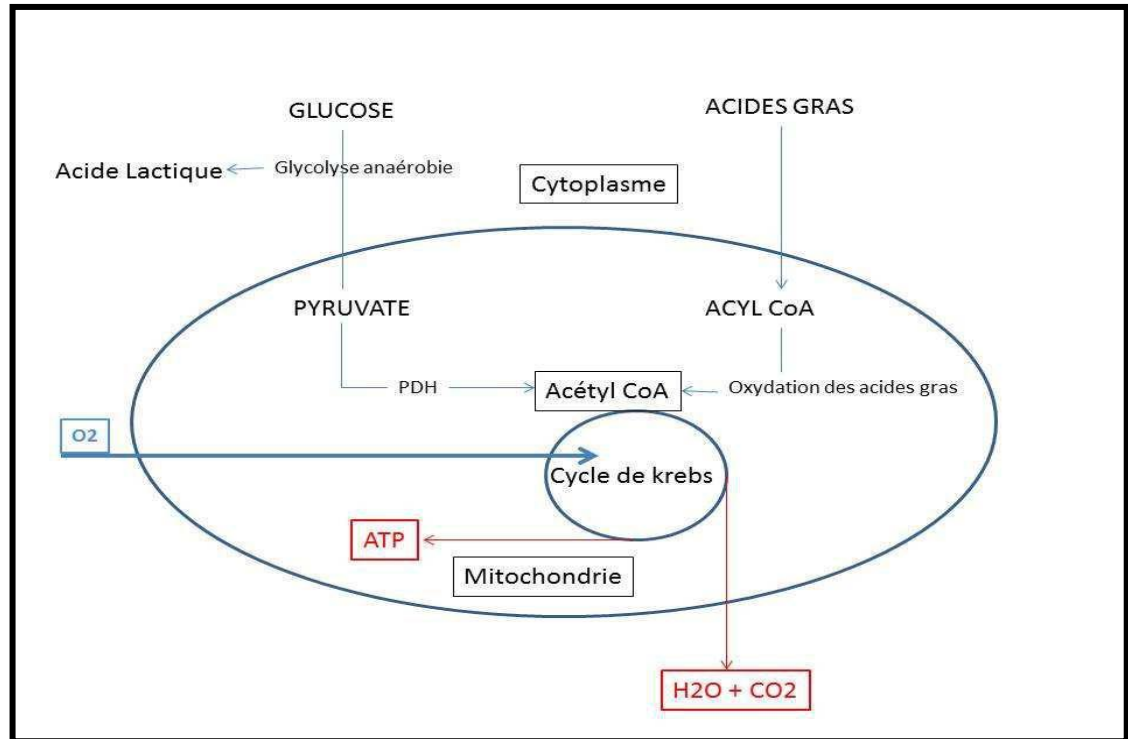
**La figure 2** ci-dessous montre que la participation des voies métaboliques est différente selon la discipline et l'entraînement du cheval.

**Figure 2 : Participation relative des différentes voies métaboliques selon la discipline du cheval**



La filière aérobie est la voie privilégiée de l'effort d'endurance. Cette voie utilise la dégradation du glycogène hépatique ou musculaire et des triglycérides contenus dans les muscles et le tissu adipeux pour produire de l'ATP en présence d'oxygène grâce à la respiration mitochondriale. La filière aérobie est représentée schématiquement par la **figure 3 ci-dessous**.

**Figure 3 : Représentation schématique de la filière aérobie**



## 2.2. Consommation d'énergie produite par le muscle

L'énergie chimique sous forme d'ATP est consommée par le muscle pour être transformée en énergie mécanique.

### 2.2.1. Différents types de fibres musculaires

Le muscle est composé de différents types de fibres musculaires, **les fibres lentes de type I** et **les fibres rapides de type II**.

**Il existe deux types de fibres rapides chez le cheval, les fibres IIA et les fibres IIX.**

**Les fibres lentes I** : ont une faible vitesse de contraction et de relâchement. Le métabolisme énergétique est exclusivement aérobie et il consomme plus particulièrement les acides gras. Ces fibres fournissent des contractions peu puissantes mais de longue durée. Elles sont donc utilisées pour **des efforts longs et modérés tels que l'endurance.**

**Les fibres rapides IIA** : sont des fibres intermédiaires pouvant fournir des contractions rapides, plus puissantes que les fibres I et avec une certaine résistance à la fatigue. Elles utilisent principalement la glycolyse aérobie. **Les fibres IIA sont les fibres de la performance car elles permettent à la fois vitesse et endurance.**

**Les fibres rapides IIX** : sont les plus rapides avec une capacité aérobie faible. Elles utilisent la voie anaérobie et sont donc peu résistantes à la fatigue. Elles permettent des efforts rapides et puissants : accélérations importantes et sauts.

**Ce sont les fibres I et IIA à métabolisme aérobie qui interviennent principalement lors d'un effort d'endurance.**

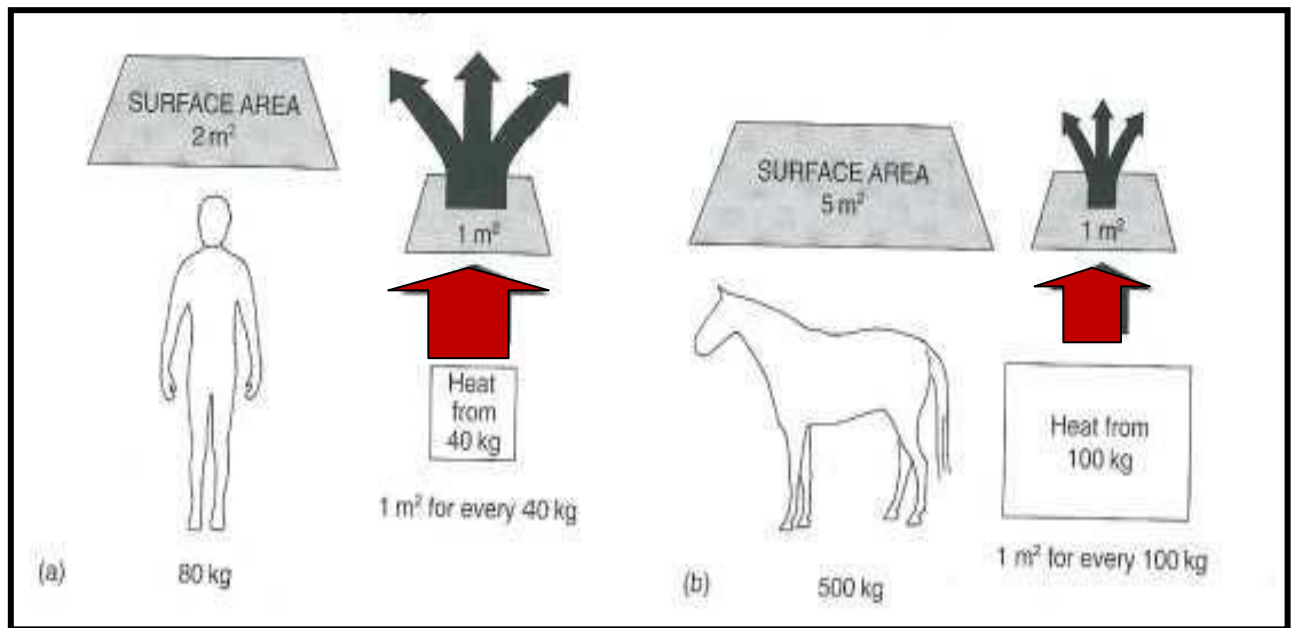
### **2.3. Thermorégulation lors de l'effort d'endurance**

#### **2.3.1. Production de chaleur au cours de l'exercice**

Le rendement de la transformation de l'énergie chimique en énergie mécanique est très mauvais. En effet, **75 à 80%** de l'énergie chimique est transformée en chaleur qui augmente la température corporelle. Le métabolisme du cheval durant l'exercice est **20 à 25 fois** supérieur à celui au repos. Sur une course d'endurance de **160km**, si aucune chaleur n'était dissipée, la température du corps augmenterait de **15°** par heure.

Le cheval possède donc une très grande capacité métabolique mais une très petite surface corporelle pour dissiper la chaleur, ceci est représenté sur **la figure 4 ci-dessous.**

Figure 4 : surface corporelle par rapport au poids chez le cheval et chez l'homme :



Le cheval a donc 2 fois plus de chaleur à dissiper à travers chaque mètre carré de surface corporelle qu'un homme.

Des mécanismes de thermorégulation doivent être activés afin d'éviter l'augmentation trop importante de la température corporelle qui pourrait être dangereuse pour le cheval.

### 2.3.2. Mécanismes de dissipation de la chaleur :

La chaleur en excès peut être dissipée de différentes manières comme le représente la fig 5.

**Figure 5 : Principaux modes d'échange de chaleur entre le cheval et son environnement**



La chaleur peut donc être dissipée par :

**-Conduction** : la chaleur du corps chaud est cédée au corps froid par contact direct. Contrairement à l'eau, l'air n'est pas un bon conducteur et ce mode de dissipation intervient donc très peu chez le cheval d'endurance.

**-Radiation** : Le cheval perd de la chaleur par rayonnement électromagnétique si l'environnement est plus froid. Ces pertes de chaleur sont négligeables pendant un effort.

**-Convection** : L'air réchauffé au contact de la peau tend à se déplacer vers le haut car il devient plus léger que l'air ambiant plus froid. Ce renouvellement constant, ou convection, permet d'évacuer l'air réchauffé par le corps et de le remplacer par de l'air plus frais, de la chaleur est évacuée par convection. Ce mécanisme est augmenté en présence de vent. La présence de poil constitue une couche isolante qui emprisonne l'air et diminue ce phénomène de dissipation de la chaleur.

**-Evaporation** : Il s'agit du mode d'évacuation de la chaleur qui intervient le plus chez le cheval d'endurance. La chaleur est perdue par évaporation à l'aide de **deux mécanismes physiologiques** qui sont **la transpiration et l'évaporation de l'eau au niveau de l'appareil respiratoire**.

**Le mécanisme principal de dissipation de la chaleur est l'évaporation**. En effet environ **85%** de la chaleur est dissipée grâce à la transpiration chez le cheval et entre **15 et 25%** de la chaleur est dissipée grâce à l'évaporation de l'eau au niveau de l'appareil respiratoire. Le cheval et l'homme sont les seules espèces pour lesquelles **la transpiration est la principale voie de thermorégulation**.

Le cheval d'endurance peut perdre environ **7 à 8 litres** d'eau par heure par ce mécanisme, d'où la nécessité d'une bonne réhydratation lors des points d'assistance et aux vet-gates. Une course d'endurance sous un climat chaud et humide limite le mécanisme d'évaporation ce qui rend ces courses très difficiles pour le cheval.

## Chapitre 03 : Qualités du cheval d'endurance

Chaque discipline hippique demande au cheval des qualités psychologiques, physiologiques et physiques particulières. Ces qualités peuvent être propres à une race ou un individu.

### 3.1. Races adaptées à l'endurance :

Il existe une différence considérable de morphologie et d'allures entre différentes races, Chaque race présente des avantages et des inconvénients en fonction de la longueur de la course, et des conditions climatiques.

Néanmoins, lorsque l'on regarde les chevaux classés dans **les 5 premiers** en endurance (**2011**), on constate que le pur-sang arabe représente **54.8%**, le **demi-sang arabe** représente **18.9%** et **l'anglo-arabe 8.9%** de l'effectif total.

Les races les plus utilisées et excellents dans ce sport sont **les pur-sang arabes, les croisements d'arabes et le shagya.**

### 3.2. Age :

Les chevaux peuvent commencer à **4 ans** sur les petites épreuves et n'ont accès à la longue distance qu'à partir de **7 ans**. Il est préférable de commencer l'entraînement chez des sujets jeunes pour atteindre le haut niveau, afin que les adaptations physiques et physiologiques se mettent en place. Un jeune cheval de moins de **12 ans** se classe plus fréquemment qu'un cheval de plus de **12 ans**, le cheval atteint son plus haut niveau entre **9 et 12 ans**.

### 3.3. Sexe

Statistiquement les hongres et les juments se classent à peu près aussi bien, alors que les chevaux entiers se classent moins, sans doute parce qu'ils dilapident leur énergie (distraire par le milieu extérieur).

Les études scientifiques concernant l'effet du sexe sur la performance des chevaux d'endurance sont inexistantes. Au temps des raids guerriers, les arabes-nomades préféraient les juments qu'ils jugeaient plus calmes, plus faciles à manier et plus endurantes. Actuellement, les entiers sont naturellement moins performants que les hongres et les femelles. Les femelles peuvent être en chaleur le jour de la course, ce qui peut diminuer les performances mais, la vitesse n'est pas significativement différentes entre les hongres et les femelles.

### 3.4. Qualités psychologiques

Le succès de la carrière sportive d'un cheval est corrélé avec la volonté du cheval, monté ou à la manipulation, de coopérer avec le cavalier et lors de son apprentissage. Un cheval d'endurance doit être franc, volontaire et impatient de courir sans être incontrôlable. Il doit également être peu émotif. Les chevaux s'alimentant et s'abreuvant beaucoup en toutes conditions donc qui sont peu sensibles au stress seront favorisés car ils récupèrent correctement aux vet-gates.

### 3.5. Qualités physiologiques

Les particularités physiologiques de l'effort d'endurance ont été traitées précédemment et seront donc évoquées rapidement. Les qualités physiologiques du cheval d'endurance se déduisent de la nécessité de l'aérobiose. La capacité aérobie peut être développée par l'entraînement mais la capacité d'adaptation est déterminée génétiquement.

La capacité aérobie est représentée par l'absorption maximale d'oxygène (**VO2max**). La capacité aérobie s'améliore avec l'entraînement mais **la VO2max** est essentiellement déterminée génétiquement. Plus **la VO2max** est élevée, plus le cheval est capable d'effectuer des efforts intenses et prolongés.

A l'effort, la fréquence respiratoire augmente afin d'assurer les échanges gazeux nécessaires et une partie de la thermorégulation.

Le muscle cardiaque doit être intègre et puissant afin d'avoir une très bonne récupération cardiaque, et la fréquence cardiaque après un effort doit revenir rapidement à la fréquence cardiaque au repos.

Le cheval d'endurance doit être capable d'augmenter son volume plasmatique avec l'entraînement.

Les chevaux d'endurance doivent avoir un système de thermorégulation efficace.

Le cheval d'endurance doit avoir un taux de fibre I et IIA plus important afin d'utiliser au maximum la filière aérobie et favoriser les efforts d'endurance et la résistance. Le système musculo-squelettique doit être intègre.

Les réserves en glycogène et en triglycérides doivent être également suffisantes car l'épuisement de ces réserves limite la capacité aérobie.

## **3.6. Qualités physiques**

### **3.6.1. Morphologie**

#### **3.6.1.1. Poids et tissu adipeux**

La morphologie type d'un cheval d'endurance est mal documentée. De plus, les qualités morphologiques à rechercher peuvent être différentes selon le type de course, le dénivelé ou encore le climat.

L'excédent de poids constitue un frein à la performance, le composant le plus variable du poids entre plusieurs chevaux est le tissu adipeux, ce tissu situé en surface, forme une couche isolante et constitue un frein à l'évacuation de chaleur et donc à la thermorégulation. Les chevaux les plus performants étaient ceux qui avaient le plus faible pourcentage de tissus adipeux. Cependant, le cheval d'endurance ne doit pas être trop maigre. En effet, les chevaux maigres ne finissaient pas la course pour des raisons métaboliques, sans doute par manque de réserves énergétiques.

#### **3.6.1.2. Morphologie musculaire**

Si l'on compare les chevaux spécialisés en endurance et ceux spécialisés en course de vitesse comme les quater horse, les premiers ont une musculature longue et peu marquée alors que les seconds ont une masse musculaires très développée.

#### **3.6.1.3. Taille**

Les chevaux d'endurance sont des petits chevaux comparés aux autres disciplines. Ils mesureraient entre **1,40 et 1,55m** selon l'ouvrage de LOVING. Le cheval d'endurance doit donc être petit afin délimiter le travail pour se déplacer mais pas trop afin de ne pas avoir de trop petites foulées et de rester suffisamment porteur. Plus un cheval est petit, plus sa surface corporelle sera relativement grande et donc plus cela favorisera les mécanismes de thermorégulation.

#### 3.6.1.4. Peau et couleur de robe

La peau et la couleur de robe interviennent dans les mécanismes de thermorégulation.

La peau intervient dans l'isolation et la perte de chaleur par évaporation. La quantité de glandes

Sudoripares peut varier d'une espèce à une autre et au sein d'une espèce.

Les chevaux de sang sont réputés avoir une peau plus fine avec des vaisseaux sanguins très apparents comme c'est le cas chez le pur-sang arabe. Cela favorise ainsi les transferts caloriques vers l'extérieur au cours de l'effort et diminue le temps de refroidissement.

Différentes études ont montré au sein de plusieurs espèces, que les animaux de couleur noire présentaient davantage d'intolérance à la chaleur.

La relation entre la couleur du cheval et les transferts de chaleur n'est pas simple et on ne peut donc pas affirmer qu'un cheval de couleur claire présente une meilleure thermolyse qu'un cheval de couleur foncée.

#### 3.6.1.5. Avant main

La conformation de l'avant main (**60 à 65% du poids**) aurait une grande importance.

L'encolure du cheval d'endurance doit être assez longue afin d'assurer l'équilibration du mouvement et jouer son rôle de balancier cervico-céphalique correctement notamment au galop sans pour autant surcharger l'avant-main.

Le cheval Arabe a une épaule plus horizontale ce qui contribuerait à la très grande performance de celui-ci en endurance en diminuant le risque de développer une boiterie. Plusieurs études ont montré qu'une épaule longue diminue le risque de fracture des antérieurs chez les chevaux de course.

Il semble qu'un thorax profond favorise une bonne ventilation. Les pur-sang arabes sont réputés pour avoir un thorax plus profond et pour ainsi avoir une meilleure ventilation avec un cœur et un poumon plus grand.

### 3.6.1.6. Dos

Il est préférable que le dos soit court. En effet un dos court est réputé comme étant un dos solide. Le pur-sang arabe a un dos plus court car il ne posséderait que **17 vertèbres dorsales** et **5 vertèbres lombaires** contre respectivement **18** et **6** pour les autres races.

Il est préférable que le garrot soit saillant, sans excès pour éviter les plaies dues au harnachement. En effet, plus le garrot est saillant, plus les processus épineux sont hauts ce qui permet aux muscles du dos durant l'extension ou de l'encolure durant la flexion d'exercer des bras de levier plus efficaces.

### 3.6.1.7. Arrière main

La différence la plus significative se situait au niveau du triangle postérieur formé par la pointe et la hanche, la pointe de la fesse et le grasset. Ce triangle postérieur joue un grand rôle dans la propulsion. Le bassin d'un cheval d'endurance est incliné permettant au cheval d'engager ses postérieurs facilement sous sa masse et d'économiser de l'énergie au galop.

### 3.6.1.8. Membres

Plus les rayons osseux proximaux sont longs, plus les corps musculaires sont longs.

Une angulation des membres idéale répond à deux objectifs, qui sont la solidité et l'efficacité de l'appareil locomoteur.

Les chevaux d'endurance sont plutôt prêts du sol avec des membres courts. Un avant-bras court favorise les gestes rasants et donc participe à l'économie d'énergie.

Les chevaux d'endurance auraient une flexion du coude et du carpe plus réduite ce qui diminue l'élévation des antérieurs et contribue également à une diminution du travail musculaire.

Le cheval spécialisé en endurance a un fémur long et un jarret fermé ce qui favorise la propulsion et les mouvements horizontaux.

Les petits angles favorisent les maladies naviculaires et les angles plus importants sont inacceptables en endurance car cela solliciterait trop les tendons.

Le cheval d'endurance doit avoir de préférence de bons aplombs et les pieds doivent être solides.

### **3.6.2. Allure**

En endurance, l'allure doit être la plus économique possible. Ce n'est donc pas la qualité de l'allure est recherchée mais son efficacité. Elle doit être régulière, symétrique et peu relevée. L'allure doit être la plus rasante possible.

## Chapitre 04 : Critères de jugement de l'aptitude d'un cheval à l'endurance

Un cheval d'endurance performant a donc des foulées rapides au trot et une cadence régulière au galop.

Il est difficile de définir un profil type du cheval d'endurance. Beaucoup de critères entrent en compte dans la performance et un cheval avec une morphologie défectueuse par exemple peut se révéler être très performant. On peut donc se demander quels sont donc les critères qui permettent de juger l'aptitude d'un cheval d'endurance.

Le cheval est une espèce sélectionnée depuis longtemps pour ses capacités sportives.

L'objectif de sélection consiste en une amélioration génétique d'un ou plusieurs caractères qui permettent une augmentation de la performance pour une discipline ou pour une race. Il conduit ainsi les éleveurs, disposant alors d'informations sur les reproducteurs, à un choix raisonné des accouplements. Il convient alors de définir les critères sur lesquels les éleveurs peuvent se baser afin de juger de l'aptitude d'un cheval à l'endurance.

### 4.1. Performances et indices génétiques

La sélection basée sur l'indice de performances et l'indice génétiques en endurance est très récente. C'est à partir de **2003** que les éleveurs de chevaux d'endurance représentés par l'Association du Cheval Arabe (**ACA**) ont montré leur motivation pour la création d'indices de performance et d'indices génétiques pour l'endurance. Les Haras Nationaux ont donc chargé l'**INRA** d'élaborer ces indices.

#### 4.1.1. Indice de performance

Depuis **2006**, un indice de performances, l'**IRE (indices de performances en raid d'endurance)**, a été calculé pour l'endurance sur les performances enregistrées par la Fédération Française d'Équitation (**FFE**), transmises au **SIRE** puis à l'**INRA**. Cet indice ne concerne donc pour l'instant que les chevaux Arabe en France. Il est calculé selon trois critères, qui sont :

- **La vitesse** : seules les performances en course à vitesse libre sont prises en compte. La vitesse est également corrigée par le niveau moyen des autres chevaux de chaque course. De ce fait, le niveau de concurrence et la difficulté de la course sont pris en compte.

- **Le classement** : Des corrections sont effectuées selon le taux de chevaux classés dans l'épreuve. Cela permet de prendre en compte la difficulté de l'épreuve et le niveau de concurrence.
- **La distance parcourue** : est le dernier critère pris en compte pour le calcul de l'indice  
A partir des trois indices concernant la vitesse, le classement et la distance, un indice global est calculé. La pondération retenue dans le calcul de l'indice global est de : **30% pour la vitesse, 30% pour le classement et 40% pour la distance.**

Un cheval d'endurance de haut niveau sort en moyenne deux fois par an en compétition ce qui est très peu par rapport aux autres disciplines. Les indices de performance sont comme pour les autres disciplines, actualisés chaque année, mais ils prennent en compte l'ensemble des résultats en course d'endurance du cheval depuis le début de sa carrière. L'**IRE** reflète donc la carrière du cheval en endurance et non pas seulement sa performance dans l'année.

#### **4.1.2. Indices génétiques**

Les indices génétiques ou **BLUP** (Best Linear Unbiased Prediction) permettent d'estimer la valeur génétique d'un cheval afin de raisonner la sélection génétique et améliorer la génétique de la race. Les indices génétiques permettent donc de réaliser des accouplements raisonnés. Les indices génétiques existent pour le **CSO**, le **CCE** et le Dressage. Ils sont calculés annuellement et prennent en compte les performances du cheval dans une discipline donnée ainsi que celles de ses apparentés (parents, collatéraux et descendants).

**L'indice génétique n'est pas encore disponible en endurance** car les données des performances des parents des chevaux qui concourent aujourd'hui ne sont pas disponibles. Pour l'instant, les indexations pour les chevaux d'endurance sont encore imparfaites. L'objectif retenu par l'**INRA** est le calcul simultané des indices de performances et génétiques pour la période **2002-2011**. Une réflexion est donc en cours pour définir les causes de non-classement et les classer selon leur gravité. Ainsi l'abandon sera jugé moins grave que la boiterie elle-même moins grave que les causes métaboliques. Les jeunes chevaux seront alors également indicés ce qui permettra par exemple de suivre de près les reproducteurs prometteurs.

## 4.2. Les concours de modèles et allures

### 4.2.1. Organisation

Le Programme d'Élevage Endurance (**PEE**) a été initié par l'**ACA** en **2005**.

Tous les chevaux destinés à l'endurance sont inscriptibles au PEE quelle que soit leur race. Les chevaux d'Origine Inconnue (**OI**), Origine Non Constatée (**ONC**) et d'Origine Constatée (**OC**) ne peuvent être inscrits néanmoins que sous certaines conditions. Le **PEE** accompagne toute la filière de production des chevaux d'endurance et a pour objectif, d'orienter la sélection, d'améliorer les conditions techniques et pratiques d'élevage, de favoriser la mise en valeur des produits et de favoriser la commercialisation.

Les concours d'élevage d'endurance sont destinés à améliorer la commercialisation des produits et la connaissance du modèle et des allures des reproducteurs. Les chevaux sont jugés sur leur modèle, c'est-à-dire leur morphologie, et leurs allures. Les concours sont d'abord locaux puis régionaux et les meilleurs participent aux finales nationales.

Les chevaux participant à ces concours modèles et allures d'endurance doivent être inscrits au **PEE** et sont des chevaux de **2 et 3 ans** ainsi que des poulinières de **4 à 18 ans** saillies ou suitées. Les chevaux sont présentés en main et sont jugés sur des critères morphologiques et sur les allures.

Les juges évaluent les chevaux en utilisant des grilles de pointages élaborées et validées par l'**ACA**.

### 4.2.2. Critères de jugement et grilles de pointages

La grille de pointage dont se servent les juges est formée de trois volets. Le cheval est ainsi jugé pour son « expression d'ensemble », « le modèle » et « les allures » (**fig.6**).



L'expression d'ensemble du cheval est notée suivant l'œil, les proportions, le sang, le « look » et la sérénité. On cherche ici une homogénéité points des de force, un état corporel correct. Le stress est ici pénalisé.

Les juges notent ensuite le modèle caractérisé par l'arrière-main, l'avant-main, les membres et les pieds et les tissus.

Les allures enfin sont notées en fonction de leur symétrie et puis en fonction de leur amplitude et énergie naturelle.

Des notes de **0 à 10** sont attribuées pour chaque critère par les trois juges utilisant la même grille de pointage. Les critères ont des coefficients différents selon leur importance en endurance. Ainsi, l'arrière main, les membres et les pieds ainsi que l'amplitude des allures héritent du coefficient le plus élevé. Les notes à utiliser sont : **(3-4 : défectueux ; 5-6 : moyen, correct ; 7 : bon ; 8-9 : très bon voire excellent)**.

L'endurance est une discipline très spécifique dans le sens où c'est la discipline équestre qui sollicite le plus le métabolisme. Les capacités métaboliques du cheval étant difficiles à apprécier.

Des nombreuses études scientifiques qualifient le morphotype (morphologie et allure) d'un cheval performant pour diverses disciplines, les connaissances concernant celui du cheval d'endurance sont inexistantes.

Les mensurations objectives peuvent compléter les appréciations des juges qui peuvent être influencés par le cheval ou le présentateur.

**DEUXIEME PARTIE : ETUDE**

**EXPERIMENTALE**

## **Objectif de cette étude :**

L'étude est réalisée sur tout cheval ayant au moins un ascendant de race Arabe et des performances en endurance sur des courses de **80 kilomètres** ou plus.

L'étude expérimentale suivante porte uniquement sur l'aspect morphométrique. Cette étude propose de caractériser la morphologie du cheval d'endurance afin de proposer aux éleveurs et aux associations de race des critères objectifs et pertinents pour apprécier les jeunes chevaux destinés à l'endurance.

### **1. Matériels et méthodes :**

#### **1.1. Population de l'étude :**

L'étude est réalisée entre avril et Juillet sur des chevaux d'endurance ayant un ascendant direct de race arabe et qualifiés sur des courses d'au moins **80 kilomètres**. L'étude exclut les chevaux participant aux épreuves jeunes chevaux. Les mesures ont été réalisées la veille de la course sur plusieurs concours ainsi que dans plusieurs écuries.

#### **1.2. Protocole expérimentale**

Les mesures ont toutes été effectuées la veille de la course et d'autre dans l'écurie directement.

##### **1.2.1. Information sur les chevaux**

Pour chaque cheval, grâce aux données de l'haras national, nous disposons des informations suivantes : Nom, numéro d'identification **SIRE**, âge, sexe, race, noms des ascendants directs (père et mère) ainsi que l'indice de performance **2011** établi par **l'INRA**.

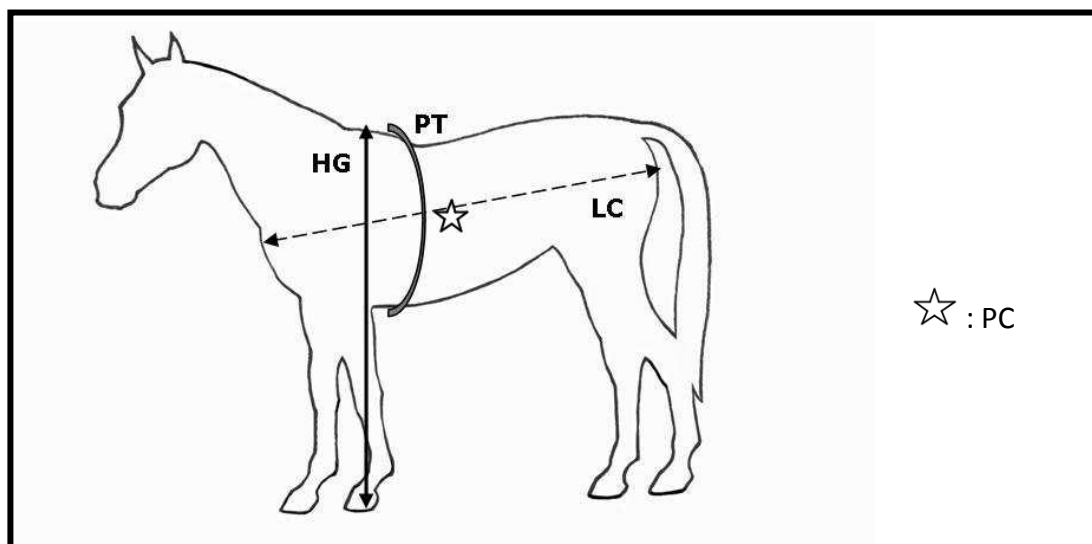
### 1.2.2. Mesurations

La prise des mensurations consiste à mesurer directement sur le cheval :

- la hauteur au garrot (HG) en cm, mesurée à l'aide d'une toise ;
- la longueur du corps (LC) en cm, mesurée à l'aide d'un ruban de mesure entre la pointe de l'épaule et la pointe de la fesse ;
- le périmètre thoracique (PT) en cm, mesuré à l'aide d'un mètre ruban au niveau du passage de sangle en fin d'expiration ;
- l'épaisseur du pli cutané en arrière de l'épaule (PC) en mm, mesurée à l'aide d'un pied à coulisse à mi-hauteur du thorax derrière le triceps.

Les mensurations sont illustrées sur la figure 7.

**Figure 7 : Description des principales mesures effectuées**



### 1.3. Traitement des données et analyse des résultats :

L'ensemble des données pour chaque cheval est saisi dans un tableur Excel.

Les données qualitatives sont analysées à l'aide des analyses de variance et les données quantitatives à l'aide des analyses de corrélations grâce au logiciel statistique NCSS 2007.

La distance maximale sur laquelle les chevaux étaient qualifiés a été retenue comme critère de performance.

## 2. Résultats

### 2.1. Etude descriptive des résultats de l'étude

#### 2.1.1. Mensurations

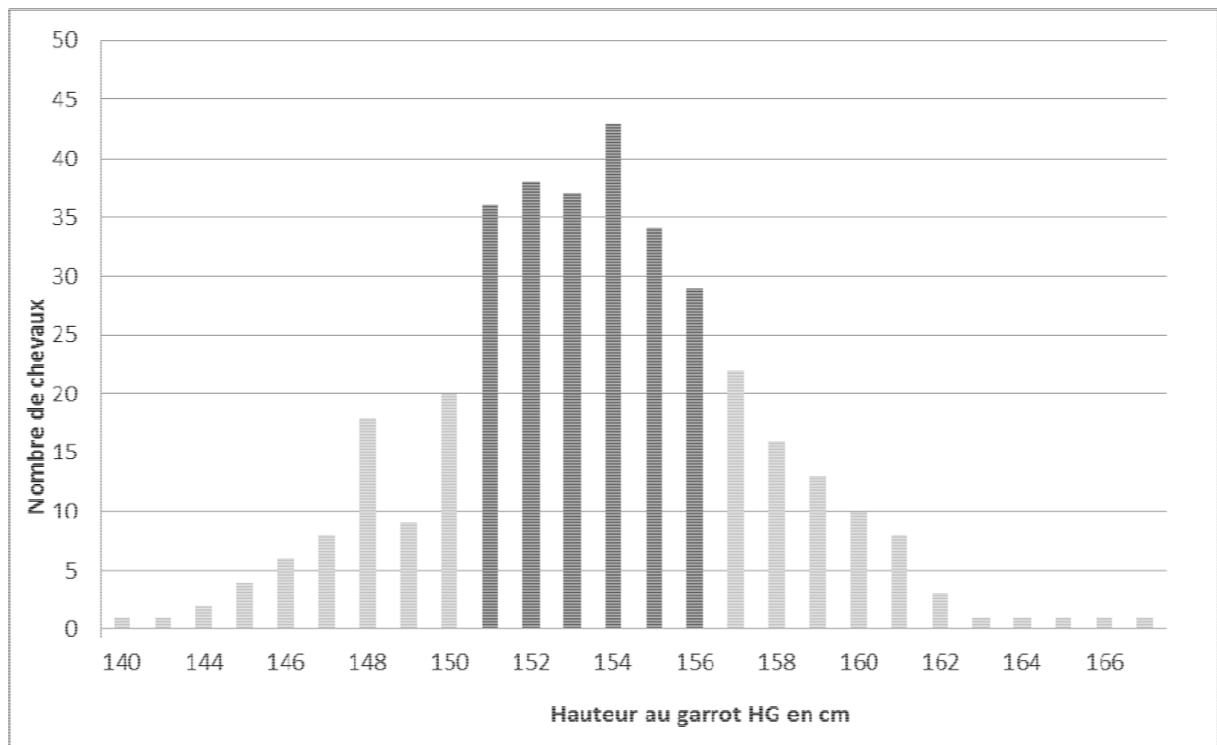
Certaines mensurations n'ont pas pu être obtenues sur l'ensemble de la population d'étude à cause du caractère de certains chevaux.

##### 2.1.1.1. Hauteur au garrot

La hauteur au garrot a été mesurée et exprimée en centimètre. La moyenne est de **153,5 cm** (**écart type de 4,09**) avec des valeurs extrêmes de **140 et 167 cm**. La distribution de la hauteur au garrot est représentée dans **la figure 8**.

Les classes en gris foncé représentent **50%** de l'effectif.

**Figure 8 : Distribution des chevaux en fonction de la hauteur au garrot (cm) :**



#### 2.1.1.2. Longueur corporelle (LC)

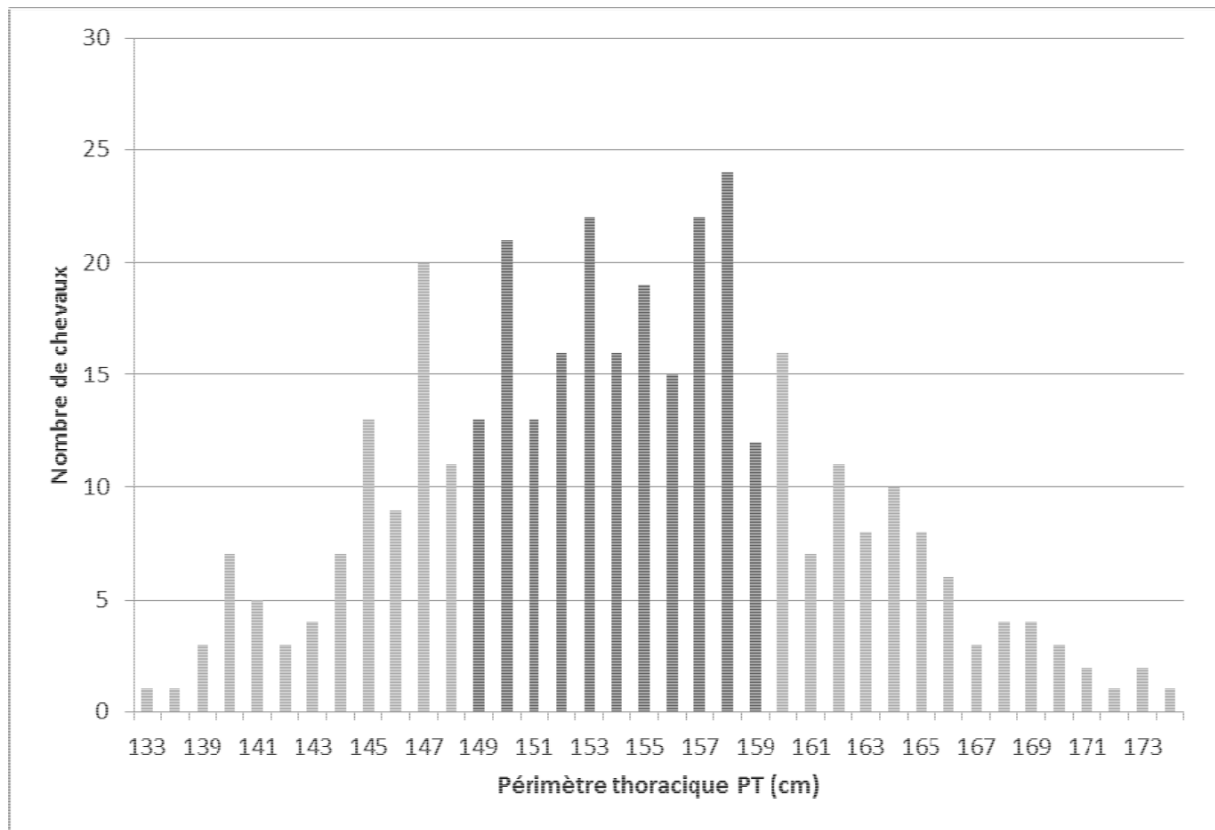
La longueur corporelle (**LC**) a été mesurée et exprimée en centimètre.

La moyenne est de **154,3 cm (écart type de 7,44)** avec des valeurs entre **133 à 174 cm**.

La distribution de la longueur corporelle est représentée dans **la figure 9**.

Les classes en gris foncé représentent 50% de l'effectif.

**Figure 9 : Distribution des chevaux en fonction de la longueur corporelle LC (cm)**



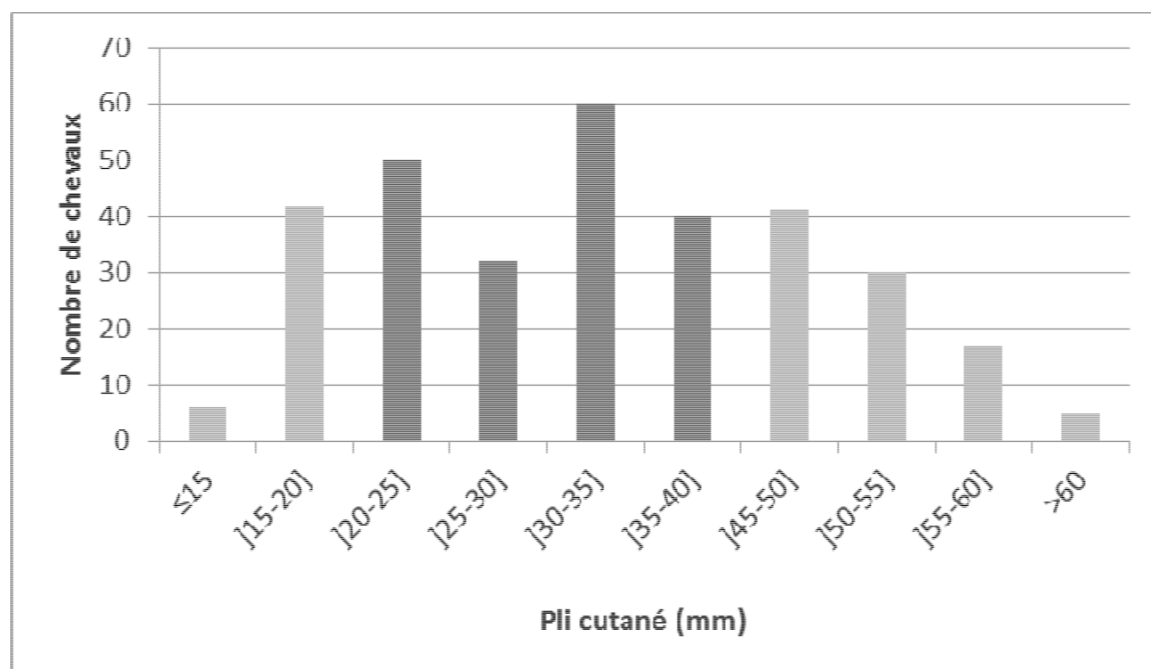
### 2.1.1.3. Pli cutané PC

Le pli cutané a été mesuré et est exprimée en millimètre. La moyenne est de **33,04 mm (écart type de 10,91)** avec des valeurs entre **11 et 60 mm**.

La distribution de l'épaisseur du pli cutané est représentée dans **la figure 10**.

Les classes en gris foncé représentent 50% de l'effectif.

**Figure 10 : Distribution des chevaux en fonction de l'épaisseur du pli cutané (mm)**



## 2.2. Evaluation de la performance

La performance a été évaluée grâce aux indices de carrière de **2011 élaborés par l'INRA (Tab 11)**. Comme cela a été vu précédemment, un indice vitesse, classement et distance est calculé puis un indice final où l'indice distance intervient pour **40%** de l'indice final et l'indice vitesse et classement pour chacun **30%** de l'indice final. L'indice distance est donc celui qui intervient le plus dans l'indice final.

**Tableau 2 : Valeurs des indices de performance (2011 élaborés par l'INRA) :**

	Valeur minimale	Valeur maximale	Moyenne	Ecart-type
IND_FINAL	57	158	107,45	17,59
IND_VIT	16	198	103,44	33,4
IND_CLAS	21	209	112,87	29,4
IND_DIST	87	148	106,37	11,11

Le cheval moyen a un indice de 100. Les indices de performance des chevaux de l'étude sont donc en moyenne discrètement au-dessus du cheval moyen malgré une grande dispersion autour de la moyenne des différents indices au regard des écarts type importants (**tableau 2**).

## 2.3. Etude analytique : relations entre les différents paramètres et la performance

### 2.3.1. Relation mensurations-performance

#### 2.3.1.1. Hauteur au garrot

Une hauteur au garrot a été mesurée. Aucune corrélation significative n'a pu être mise en évidence entre la performance et la hauteur au garrot.

#### 2.3.1.2. Longueur corporelle :

La longueur corporelle est modérément corrélée à l'Indice distance ( $r=0,13$  et  $p=0,035$ ). Ainsi plus la longueur corporelle augmente, plus l'Indice distance serait élevé. Aucune corrélation significative n'a pu être mise en évidence entre l'Indice classement, l'Indice vitesse et la longueur corporelle.

#### 2.3.1.3. Pli cutané :

Le pli cutané est discrètement corrélé à l'Indice distance ( $r=-0,15$  et  $p=0,032$ ). Ainsi, plus la mesure du pli cutané est grande, plus l'Indice distance est faible. Aucune corrélation significative n'a pu être mise en évidence entre l'Indice classement, l'Indice vitesse et l'Indice final et le pli cutané.

Les résultats d'analyses statistiques sont présentés dans les tableaux 2, 3, 4, 5 et 6 suivants :

**Tableau 3 : Relation mensurations-indices de performance**

	n	IND_FINAL		IND_VIT		IND_CLAS		IND_DIST	
		r	p	r	p	r	p	r	p
HG	40	0,01	0,86	0,042	0,48	-0,034	0,57	0,012	0,84
LC	40	0,067	0,27	0,03	0,62	0,03	0,62	0,13	0,035
PC	40	-0,12	0,1	-0,092	0,2	-0,051	0,47	-0,15	0,032

**Tableau 4 : relation rapport morphométrique - indices de performances**

	n	IND_FINAL		IND_VIT		IND_CLAS		IND_DIST	
		r	p	r	P	r	p	R	p
radius/HG	40	0,053	0,46	0,10	0,16	-0,034	0,64	0,059	0,41
coxae/fémur	40	-0,049	0,50	0,038	0,62	-0,13	0,077	-0,015	0,83
coxae/grasset- pointe de la hanche	40	0,033	0,64	0,051	0,48	-0,021	0,77	0,073	0,31
fémur/grasset- pointe de la hanche	40	0,094	0,19	0,024	0,74	0,11	0,12	0,11	0,13

En résumé, la longueur corporelle et l'indice corporel de profil sont positivement corrélés alors que le pli cutané et l'angle du grasset sont négativement corrélés à l'indice distance. L'inclinaison du fémur est quant à elle négativement corrélée à l'indice vitesse. Néanmoins, ces corrélations sont faibles et il s'agit surtout de tendance.

### **3. Discussion :**

#### **3.1. A propos de la population et du protocole de l'étude**

##### **3.1.1. La population d'étude**

L'étude est réalisée sur 40 chevaux ce qui est un nombre satisfaisant pour réaliser des études statistiques. Les chevaux sont sélectionnés sur la base du volontariat et non par échantillonnage ce qui limite la représentativité de l'étude du point de vue statistique. Les résultats de l'étude constituent néanmoins une base de données des paramètres morphologiques des chevaux adultes de haut niveau en endurance qui pourra être utilisée par des études ultérieures.

### 3.1.2. Les paramètres mesurés sur le terrain

#### 3.1.2.1. Mensurations

La hauteur au garrot, la longueur corporelle ont été mesurés à l'aide d'une toise ou d'un ruban de mesure.

Ces longueurs dépendent des repères où l'on place le ruban de mesure ou la toise.

La hauteur au garrot se mesure à ce qu'on appelle communément le point le plus haut du garrot ; or le garrot forme une courbe sigmoïde et il n'y a donc pas de point le plus haut mais un point d'inflexion où la courbe change de concavité. Ce point d'inflexion est difficile à voir à l'œil nu et de petites erreurs peuvent être faites.

Ces mesures peuvent varier d'un opérateur à l'autre et dépendent de l'expérience de l'opérateur.

Ont montré que la taille au garrot varie **d'1,88** centimètres quand la mesure est réalisée par trois personnes différentes et **d'1,06** centimètres quand la mesure est réalisée par une personne.

La hauteur au garrot varie selon l'état de décontraction du cheval. En effet, selon l'étude de HODGES et al. La taille au garrot est supérieure en moyenne **d'1,75 (+/- 0,86)** centimètres après un trotting par rapport au repos et le cheval revient à sa taille au garrot de repos en **7 minutes**.

De même, l'étude de LAMAS et al. montre que la taille au garrot diminue de **0,84 centimètres** lorsque le cheval s'adapte à son environnement.

Lors des manipulations, le pli cutané mesuré derrière l'épaule à l'aide d'un cutimètre s'est révélé très manipulateur dépendant et peu répétable. Ainsi l'écart type de **10,9 mm** avec des valeurs s'étendant de **11 à 60 mm** pourrait éventuellement s'expliquer par le fait que plusieurs manipulateurs sont intervenus sur les différentes dates de mesure. Cependant, aucune analyse statistique de répétabilité n'a été réalisée dans cette étude.

#### 3.1.2.2. Indice de performance

Le fait que la performance des chevaux de cette étude soit mesurée à l'aide d'un indice de

performance est un réel a tout pour cette étude. De ce fait, la performance est représentée par une valeur quantitative ce qui facilite les analyses statistiques. De plus, l'indice de performance reflète la carrière du cheval en prenant en compte l'ensemble des résultats en course d'endurance du cheval depuis le début de sa carrière.

L'indice de performance est calculé à partir d'un indice vitesse, d'un indice classement ainsi qu'un indice distance. Des corrections sont apportées pour intégrer l'effet de l'âge et du sexe afin de rendre tous les chevaux comparables.

Nous avons pu comparer chaque paramètre morphologique non seulement avec l'indice de performance final mais aussi l'indice vitesse, classement et distance.

### 3.2. Apports de l'étude :

#### 3.2.1. Résultats morphométrique :

##### 3.2.1.1. Modèle morphométrique du cheval d'endurance moyen

Les études sur les mensurations du cheval d'endurance sont peu nombreuses. Dans notre étude, il s'agit de petits chevaux de **153,3 cm** au garrot en moyenne. Leurs corps s'inscrivent quasiment dans un carré. Cela se traduit par un indice corporel HG/LC très proche de **1**. **Le tableau5** compare nos résultats morphométriques avec les résultats d'autres études.

**Tableau 5 : Comparaison des résultats morphométriques de notre étude avec les résultats d'autres études.**

	notre étude	CANO et al. (2001)	CERVANTES et al. (2009)	METAYER et al. (2004)	
Population d'étude	Chevaux d'endurance de race arabes ou ayant un ascendant arabe	Chevaux de race arabe	Chevaux Arabes	Chevaux d'endurance de race arabe, Selle Français et chevaux de Selle	Unités
Nombre de chevaux	40	7	171	31	
LC	1,54		1,47		M
PT	1,75		1,72		M
POSTERIE URS					
Segments					

FEMUR	0,41			0,41	M
-------	------	--	--	------	---

Ce tableau nous donne une indication des mesures morphométriques des chevaux arabes ou d'endurance d'études précédentes. Cependant, si ces résultats permettent d'approfondir les nôtres, il faut garder en tête que les populations d'études sont différentes. En effet, dans l'étude de CANO et al. Il s'agit de chevaux de race arabe dont la discipline n'est pas connue. CANO et al. Remarquent également que ses chevaux sont relativement grands pour la race arabe. Les chevaux de l'étude de CERVANTES et al. sont âgés de 3 à 14 ans. Hors, les chevaux de 3 ans n'ont pas terminé leur croissance et il aurait fallu les séparer des chevaux adultes. De plus, CANO et al. Et CERVANTES et al. Utilisent des méthodes de mesures différentes des nôtres.

L'étude avec laquelle la comparaison avec la nôtre est **la plus juste est l'étude de METAYER et al.** En effet, il s'agit de chevaux d'endurance et les mesures ont été prises avec la même méthode. Cependant, la population de cette étude est composée de plusieurs races de chevaux différentes. Les chevaux de notre étude et ceux de METAYER et al. Ont une taille au garrot, à la croupe. Les chevaux de l'étude de METAYER et al. Ont une épaule et un fémur plus inclinés. METAYER et al. (73) ont montré que plus l'épaule est inclinée, plus l'amplitude du mouvement dorso-ventrale est limité et donc plus le cheval a des gestes rasants. Au contraire, un fémur faiblement incliné améliore l'amplitude des foulées mais diminue le rythme hors un cheval d'endurance doit avoir plutôt un rythme de foulée soutenu.

### 3.2.1.2. Comparaison avec les autres disciplines :

Les résultats morphométriques de notre étude sont comparés avec les résultats morphométriques concernant d'autres disciplines équestres dans **le tableau 6.**

**Tableau 6 : Comparaison des résultats morphométriques de notre étude avec les résultats d'autres études concernant d'autres disciplines.**

	Notre étude	HOLMSTRÖM (1990) et al.			LEGAULT (1977)		BARREY et al. (2002)	
Population d'étude	Chevaux d'endurance de race arabes ou ayant	Chevaux de selle suédois	Chevaux de selle suédois de dressage	Chevaux de selle suédois de saut d'obstacle	Trotteurs Français	Pur Sang Anglais	Selle français de dressage	Unités

	un Ascendant Arabe	de club	e de haut niveau	le de haut niveau				
Nombre de chevaux	40	100	33	28	40	42	61	
LC	1,54	1,66	1,68	1,7	1,64	1,62		m
PT	1.75							m
POSTERIEURS								
Segments								
FEMUR	0,41	0,37	0,38	0,38	0,35	0,36	0,41	m

Les chevaux d'endurance ont une taille au garrot nettement inférieure aux chevaux de selle des autres études. En endurance, un cheval de grande taille doit fournir un travail plus important pour se déplacer ce qui constitue une perte énergétique non négligeable. Pour les épreuves de saut d'obstacle, les petits chevaux rencontrent davantage de difficultés à couvrir les obstacles, s'en rapprochant davantage et pouvant alors perdre du temps sur les parcours d'obstacle. Ils rencontrent également des difficultés à régler leurs foulées lors de combinaison d'obstacle.

Les chevaux de saut d'obstacle ont également un fémur long et incliné vers l'avant ce qui favorise la propulsion.

Les chevaux d'endurance de notre étude ont une faible hauteur au garrot et longueur corporelle. Ils ont également un fémur long et horizontal avec un angle du jarret petit ce qui favorise la propulsion et les mouvements horizontaux ce qui permet d'avoir des allures économiques.

### 3.2.1.3. Relation entre les résultats morphométrique et la performance

Dans la présente étude, peu de corrélations entre les résultats morphométriques et la performance ont été mises en évidence. De plus, ces corrélations sont très faibles.

**La longueur corporelle** semblerait être corrélée positivement à l'indice distance. Cela montre qu'un cheval long a plus de chance d'être qualifié sur de longues distances. Ceci peut s'expliquer par le fait que plus la longueur corporelle s'augmente, plus la surface du tronc serait grande. Hors on a vu que la surface corporelle joue un grand rôle dans les mécanismes de thermorégulation et que plus celle-ci est grande, plus ces mécanismes sont efficaces. De plus, une grande longueur

corporelle permet une plus grande amplitude de foulée au galop ce qui peut améliorer l'efficacité des allures.

**Le pli cutané** est également faiblement corrélé négativement à l'indice distance. Le pli cutané rend compte de l'état d'embonpoint. Hors l'excédent de masse grasseuse a déjà été montré comme facteur limitant la performance en endurance. En effet, l'excédent de masse grasseuse constitue un frein à l'évacuation de chaleur diminuant ainsi les mécanismes de thermorégulation, augmente le poids à porter par le cheval et diminue les capacités aérobies et augmente le risque d'apparition des troubles métaboliques. Le pli cutané prend également en compte la finesse de la peau ; une peau plus fine assure une meilleure évacuation de la chaleur qu'une peau épaisse. L'inclinaison du fémur par rapport à l'horizontale est négativement corrélée à l'indice vitesse. Ainsi, plus le fémur sera incliné par rapport à l'horizontale, plus l'indice vitesse sera faible. La faible inclinaison du fémur par rapport à l'horizontale améliore l'amplitude des foulées et défavorise leur rythme. Ainsi, les chevaux à l'inclinaison du fémur moins prononcée, effectuent un déplacement dorso-ventral plus important au galop ce qui peut sembler défavorable à l'obtention d'une allure économique nécessaire à l'endurance mais plutôt favorable à l'obtention d'une allure puissante favorisant la vitesse.

### **3.3. Perspectives**

Cette étude seule est insuffisante. Le fait qu'elle ne concerne que les chevaux adultes est un avantage car on peut caractériser la morphologie d'une population homogène. Cependant, les chevaux adultes ont le désavantage d'avoir déjà été sélectionnés et d'avoir une morphologie plus homogène. De plus, la morphologie a été influencée par d'autres facteurs comme par exemple l'environnement ou l'entraînement. L'étude sur les jeunes chevaux, en suivant leur performance à long terme est donc indispensable pour raffiner nos résultats.

La sélection d'un cheval sur sa morphologie seule est insuffisante. Afin de déterminer un morphotype complet du cheval d'endurance, il faudra compléter nos résultats avec l'étude des allures réalisée sur les mêmes chevaux en parallèle.

**L'objectif à court terme est** d'améliorer les grilles de jugement des concours d'élevage d'endurance, ces dernières faisant appel à beaucoup d'empirisme et de subjectivité. En s'inspirant de la grille de jugement existante et de nos résultats, la grille de jugement suivante

peut être proposée (figure11).

Les parties grisées correspondent aux caractères non étudiés dans notre étude.

**Figure 11 : Grille de jugement proposée pour les concours modèles**

**1 - EXPRESSION D'ENSEMBLE DU CHEVAL D'ENDURANCE**

		Note	QUALITES	DEFAUTS
		0 à 10		
	Proportion HG/LC		Rapport proche de 1	Rapport > ou < à 1.
	Etat d'embonpoint		2,5<NEC<3,25	NEC<2,5 (trop maigre), NEC > 3,25 (trop gras).
	Musculature		Absence d'amyotrophie, muscles fins et longs.	Amyotrophie
	Hauteur au garrot		Cheval de taille Moyenne	Cheval trop grand, trop petit
	Longueur de l'encolure		Encolure longue.	encolure courte (<1,5 fois LC).
	Longueur corporelle		Cheval plutôt long.	Cheval court

<b>2 - MODELE</b>				
		note	QUALITES	DEFAUTS
		0 à 10		
<b>Arrière-main</b>				
	Dos		Dos rectiligne.	Dos carpé, ensellé.
	Bassin, croupe		Bassin incliné, symétrie	Bassin verticale, Asymétrie
	Fémur		Fémur long et incliné vers l'avant.	Fémur court.
	Grasset		Angle grasset fermé.	Angle grasset ouvert.
<b>Avant-main</b>				
	Encolure		Bien orientée et bien soutenue, bien implantée	Encolure implantée bas, mal orientée
	Epaule		Epaule longue et inclinée.	Epaule courte, verticale.
	Poitrine		Thorax profond	Thorax peu profond.
	Garrot		Garrot saillant	Garrot noyé
<b>Membr es et Pieds</b>				
Aplombs	Antérieurs		Conforme aux lignes d'aplomb de face et en mouvement.	Cagneux, panards, genoux ouverts, genoux fermés.
	Postérieurs		Conforme aux lignes d'aplomb d'arrière et en mouveme	Cagneux, panards, jarrets ouverts, jarrets fermés.

		nt.	
<b>Antérieurs</b>		Articulations sèches et larges. Axe du paturon environ 50°	Présence de tares dures ou molles. Droit, court, long ou bas jointés, Genoux creux ou arqués.
<b>Postérieurs</b>		Articulations sèches et larges. Axe du paturon environ 50°.	Présence de tares dures ou molles. Droit, court, long ou bas jointés. Jarrets coudés, jarrets ouverts.
<b>Pieds</b>		Symétrie, corne de bonne qualité.	Asymétrie, corne de mauvaise qualité, présence de seimes.
<b>Tissus</b>		Peau fine, bonne vascularisation, sécheresse	Sudation importante, peau épaisse

## **CONCLUSION :**

Cette étude préliminaire suggère que certains critères morphologiques tels que la longueur corporelle, l'épaisseur du pli cutané, l'inclinaison du fémur sont corrélés à la performance d'un cheval d'endurance. Ces critères sont cependant peu nombreux et la corrélation avec la performance est très faible. Cela rejoint les études précédentes sur le fait que la morphologie n'est pas à elle seule un facteur de prédiction de performance. Cette étude constitue cependant une base de données fiable pour caractériser la morphologie du cheval d'endurance. Cette étude sera complétée par l'étude sur les allures, et la morphologie des jeunes chevaux. On pourra ainsi espérer améliorer les critères de sélection des chevaux d'endurance et mettre en place des systèmes d'accouplements raisonnés se basant non seulement sur le morphotype mais aussi sur le génotype des chevaux et permettre ainsi aux éleveurs d'augmenter leur chance de produire un cheval performant tout en gardant en mémoire que d'autres facteurs tels que l'entraînement et les techniques d'élevage sont tout aussi décisives pour la performance.

## BIBLIOGRAPHIE

1. ACHARYA RM, GUPTA UD, SEHGAL JP, SINGH M. Coat characteristics of goats in relation to heat tolerance in the hot Tropics. *Small Ruminant Research*, 1995, 18, 245-248.
2. ANCELET E. Les raids d'endurance équestre. Crépin-Leblond, Paris, 2003, 294 p.
3. ANDERSON TM, MCILWRAITH CW, DOUAY P. The role of conformation in musculoskeletal problems in the racing thoroughbred. *Equine vet. J.*, 2004, 36(7), 571-575.
4. Association Nationale Française du Cheval Arabe pur -sang et demi sang. [<http://www.acafrance.org/>] [En ligne] (Consulté le 28 décembre 2012).
5. Association Nationale Française du Cheval Arabe pur -sang et demi sang. Règlement des concours d'élevage. [En ligne] [<http://www.acafrance.org/>] (Consulté le 28 décembre 2012)
6. Association du Cheval Arabe de Bretagne. Formation des juges de Modèle et Allures (MA) Endurance Saint Pierre du Lorouër (près du Mans) : samedi 14 et dimanche 15 novembre 2009. [En ligne][[http://www.aca-bretagne.com/Stockage/2009-1114CR\\_selection\\_juges\\_MA\\_endurance\\_Mans.pdf](http://www.aca-bretagne.com/Stockage/2009-1114CR_selection_juges_MA_endurance_Mans.pdf)] (Consulté le 10 janvier 2012).
7. ATGER F, LUCHEZ R, CHAZEL S. Formation des juges de Modèle et Allures (MA) Endurance Saint Pierre du Lorouër (près du Mans) : samedi 14 et dimanche 15 novembre 2009. [En ligne] [<http://www.gecel-endurance.fr>] (Consulté le 14 décembre 2011).
8. BAM J., NOAKES TD., JURITZ J, DENNIS SC. Could women outrun men in ultramarathon races? *Med Sci Sports Exerc.*, 1997, 29(2), 244-247.
9. BARNES A, KINGSTON J, BEETSON S, KUIPER C. Endurance veterinarians detect physiologically compromised horses in a 160 km ride. *Equine Vet. J. Suppl.*, 2010, 38, 6-11.

10. **BARREY E.** Evaluation de l'aptitude sportive chez le cheval : application à la

Définition de critères précoces de sélection INRA. Prod. Anim., hors série « Eléments de génétique quantitative et application aux populations animales », 1992, 167-173.

11. **BARREY E.** Méthode Equimétrie : Procédure du test de conformation, 2000, 8p.

12. **BARREY E, DESLIENS F, BLOUIN C, LANGLOIS B.** Mesures du modèle, des allures et du saut des étalons nationaux par la méthode Equimétrie. 28<sup>ème</sup> journée d'étude, les haras nationaux, 2002, 157-176.

13. **BERGERO D, ASSENZAB A, CAOLAB G.** Contribution to our knowledge of the physiology and metabolism of endurance horses. Livestock Production Science, 2005, 92, 167-176.

14. **BERSINGER I.** Nouvelle nomenclature des robes. Equ'idée, 2000, n°38, 18-19.

15. **BRODY S.** Bioenergetics and growth. New York, Reinhold, 1945, 1023p.

16. **BUFFET A.** Pourcentage et nombre de chevaux classés dans les 5 premiers par année et par race [en ligne] [<http://www.endurance-pedigrees.com/Races.aspx>] (Consulté le 15 décembre 2012).

17. **CANO MR, VIVO J, MIRO F, MORALES JL, GALISTEO AM.** Kinematic characteristics of Andalusian, Arabian and Anglo-Arabian horses: a comparative study. Research in Veterinary Science, 2001, 71, 147-153.

18. **CERVANTES I, BAUMUNG R, MOLINA A, DRUML T, GUTIÉRREZ J.P., SÖLKNER J, VALERA M.** Size and shape analysis of morphofunctional traits in the Spanish Arab horse, Livestock Science, 2009, 125, 43-49.

19. **CHABCHOUB A, LANDOLSI F et JARY Y.** Étude des paramètres morphologiques de chevaux Barbes de Tunisie. Revue Méd. Vét. 2004, 155(1), 31-37

20. COUROUCE-MALBLANC A. La médecine sportive appliquée au cheval athlète. Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes, unité pédagogique de pathologie équine, 2011, 113 p.
21. CROOK TC, CRUICKSHANK SE, MCGOWAN CM, STUBBS N, WILSON AM, HODSON-TOLE E, PAYNE RC. A comparison of the moment arms of pelvic limb muscles in horses bred for acceleration (Quarter Horse) and endurance (Arab). *J Anat.*, 2010, 217(1), 26-37.
22. DANVY S. Organisation de la sélection des équidés en France Janvier. 2011. [En ligne] [<http://www.haras-nationaux.fr/information/accueil-equipaedia/genetique/selection-genetique/organisation-de-la-selection.html>] (Consulté le 28 décembre 2012).
23. DANVY S, GRISON AC. Indices de performances sport. Février 2011. [En ligne] | <http://www.haras-nationaux.fr/information/accueil-equipaedia/genetique/les-indices/indices-de-performances.html>]. (Consulté le 30 décembre 2012).
24. DANVY S, GRISON AC. Indices génétiques sport. Février 2011. [En ligne] | <http://www.haras-nationaux.fr/information/accueil-equipaedia/genetique/les-indices/indices-genetiques-sport.html>]. (Consulté le 30 décembre 2012).
25. DENOIX JM. Extérieur et examen physique du cheval, CIRALE-Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, unité pédagogique de pathologie équine, 2001, 249p.
26. DEROTH L, BISAILLON A. Determination of body surface area in neonatal swine. *Lab Anim Sci.*, 1979, 29(2), 249-50.
27. DIACK SL. The determination of the surface area of the white rat. *J. Nutr.*, 1930, 3(3), 289-296.
28. DOUCET, M. Présentation et évaluation d'une méthode de mesure morphométrique en 3 dimensions. Thèse méd vét, .2007, 113p.
29. DUBOIS C. Modélisation des programmes de sélection dans l'élevage du cheval de sport

Français. Thèse AgroParisTech, 2007, 275p.

30. ENTIN P. Do racehorses and greyhound dogs exhibit a gender difference in running speed ? *Equine and Comparative Exercise Physiology*, 2007, 4(3/4), 135–140.
31. ESSÉN-GUSTAVSSON B, KARLSTRÖM K, LINDHOLM A. Fiber types, enzyme activities and substrate utilization in skeletal muscles of horses competing in endurance rides. *Equine Vet J.*, 1984, 16(3), 97-202.
32. EVANS DL. Physiology of equine performance and associated tests of function. *Equine Vet. J.*, 2007, 39(4), 373-383.
33. Fédération Française d'Équitation. Règlement des épreuves d'endurance 2009, [en ligne], PARIS : FFECompet, [<http://www.ffe.com/ffe/Disciplines-Equestres/General/Endurance/Règlement>].
34. FINCH VA, BENNETT IL, HOLMES CR. Coat colour in cattle: effect on thermal balance, behaviour and growth, and relationship with coat type. *The Journal of Agricultural Science*, 1984, 102, 141-147.
35. FRAIPONT A, VAN ERCK E, RAMERY E, RICHARD E, DENOIX JM, LEKEUX P, ART T. Subclinical diseases underlying poor performance in endurance horses: diagnostic methods and predictive tests. *Vet Rec*, 2011, 169(6), 154.
36. GALLETIER A. *Le Pur-Sang Arabe*, Evreux, Editions Atlas, 2011, 125p
37. GARLINGHOUSE SE, BRAY RE, COGGER EA AND WICKLER SJ. The influence of body measurements and condition score on performance results during the 1998 Tevis Cup. [en ligne] [<http://www.shady-acres.com/susan/tevis98.shtml>] (consulté le 6 novembre 2011).
38. GEOR RJ, MCCUTCHEON LJ. Thermoregulatory adaptations associated with training and heat acclimation. *Vet Clin North Am Equine Pract.*, 1998, 14(1), 97-120.

39. GORECKA-BRUZDA A, CHRUSZCZEWSKI MH, JEZIERSKI T, MURPHY J. Behaviour-related traits of Polish sport horse stallions participating in 100-day performance tests. *Livestock Science*, 2011, 136, 207–215.
40. GUEDAOURA S., CABARAUX J.-F, MOUMENE A, TAHRAOUI A, NICKS B. Evaluation morphométrique de chevaux de race Barbeet dérivés en Algérie *Ann.. Méd. Vét.* 2011, 155, 14-22.
41. HANSEN PJ. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Animal Reproduction Science*, 2004, 82–83 , 349–360.
42. HEDGE J, WAGONER D. *Equine photos drawings for conformation anatomy*. Tyler, Texas : equine research inc., 1999, 484 p.
43. HILL RC AND SCOTT KC. Energy requirements and body surface area of cats and dogs. *JAVMA*, 2004, 225(5), 689-694.
44. HILLMAN PE, LEE CN, CARPENTER JR, BAEK KS, PARKHURST A. Impact of Hair Color on Thermoregulation of Dairy Cows to Direct Sunlight. [En ligne] Published by the American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, Michigan. [[www.asabe.org](http://www.asabe.org) ] (consulté le 16janvier 2012).
45. HOCHSCHEID S, GREMILLET D, WANLESS S, DU PLESSIS MA. Black and white under the South African sun: are juvenile Cape gannets heat stressed? *Journal of Thermal Biology*, 2002, 27, 325–332.
46. HODGES AA, HARRISON AG, WATHES CM. Exercise and the height of horses. *Vet Rec.*, 1986, 118(5), 121-123.
47. HODGSON DR, DAVIS RE, MCCONAGHY FF. Thermoregulation in the horse in response to exercise. *Br Vet J.*, 1994, 150(3), 219-235.

48. **HOLMSTRÖM M, MAGNUSSON LE, PHILIPSSON J.** Variation of Swedish Warmblood horses and conformational characteristics of elite sport horses. *Equine Vet J.*, 1990, 22(3), 186-193.
49. **HONG CC, EDIGER RD, RAETZ R, DJURICKOVIC S.** Measurement of guinea pig body surface area. *Lab Anim Sci.*, 1977, 27(4), 474-476.
50. **HUGNET C.** Les médicaments anticancéreux en pratique vétérinaire ; problématique d'utilisation. *Bull. Acad. Vét. France*, 2008, 161, 49-54.
51. **HUNT WF, V. G. THOMAS VG, STIEFEL W.** Analysis of video-recorded images to determine linear and angular dimensions in the growing horse. *Equine Vet. J.*, 1999, 31(5), 402-410.
52. **INRA.** Alimentation des chevaux. Ed. Martin-Rosset W - INRA Éditions Paris, 1990, 232 p.
53. **JUSSIAU R, MONTMEAS L, PAPET A.** Amélioration génétique des animaux d'élevage. Bases scientifiques, sélection et croisements. Dijon (fra) : Educagri Editions, 2006, 322p.
54. **KANO H S, NAKAJIMA T.** Determining specific gravity, specific heat, and surface area of rabbits for a possible thermodynamic approach to body temperature change. *Biol Pharm Bull.*, 1998, 21(6), 565-568.
55. **KELLEY KW, CURTIS SE, MARZAN GT, KARARA EHM AND ANDERSON CR.** Body surface area of female swine. *Journal of animal science*, 1973, 36, n°5, 927-930.
56. **KIBLER HH, BRODY S, WORSTELL D.** Surface area and metabolism of growing guinea pigs. *J Nutr.* 1947, 33(3), 331-338.
57. **KLEIBER M.** Body size and metabolic rate. *Physiol rev*, 1947, 27, 511-541.
58. **LAMAS LP, GIOVAGNOLI G, HEATH MF, JEFFCOTT LB.** Some factors affecting the accuracy

and variability of measurements of the height of ponies. *Vet Rec.*, 2007, 160(20), 691-694.

59. LANGLOIS B, POIREL D, TASTU D, ROSE J. Analyse statistique et génétique des gains des pur-sang Anglais de trois ans dans les courses plates françaises. *Ann. Génét. Sél. Anim* 1975, 7(4), 387-408.

60. LANGLOIS B, FROIDEVAUX J, LAMARCHE L, LEGAULT C, LEGAULT P, TASSENCOURT L, THERET M. Analyse des liaisons entre la morphologie et l'aptitude au galop et au trot et au saut d'obstacle chez le cheval. *Ann. Génét. Sél. Anim.*, 1978, 10(2), 443-474.

61. LANGLOIS B. Inter breed variation in the horse with regard to cold adaptation: a review. *Livestock production science*, 1994, 40, 1-7.

62. LAWRENCE LM, JACKSON S, KLINE K, et al. Observations on body weight and condition of horses in a 150-mile endurance ride. *J. Equine Vet. Sci.*, 1992, 12, 320-324.

63. LEGAULT, P. Contribution à l'étude de la morphologie comparée des chevaux de pur-sang anglais et trotteurs français. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort. Thèse Méd. Vét. 1977. 71p.

64. LELEU C., COTREL C. Body composition in young Standardbreds in training: relationships to body condition score, physiological and locomotor variables during exercise. *Equine vet. J. Suppl.*, 2006, 36, 98-101.

65. LOPEZ-RIVERO JL, SERRANO AL, DIZ AM and GALISTEO AM. Variability of muscle fibre composition and fibre size in the horse gluteus medius: an enzyme-histochemical and morphometric study. *J. Anal.*, 1992, 181, 1-10.

66. LOVING NS. Tenir la distance, tout sur le cheval d'endurance. *Acte Sud*, 2004, 350 p.

67. MARKS D, Conformation and Soundness, *AAEP proceedings*, 2000, 46, 39-46 [En ligne], [[www.ivis.org/proceedings/aaep/2000/39.pdf](http://www.ivis.org/proceedings/aaep/2000/39.pdf)]

68. MARTIN D, NANKERVIS K. *Equine Exercise Physiology*. London, Blackwell Publishing, 2002, 296p.
69. MAWDSLEY A, KELLY EP, SMITH FH, BROPHY PO. Linear assessment of the thoroughbred horse: an approach to conformation evaluation. *Equine Vet J*. 1996, 28(6), 461-467.
70. MCILWRAITH CW, ANDERSON TM and SANSCHI EM. Conformation and musculoskeletal problems in the racehorse. *Clinical Techniques in Equine Practice*, 2003, 2(4), 339-347.
71. MCKEEVER KH, EATON TL, GEISER S, KEARNS CF and LEHNHARD RA. Age related decreases in thermoregulation and cardiovascular function in horses. *Equine vet. J. Suppl.*, 2010, 38, 220-227.
72. MENAGER S. Méthode d'évaluation du poids chez le cheval d'endurance. Détermination expérimentale du « poids de forme » Thèse. Méd. Vét., Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Maisons-Alfort, 2010, 74p.
73. METAYER N, BIAU S, COCHET JL, BARREY E. Etude des facteurs locomoteurs et morphologiques de la performance du cheval d'endurance. 30ème Journée de la recherche Equine, Paris 3 mars 2004, 67-76.
74. MOSTERT HJ, LUND RJ, GUTHRIE AJ, CILLIERS PJ. Integrative model for predicting thermal balance in exercising horses. *Equine Vet. J. Suppl.*, 1996, 22, 7-15.
75. NAGY A, MURRAY JK, DYSON S. Elimination from elite endurance rides in nine countries: a preliminary study. *Equine Vet. J. Suppl.*, 2010, 38, 637-643.
76. PREVEIRAUD L. Etude bibliographique comparée de la physiologie du coureur de fond et du cheval d'endurance : métabolismes énergétiques et musculaires et thermorégulation. Thèse Méd. Vét., Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, Lyon, 2003, 167p.
77. RICARD A, TOUVAIS M. Des indices pour l'endurance ? *Equ'idée*, 2005, n°53, 42-44.

78. RICARD A, BLOUIN C, DANVY S, TAVERNIER L. Des indices 2008 chevaux de sport revisités. *Equ'idée*, 2009, n°66, 52-54.

79. RIVERO J.L.L, RUZ M.C, SERRANO A.L, DIZ A.M. Effects of a 3 month endurance training programme on skeletal muscle histochemistry in Andalusian, Arabian and Anglo-Arabian horses. *Equine Vet. J.*, 1995, 27, 51-59.

80. RIVERO JL, HENCKEL P. Muscle biopsy index for discriminating between endurance horses with different performance records. *Res.Vet.Sci.*, 1996, 61(1), 49-54.

81. RIVERO JLL, SERRANO AL, QUIROZ-ROTHER E and AGUILERA-TEJERO E. Coordinated changes of kinematics and muscle fibre properties with prolonged endurance training. *Equine Vet. J. Suppl.*, 2001, 33, 104-108.

82. RIVERO JL. A scientific background for skeletal muscle conditioning in equine practice. *J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med.*, 2007, 54(6), 321-332.

83. ROBERT C., BENAMOU-SMITH A., LECLERC J.L. Use of the recovery check in long-distance endurance rides. *Equine Vet. J. Suppl.*, 2002, 34, 106-111.

84. ROBERT C. Le signalement du cheval Généralités. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort. Unité Pédagogique d'Anatomie, 2011, 14p.

85. ROBIN N. Contribution à l'étude du cheval pur-sang arabe. Thèse Méd. Vét., Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, Toulouse, 2004, 312p.

86. ROSSDALE PD, BUTTERFIELD RM. Conformation: a step along the pathway to objective assessment. *Equine Vet. J.*, 2006, 38(7), 588-590.

87. SAASTAMOINEN MT, BARREY E. Genetics of conformation, locomotion and physiological traits. *The genetics of the horse*. Ann T. Bowling and Anatoly Ruvinsky, 2000, 527p.

88. SADEK M.H, AL-ABOUD A.Z., ASHMAWY A.A. Factor analysis of body measurements in

Arabian horses. *J. Anim. Breed. Genet.*, 2006, 123, 369–377.

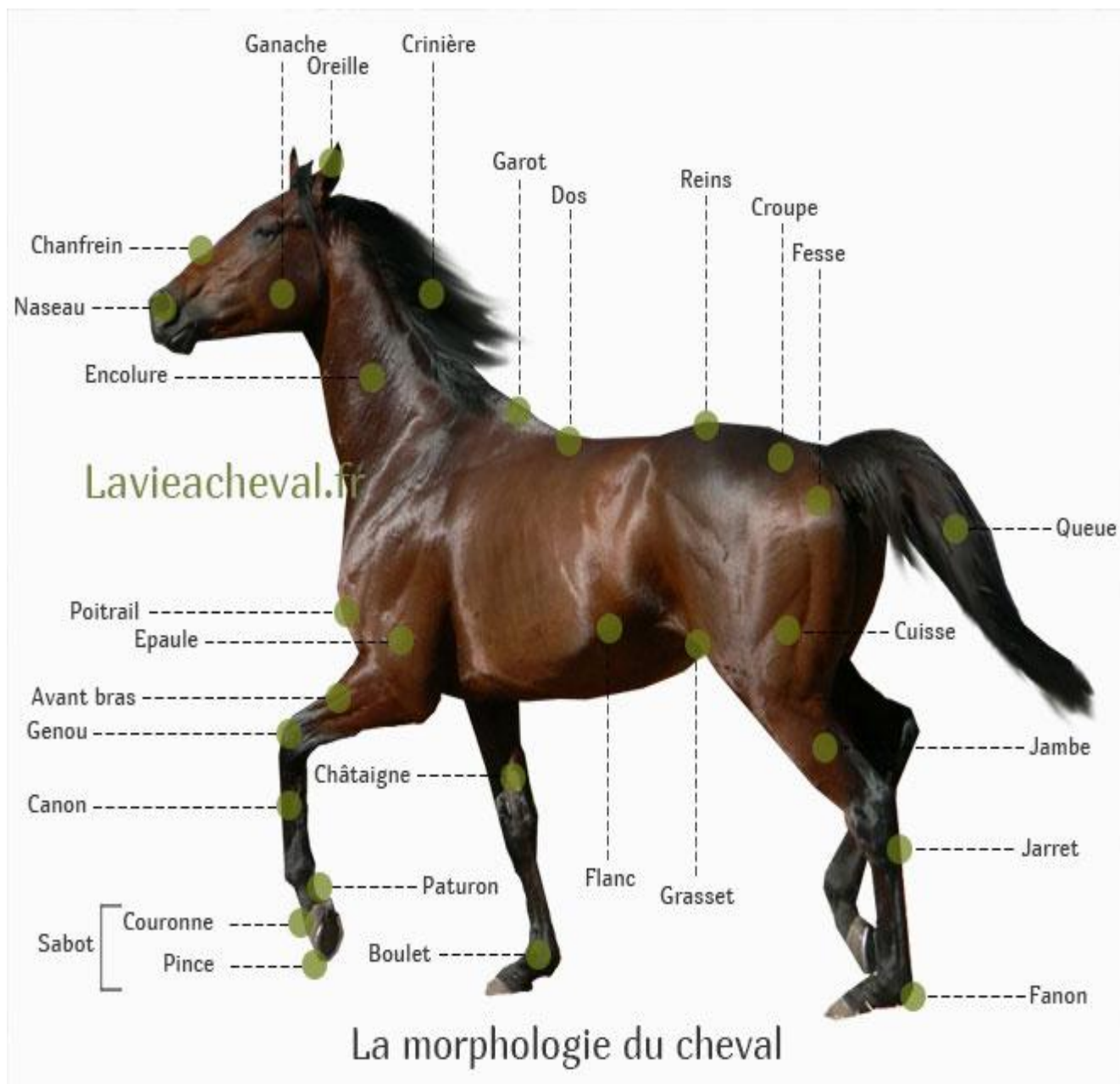
89. SERRANO AL, PETRIE JL, RIVERO JL, HERMANSON JW. Myosin isoforms and muscle fiber characteristics in equine gluteus medius muscle. *Anat Rec.*, 1996, 244(4), 444-451.

90. SNEDDON JC, WALTON R, BOND A. A simple field technique for estimation of body surface area in horses and ponies. *Equine and Comparative Exercise Physiology*, 2004, 1, 51-60.

91. STACHURSKA A, PIETA M, LOJEK J, SZULOWSKA J. Performance in racehorses of various colours. *Livestock Science*, 2007, 106 (2-3), 282-286.

92. TRIGO P, CASTEJON F, RIBER C, MUÑOZ A. Use of biochemical parameters to predict metabolic elimination in endurance rides. *Equine Vet. J. Suppl.*, 2010, 38, 142-146.

## Annexe 1 : la morphologie du cheval



## Annexe 2 : différents photos concernant le cheval et la course d'endurance



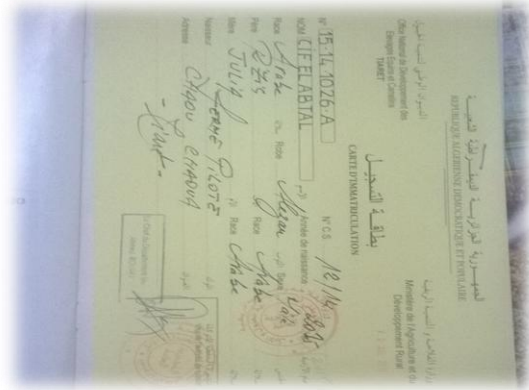
Mensuration (la hauteur à garrot)



un ruban métrique



Livret signalétique



Carte d'immatriculation



Vet-gate ( contrôle vétérinaire)



Epreuve d'endurance

## Annexe 3 : Feuille de résultats chiffrés après une autre analyse morphométrique par le logiciel EQUIMETRIX

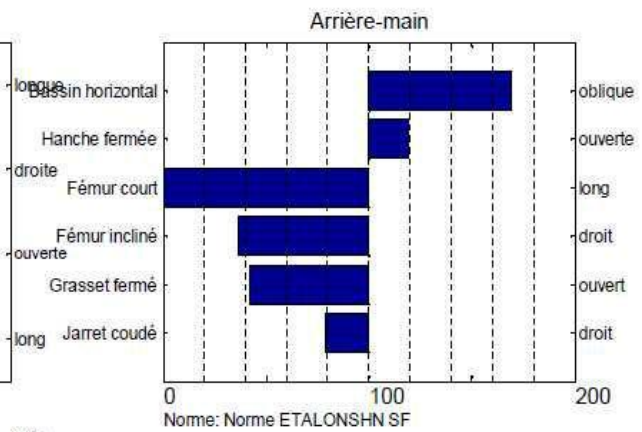
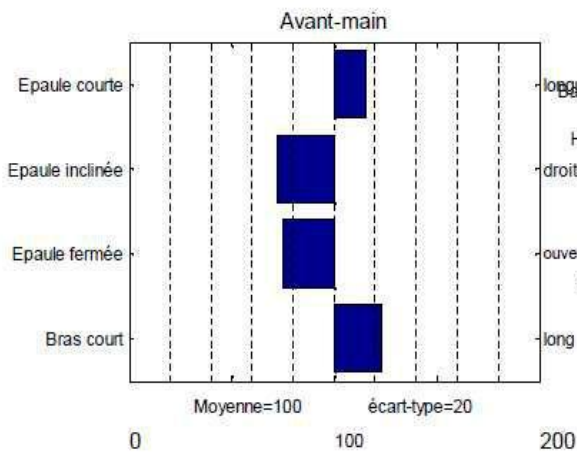
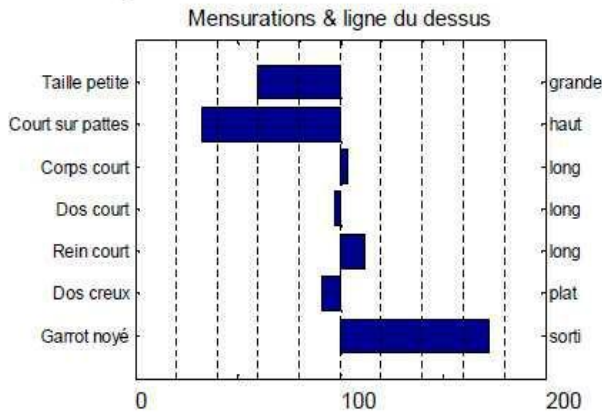
<b>EQUIMETRIX CONFORMATION: X</b>		essai 2	PICT1755.JPG 12-Sep-2005	
<b>MENSURATIONS :</b>	<b>Longueurs</b>	<b>Normes</b>	<b>Angles &amp; hauteurs</b>	<b>Normes</b>
Taille au garrot	1.60 m	1.68	Profondeur de poitrine	0.79 m 0.77
Taille à la croupe	1.58 m	1.66	Vide sous-sternal	0.81 m 0.91
Longueur du corps (épaule-hanche)	1.50 m	1.49		
<b>CONFORMATION DES ANTERIEURS :</b>				
Longueur de l'épaule (scapula)	50 cm	48	Inclinaison de l'épaule / horizontale	61 deg 65
Longueur du bras (humérus)	30 cm	29	Angle de l'épaule	112 deg 117
Longueur de l'avant-bras (radius)	37 cm	41	Angle du coude	141 deg 146
Longueur du canon ant (métacarpe)	33 cm	33	Angle du genou	179 deg
Longueur du doigt ant (phalanges 1,2 et 3)	24 cm	29		
<b>CONFORMATION DES POSTERIEURS :</b>				
Longueur du bassin dorsal (trochanter-tuber sacrale)	44 cm	41	Inclinaison du bassin / horizontale	27 deg 14
Longueur du bassin ventral (trochanter-tuber coxae)	44 cm	37	Angle de la hanche	81 deg 78
Longueur de la cuisse (fémur)	37 cm	50	Inclinaison du fémur / horizontale	54 deg 63
Longueur de la jambe (tibia)	49 cm	49	Angle du grasset	111 deg 122
Longueur du canon post (métatarse)	37 cm	38	Angle du jarret	155 deg 158
Longueur du doigt post (phalanges 1,2 et 3)	24 cm	29		
<b>CONFORMATION DE LA LIGNE DU DESSUS :</b>				
Longueur de la tête (naseau-atlas)	50 cm	51	Angle du dos	153 deg 154
Longueur de l'encolure (atlas-scapula)	67 cm	80	Inclinaison du garrot / horizontale	20 deg 15
Longueur du dos	35 cm	35	Sortie du garrot / creux du dos	13 cm 9
Longueur du rein	57 cm	55	Inclinaison coude-grasset	-4 deg
Longueur poitrail-pointe fesse	166 cm		Inclinaison 1/3 épaule-pointe hanche	-4 deg

Norme: Norme ETALONSHN SF

Copyright CENTAURE METRIX 2002

# Annexe 4 : Feuille de résultats graphiques après l'analyse morphométrique par le logiciel EQUIMETRIX (autre étude morphométrique dans l'ENVA) .

INDICES DE CONFORMATION: X - PICT1755.JPG - 12-Sep-2005



## **ÉTUDE MORPHOMÉTRIQUE DU CHEVAL D'ENDURANCE DE RACE ARABE ET CROISÉ ARABE EN RELATION AVEC LA PERFORMANCE.**

### **Résumé :**

La sélection des jeunes chevaux se base sur le pedigree mais également sur la conformation et les allures. L'évaluation de ces deux derniers critères se fait traditionnellement de manière subjective notamment lors de concours « modèles et allures ». Cependant, les données objectives concernant le cheval d'endurance sont inexistantes et les grilles de jugement utilisées dans les concours modèles et allures reposent sur des données empiriques.

L'objectif de cette étude était de mesurer la conformation de chevaux d'endurance de haut niveau et d'origine Arabe puis de déterminer d'éventuelles corrélations entre ces mesures et la performance. Ainsi, dans le cadre de ce stage projet, 40 chevaux d'origine Arabe engagés sur des épreuves de 80 km ou plus ont fait l'objet des mesures directes suivantes : hauteur au garrot (HG), épaisseur du pli cutané (PC), longueur corporel (LC). Les indices de performances composés d'un indice vitesse, d'un indice distance et d'un indice classement ont permis d'évaluer les corrélations entre la performance et les mensurations.

L'analyse statistique par régression linéaire montre que les chevaux ayant l'indice distance le plus élevé ont une LC plus élevée, un PC plus faible. Les chevaux ayant l'indice vitesse le plus élevés ont quant à eux un fémur moins incliné par rapport à l'horizontale.

Cette étude est un premier pas dans la détermination des critères associés à la performance en endurance. Elle doit être complétée par la même approche chez les jeunes chevaux ainsi que par les mesures d'allures et la détermination du génotype sur les mêmes sujets.

**Mots clés : MORPHOLOGIE, THERMOREGULATION, ENDURANCE, PERFORMANCE, CHEVAL, PUR SANG ARABE.**

## **MORPHOMETRIC STUDY OF ENDURANCE ARABIAN HORSE RELATED TO PERFORMANCE**

### **Summary:**

Selection of young horses is based on the pedigree, conformation and gait analysis. Evaluation of the last two criteria is very subjective and objective data are lacking. Assessment grids used in breed show are based on empirical data. The objective of this study was to measure the conformation of horses from Arabian origin involved in 80 km or more endurance races in order to determine correlations between these body measurements and performance. As part of this study, 40 horses were evaluated for the following body measurements: withers height (WH), length of the body (BL), thickness of the skin fold (SF).

The “performance index” was used to determine correlations between measurements and performance. It is composed of a speed index, a distance index and a rank index. This study allowed to develop a database on the morphology of high level endurance horses and to establish a specific weight equation based on several body measurements.

The statistical analysis by linear regression showed that the horses having the highest distance index have a higher BL; a thinner SF. Horses having the highest speed index have a more horizontal femur. This study is a first step in determination of performance associated criteria in endurance horses. Other studies must be performed in young animals, using gait analysis and genetic assay.

**Key words:** MORPHOLOGY, THERMOREGULATION, ENDURANCE, PERFORMANCE, HORSE, ARABIAN HORSE.

## دراسة مورفولوجية للخيل العربية لسباق القدرة والتحمل وعلاقتها بالأداء

### ملخص :

ويستند اختيار الخيل الشباب على تحليل النسب والتشويه والمشية. تقييم المعيارين الأخيرين هو بيانات ذاتية وموضوعية للغاية. تعتمد شبكات التقييم المستخدمة في عرض السلالات على البيانات التجريبية. كان الهدف من هذه الدراسة هو قياس التشكل من الخيل من أصل عربي المشاركة في 80 كم أو أكثر من سباقات التحمل من أجل تحديد العلاقات بين هذه القياسات الجسم والأداء. كجزء من هذه الدراسة ، تم تقييم 40 حصاناً سمك طية الجلد (BL) لقياسات الجسم التالية: ، طول الجسم

تم استخدام "مؤشر الأداء" لتحديد الارتباطات بين القياسات والأداء. وهي تتألف من مؤشر السرعة ، مؤشر المسافة ومؤشر الترتيب. سمحت هذه الدراسة بتطوير قاعدة بيانات عن مورفولوجيا خيل التحمل عالية المستوى وإنشاء معادلة وزن محددة بناءً على العديد من قياسات الجسم

الخيل أظهر التحليل الإحصائي عن طريق الانحدار الخطي أن الخيل التي لها أعلى مؤشر مسافة لها ارتفاع التي لديها أعلى مؤشر للسرعة لديها عظم عظم أفقي. هذه الدراسة هي الخطوة الأولى في تحديد معايير الأداء المرتبطة بخيل التحمل. يجب إجراء دراسات أخرى على الحيوانات الصغيرة ، باستخدام تحليل المشية والفحص الجيني

الكلمات المفتاحية: المورفولوجيا ، الحرارة ، الأداء ، الخيل ، الخيل العربية