

Morphologie comparative des chevaux arabes de lignées égyptienne, polonaise et Desert Breed

M. MACHMOUM¹, L. MEZROUR², I. BOUJENANE³, M. PIRO¹

(Reçu le 09/12/2018; Accepté le 20/02/2019)

Résumé

L'objectif de l'étude est d'analyser la variation morphologique des trois lignées de chevaux arabe : l'égyptien (EG), le polonais (PL) et le cheval de la péninsule arabique dit Desert Breed (DB). 146 chevaux adultes représentant ces trois lignées en provenance de différents pays ont été examinés. L'analyse de la variance de 19 mensurations et 12 indices corporels a été effectuée par la procédure GLM pour étudier les effets inter et intra lignées ($\alpha=0,05$). L'analyse en composantes principales appliquée séparément sur les mensurations et sur les valeurs des indices corporels a permis de retenir deux axes principaux expliquant respectivement 26,2% et 12,6%, et 30,8% et 20,7% de la variabilité totale. Les fonctions discriminantes ont classé 92,7% des chevaux DB, 77,6% des chevaux EG et 72,3% des chevaux PL dans leurs lignées correspondantes. Des tests MANOVA ont permis de confirmer l'existence de différences morphologiques entre ces trois lignées. Les profils morphologiques du DB et PL se sont révélés très différents alors que l'EG présente un profil intermédiaire. L'analyse du facteur de la famille maternelle n'a pas montré d'effet significatif pour l'EG et le PL. Chez le DB, la PP (0,024) et les indices corporels qui lui sont corrélés (RC, 0,44; IC, 0,21; IBC, 0,026; ICOMP, 0,024) ont montré un effet significatif différenciant essentiellement entre les familles maternelles *Hamdani Samri*, *Kuhailah Ummarqob* et *Suwaiti Alfarim*.

Mots-clés: Cheval arabe, mensurations corporelles, lignée Desert Breed, lignée égyptienne, lignée polonaise.

Comparative morphology of Desert Breed, Polish and straight Egyptian Arabian horses lines

Abstract

The aim of this study was to analyse the morphology of three different Arabian horse lines: Straight Egyptian (EG), Polish (PL) and Desert breed (DB). A total of 146 adult horses were studied. The samples representing these three lines came from different countries. The analyse of variance was performed on 19 body measurements and 12 indices by the GLM procedure to study the between and withinlines effect ($\alpha=0,05$). The principal component analysis applied separately to the body measurements and indices allowed to retain two principal components explaining 26.2% and 12.6%, and 30.8% and 20.7% of the total variability, respectively. The Canonical discriminant analysis assigned 92.7% of DB, 77.6% EG and 72.3% of PL horses in their respective bloodline. The test of MANOVA revealed morphological differences between the three lines. The morphological profiles of DB and PL proved to be very distinct, whereas the EG profile was intermediate in between. The dam line factor showed no significant effect on the phenotype in the EG and PL lines. In DB, only PP (0.024) and correlated body indices (CR, 0.44; CI, 0.21, IBC, 0.026, ICOMP, 0.024) carried out a significant effect differentiated between *hamdani Samri*, *kuhailah Ummarqob* et *Suwaiti Alfarim* dam lines.

Keywords: Arabian horse, body measurements, Desert Breed horse, Straight Egyptian Arabian, Polish Arabian, Arabian dam line strain.

INTRODUCTION

La race du cheval arabe est très ancienne. Elle associe à la fois des qualités esthétiques, de noblesse et d'endurance. La beauté de ce cheval et ses performances sportives sont liées à la conformation de son corps (Evans 2000; Lawrence 2001; Parker 2002; Meadows 2003). Ses origines ne font pas souvent l'unanimité. Toutefois, la majorité des sources historiques convergent sur le fait que plusieurs missions provenant de pays divers ont exploré la péninsule arabique durant le XVIII, XIX et le début du XX siècles, pour comprendre l'approche de l'élevage des bédouins et d'en ramener des reproducteurs pour améliorer leur propre programme, notamment en Pologne (Lizet, 2004) et en Égypte (Judith, 1993; Edouard, 2005). Le changement

de l'environnement de l'élevage, ajouté au programme de sélection basé sur des critères différents de ceux suivis par les Bédouins aux pays du berceau, ont marqué le phénotype des lignées du cheval arabe (Ameen, 1961; Cervantes *et al.*, 2009). En fonction du service, notamment les courses, les concours de beauté ou l'endurance, le cheval arabe a été longuement sélectionné différemment selon les régions. L'origine géographique de production des ancêtres fondateurs détermine la classification des lignées, en l'occurrence pour le cheval polonais (PL), l'égyptien (EG) et le cheval de la péninsule arabique dit Desert breed (DB). Tous, sont des chevaux reconnus par la World Arabian Horse Organization (WAHO). L'aspect morphologique de différentes races de chevaux a été largement traité par plusieurs auteurs (Boujenane *et al.*, 2008;

¹ Laboratoire d'Analyses Génétiques Vétérinaires, Unité de PMC Equine/ Canine Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.

² Cabinet Vétérinaire Ouled Said, Tadla, Maroc

³ Département de Productions et de Biotechnologies Animales, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan, Rabat, Maroc.

Brooks *et al.*, 2010; Carbal *et al.*, 2004; Caroll *et al.*, 1988; Chabchob *et al.*, 2004; Kosoma *et al.*, 2004; Lawrence *et al.*, 2001; Mariante *et al.*, 2002; McManus *et al.*, 2002; Takaendengan *et al.*, 2011). Certains se sont intéressés spécifiquement à la question du phénotype du cheval arabe en Espagne (Cervantes *et al.*, 2009), en Égypte (Sadek *et al.*, 2006), en Iran (Gharahveysi *et al.*, 2008) et en Pologne (Dorota *et al.*, 2008). A la connaissance des auteurs, aucune étude du genre n'a intéressé le cheval DB. L'objectif du présent travail est donc d'étudier les différentes mensurations et indices corporels des chevaux des lignées DB, EG et PL, et d'apprécier l'homogénéité et la spécificité morphométriques intra et inter lignée.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude a été effectuée sur 146 chevaux arabes, adultes, reconnus par la WAHO, représentant trois lignées de chevaux arabe ciblées DB, PL et EG. L'échantillonnage a été sélectionné pour être mieux représentatif de chacune des lignées étudiées. 41 chevaux DB provenant d'élevages dédiés à la conservation de cette lignée en Arabie Saoudite notamment de la région de Nadj, Athba Stud et du Centre du Roi Abdulaziz des chevaux arabes à Dirab (KAAHC). Ces élevages possédaient les principales familles maternelles «*Rasn*» existantes en Arabie Saoudite. 47 chevaux polonais choisis principalement des chevaux des haras étatiques en Pologne à savoir Janow Podlaski, Michalow et Bialka. Ces haras, créés respectivement depuis la moitié du 19^{ème} siècle, en 1950 et en 1980, sont les précurseurs de cette lignée et sont internationalement réputés par la qualité de leurs productions. Treize différentes familles maternelles sont représentées dans ce groupe de PL. 58 chevaux de lignée égyptienne dont la majorité EG ont pour origine la station d'élevage Elzahra Stud (EAO) en Égypte, créée depuis 1928 et constituait la principale ressource en matière de chevaux égyptiens au niveau international. Le reste des échantillons EG provenant de Rabab stud et Albadeia Stud en Egypte, Alzobair Stud et Al Warsans Stud aux EAU, Al Rayyan Stud et Alshaqab Stud au Qatar et Inas Stud au Maroc.

Cet échantillonnage a pris en considération la diversification des lignées maternelles «*Rasn*» et l'éloignement des pedigrees des chevaux.

Pour chaque cheval étudié, un ensemble de 17 mensurations corporelles standards ont été prises en utilisant une toise métrique pour les hauteurs et un ruban métrique pour les circonférences et les largeurs. Les mesures ont été réalisées sur des chevaux au repos, dans une position d'aplomb, sur un terrain horizontal, avec un sol dur et plat. Les paramètres mesurés étaient: Hauteur au garrot (HG), hauteur à la croupe (HC), longueur de la tête (LTe), distance entre les angles internes des yeux (DAIY), longueur de l'encolure (LE), tour de l'encolure (TE), longueur totale du corps (LTo), vide sous sternal (VSS), profondeur de la poitrine (PP), largeur de la poitrine (LP), tour de l'avant-bras (TAB), tour du genou (TG), tour du canon antérieur (TCA), longueur du canon antérieur (LCA), tour du boulet (TB), tour du paturon (TPa) et tour du canon postérieur (TCP).

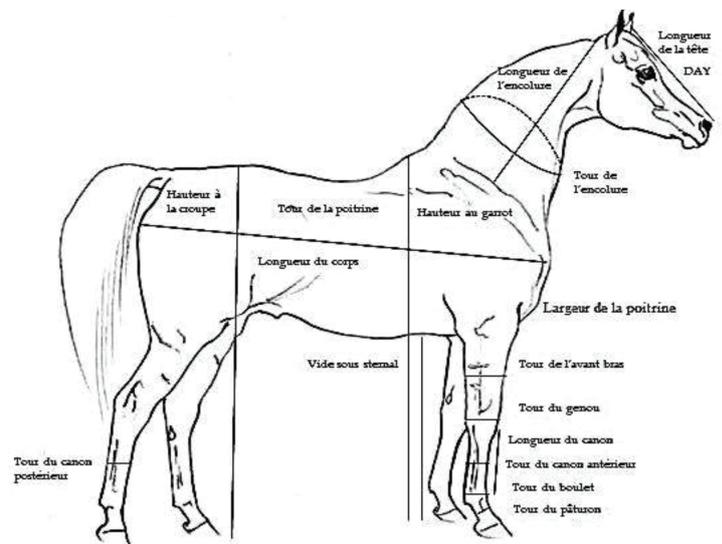


Figure 1: Schéma montrant les différentes mensurations effectuées sur les chevaux étudiés

A partir de ces mensurations, d'autres variables et indices de conformation ont été calculés:

- Poids corporel ($PC = (PP)^3 \text{ (cm)} \times 80$);
- Indice corporel de profil ($ICP = HG/LT \times 100$);
- Indice corporel ($IC = LT/PP$);
- Indice de la hauteur pectorale ($IHP = PP/VSS \times 100$);
- Indice d'épaisseur relative du canon ($IERC = TCA/HG \times 100$);
- Indice dactylo-thoracique ($IDT = TCA/PP \times 100$);
- Indice de compacité ($ICOMP = PV/HG \text{ (kg/cm)}$);
- Indice de Baron et Crevat ($IBC = PP^2 \times HG \times 100$);
- Hauteur devant-derrrière ($HDD = HG/HC$);
- Profondeur de la Poitrine ($PP = HG - VSS$);
- Rapport corporel ($RC = PP/HG$);
- Indice de la longueur de la tête ($ILTe = LTe/H$);
- Indice thoracique ($IT = LP/PP$);
- Indice de corpulence ($ICor = PP/LT$).

L'analyse de la variance (ANOVA) des variables phénotypiques (mensurations et indices corporels) a été effectuée par la procédure GLM (General Linear Model), complétée par le test MANOVA en utilisant le logiciel SAS 9.0. Le modèle statistique utilisé a inclus l'effet fixe de la lignée (3 niveaux: DB, EG et PL) et de la famille maternelle hiérarchisée dans la lignée, avec 5 niveaux pour le cheval DB (Hamdani Samri, Kuhailah Umm Arqob, Obeyan al Saif, Subaili, Suwaiti al Farim), 5 niveaux pour le cheval EG (Dahmah Shahwanayah, Hadbah Enzahiyah, Kuhaylah Rudaniyah, Obeya OmGrees, Saqlawiyah Jidraniyah) et 13 niveaux pour le cheval PL (Adjuzé, Bent El ArabOA, Gazella OA, Melecha OA, Milodkra, Rodania OA, Sahara, Scherife, Selma OA, Semire OA, Szamrjowka, Ukrainka, Woloszka). Par la suite, l'analyse en composantes principales (ACP) a été appliquée sur les mensurations corporelles et sur les indices. Cette analyse a été utilisée afin de conserver parmi les paramètres étudiés, ceux qui expriment le plus de variabilité phénotypique entre les chevaux. Le nombre de facteurs étant réduit et par conséquent, l'obtention d'un schéma illustrant les

relations de dépendance entre les variables métriques et les composantes principales. La méthode pas à pas (Stepwise) de l'analyse discriminante a été utilisée pour ressortir un nombre réduit de paramètres ayant un fort pouvoir discriminant entre les chevaux des trois lignées étudiées. L'analyse canonique discriminante a permis de définir les chevaux qui sont bien classés dans leur groupe. Ces analyses ont été réalisées par le logiciel statistique SPSS v 20.0.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les moyennes de mensurations et la méthode d'analyse que nous avons utilisées sont similaires avec plusieurs études qui ont traité les aspects morphométriques chez le cheval (Pieszka, 2005; Dorota, 2012). Les moyennes arithmétiques de l'ensemble de la population de chevaux étudiés et leurs écarts types ainsi que les coefficients de variation des mensurations et indices corporels sont présentés dans le tableau 1. Les moyennes ajustées et leurs erreurs standards des mensurations corporelles et des indices corporels des chevaux des trois lignées sont présentées dans le tableau 2.

Mensurations corporelles

La hauteur au garrot des chevaux de l'ensemble des trois lignées est en moyenne de 151,4 cm. Ce résultat est en accord avec le résultat rapporté par Dorota *et al.*, (2012) et Pieszka (2005) qui avaient travaillé sur la morphologie des chevaux PL et Sadek, (2006) qui a étudié le phénotype des chevaux EG. En revanche, pris séparément, les chevaux de la lignée EG ont enregistré une valeur moyenne ajustée de la hauteur au garrot de 148,8 cm, inférieure à celles des deux autres lignées (152,4 cm pour DB ($p < 0,01$) et 153,3 cm pour le PL ($P < 0,001$)).

Ce résultat est conforme avec Sadek (2006). De même que pour la hauteur à la croupe, la valeur moyenne chez les chevaux EG (147,0 cm, $p < 0,001$) est inférieure à celle trouvée chez les chevaux PL (152,0 cm, $p < 0,001$) et DB (153,3cm, $p < 0,001$). Ce résultat est en accord avec celui rapporté par Sadek (2006). Chez le cheval DB, la hauteur au garrot et la hauteur à la croupe n'ont pas montré de différence significative ($p > 0,5$). Alors que pour les chevaux PL et EG, la hauteur au garrot est sensiblement plus grande que la hauteur à la croupe ($p < 0,05$). La moyenne de la longueur totale du corps de l'ensemble des chevaux

Tableau 1: Moyennes arithmétiques, écart-types, minima, maxima et coefficient de variations des mensurations et indices corporels de l'ensemble des chevaux étudiés (PL, EG, DB)

Variabiles	N	Moy. (cm)	Écart-type	Min. (cm)	Max. (cm)
Hauteur au garrot	146	151,4	3,88	139,0	160,0
Hauteur à la croupe	146	150,3	3,97	137,0	160,0
Longueur de la tête	146	61,1	3,18	50,0	74,0
Distance entre angles internes yeux	146	18,0	1,03	16,0	20,0
Longueur de l'encolure	146	76,3	7,05	63,0	113,0
Tour de l'encolure	146	96,2	14,9	66,0	134,0
Longueur totale du corps	146	159,0	7,81	142,0	177,0
Vide sous sternal	146	81,4	3,61	68,0	97,0
Tour de la poitrine	146	179,2	8,37	160,0	198,0
Largeur de la poitrine	145	34,9	3,05	24,0	46,0
Tour de l'avant-bras	146	33,4	2,34	28,0	39,0
Tour du genou	146	29,1	1,84	17,0	33,0
Tour du canon antérieur	146	18,5	1,19	12,0	26,0
Longueur du canon antérieur	146	25,9	2,11	18,0	30,0
Tour du boulet	146	25,1	1,12	21,0	28,0
Tour du paturon	146	18,0	1,19	16,0	25,0
Tour du canon postérieur	146	20,3	1,10	17,0	22,0
Poids (Kg)	146	463,7	65,00	327,7	621,0
Profondeur de la Poitrine	146	70,01	4,14	55,00	88,00
Indice corporel de profil	146	0,95	0,04	0,87	1,08
Indice Corporel	146	0,89	0,05	0,79	1,05
Indice de la hauteur pectorale	146	0,86	0,08	0,64	1,29
Indice d'épaisseur relative canon	146	0,12	0,01	0,08	0,17
Indice dactylo-thoracique	146	0,10	0,01	0,06	0,16
Indice de compacité	146	3,06	0,42	2,13	4,12
Indice de Baron et Crevat	146	2,13	0,20	1,66	2,64
Hauteur devant-derrrière	146	1,01	0,02	0,93	1,10
Rapport Corporel	146	1,18	0,06	1,04	1,35
Indice de la Longueur de la Tête	146	0,40	0,02	0,34	0,50
Indice Thoracique	146	0,19	0,02	0,13	0,25
Indice de Corpulence	146	1,14	0,06	0,98	1,25

étudiés (159,0 cm) est légèrement supérieure à la hauteur au garrot (151,4 cm) ($P < 0,001$). Ceci est très hautement significative chez la lignée PL (164,2 cm et 153,3 cm, $p < 0,001$). Ces résultats sont en accord avec Dorotat (2012) et Sadek (2009). Par contre, chez le DB, ces deux mensurations sont sensiblement égales (152,6 cm et 152,4 cm, $p > 0,5$). Selon Evans (2000) et Meadows (2003), le rapport entre ces deux hauteurs permet à l'arrière main du cheval de se positionner en-dessous du corps, ce qui confère au cheval une bonne aptitude sportive. Chez les chevaux PL, la longueur totale du corps (164,2 cm, $p < 0,001$) et la longueur de l'encolure (80,6 cm, $p < 0,01$) ont des valeurs moyennes sensiblement supérieures à celles enregistrées respectivement chez les chevaux EG (157 cm et 73,2 cm) et DB (152,6 cm et 74 cm). Ces valeurs sont conformes avec celles rapportées par Pieszka, (2005) et Dorota *et al.*, (2012). Selon Lawrence, (2001), un cheval de conformation équilibré ne doit pas coupler une encolure longue avec un corps réduit et vice versa. Les valeurs de ces paramètres chez les chevaux des trois lignées les prédisposeraient à avoir une conformation plutôt équilibrée. Toutefois, la moyenne du tour de l'enco-

lure (114,4 cm, $p < 0,001$) et du tour de l'avant-bras (34,7 cm, $p < 0,01$) sont supérieures chez le DB comparée aux autres lignées. Les moyennes des autres mensurations sont en général similaires ou très légèrement différentes pour l'ensemble des trois groupes. Elles sont aussi en accord avec celles rapportées dans d'autres études (Crevantes *et al.*, 1998; Dorota *et al.*, 2012; Sadek, 2006).

Indices corporels

La valeur moyenne de l'indice corporel pour l'ensemble des chevaux étudiés est en moyenne de 0,89. Sa moyenne ajustée chez les chevaux DB et EG se situe aussi entre 0,86 et 0,88, ce qui confirme la qualification de ces chevaux comme médioligne. Toutefois, chez les chevaux PL, cet indice est supérieur à 0,90. Ils ont une conformation avec des rayons plus longs que les autres lignées, ce qui leur confère une bonne aptitude aux courses (McManus *et al.*, 2008). L'indice de la hauteur pectorale est en moyenne inscrite entre 0,8 et 1 pour les trois lignées. Ceci indique que le cheval arabe est «loin du sol» et, par conséquent, prédisposé aux activités de vitesse (Marcenac *et al.*, 1980;

Tableau 2: Moyennes ajustées (LSM)± erreurs standards (SE) des mensurations et indices corporels des chevaux des lignées DB, EG et PL

Variables	DB (N=41)	EG (N=58)	PL (N=47)	Signif. Pr
	LSM ± SE	LSM ± SE	LSM ± SE	
Hauteur au garrot ¹	152,4 ± 0,86ab	148,8 ± 0,64b	153,3 ± 0,67a	<0,0001
Hauteur à la croupe	153,3 ± 0,86 ^a	147,0 ± 0,64 ^b	152,0 ± 0,67 ^b	0,0068
Longueur de la tête	61,0 ± 0,72 ^b	60,0 ± 0,54 ^b	62,5 ± 0,57 ^a	<0,0001
Distance entre les angles internes des yeux	17,2 ± 0,20 ^c	17,8 ± 0,15 ^b	18,8 ± 0,16 ^a	<0,0001
Longueur de l'encolure	74,0 ± 1,58 ^b	73,2 ± 1,17 ^b	80,6 ± 1,23 ^a	<0,0001
Tour de l'encolure	114,4 ± 2,26 ^a	87,9 ± 1,68 ^b	88,3 ± 1,77 ^b	<0,0001
Longueur totale corps	152,6 ± 1,48 ^c	157,0 ± 1,10 ^b	164,2 ± 1,16 ^a	<0,0001
Vide sous sternal	82,3 ± 0,88	80,6 ± 0,65	81,5 ± 0,69	<0,0001
Tour de la poitrine	176,9 ± 1,90	178,6 ± 1,41	181,0 ± 1,49	0,2758
Largeur de la poitrine	35,7 ± 0,72	34,4 ± 0,53	35,5 ± 0,56	0,2125
Tour de l'avant-bras	34,7 ± 0,55 ^a	32,7 ± 0,41 ^b	32,6 ± 0,43 ^b	<0,01
Tour du genou	29,5 ± 0,44	28,6 ± 0,33	29,5 ± 0,35	0,1161
Tour canon antérieur	18,7 ± 0,27	18,1 ± 0,20	18,5 ± 0,21	0,2062
Longueur canon antérieur	26,0 ± 0,50	25,4 ± 0,37	25,9 ± 0,39	0,5669
Tour du boulet	25,3 ± 0,27	24,9 ± 0,20	25,3 ± 0,21	0,2281
Tour du paturon	18,3 ± 0,29	17,7 ± 0,22	18,2 ± 0,23	0,2278
Tour du canon postérieur	20,4 ± 0,26 ^b	19,8 ± 0,19 ^b	20,7 ± 0,20 ^a	0,0114
Poids	451,4 ± 7,8 ^a	467,0 ± 8,0 ^b	470,3 ± 11,6 ^b	0,1654
Profondeur de la Poitrine	70,29 ± 0,60 ^b	68,36 ± 0,62 ^b	71,79 ± 0,38 ^a	0,1711
Indice corporel de profil	0,99 ± 0,01 ^a	0,95 ± 0,00 ^b	0,93 ± 0,00 ^b	<0,0001
Indice Corporel	0,86 ± 0,01 ^b	0,88 ± 0,01 ^b	0,92 ± 0,01 ^a	0,0051
Indice de la hauteur pectorale	0,86 ± 0,01	0,84 ± 0,01	0,89 ± 0,01	0,2334
Indice d'épaisseur relative du canon	0,12 ± 0,00	0,12 ± 0,00	0,12 ± 0,00	0,6570
Indice dactylo-thoracique	0,11 ± 0,00	0,10 ± 0,00	0,1 ± 0,00	0,4661
Indice de compacité	2,97 ± 0,05	3,12 ± 0,05	3,07 ± 0,07	0,2297
Indice de Baron et Crevat	2,08 ± 0,03	2,16 ± 0,02	2,12 ± 0,03	0,2103
Hauteur devant-derrrière	1,00 ± 0,00 ^b	1,01 ± 0,00 ^a	1,01 ± 0,00 ^b	0,0213
Rapport Corporel	1,17 ± 0,01 ^b	1,20 ± 0,01 ^a	1,18 ± 0,01 ^b	0,0454
Indice de la Longueur de la Tête	0,40 ± 0,01	0,40 ± 0,00	0,41 ± 0,00	0,3193
Indice Thoracique	0,20 ± 0,00 ^a	0,19 ± 0,00 ^b	0,20 ± 0,00 ^b	0,1017

¹ Les moyennes d'une même ligne qui ont des lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$).

MacManus *et al.*, 2008). Les rapports corporels moyens des chevaux EG, PL et DB sont de l'ordre de 1,2 ce qui qualifie leur développement thoracique de bon selon McManus *et al.*, (2008). L'indice dactylo-thoracique enregistré pour les chevaux des trois groupes est en moyenne de 0,104. Cet indice est inférieur à 0,105, ce qui qualifie le cheval arabe comme un cheval léger ou eumétrique (Carbal *et al.*, 2004). Ce résultat est en accord avec celui rapporté par Khatouf, (2005) dans son étude comparative des morphologies des races de chevaux au Maroc.

Par ailleurs, pris séparément, cet indice chez le DB est en moyenne de 0,106. Compris entre 0,105 et 0,108, le cheval DB peut être classé comme un cheval moyen ou eumétrique (Carbal *et al.*, 2004). L'indice de Baron et Crevat est en moyenne de 2,127 pour l'ensemble des trois groupes. Ce qui qualifie les groupes de chevaux étudiés comme chevaux de selle. Le poids moyen des trois lignées se situe entre 350 et 550 kg, ce qui permet de les qualifier de chevaux moyen ou eumétrique (McManus *et al.*, 2005).

Effet de la lignée du cheval sur son phénotype

L'analyse de la variance a révélé que parmi les trente et un variables étudiées, dix mensurations (HG, HC, LTe, DIAY, LE, TE, LTo, VSS, TAB, TCP et Poids) et quatre indices corporels (IC, ICOMP, IBC et RC) sont significativement influencés par la lignée.

Les tests de Lambda de Wilks et de Trace de Pillai issus de l'analyse statistique MANOVA ont confirmé que l'effet de la lignée sur le phénotype du cheval arabe aussi bien pour les mensurations que pour les indices corporels est hautement significatif ($<0,001$). Cette différence morphologique interlignée serait la conséquence de facteurs environnementaux et des critères de sélection variables dans chacune d'elle. De plus, le recours aux accouplements consanguins «inbreeding ou linebreeding», pratique courante dans les unités d'élevage EG et DB, auraient renforcés les traits morphologiques de ces lignées.

Effet de la famille maternelle «Rasn» sur le phénotype

L'étude de l'influence de la famille maternelle sur le phénotype des chevaux par l'analyse de l'analyse ANOVA a révélé uniquement chez la lignée DB, un effet significatif sur la mensuration TP (0,0240) et les indices corporels qui lui sont corrélés (RC, IC, IBC, ICOMP et le Poids). Ces variables permettent de différencier entre les familles maternelles *Hamdani Samri*, *Kuhailah Umm Arqob* et *Suwaiti al Farim*. Ainsi la famille maternelle n'a pas d'effet sur le phénotype des chevaux EG, PL et très faible chez DB. Ameen (1961), dans son étude sur les notions de famille et de lignée du cheval EG, a conclu au même résultat.

Analyse en composantes principales pour les mensurations corporelles

Sur les 17 mensurations corporelles étudiées, l'ACP a permis de réduire le nombre de variables à six composantes principales dont la valeur propre est supérieure à 0,5. L'ensemble de ces composantes explique 68,8% de la variabilité totale. La première composante restitue 26,2% et elle est fortement corrélée avec la longueur totale du corps (0,835), la distance entre les angles internes des yeux (0,834) et à moindre mesure avec la longueur de l'encolure (0,593) et la longueur de la tête (0,583). Quant à la deuxième composante qui explique 12,6% de variabilité totale, elle est corrélée avec le tour du boulet (0,769), le tour du paturon (0,663), le tour du canon postérieur (0,550) et le tour de l'encolure (0,549). La première composante est liée à des facteurs influençant l'équilibre global du cheval (la longueur totale du corps et la longueur de l'encolure) et le profil de la tête. Par contre, la deuxième composante est interprétée comme facteur d'appréciation de l'épaisseur (force) des membres et de l'encolure. Toutefois, quand il s'agit de faire la comparaison, il y a peu d'études qui ont concerné la morphologie comparative du cheval arabe de différentes régions ou de différentes lignées. La figure 2, qui est la représentation graphique des trois lignées selon les deux premières composantes relatives aux mensurations corporelles, montre une distinction entre

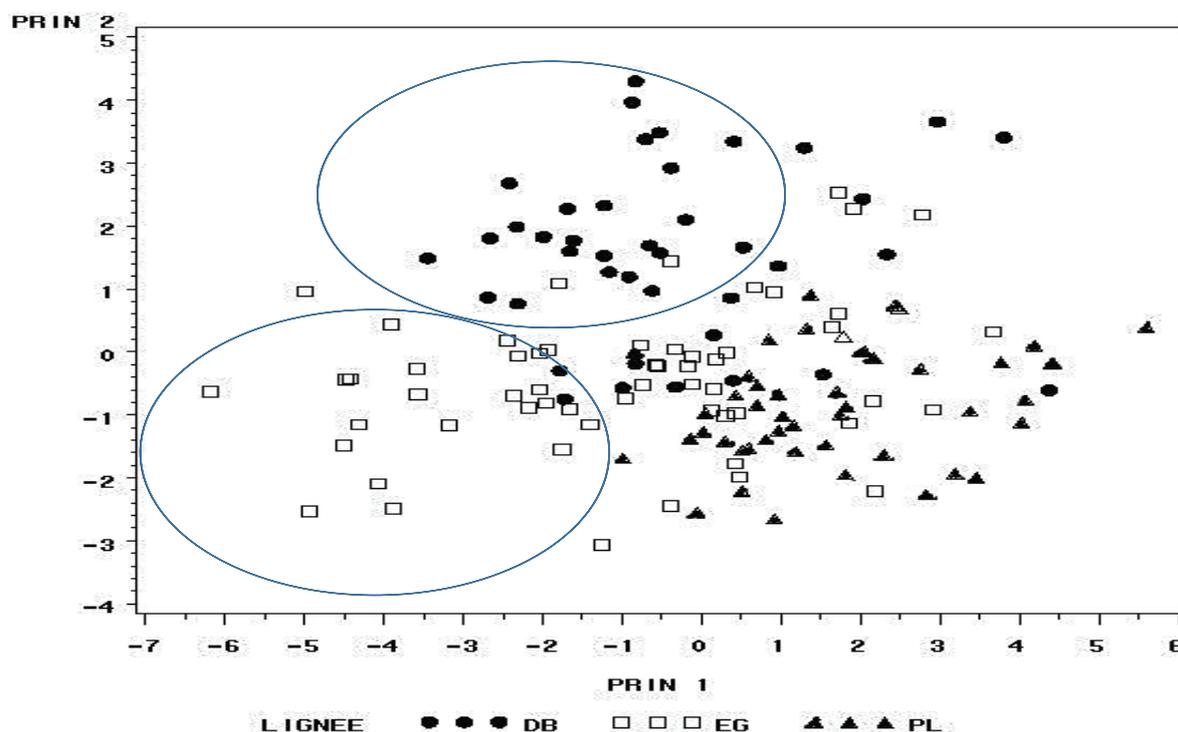


Figure 2: Représentation graphique des chevaux selon les deux premières composantes principales des mensurations corporelles

les chevaux DB et les chevaux PL et EG. Les chevaux EG sont intermédiaires entre le DB et le PL, avec un rapprochement plutôt vers ce dernier. L'intégration d'étalons pur égyptiens dans le programme de sélection des chevaux polonais notamment au début du XX^e siècle pourrait être à l'origine de transmission de traits commun entre ses deux lignées et justifierait ce rapprochement.

Analyse en composantes principales pour les indices

L'ACP réalisée sur les indices a permis de ressortir 4 composantes principales expliquant 77,3% de variabilité totale et dont la valeur propre est supérieure à 0,5. La première composante représentant 30,9% de variabilité totale, et elle est corrélée avec l'indice de Baron et Crevat (0,891), le rapport corporel (0,872) et l'indice de compacité (0,850). Elle est anti-corrélée avec l'indice corporel de profil (-0,702). La deuxième composante expliquant 20,7% de

variabilité a opposé les chevaux ayant un grand indice de corpulence (0,982) à ceux avec un indice corporel élevé (-0,980). Le plan représentant la variabilité en fonction des indices entre les chevaux des trois lignées selon les deux premières composantes (Figure 3) ne révèle pas une nette distinction entre les trois lignées de chevaux.

Analyse canonique discriminante

L'objectif de l'analyse canonique discriminante est de saisir parmi les mesures et les indices étudiés, ceux qui différencient le plus les trois lignées d'une part, et de classer les individus dans leur lignée ou dans l'une des deux autres lignées. Dans une première étape, la méthode progressive «Stepwise» a conservé 10 paramètres discriminants parmi les 19 mesures corporelles et 4 indices parmi 12 qui discriminent entre les trois lignées de chevaux. Ces résultats sont rapportés dans le tableau 3. Deux

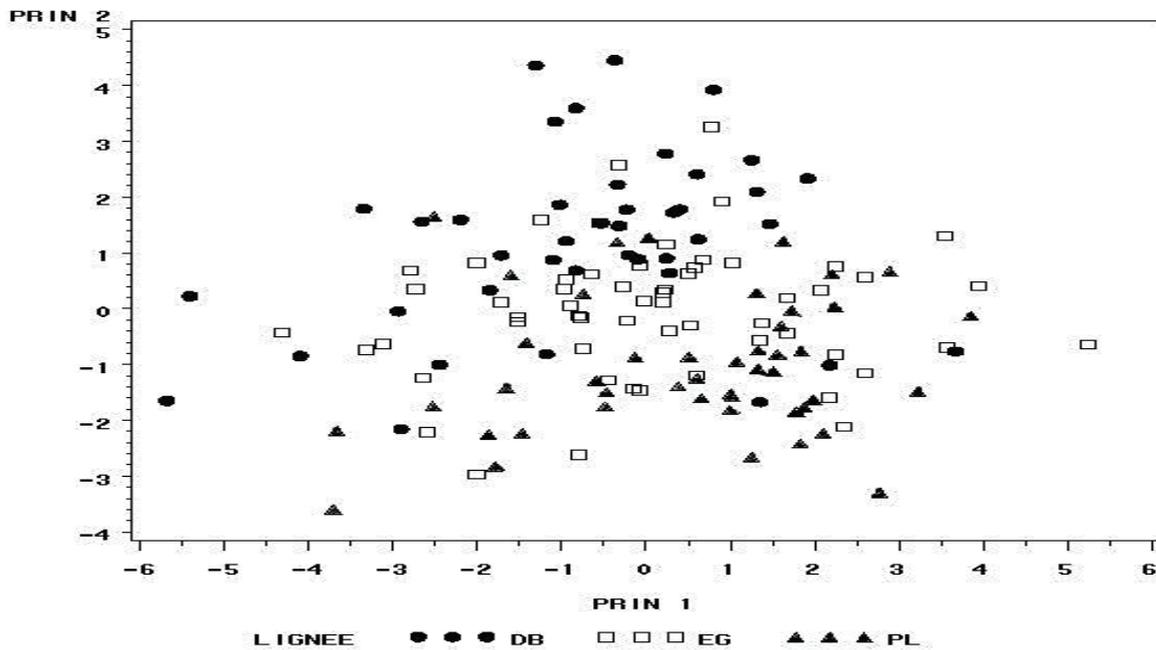


Figure 3: Représentation graphique des chevaux selon les deux premières composantes principales des indices

Tableau 3: Résumé de la sélection des variables par la méthode Stepwise appliquée sur les mensurations et indices corporels des chevaux des lignées DB, PL et EG

Pas	Variables	Entre groupes	Exact F			
			Statistic	Lambda	Sig.	
Mensurations :						
1	Tour de l'encolure	PL and EG	99,310	0,415	,000	
2	Poids	PL and EG	54,910	0,314	,000	
3	Hauteur à la croupe	PL and EG	46,070	0,251	,000	
4	Distance entre les angles internes des yeux	DB and EG	40,660	0,210	,000	
5	Tour du canon postérieur	DB and EG	34,950	0,193	,000	
6	Longueur de la tête	PL and EG	30,280	0,183	,000	
7	Longueur de l'encolure	PL and DB	26,810	0,175	,000	
8	Hauteur de la poitrine	PL and EG	24,550	0,164	,000	
Indices :						
1	Indice corporel de profil	EG and PL	40,18	0,638	,000	
2	Hauteur devant-derrrière	EG and PL	24,55	0,550	,000	
3	Indice de compacité	EG and PL	17,35	0,444	,000	
4	Indice de la hauteur pectorale	EG and PL	13,36	0,397	,000	
5	Indice dactylo-thoracique	EG and PL	12,17	0,378	,000	

fonctions canoniques discriminantes ont été isolées et permettent de différencier entre les lignées de l'étude. La première sépare les chevaux DB des chevaux EG et PL et la deuxième différencie entre les chevaux de groupes EG et PL (Figures 4 et 5). Il existe une nette ségrégation sur le plan phénotypique entre les chevaux DB et les chevaux PL et EG. Les deux lignées EG et PL présentent des zones de rapprochement, ce qui confirme le résultat obtenu par l'ACP. Les résultats du classement des individus dans leur propre lignée ou dans l'un des deux autres selon ACD ont révélé que le pourcentage des chevaux

bien classés est de 92,7% pour les chevaux DB, 77,6% pour les chevaux EG et de 72,3% pour les chevaux PL. Il est établi que le cheval DB, développé par les bédouins dans des conditions climatiques difficiles au niveau de la péninsule arabique, a été à l'origine de la création des lignées PL et EG (Judith, 1993 ; Edouard, 2005 ; Lizet, 2004). Toutefois, il a été impacté par la transformation du modèle de la société dans les pays de la région, notamment en Arabie Saoudite d'où provenaient nos échantillons DB. Ce cheval a perdu son rôle central qu'il avait lors de la période du nomadisme bédouin et avant la mécanisation

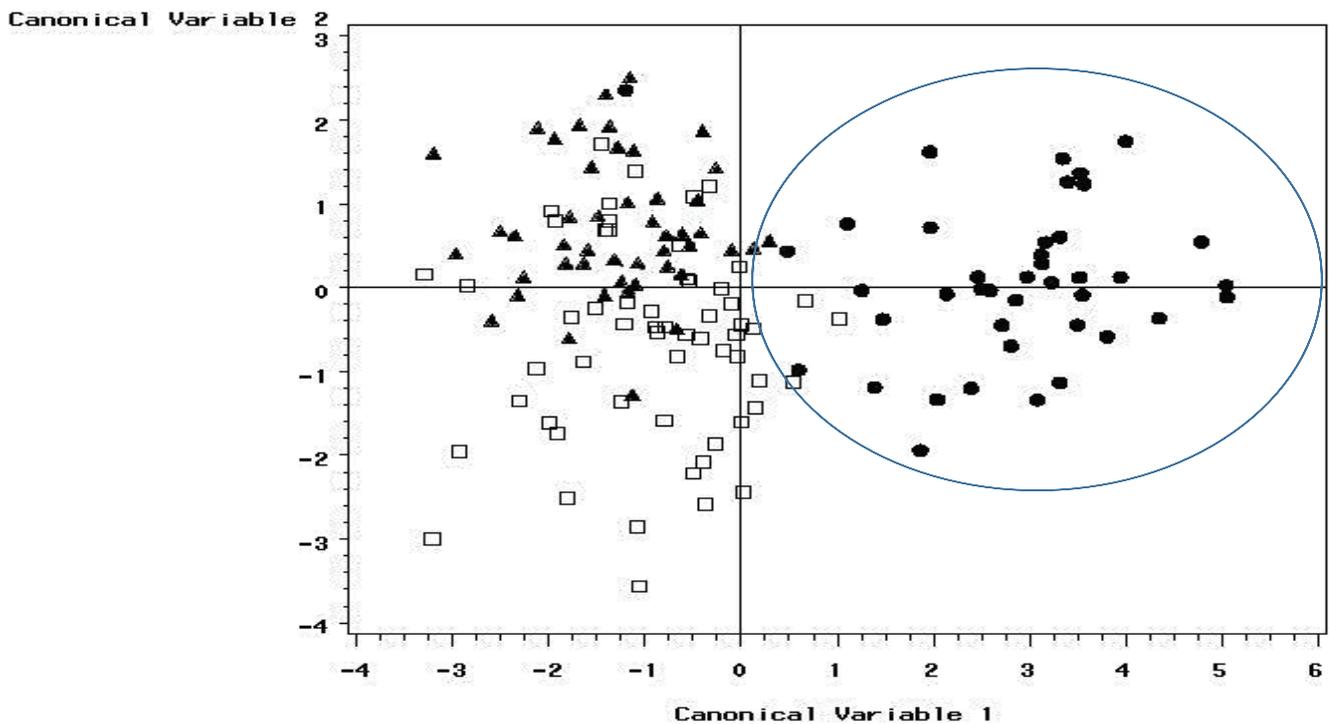


Figure 4: Représentation graphique des chevaux DB, PL et EG selon les deux premières variables canoniques des mensurations corporelles

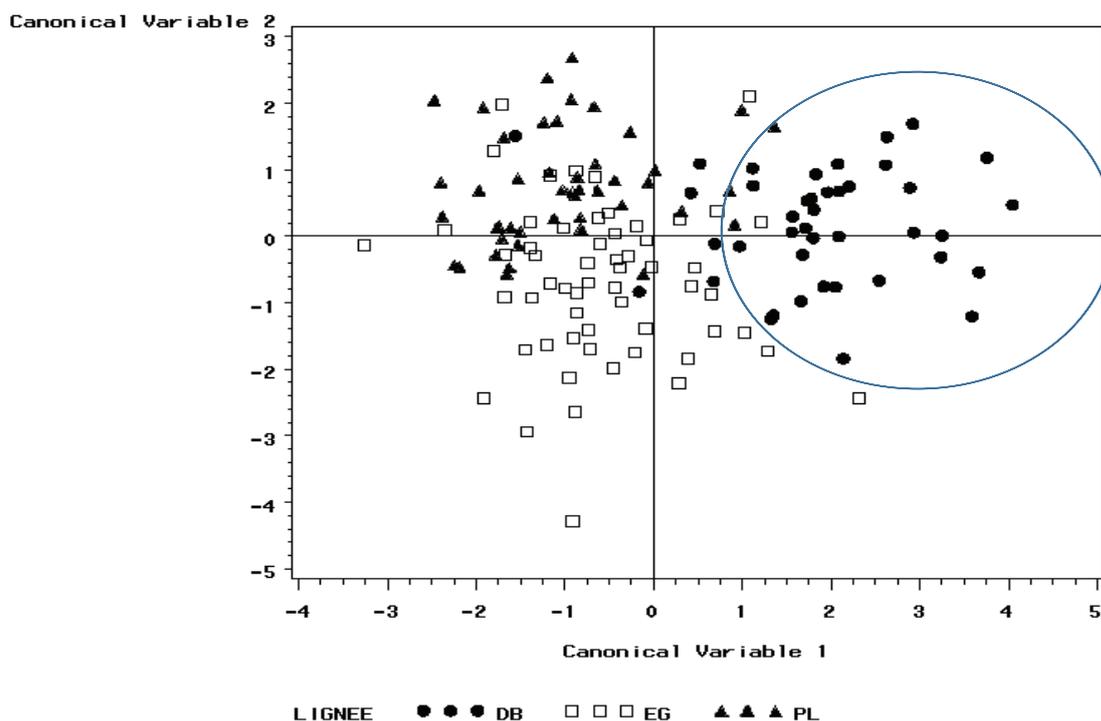


Figure 5: Représentation graphique des chevaux DB, PL et EG selon les deux premières variables canoniques des indices corporels

et l'urbanisation. De plus, le faible effectif de cette lignée, l'absence de programmes de sélection d'envergure et les utilisations très limitées qui lui sont réservées (ex: quelques courses et des concours de beauté en Arabie Saoudite) plaideraient en faveur d'une conservation d'un profil morphologique ancien du cheval DB et qui serait associé logiquement au maintien d'un pool génétique différencié. Les unités d'élevages existantes actuellement en Arabie Saoudite et au Bahreïn auraient essentiellement une vocation de conservation de ce patrimoine génétique du cheval arabe. L'étude a révélé aussi que la morphologie du cheval PL est différente de celle de ses ancêtres DB. Ce changement phénotypique serait la conséquence des bonnes conditions climatiques, environnementales et alimentaires (Carbal *et al.*, 2004). Selon Budzynski (1976), le processus d'amélioration du cheval arabe est continu dans le temps et doit être adapté aux tendances et aux conditions d'utilisation modernes qui se reflètent dans le changement de ses paramètres biométriques dont la morphologie. Depuis le 19^{ème} siècle, les haras étatiques polonais, en l'occurrence Janow Podlaski, ont instauré des programmes de sélection durable à partir des reproducteurs DB originaires de la péninsule arabique. Ces programmes ont abouti à la production avec profil spécifique dit « type Polonais », de conformation correcte, de bonnes allures et possédant la noblesse classique du cheval arabe. La vitesse a été aussi incluse comme critère de sélection dans ces programmes. Aussi, l'étude de Dorota, (2012) a mis en évidence l'existence de différences morphologiques entre les chevaux PL selon l'origine du haras de production Janow Podlaski, Bialkaou Michalow. Quant au cheval EG et selon le manuscrit d'Abbas Pacha (Judith, 1993), ses ancêtres seraient des chevaux DB. Les programmes de sélection instaurés principalement depuis le début du XX^{ème} en Égypte, aux USA et en Europe ont été à l'origine de la création de la lignée pure égyptienne (Edouard, 2005). L'obtention du profil morphologique du cheval EG actuel serait le résultat de facteurs environnementaux, climatique, nutritionnel et des critères de sélection des programmes d'élevage. Le développement des concours de beauté a orienté cette sélection vers la recherche d'un cheval distingué principalement par son type classique, notamment une tête exotique avec un chanfrein plus ou moins concave «dish», une conformation équilibrée et un charisme marqué. La conservation de la pureté de certains pedigrees et le recours aux accouplements consanguins «inbreeding ou line breeding», pratiques fréquentes dans la majorité des unités d'élevage du cheval EG, auraient contribué aussi dans cette sélection (Ameen, 1961).

CONCLUSION

L'étude a permis de conclure que les chevaux des lignées DB, EG et PL sont des populations morphologiquement distinctes. Le cheval PL a une taille et des rayons proportionnels et relativement supérieurs aux autres lignées. Cette distinction serait la conséquence du changement de l'environnement de l'élevage et des programmes de sélection dans les régions de production des chevaux PL et EG. La morphologie du cheval DB n'a pas subi d'effets d'une sélection accentuée selon des critères de vitesse ou de beauté comme c'est le cas des chevaux des lignées PL

et l'EG. Il peut être décrit comme un cheval médioligne, de format moyen, avec un indice corporel de 0,86. Une tête relativement longue, une encolure moyenne est épaisse. Une taille moyenne de 152±3,48 cm et des membres solides. Sa longueur est sensiblement égale à sa hauteur. Le facteur famille maternelle n'a pas montré d'effet notable sur les caractères morphologiques quantitatifs des trois lignées. Nous recommandons d'associer à ce travail une étude génétique pour établir la phylogénie des trois lignées par l'analyse de l'ADN mitochondrial.

REMERCIEMENTS

L'auteur principal exprime sa gratitude à SAR le Prince Abdelaziz Ahmed Abdelaziz, Président de l'AHO, pour son support dans la réalisation des échantillons DB et aux KAAHC, Athba Stud, Janow Podlaski Stud, Michalow Stud, Bialka Stud, Al Zahra Stud, Al Zobair Stud, Al Warsan Stud, Rabab Stud, Albadeia Stud, Alshaqab Stud, Al Rayyan Stud et Issan Stud d'avoir mis leurs chevaux à la disposition de l'étude. Au Pr M. Dehhaoui enseignant chercheur à l'IAV Hassan II.

DÉCLARATION D'INTÉRÊT

Les auteurs déclarent l'absence de tout conflit d'intérêt lié à ce travail.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ameen Z. (1961). Arabian Horse Breeding and the Arabians of America, Cairo University Press, Égypte.
- Boujenane, I., Touati, I., Machmoum, M. (2008). Mensurations corporelles des chevaux Arabe-Barbes au Maroc, *Revue Méd. Vét.*, 159: 144-149.
- Brooks S.A., Makvandi-Nejad S., Chu E., Allen J.J., Streeter C., Gu E., McCleery B., Murphy B.A., Bellone R., Sutter N.B. (2010). Morphological variation in the horse defining complex traits of body size and shape. *Anim. Genet.*, 41: 159-165.
- Budzyński M., Kamienika J., Chmiel K., Soltys L., (1997). Inbreeding coefficients of pure bred Arabian horses. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin*, 21: 141-147.
- Carbal, G.C., Almeida, F.Q., Quirino, C.R. (2004). Morphometric evaluation of Mangalarga Marchador horse: conformation index and body proportions. *Rev. Bras. Zootec.*, 33: 989-100
- Carbal, G.C., Almeida, F.Q., Quirino, C.R., Azevedo, P.C., Pinto, L.F., Santos, M.E., (2004). Avaliação Morfométrica de Eqüinos da Raça Mangalarga Marchador: Índices de Conformação e Proporções Corporais. *Rev. Bras. Zootec.*, 33: 1798-1805.
- Carroll, C.L., Huntigton, P.J. (1988). Body condition scanning and weight estimation of horses. *Equine Vet. J.*, 20: 41-45.
- Chabchoub A., Landalousi F., Jary Y. (2004). Étude des paramètres morphologiques de chevaux barbes de Tunisie. *Rev. Méd. Vét.*, 155: 31-37.
- Cervantes I., Baumung R., Molina A., Druml T., Gutiérrez J., Sölkner J., Valera M. (2009). Size and shape analysis of morphofunctional traits in the Spanish Arab horse. *Livestock Science*, 125: 43-49.
- Dorota S., Kosoma M. (2012): Morphological differentiation of Polish Arabian horses-Multivariate analysis. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, 56: 623-629.
- Edouard A. (2005). The State of Arabian Breeding in its Area of Origin. Al Khaima, the Institute's magazine. vol. II no. 2.

- Evans J.W. (2000). A Guide to selection, care and enjoyment, 3rd Ed. W. H. Freeman and Company, New York, NY.
- Gharahveysi S., Emam Jome Kashan N., Gerami A., VaezTorshizi R. (2008). Estimation of genetic parameters on conformation traits of the Iranian Arab horse population. *Pakistan J. Biol. Sci.*, 11 : 280-284.
- Judith F., Gulsun S. (1993). The Abbas Pasha Manuscript and Horsemen of Arabian and Egypt during the time of Abbas Pasha 1800-1860. Ansata publication.
- Komosa M., Frąckowiak H., Purzyc H., Wojnowska M., Gramack A., Gramacki J. (2014). Differences in exterior conformation between primitive, Half-bred, and Thoroughbred horses: Anatomic-breeding approach. *J. Anim. Sci.*, 91: 1660-1668.
- Komosa M., Purzyc H. (2009). Konik and Hucul horses: a comparative study of exterior measurements. *J. Anim. Sci.*, 87: 2245-2254.
- Lawrence L.A. (2001). Horse Conformation Analysis. Cooperative Extension, Washington State University, Pullman, WA.
- Lizet B. (2004). Le cheval arabe du Nejd et le système des races orientales dans le manuscrit de Wenceslas Severyn Rzewuski. *Anthropozoologica*, 39 : 79-97.
- Marcenac, L.N., Aublet, H., D'autherville, P. (1980). Étude comparative des régions proportions - compensations hippométrie. In: Maloines.a. (édition): Encyclopédie du cheval, Paris, France, 195-212.
- Mariante A. da S., Miserani M.G., McManus C., Santos S.A., Abreau U.G.P., Da Silvia. J.A. (2002). Body indexes for the Pantaneiro Horse. *Proc. 7th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod.*, 30: 431-434.
- Marina S., Maria D.G., Antonio M., Francisco P., Mercedes V. (2013). Analyses of conformational performance differentiation among functional breeding goals in the Menorca horse breed. *Archiv. Tierzucht*. 56: 367-379.
- McManus C., Falcao R.A., Spritze A. (2005). Morphological characterization of the Campeiro horse breed. *Rev. Bras. Zootec.*, 34: 1553-1562.
- McManus M., Santos S.A., Da Silva, J., Louvandini H., Urbano G.P., Mariant S.A. (2008). Body indices for the Pantaneiro horse. *Braz. J. vet. res. Anim. Sci.*, 45: 362-370.
- Meadows, D.G. (2003). Evaluating conformation of horses. Agricultural Extension Service. The University of Tennessee. TNH 6001. pp 6001.1-6001.7.
- Parker R. (2002). Equine Science, 2nd Ed. pp 188-206 Thomson Delmar Learning, Clifton Park, NY.
- Pieszka M., Kulisa M., Łuszczynski J., Długosz B. (2005). Biometric parameters of Arabian mares from Polish studs between 1945 and 2002. *Biotechnol. Anim. Husbandry*, 21: 89-91.
- Sadek M.H., Al-Aboud A.Z., Ashmawy A.A. (2006). Factor analysis of body measurements in Arabian horses. *J. Anim. Breed. Genet.*, 123: 369-377.
- Takaendengan B.J., Noor R.R., Adiani S. (2011). Morphometric characterization of Minahasa horse for breeding and conservation purposes. *Media Peternakan*, 34: 99-104.
- Upton P. (1987). The Classic Arabian Horse, published by The Arab Horse Society.