

Comparaison des phénotypes camelins de Mauritanie aux écotypes d'Afrique et d'Asie

Abdel Kerim M. Diop¹ Mohamed S. Chrif Ahmed¹
Mohamed B. Biya^{1*} Mohamed Lemine Haki² Gaukhar
Konuspayeva^{3,4} Bernard Faye^{5,6}

Mots-clés

Camelus sp., dromadaire, mensuration corporelle, phénotype, écotype, variation génétique, Mauritanie

Submitted: 22 February 2020
Accepted: 1 April 2020
Published: 1 December 2020
DOI: 10.19182/remvt.31948

Résumé

Afin d'évaluer la diversité phénotypique caméline en Mauritanie, des mensurations corporelles ont été réalisées sur 131 chamelles adultes amenées à l'abattoir de Nouakchott, animaux en provenance de l'ensemble du territoire mauritanien. En moyenne les mensurations corporelles ont été (en cm) de $51,5 \pm 2,0$ (longueur de la tête), $21,5 \pm 1,5$ (largeur de la tête), $108,4 \pm 6,6$ (longueur du cou), $65,6 \pm 4,9$ (tour du cou), $184,7 \pm 8,1$ (hauteur au garrot), $197,8 \pm 8,2$ (tour de poitrine), $147,1 \pm 9,3$ (longueur du corps) et $76,8 \pm 5,2$ (tour de cuisse). Par classification automatique, il a été possible d'identifier cinq phénotypes allant des animaux de petite taille, au petit gabarit et au cou fin et court, à des animaux longilignes de grande taille en passant par des gabarits de taille moyenne se distinguant par la grosseur de la tête ou des membres. Comparés aux données de la littérature, ces phénotypes apparaissent très proches des races décrites dans les pays du Maghreb et plus globalement des races africaines, et s'opposent aux races asiatiques, plus grandes et plus productives. La variabilité des phénotypes mauritaniens s'est avérée de faible ampleur, ce qui peut s'expliquer par la position de la Mauritanie, à l'extrémité occidentale de l'aire de répartition du dromadaire en Afrique, zone de brassage génétique important avec de faibles divergences rendues possibles par la topographie du pays.

■ Comment citer cet article : Diop A.K.M., Chrif Ahmed M.S., Biya M.B., Haki M.L., Konuspayeva G., Faye B., 2020. Comparison of Mauritanian camel phenotypes with the ecotypes from Africa and Asia. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (4): 247-254, doi: 10.19182/remvt.31948

■ INTRODUCTION

La variabilité phénotypique chez les dromadaires est relativement peu étudiée et le lien entre cette variabilité et les génotypes qu'elle recouvre encore moins (Burger et al., 2019) en dépit de récents progrès sur la connaissance du génome chez cette espèce (Ruvinskiy et al., 2019). Le rattachement des avancées en matière de génotypage et de génomique aux performances des animaux et à leurs caractéristiques

phénotypiques est en effet essentiel pour une meilleure définition des politiques de sélection. Or, contrairement à la plupart des autres espèces de rente, chez les grands camélidés, l'exploration du génome bénéficiant de récents progrès scientifiques et techniques en la matière a devancé largement les caractérisations phénotypiques et le contrôle des performances. Par ailleurs, il est établi que les différenciations « raciales » décrites dans la littérature s'appuient plus sur un nombre limité de morphologies et sur des dénominations tribales ou géographiques plutôt que sur un pedigree rationnellement établi (Blanc et Hennesser, 1989). Ce pour quoi il est d'usage concernant les camélidés de parler « d'écotypes » plutôt que de « races » (Ould Ahmed, 2009). Dans la plupart des publications, les différences entre écotypes sont évaluées sur la base d'un ensemble de mesures baryométriques et parfois de relevés qualitatifs. Toutefois, pour faciliter la lecture, le terme race sera utilisé dans la suite du texte.

Dans le cadre de la présente étude, l'objectif était double, à savoir : a) d'établir une typologie des phénotypes camelins rencontrés en Mauritanie à partir d'un ensemble de mesures baryométriques, et b) comparer ces phénotypes à ceux publiés dans d'autres pays d'élevage camelin disponibles dans la littérature scientifique.

1. Centre mauritanien de développement de l'élevage camelin, Nouakchott, Mauritanie.
2. Office national de recherches sur le développement de l'élevage (Onardel), Nouakchott, Mauritanie.
3. Université Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan.
4. Bureau mauritanien de la FAO, Nouakchott, Mauritanie.
5. CIRAD, UMR SELMET, F-34398 Montpellier, France.
6. SELMET, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France.

* Auteur pour la correspondance
Email : barikbiya@gmail.com



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

■ MATERIEL ET METHODES

Typologie des phénotypes camélins de Mauritanie**Les animaux**

L'enquête sur la diversité phénotypique des dromadaires de Mauritanie a été mise en œuvre par le Centre mauritanien de développement de l'élevage camélin (CMDEC). Les relevés comprenaient des données qualitatives, notamment la couleur de la robe, la forme des oreilles ou de la bosse, et quantitatives concernant les mensurations corporelles et celles de la mamelle. Dans la présente publication, seules les données quantitatives concernant les mensurations corporelles ont été retenues afin de faciliter les comparaisons ultérieures avec les données de la littérature. Au total, 131 femelles adultes (réformées et âgées entre sept et quinze ans environ) ont été mesurées sur l'aire d'attente à l'abattoir de Nouakchott (Mauritanie). Chaque jour, une cinquantaine de chamelles étant abattues, les mesures ont concerné cinq à sept chamelles tirées au hasard. L'opération s'est répétée sur une durée de trois mois. L'abattoir de Nouakchott drainant des animaux provenant de toutes les régions de Mauritanie, cet échantillon était censé représenter la diversité des phénotypes présents dans le pays. Toutefois, en l'absence des éleveurs, nous n'avons pas pu disposer des informations sur la race (écotype), le stade physiologique, l'âge ou les performances laitières.

Mise en œuvre des mesures

Les mesures ont été réalisées par plusieurs personnes : un ou deux ouvriers pour la contention, deux membres du CMDEC appuyés par un stagiaire pour les mesures et le relevé des notes. Après contention de l'animal, les mesures ont été réalisées avec un ruban métrique et les valeurs répertoriées sur une fiche appropriée. Chaque séance de mesures a duré environ 15 minutes par animal et environ sept à dix chameaux ont été enregistrés par séance. Dans une phase ultérieure, les données ont été saisies sur un tableau Excel en vue de leur analyse.

Les mesures ont concerné les paramètres suivants (figures 1 et 2) : la longueur de la tête (LT) entre crête occipitale et pointe nasale, la largeur de la tête (LaT) entre les deux oreilles en passant par la crête occipitale, la longueur du cou (LC) entre le larynx et l'attache du cou sur le poitrail, la circonférence du cou (CC) à équidistance de la tête et du poitrail, la hauteur au garrot (HG) du sol au garrot, le tour de

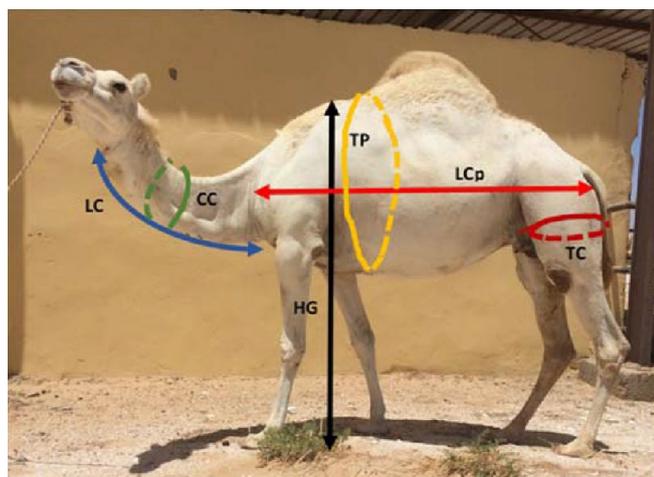


Figure 1 : Mesures corporelles mises en œuvre sur les dromadaires. LC : longueur du cou ; CC : circonférence du cou ; HG : hauteur au garrot ; TP : tour de poitrine ; LCp : longueur du corps ; TC : tour de cuisse /// *Body measurements implemented on camels. LC: neck length; CC: neck circumference; HG: height at withers; TP: chest circumference; LCp: body length; TC: thigh circumference*

poitrine (TP) sans inclure la bosse, la longueur du corps (LCp) de la pointe de l'épaule à la pointe ischiale du bassin, et le tour de cuisse (TC) à mi-hauteur.

Analyse statistique

L'objectif étant d'identifier des types de gabarit (phénotype), l'analyse statistique mise en œuvre a compris : a) une analyse des corrélations entre les mesures réalisées sur les 131 femelles afin de tester les liens entre mesures ; b) une classification ascendante hiérarchique (CAH) afin d'identifier des types de gabarit ; c) l'attribution du numéro des classes issues de cette classification à chaque animal ; et d) une analyse de la variance (prenant les mesures quantitatives comme variable à expliquer et les numéros de classe comme variable explicative) afin de déterminer les mesures discriminant les types de gabarit.

Comparaison avec les données de la littérature

Dans cette seconde étape, la mesure de la largeur de la tête étant très rarement assurée, seules les sept autres mesures corporelles ont été prises en compte. Les données des mesures ont concerné différentes races de dromadaires du Maroc (Boujenane et al., 2019), d'Algérie (Oulad Belkhir et al., 2013), de Tunisie (Chniter et al., 2013), du Soudan (Ishag et al., 2011), d'Ethiopie (Yosef et al., 2014 ; Legesse et al., 2018), du Nigeria (Tandoh et Gwaza, 2017), d'Arabie Saoudite (Abdallah et Faye, 2013), du Pakistan (Ghiasuddin Shah et al., 2014) et d'Inde (Kohler-Rollefson, 2011).

Trois mesures étaient systématiquement représentées dans toutes les publications, à savoir TP, HG et LC. Quand une mesure était manquante, elle était estimée en se basant sur les corrélations entre paramètres. Par exemple, si la longueur de la tête était absente, sachant que cette donnée est significativement corrélée dans les autres publications à la longueur du cou, elle était estimée à partir de l'équation linéaire $LT = aLC + b$ établie à partir des données non manquantes.

L'analyse statistique s'est composée de trois étapes : a) une analyse en composantes principales (ACP) d'un tableau comprenant en ligne les différentes races de dromadaires décrites dans la littérature, ajoutées aux phénotypes mauritaniens décrits dans la phase précédente, et en colonne les sept mesures corporelles communes à toutes les publications ; b) une première classification (CAH) des lignes de ce tableau afin d'établir les proximités entre les différentes races et écotypes listés dans le tableau ; et c) après avoir calculé la moyenne globale pour chaque pays, une seconde classification (CAH) a été opérée afin d'évaluer leur répartition sur un arbre de classification. Afin de tenir compte de la variabilité du nombre de races de chaque pays,

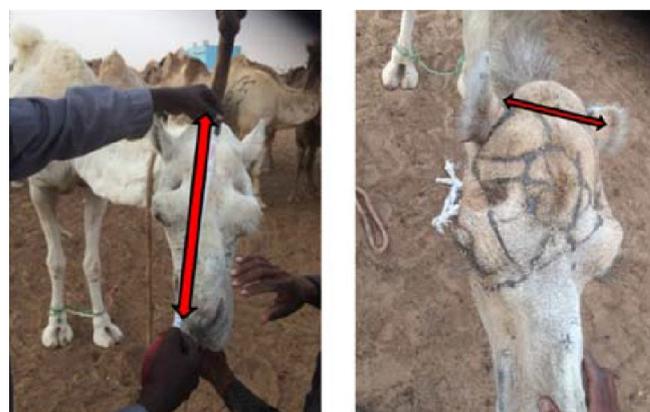


Figure 2 : Mesures de la longueur (à gauche) et de la largeur de la tête (à droite) de dromadaires /// *Measurement of the length (left) and width (right) of the head of camels*

un poids spécifique a été donné dans l'analyse à chacun des 10 pays concernés, ce poids correspondant au nombre des races en question.

Toutes les analyses ont été réalisées avec le logiciel XLstat Addinsoft 2020.

■ RESULTATS

Valeurs des mensurations corporelles des chameelles de Mauritanie

Les moyennes et écart-types des différentes mensurations corporelles (en cm) ont été de $51,5 \pm 2,0$ (LT), $21,5 \pm 1,5$ (LaT), $108,4 \pm 6,6$ (LC), $65,6 \pm 4,9$ (CC), $184,7 \pm 8,1$ (HG), $197,8 \pm 8,2$ (TP), $147,1 \pm 9,3$ (LCp) et $76,8 \pm 5,2$ (TC). Les mensurations les plus variables ont été le tour de cou et le tour de cuisse (coefficients de variation respectivement de 7,4 et 6,8 %) et les moins variables la largeur de la tête et le tour de poitrine (CV respectivement de 3,9 et 4,1 %).

Typologie des phénotypes mauritaniens

Du fait des lois de l'allométrie, les mensurations corporelles ont été significativement corrélées entre elles dans la plupart des cas. Ainsi deux variables (TP et LT) ont été positivement corrélées à l'ensemble des autres mensurations. CC et TC sont apparus très proches sur le cercle de corrélations, ainsi que HG avec LC, d'une part, et LCp avec LT, d'autre part (figure 3). Il n'existait par ailleurs aucune corrélation négative significative (tableau I).

La classification automatique des 131 chameelles a permis d'identifier cinq types de gabarit, ces cinq classes expliquant 75 % de la variance de l'échantillon (figure 4). Suite à l'analyse de variance prenant les classes comme variable explicative, les cinq phénotypiques peuvent être décrits de la manière suivante (tableau II) : type 1, animaux de gabarit moyen avec une tête plus développée que la moyenne (largeur et longueur) ; type 2, animaux de petite taille (moins de 1,8 m au garrot), au petit gabarit et au cou fin et court ; type 3, animaux de taille moyenne au cou et aux membres très fins, et au profil ramassé (longueur du corps de moins de 1,4 m) ; type 4, animaux de taille moyenne mais de forte corpulence (tour de poitrine, épaisseur du cou, tour de cuisse) ; et type 5, animaux de grand gabarit pour presque toutes les mensurations sauf le tour de cuisse indiquant un animal aux membres fins.

Projetés sur le principal plan factoriel (figure 5), le type 5 apparaît en effet du côté droit (grands gabarits) et s'oppose nettement au type 2 (petits gabarits) projeté sur la partie gauche. Le type 4, caractérisé par l'épaisseur du cou et de la cuisse se projette plutôt sur le haut du plan factoriel, les types 1 et 3 rassemblant plutôt les animaux de gabarit moyen se distinguant sur les mensurations de la tête et de la longueur

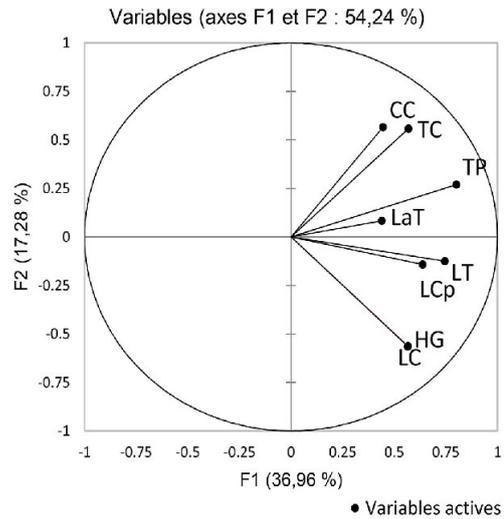


Figure 3 : Cercle des corrélations entre les mensurations corporelles relevées sur 131 chameelles de Mauritanie. LC : longueur du cou ; CC : circonférence du cou ; HG : hauteur au garrot ; TP : tour de poitrine ; LCp : longueur du corps ; TC : tour de cuisse ; LT et LaT : longueur et largeur de la tête // Circle of correlations between body measurements taken on 131 Mauritanian camels. LC: neck length; CC: neck circumference; HG: height at withers; TP: chest circumference; LCp: body length; TC: thigh circumference; LT and LaT: length and width of the head.

du corps. Pour l'étape ultérieure de l'analyse ont ainsi été retenus ces cinq phénotypes libellés Maur1 à Maur5.

Comparaison avec les données de la littérature

La compilation des données de la littérature a permis de déterminer les mensurations de 48 races de dromadaires auxquelles ont été rajoutés les cinq phénotypes mauritaniens décrits dans l'étape précédente. L'ACP a témoigné d'une forte structuration du tableau de données avec un premier facteur largement prépondérant (53,7 % de la variance). Ce facteur a opposé en première lecture de façon nette les phénotypes africains (Nigeria, Mauritanie, Algérie, Tunisie, Maroc, Ethiopie et Soudan) aux phénotypes asiatiques (Inde, Pakistan, Arabie Saoudite). Les variables LCp et HG s'opposant aux variables TP et TC sur le second facteur, le plan factoriel a séparé les animaux longilignes (en haut du plan factoriel) des brévillignes (en bas), mais ce facteur n'exprime que 22,1 % de la variance (figure 6).

La classification automatique des 53 phénotypes a permis d'identifier trois grands types de gabarit (68 % de la variance) distinguant les

Tableau I : Matrice des corrélations entre les mensurations corporelles de 131 chameelles de Mauritanie // Matrix of correlations between the body measurements of 131 camels in Mauritania

Mesure	LT	LaT	LC	CC	HG	TP	LCp	TC
LT	1	0,301	0,315	0,302	0,487	0,442	0,373	0,255
LaT	0,301	1	0,162	0,125	0,153	0,224	0,135	0,242
LC	0,315	0,162	1	-0,021	0,440	0,352	0,391	0,056
CC	0,302	0,125	-0,021	1	0,024	0,408	0,161	0,283
HG	0,487	0,153	0,440	0,024	1	0,288	0,253	0,045
TP	0,442	0,224	0,352	0,408	0,288	1	0,409	0,587
LCp	0,373	0,135	0,391	0,161	0,253	0,409	1	0,257
TC	0,255	0,242	0,056	0,283	0,045	0,587	0,257	1

LT et LaT : longueur et largeur de la tête ; LC : longueur du cou ; CC : circonférence du cou ; HG : hauteur au garrot ; TP : tour de poitrine ; LCp : longueur du corps ; TC : tour de cuisse. Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification $\alpha = 0,05$ // LT and LaT: length and width of the head; LC: neck length; CC: neck circumference; HG: height at withers; TP: chest circumference; LCp: body length; TC: thigh circumference. Values in bold are different from 0 at significance level $\alpha = 0,05$

grands gabarits (classe 2) regroupant la majorité des races asiatiques (par exemple HG moyenne de 2,10 m), des petits gabarits (classe 1) où se retrouvaient la plupart des races maghrébines y compris mauritaniennes (HG moyenne de 1,88 m) et les gabarits moyens (classe 3) où se concentraient les races soudanaises et le phénotype 5 de

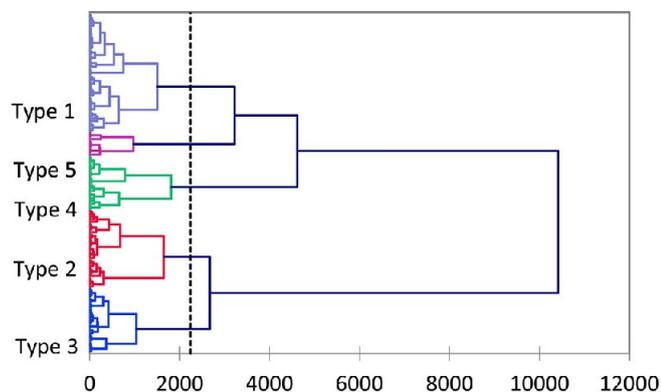


Figure 4 : Arbre de classification des 131 chamelles de Mauritanie selon leurs mensurations corporelles. La coupure optimale donne cinq classes de gabarit (75 % de la variance expliquée) // Classification tree of the 131 camels in Mauritania according to their body measurements. The optimal cut-off gives five build classes (75% of the variance explained)

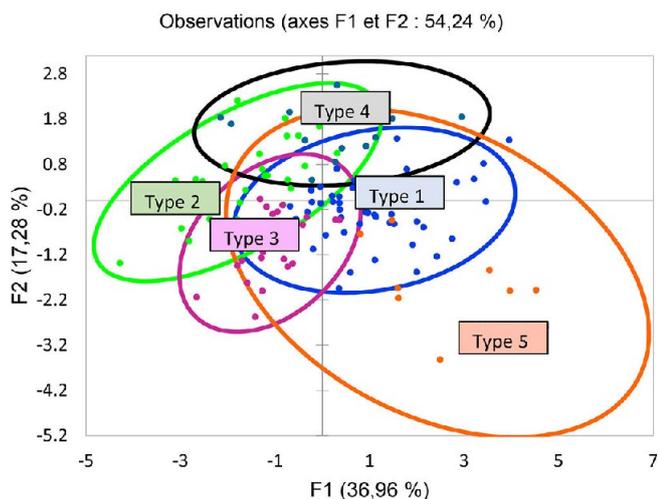


Figure 5 : Projection du nuage des individus et des ellipses d'inertie des cinq types de gabarit parmi 131 chamelles de Mauritanie sur le plan factoriel (1,2) issu de l'ACP // Projection of the cloud of individuals and ellipses of inertia of the five build types among 131 Mauritanian camels on the factorial plane (1,2) from the PCA

Tableau II : Moyenne des mensurations corporelles dans les cinq classes issues de la classification automatique des 131 chamelles de Mauritanie et seuil de signification (test de Fisher) // Average body measurements in the five classes resulting from the automatic classification of the 131 Mauritanian camels and significance level (Fisher's test)

Classe	LT	LaT	LC	CC	HG	TP	LCp	TC
1	52,8 ^a	21,9 ^a	110,8 ^b	66,3 ^{ab}	189,3 ^b	200,8 ^b	150,1 ^b	78,6 ^b
5	53,0 ^a	21,5 ^{abc}	117,9 ^a	64,3 ^{bc}	196,1 ^a	204,1 ^{ab}	167,8 ^a	77,5 ^b
4	50,8 ^b	21,6 ^{ab}	106,6 ^c	68,2 ^a	176,6 ^c	205,4 ^a	146,8 ^c	83,1 ^a
3	50,9 ^b	20,7 ^c	109,0 ^{bc}	62,3 ^c	187,1 ^b	194,7 ^c	139,3 ^e	71,9 ^c
2	50,1 ^b	21,3 ^{bc}	102,5 ^d	65,8 ^{ab}	177,9 ^c	188,4 ^d	143,1 ^d	73,4 ^c
P > F	< 0,0001	0,012	< 0,0001	0,000	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

LT et LaT : longueur et largeur de la tête ; LC : longueur du cou ; CC : circonférence du cou ; HG : hauteur au garrot ; TP : tour de poitrine ; LCp : longueur du corps ; TC : tour de cuisse
 // LT and LaT : length and width of the head; LC : neck length; CC : neck circumference; HG : height at withers; TP : chest circumference; LCp : body length; TC : thigh circumference

Mauritanie avec par exemple une HG moyenne de 2 m (figure 7). Les mensurations moyennes des races de la classe 2 ont été toutes significativement supérieures à celles de la classe 1, le groupe 3 étant intermédiaire pour tous les paramètres (tableau III).

La classification des 10 pays sur la base de la moyenne des mensurations pour l'ensemble des races de chaque pays a permis d'évaluer la proximité des phénotypes moyens pour chacun d'entre eux. La dichotomie entre races africaines et races asiatiques a été confirmée à l'exception des races soudanaises qui se retrouvaient dans ce dernier groupe (figure 8). Les phénotypes mauritaniens ne différaient pas de ce point de vue des phénotypes algériens, marocains ou tunisiens.

■ DISCUSSION

La littérature grise concernant les phénotypes camélins de Mauritanie est assez succincte. Globalement, les données disponibles se limitent à une description sommaire de deux races qui sont : a) le Regueïbi aussi appelé chameau du Hodh ou chameau du Sahel (Kane, 1995), considéré comme longiligne et de grande taille (plus de 2 m au garrot) avec un cou long et des membres fins, et vivant plutôt dans le nord et l'est du pays, race relativement bonne laitière et utilisée comme animal de selle ; et b) le dromadaire de l'Aftout encore dénommé chameau des Berabiches (Kane, 1995), plus bréviligne, trapu avec

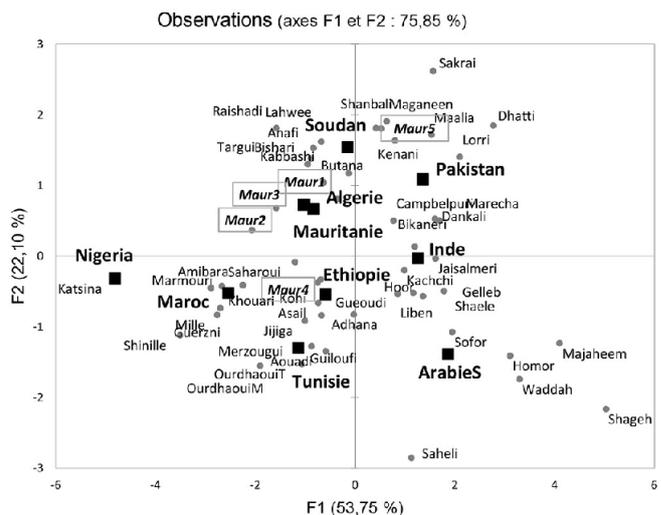


Figure 6 : Principal plan factoriel de l'ACP des 53 races de dromadaire répertoriées dans la littérature, leur pays d'origine étant projeté en variable supplémentaire. Les cinq phénotypes mauritaniens sont encadrés // Main factorial design of the PCA of the 53 camel breeds listed in the literature, their country of origin being projected as an additional variable. The five Mauritanian phenotypes are boxed

un cou et des membres courts, et une robe de couleur variée (Diagana, 1977). Dans sa classification des dromadaires, Wardeh (2004) n'évoque que le Regueibi (noté Regbi) l'assimilant au groupe Méhari et le considérant comme un animal de course. En revanche, dans la liste établie par Blanc et Hennesser (1989), le Regueibi est distingué du chameau du Sahel, rattaché au type Méhari, soulignant la grande confusion qui règne dans les dénominations des races camelines.

A lire ces quelques références, il apparaît que ce sont en fait des descriptions qualitatives provenant d'une source unique, ancienne, datant de l'époque coloniale (Doutressoule, 1947). Aucune donnée quantitative n'est du reste disponible.

Les croisements entre ces écotypes étant probablement nombreux, il n'est pas surprenant de trouver au niveau de notre échantillon à l'abattoir de Nouakchott un continuum dans les mensurations et une grande diversité dans les couleurs de robe. Tout au plus peut-on considérer que le phénotype 5 de notre classification se rapproche du Regueibi par ses qualités de finesse et de taille puisqu'il approche les deux mètres au garrot, et que le phénotype 4 pourrait se rapprocher du Berabiche, animal bréviligne de format plus trapu. Les autres phénotypes pourraient se rapporter à des individus issus de divers croisements de ces deux principaux écotypes rencontrés dans le pays, voire avec des races provenant des pays limitrophes, comme par exemple l'Azarghaf, reconnaissable à sa robe pie noir ou pie gris (Pacholek et al., 2000 ; Chaibou et Faye, 2003), que l'on retrouve régulièrement chez les animaux arrivant à l'abattoir de Nouakchott.

Plusieurs références relatives à la prise de mensurations chez le dromadaire intègrent le tour abdominal incluant la bosse (Ishag et al., 2011 ; Raziq et al., 2011 ; Yosef et al., 2014 ; Babelhadj et al., 2017 ; Tandoh et Gwaza, 2017). Une telle prise en compte ne nous paraît pas pertinente car le tour abdominal est fortement dépendant de l'état de réplétion du tractus digestif, de l'éventuel stade de gestation et de l'état d'engraissement de l'animal, la bosse étant le principal organe de stockage adipeux (Kamili et al., 2006). La variabilité du tour abdominal apparaît donc plutôt liée à des facteurs (statut nutritionnel, état d'embonpoint) indépendants des déterminants génétiques du phénotype. Ce paramètre n'a donc pas été pris en compte dans notre étude.

Concernant la comparaison avec les races décrites dans d'autres pays, la séparation nette entre races asiatiques et races africaines (figure 9) n'est pas surprenante. Non seulement les races asiatiques sont reconnues pour leur plus grand gabarit (Wardeh, 2004) et leur plus grand potentiel laitier (Faye, 2004), mais la composition de leur lait est sensiblement différente, celle des races asiatiques apparaissant plus riches que les races africaines (Konuspayeva et al., 2009). Par ailleurs, cette apparente dichotomie entre les deux groupes continentaux de dromadaires est désormais étayée par les récentes observations sur leurs génotypes. Plusieurs auteurs, bien que rappelant la faible diversité génétique chez cette espèce (Burger et al., 2019), ont en effet souligné une nette séparation entre les dromadaires africains et ceux provenant de la péninsule Arabique ou du sous-continent indien (Mburu et al., 2003 ; Almathen et al., 2016).

Après leur domestication dans la péninsule Arabique probablement au cours du second millénaire av. J.-C. (Uerpmann et Uerpmann, 2002 ; Magee 2015), les premiers petits groupes de dromadaires en provenance du nord de la péninsule auraient pénétré le continent africain via le Sinaï au cours du premier millénaire av. J.-C. et auraient été utilisés essentiellement comme animaux de bât dans le cadre d'échanges commerciaux (Gatier, 2020). L'absence de dromadaires

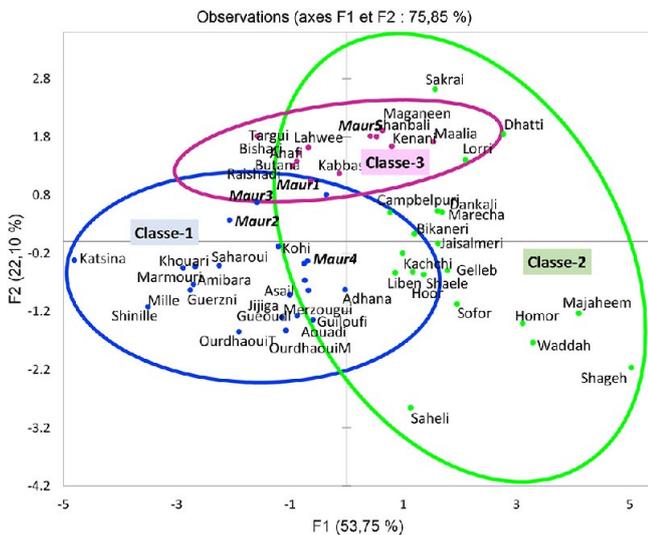


Figure 7 : Projection des classes issues de la CAH des 53 races de dromadaire et des ellipses d'inertie sur le plan principal de l'ACP // Projection of the classes resulting from the AHC of the 53 camel breeds and the ellipses of inertia on the main plane of the PCA

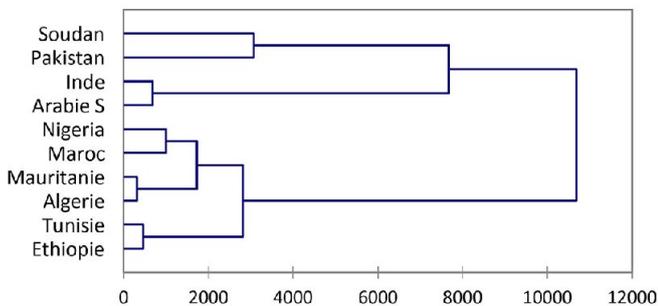


Figure 8 : Arbre de classification des 10 pays d'élevage camelin en fonction des mensurations corporelles moyennes de leur population de dromadaires. L'analyse a tenu compte du poids de chaque pays en fonction du nombre de races concernées // Classification tree of the 10 camel breeding countries according to the average body measurements of their camel population. The analysis took into account the weight of each country according to the number of breeds concerned

Tableau III : Moyenne des mensurations corporelles dans les trois types issus de la classification automatique de 53 races de chameaux et seuil de signification (test de Fisher) // Average body measurements in the three types resulting from the automatic classification of 53 camel breeds and significance threshold (Fisher test)

Type	LT	LC	CC	HG	TP	TC	LCp
2	54,1 ^a	113,4 ^a	99,3 ^a	210,4 ^a	222,2 ^a	97,7 ^a	167,6 ^a
3	52,1 ^b	109,8 ^b	86,2 ^b	200,9 ^b	207,6 ^b	90,1 ^b	161,4 ^b
1	49,3 ^c	105,0 ^c	79,6 ^c	188,2 ^c	200,5 ^c	86,5 ^c	151,4 ^c
P > F	< 0,0001	0,004	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

LT: longueur de la tête ; LC : longueur du cou ; CC : circonférence du cou ; HG : hauteur au garrot ; TP : tour de poitrine ; LCp : longueur du corps ; TC : tour de cuisse // LT: length of the head; LC: neck length; CC: neck circumference; HG: height at withers; TP: chest circumference; LCp: body length; TC: thigh circumference

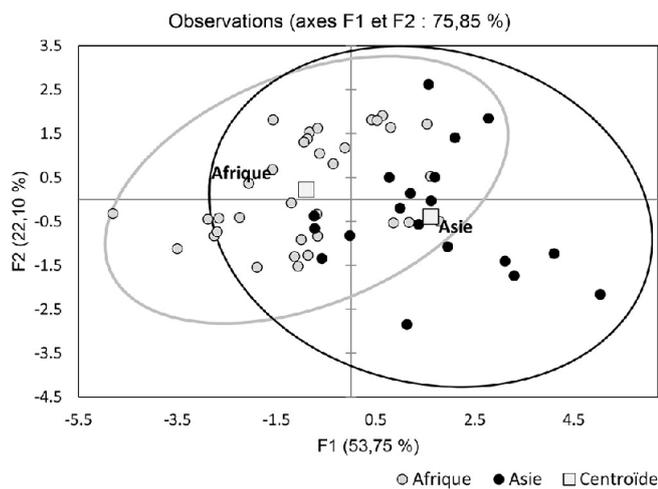


Figure 9 : Principal plan factoriel de l'ACP des 53 races de dromadaire montrant la séparation entre races asiatiques (●) et africaines (○) // Main PCA factorial map of the 53 dromedary breeds showing the separation between Asian (●) and African (○) breeds

dans le bestiaire égyptien de l'époque pharaonique semble indiquer leur faible intégration dans l'économie locale. Ce n'est qu'entre les IV^e et VII^e siècles de notre ère qu'une population plus large aurait envahi l'Afrique du Nord (Bulliet, 1975). Cependant, une autre voie sans doute plus ancienne aurait permis, via la traversée de la mer Rouge en bateau, l'introduction d'un autre groupe de dromadaires vers la Corne de l'Afrique. Ce second groupe en provenance majoritairement du sud de la péninsule serait des animaux plus utilisés pour leur production laitière que pour le transport des marchandises, comme l'attestent les observations socioéthologiques communes entre le sud de la péninsule Arabique et la Corne de l'Afrique (Grigson, 2012). L'analyse des phénotypes des dromadaires de la péninsule Arabique indique de fait une certaine dichotomie des deux populations à l'origine de tous les dromadaires actuels (Faye et al., 2011), différence étayée par l'étude des génotypes indiquant la présence de trois populations dans la péninsule, l'une au nord (probablement à l'origine des populations du nord de l'Afrique), une autre au sud (à l'origine des populations de la Corne de l'Afrique et du sous-continent indien), et une troisième limitée aux zones montagneuses du sud-ouest de la péninsule (Arabie Saoudite, Yémen) qui n'aurait jamais migré (Almathen et al., 2016). Toutefois, sur le continent africain, l'utilisation du dromadaire dans des caravanes transcontinentales est-ouest et surtout transsahariennes nord-sud aurait largement facilité des échanges de gènes entre ces deux populations d'origine, conduisant à l'avènement d'une population panmictique au niveau mitochondrial (Almathen et al., 2016 ; Lado et al., 2018), et finalement à une faible structuration génétique de la population caméline africaine (Burger et al., 2019).

Ces considérations sur l'histoire du peuplement de l'Afrique par les dromadaires éclairent grandement nos observations présentes. La proximité des phénotypes mauritaniens avec ceux d'Algérie, de Tunisie et du Maroc n'est rien moins que surprenante. Ces phénotypes peuvent tous être regroupés dans un ensemble intitulé « Maghrébi » couvrant tout le Maghreb jusqu'en Egypte (Abdalla et al., 2015). Les races de la Corne de l'Afrique apparaissent plus proches en moyenne des races asiatiques, notamment celles du Soudan, ce qui est d'autant moins étonnant que les échanges (et donc le métissage) entre les deux rives de la mer Rouge sont assez importants, mais plutôt aujourd'hui dans le sens Afrique vers Asie, du fait essentiellement des circuits d'exportation sur pied des dromadaires soudanais et somaliens vers l'Arabie Saoudite, non seulement pour l'abattage, mais aussi pour la course (Alary et Faye, 2016).

Certaines races éthiopiennes (par exemple Hoor) apparaissent également plus proches des phénotypes saoudiens. Il s'agit de races originaires de Somalie, pays où les échanges d'animaux avec la péninsule Arabique sont également particulièrement développés (Djama, 1999). A l'inverse, un seul phénotype saoudien se retrouve à proximité des phénotypes maghrébins, la race Asail. Il s'agit en fait d'un type de dromadaires sélectionnés en Arabie Saoudite pour la course et qui se caractérise par sa petite taille, ses membres fins, sa bosse peu développée et un tour de poitrine peu ample (Faye et al., 2011). Par la fonction qui lui est attribuée (nécessité d'avoir un animal léger), ce phénotype se rapproche donc plutôt des races africaines par son gabarit que des races saoudiennes.

En dépit des types de gabarit identifiés par classification automatique dans l'échantillon des dromadaires mauritaniens, la variabilité apparaît faible, les cinq phénotypes se projetant sur le plan factoriel de l'ACP finale dans une relative proximité (figure 6). Du reste, en projetant le nuage de points correspondant aux mensurations des 131 chamelles de Mauritanie rajoutées à celles des 48 races décrites dans la littérature (figure 10), on visualise nettement leur relative faible diversité phénotypique. La distinction raciale entre Regueibi et Bera-biche décrite dans la littérature correspond vraisemblablement plus à une différence d'usage (animal de selle vs animal de bât) qu'à une réelle différence génétique. Avec 80 % de désert, la géographie de la Mauritanie est relativement homogène, et sa population caméline s'est amplement déplacée sur l'ensemble du territoire national et dans les pays avoisinants, limitant l'émergence de lignées génétiques divergentes. Par ailleurs, située à l'extrémité occidentale du Sahara et donc de l'aire de répartition de l'élevage camélin, exception faite des îles Canaries (Espagne) peuplées par une petite population caméline originaire de Maroc (Schulz et al., 2008), la Mauritanie apparaît comme le cul-de-sac de la migration caméline sur le continent africain (Wilson, 1984) et donc finalement des flux de gènes.

Une telle situation n'est pas sans conséquence sur la stratégie du programme d'amélioration génétique du CMDEC visant l'amélioration de la production laitière. En effet, plutôt que de se focaliser sur une hypothétique race laitière, l'enjeu est de bien identifier des individus ayant un bon potentiel laitier afin de constituer un noyau améliorateur.

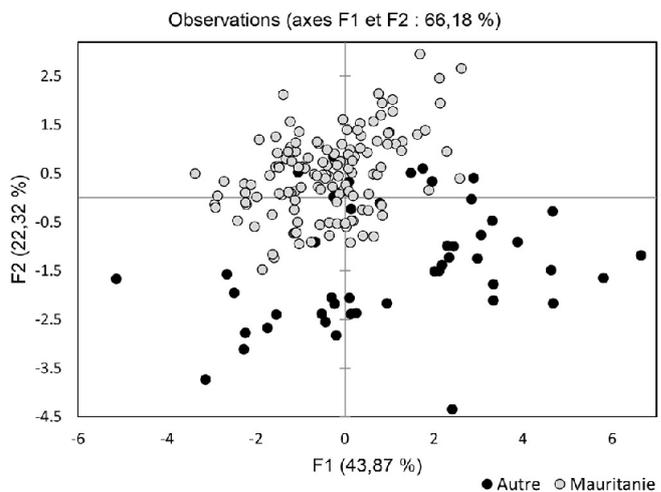


Figure 10 : Projection des 131 chamelles de Mauritanie (○) et des 48 races d'Afrique et d'Asie (●) sur le principal plan factoriel d'une ACP regroupant les données individuelles de Mauritanie et des autres pays // Projection of the 131 camels from Mauritania (○) and the 48 breeds from Africa and Asia (●) on the main factorial plane of a PCA combining individual data from Mauritania and other countries

■ CONCLUSION

L'analyse de la diversité phénotypique caméline basée sur les seules femelles arrivant à l'abattoir n'a pas permis d'avoir accès à des informations sur les performances laitières mais a eu l'avantage de disposer d'individus provenant de toutes les régions du pays. Les méthodes de classification automatique parviennent toujours à extraire une structure dans un jeu de données. De fait, des phénotypes différents ont pu être identifiés dans notre échantillon. Toutefois, de cet ensemble émergent moins des groupes bien marqués qu'un continuum dans des gabarits aux limites assez floues. On peut certes distinguer des extrêmes entre des individus longilignes et des animaux brévilignes pour faire court, mais cette réalité contrastée recouvre finalement une relative faible variabilité génétique, tant le brassage des gènes a pu être considérable au cours des deux millénaires d'occupation de l'espace mauritanien par une population caméline marquée du sceau de la mobilité. Un tel constat soulève l'urgence, pour une authentique politique de sélection visant l'amélioration de la productivité laitière, de mettre en place un vrai contrôle des performances, tout particulièrement dans les élevages périurbains de Nouakchott qui ont l'avantage de concentrer parmi les meilleures laitières du pays. C'est sur un tel enjeu qu'il incombe désormais aux acteurs de la filière de se concentrer.

Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre de deux projets de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) en Mauritanie : UTF/MAU/026/MAU « Projet d'amélioration de la production cameline par la mise en place d'un centre de développement de l'élevage camelin » et TCP/MAU/3703 « Renforcement des capacités techniques de l'Office national de recherche et de développement de l'élevage » (Onardel). Les auteurs remercient Mme Irina Buttoud, représentante de la FAO au bureau de Nouakchott, et M. Suleyman Gueye, coordonnateur du projet, pour leur appui au CMDEC, et le bureau régional à Tunis, en la personne du Dr Mohammed Bengoumi pour ses conseils dans la mise en œuvre des activités. Les auteurs sont également reconnaissants à l'Onardel qui a facilité la logistique pour la réalisation des enquêtes, ainsi qu'au personnel de l'abattoir de Nouakchott qui a donné de son temps pour la contention des animaux.

Déclaration des contributions des auteurs

MSCA et AKMD ont réalisé les mesures à l'abattoir et saisi les données. MBB et MLH ont coordonné l'étude et contribué à la mise en place de sa logistique. GK a contribué à la formation des enquêteurs et à la valorisation des données dans le cadre de son activité de consultante pour la FAO. BF a réalisé les analyses de données et rédigé l'essentiel de l'article. Tous les auteurs autorisent la soumission de la version finale en vue de sa publication.

Conflits d'intérêts

Les auteurs déclarent que l'étude a été réalisée sans conflit d'intérêts.

REFERENCES

- Abdalla E.B., Ashmawy A.E.A., Farouk M.H., Salama O.A., Khalil F.A., Seioudy A.F., 2015. Milk production potential in Maghrebi she-camels. *Small Rumin. Res.*, **123** (1): 129-135, doi: 10.1016/j.smallrumres.2014.11.004
- Abdallah H.R., Faye B., 2013. Typology of camel farming system in Saudi Arabia. *Emir. J. Food Agric.*, **25** (4): 250-260, doi: 10.9755/efja.v25i4.15491
- Alary V., Faye B., 2016. The camel chains in East Africa- Importance of gaps between the data and the apparent reality. *J. Camelid. Sci.*, **9**: 1-22
- Almathen F., Charruau P., Mohandesan E., Mwaharo J.M., Orozco-Terwengel P., Pitt D., Abdussamad A., et al., 2016. Ancient and modern DNA reveal dynamics of domestication and cross-continental dispersal of the dromedary. *PNAS*, **113** (24): 6707-6712, doi: 10.1073/pnas.1519508113
- Babelhadj B., Benaissa A., Adamou A., Tekkouk-Zemmouchi F., Raache, S., Babelhadj, T., Guintard, C., 2017. Morphozoometric approach of female camels (*Camelus dromedarius*, L.) of the Algerian Sahraoui and Targui populations. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays trop.*, **70** (2): 65-69, doi: 10.19182/remvt.31483
- Blanc C.P., Hennesser Y., 1989. Zoogeographical approach of the subspecific differentiation of the one-humped. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **42**: 573-87, doi: 10.19182/remvt.8766
- Boujenane I., El Khattaby N., Laghouaouta H., Badaoui B., Piro M., 2019. Morphological diversity of female camel (*Camelus dromedarius*) populations in Morocco. *Trop. Anim. Health Prod.*, **51**: 1367-1373, doi: 10.1007/s11250-019-01813-5
- Bulliet R., 1975. The Camel and the Wheel. Columbia University Press, New York, United States, 327 p.
- Burger P., Ciani E., Faye B., 2019. Old world camels in a modern world – A balancing act between conservation and genetic improvement. *Anim. Genet. Immunogenet., Mol. Genet. & Function. Genom.*, **50**: 598-612, doi: 10.1111/age.12858
- Chaibou M., Faye B., 2003. Production laitière des chameaux Abzin élevés par les touaregs nomades du Niger. Atelier Int. sur le lait de chamelle en Afrique. FAO-CIRAD-KARKARA, Niamey, Niger, 5-8 Nov. 2003, 17-31
- Chniter M., Hammadi M., Khorchani T., Krit R., Benwahada A., Ben Hamouda M., 2013. Classification of Maghrebi camels (*Camelus dromedarius*) according to their tribal affiliation and body traits in southern Tunisia. *Emir. J. Food Agric.*, **25** (8): 625-634, doi: 10.9755/efja.v25i8.16096
- Diagana D., 1977. Contribution à l'étude de l'élevage du dromadaire en Mauritanie. Thèse Doct., EISMV Dakar, Sénégal, 149 p.
- Djama M., 1999. Producteurs pastoraux et commerce international- l'évolution des rapports marchands en pays Nord-Somali, In: Horizons nomades en Afrique sahélienne- Sociétés, développement et démocratie. A. Bourgeot (Ed), Karthala, Paris, France, 339-353
- Doutressoule G., 1947. Elevage en Afrique occidentale française. Larose, Paris, France, 228 p.
- Faye B., 2004. Dairy productivity potential of camels. Proc. of the 34th meeting FAO/ICAR (International Committee for Animal Recording). Session on camelids. Sousse, Tunisie, 28 mai -3 juin 2004, 93-105
- Faye B., Abdallah H., Almathen F., Harzallah B., Al-Mutairi S., 2011. Camel biodiversity. Camel phenotypes in the Kingdom of Saudi Arabia. Camel Breeding, Protection and Improvement Center, project UTF/SAU/021/SAU, FAO publ., Riyadh, Saudi Arabia, 78 p.
- Gatier P.L., 2020. Le chameau de transport dans le Proche-Orient antique. In : Les vaisseaux du désert et des steppes : les camélidés dans l'Antiquité (*Camelus dromedarius* et *Camelus bactrianus*). Archéologie(s) 2, MOM Editions, Lyon, France, 235-264, doi: 10.4000/books.momeditions.8592
- Ghiasuddin Shah M., Sarwar Qureshi A., Reissmann M., 2014. Phenotypic and genetic differentiation of Pakistani camel breeds. Lambert Academic, Saarbrücken, Germany
- Grigson C., 2012. Camels, copper and donkeys in the early iron age of the southern Levant: Timna revisited. *Levant*, **44**, 82-100, doi: 10.1179/175638012X13285409187919
- Ishag, I. A., Eissa M. O., Ahmed M. K. A., 2011. Phenotypic characteristics of Sudanese camels (*Camelus dromedarius*). *Livest. Res. Rural Dev.* **23**: 99
- Kamili A., Bengoumi M., Faye B., 2006. Assessment of body condition and body composition in camel by barymetric measurements. *J. Camel Pract. Res.*, **13**(1) : 67-72
- Kane M., 1995. Les races d'animaux élevés en Mauritanie. *Bulletin d'information sur les ressources génétiques animales*. FAO, Rome, Italie, 3-25
- Kohler-Rollefson I., 2011. The camel breeds of India in social and historical perspective. *Anim. Genet. Res.*, **10**: 47-56, doi: 10.1017/S101423390000328X
- Konuspayeva G., Faye B., Loiseau G., 2009. The composition of camel milk: A meta-analysis of the literature data. *J. Food Compos. Anal.*, **22**: 95-101, doi: 10.1016/j.jfca.2008.09.008
- Lado S., Elbers J.P., Doskocil A., Ciani E., Burger P.A., 2018. Genome-wide diversity and demographic history in the global dromedary population. In: 5th Conference of ISOCARD 'Recent Advances in Camelids: Biology, Health and Production' (Ed. by A. Sghiri & F. Kichou), Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc, 120-121
- Legesse Y., Dunn C.D., Mauldin M.R., Ordóñez-Garza N., Rowden G.R., Mekasha Gebre Y., Kurtu M.Y., 2018. Morphometric and genetic variation in 8 breeds of Ethiopian camels (*Camelus dromedarius*). *J. Anim. Sci.*, **96**: 4925-4934, doi: 10.1093/jas/sky351
- Agee P., 2015. When was the dromedary domesticated in the ancient Near East? *Zeitschrift für Orient-Archaeol.*, **8**: 253-78

- Mburu D.N., Ochieng J.W., Kuria S.G., Jianlin H., Kaufmann B., Rege J., Hanotte O., 2003. Genetic diversity and relationships of indigenous Kenyan camel (*Camelus dromedarius*) populations: implications for their classification. *Anim. Genet.*, **34** (1): 26-32, doi: 10.1046/j.1365-2052.2003.00937.x
- Ould Belkhir A., Chehma A., Faye B., 2013. Phenotypic variability of two principal Algerian camel's populations (Targui and Sahraoui). *Emir. J. Food Agric.*, **25** (3): 231-237, doi: 10.9755/ejfa.v25i3.15457
- Ould Ahmed M., 2009. Caractérisation de la population des dromadaires (*Camelus dromedarius*) en Tunisie. Thèse Doct., Université en Sciences Agronomiques, INAT, Tunisie, 172 p.
- Pacholek X., Lancelot R., Lesnoff M., Messad S., 2000. Growth performance of camel calves raised in the pastoral zone of Niger. Atelier international sur le chameleon, Ouarzazate, Maroc, 24-26 Oct. 1999, *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **53** (2): 189-197, doi: 10.19182/remvt.9751
- Raziq A., de Verdier K., Younas M., Khan S., Iqbal A., Khan S.M., 2011. Milk composition in the Kohi camel of mountainous Balochistan, Pakistan. *J. Camelid Sci.*, **4**: 49-62
- Ruvinskiy D., Larkin D.M., Farré M., 2019. A near chromosome assembly of the dromedary camel genome. *Front. Genet.*, **10**: 32, doi: 10.3389/fgene.2019.00032
- Schultz U., 2008. El Camello en Lanzarote. ADERLAN, Canarian Island, Spain
- Tandoh G., Gwaza D.S., 2017. Sex dimorphism in the one hump-camel (*Camelus dromedarius*) from selected populations in Nigeria. *J. Appl. Life Sci. Int.*, **15**(3): 1-10, doi: 10.9734/JALSI/2017/37788
- Uerpmann H.P., Uerpmann M., 2002. The appearance of the domestic camel in South-east Arabia. *J. Omani Studies*, **12** : 235-260
- Wardeh M.F., 2004. Classification of the dromedary camels. *J. Camel Science*, **1**: 1-7
- Wilson R.T., 1984. The camel. Longman, London, UK, 223 p.
- Yosef T., Kefelegn K., Mohammed Y.K., Mengistu U., Solomon A., Tadelle D., Han J., 2018. Morphological diversities and eco-geographical structuring of Ethiopian camel (*Camelus dromedarius*) populations. *Emir. J. Food Agric.*, **26** (4) : 371-389, doi: 10.9755/ejfa.v26i4.17021

Summary

Diop A.K.M., Chrif Ahmed M.S., Biya M.B., Haki M.L., Konuspayeva G., Faye B. Comparison of Mauritanian camel phenotypes with the ecotypes from Africa and Asia

In order to assess the phenotypic diversity of camels in Mauritania, body dimensions were measured on 131 adult camels brought to Nouakchott slaughterhouse from all across Mauritania. On average, body measurements (in cm) were 51.5 ± 2.0 (head length), 21.5 ± 1.5 (head width), 108.4 ± 6.6 (neck length), 65.6 ± 4.9 (neck circumference), 184.7 ± 8.1 (height at withers), 197.8 ± 8.2 (chest girth), 147.1 ± 9.3 (body length), and 76.8 ± 5.2 (thigh circumference). After cluster analysis, it was possible to identify five phenotypes ranging from animals with small body size and thin, short necks, to medium-sized animals distinguished by large limbs or heads, and to large, slender animals. Compared to data in the literature, these phenotypes appear to be very close to the breeds described in Maghreb countries and more generally to African breeds, and unlike the Asian breeds, which are taller and more productive. The variability of the Mauritanian phenotypes appeared low, which can be explained by the position of Mauritania, at the western end of the dromedary's range in Africa, an important genetic mixing area with only few divergences made possible by the topography of the country.

Keywords: *Camelus* sp., dromedaries, body measurements, phenotypes, ecotypes, genetic variation, Mauritania

Resumen

Diop A.K.M., Chrif Ahmed M.S., Biya M.B., Haki M.L., Konuspayeva G., Faye B. Comparación de fenotipos de camélidos de Mauritania con eco tipos de Africa y de Asia

Con el fin de evaluar la diversidad fenotípica camélida en Mauritania, se realizaron medidas corporales en 131 camellos adultas llevadas en el matadero de Nouakchott, animales provenientes del conjunto del territorio mauritano. Las medidas corporales fueron, en promedio (en cm) de $51,5 \pm 2,0$ (longitud de la cabeza), $21,5 \pm 1,5$ (ancho de la cabeza), $108,4 \pm 6,6$ (longitud del cuello), $65,6 \pm 4,9$ (circunferencia del cuello), $184,7 \pm 8,1$ (altura a la cruz), $197,8 \pm 8,2$ (circunferencia del tórax), $147,1 \pm 9,3$ (longitud corporal) y $76,8 \pm 5,2$ (circunferencia del muslo). Mediante una clasificación automática, fue posible identificar cinco fenotipos de animales desde un tamaño pequeño, de complejión pequeña y con un cuello fino y corto, hasta animales esbeltos de gran tamaño, pasando por complejiones de tamaño mediano, diferenciados por el espesor de la cabeza o de los miembros. Al comparar con los datos de la literatura, estos fenotipos parecen próximos de las razas descritas en los países del Magreb y más globalmente a las razas africanas, y se oponen a las razas asiáticas, más grandes y productivas. La variabilidad de los fenotipos mauritanos se reveló de baja amplitud, lo que puede explicarse por la posición de Mauritania, en la extremidad occidental del área de distribución del dromedario en Africa, zona de importante mezcla genética, con poca divergencia debido a la topografía del país.

Palabras clave: *Camelus* sp., dromedarios, medición del cuerpo, fenotipos, ecotipos, variación genética, Mauritania