

# Corrélation des taux de cortisol dans le sérum, les poils et les fèces chez le dromadaire (*Camelus dromedarius*)

Rita Bargaâ<sup>1</sup> Islah Lektib<sup>1</sup> Youssef Chakir<sup>1</sup>  
Najia El Abbadi<sup>2</sup> Abdarraahmane Belhouari<sup>1</sup>  
Abdarrahman Hammoumi<sup>3</sup> Mohamed Farh<sup>1</sup>  
El-Hassane Tahri<sup>1</sup> Fouad Riad<sup>1</sup> Mohammed El Mzibri<sup>2</sup>  
Mohammed El Khasmi<sup>1\*</sup>

## Mots-clés

*Camelus dromedarius*,  
hydrocortisone, fèces, poils, sérum  
sanguin, stress, Maroc

Submitted: 31 March 2016  
Accepted: 22 August 2016  
Published: 26 October 2016

## Résumé

Alors que cela a été réalisé chez de nombreuses autres espèces de mammifères, chez le dromadaire, l'évaluation du taux de cortisol a été très rarement décrite dans les fèces, et elle ne l'a jamais été dans les poils. L'objectif de cette étude a ainsi été de déterminer, chez cet animal, les taux de cortisol dans le sérum, les poils et les fèces, et leurs éventuelles corrélations. Les résultats ont montré que le taux de cortisol variait avec la saison et qu'il était significativement ( $p < 0,05$ ) plus élevé en janvier qu'en mai/juin. Une corrélation positive entre les taux sériques et ceux déterminés dans les poils et les fèces a été notée. Cette corrélation indique que l'analyse du cortisol dans les poils et les fèces reflète l'activité de la corticosurrénale et pourrait être utilisée comme une méthode non-invasive pour évaluer le stress chez le dromadaire.

■ Pour citer cet article : Bargaâ R., Lektib I., Chakir Y., El Abbadi N., Belhouari A., Hammoumi A., Farh M., Tahri E.H., Riad F., El Mzibri M., El Khasmi M., 2016. Corrélation between cortisol levels in serum, hair and feces in the dromedary camel (*Camelus dromedarius*) [in French]. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **69** (2): 87-91

## ■ INTRODUCTION

Dans le Sud marocain, comme dans de nombreuses régions arides et semi-arides, l'importance du dromadaire sur les plans économique et social est indiscutable. Son élevage, majoritairement de type pastoral extensif, constitue la source principale de revenus des populations de ces régions.

L'excès de stress est considéré comme un facteur limitant les performances zootechniques et pouvant favoriser l'apparition de certaines maladies. C'est pourquoi, dans le but de préserver leur bien-être et d'améliorer la qualité et la quantité de leurs productions, de nombreuses études se sont intéressées aux effets du stress sur les animaux domestiques. Ces études ont montré que le cortisol sanguin est l'indicateur le plus fiable pour évaluer le stress chez les bovins (Gupta et al., 2007), les caprins (Aoyama et al., 2005), le cheval (Fazio et al.,

2008 ; 2015) et le dromadaire (El Khasmi et al., 2010). Il a été aussi rapporté que les taux du cortisol circulant variaient chez la plupart de ces espèces avec la saison (Alila-Johansson et al., 2003 ; Baraka, 2012). Toutefois, pour analyser les biomarqueurs du stress dans le sang, l'animal est souvent stressé par les procédures de prélèvements sanguins. C'est pour éviter le biais du stress lié au prélèvement sanguin lui-même que le cortisol ou les métabolites des corticoïdes ont été mesurés dans la salive (Majchrzak et al., 2015), les poils (Moya et al., 2013) et les matières fécales (Möstl et Palme, 2002) chez de nombreuses espèces de mammifères domestiques. A notre connaissance, de telles analyses du cortisol ont été très rares chez le dromadaire dans la salive et les fèces, et inexistantes dans les poils. L'objectif de notre recherche a donc été de déterminer les valeurs du cortisol dans le sérum, les poils et les fèces chez le dromadaire à deux périodes distinctes. Une corrélation entre cortisolémie et taux de cortisol fécal et pileaire a également été recherchée.

## ■ MATERIEL ET METHODES

### Conditions météorologiques

Les moyennes mensuelles de la température ambiante et de l'humidité relative, enregistrées vers 7 heures du matin à Casablanca au cours de cette étude, ont été respectivement de 9–11 °C et 81–90 % en janvier, et de 16–19 °C et 74–88 % en mai/juin. Durant ces deux périodes, la vitesse du vent a fluctué entre 7 et 8 km/h.

1. Laboratoire de physiopathologie et génétique moléculaire, Faculté des sciences Ben M'Sik, Université Hassan II, PB 7955 Sidi Othmane, Casablanca, Maroc.
2. Unité de radio-immuno-analyse /Division des sciences du vivant, Cnesten, Rabat, Maroc.
3. Laboratoire de microbiologie, pharmacologie, biotechnologie et environnement, Faculté des sciences Ain-Chock, Université Hassan II, Casablanca, Maroc.

\* Auteur pour la correspondance

Tél. : +212 6 70 40 09 94 ; fax : +212 5 22 70 46 75

Email : elkhasmimohammed@gmail.com



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

## Animaux

L'étude a été conduite sur 20 dromadaires (*Camelus dromedarius*) mâles (10 en janvier et 10 en mai/juin) provenant d'élevages semi-extensifs de la région d'Essaouira et destinés à l'abattage aux abattoirs municipaux de Casablanca au Maroc. Ces animaux, âgés de trois à huit ans et pesant 280 à 340 kilogrammes, ont été sélectionnés à leur arrivée à l'abattoir en fonction de leur état corporel et des bonnes conditions de leur transport. Ils étaient en bonne santé apparente.

## Prélèvements du sang, des poils et des fèces

Les prélèvements ont été réalisés vers 7 heures du matin en janvier et en mai/juin. Le sang a été prélevé dans des tubes secs, et les échantillons fécaux ont été collectés (trois à quatre crottes) dans des flacons stériles en plastique, juste après défécation spontanée. Les échantillons de poils ont été prélevés à l'aide de ciseaux le plus près possible de la peau au niveau de la bosse, puis ont été mis dans des sacs en plastique. Le sang, les poils et les fèces ont été transportés dans des conditions aseptiques, dans une glacière à 4 °C, de l'abattoir au laboratoire de physiopathologie et génétique moléculaire de la Faculté des sciences Ben M'Sik à Casablanca. Les poils et les fèces ont été conservés à -20 °C jusqu'à l'extraction du cortisol. Le sang a été centrifugé à 4000 tours/min pendant 10 minutes, et le sérum a été réparti en aliquotes puis stocké à -20 °C jusqu'au dosage du cortisol.

## Extraction du cortisol dans les poils

Les poils, mélangés à 10 ml de méthanol à 80 %, ont été lavés par agitation manuelle à trois reprises dans des tubes en verre, à chaque fois pendant trois minutes, puis séchés à l'air. Ils ont ensuite été coupés à l'aide de ciseaux en une fine poudre. L'extraction du cortisol a été réalisée selon la procédure décrite par Davenport et al. (2006), légèrement modifiée : 300 mg de poudre ont été mis dans des tubes en verre avec 6 ml de méthanol à 80 %, vortexés, puis placés dans un bain chaud à 80 °C pendant 20 minutes. Après centrifugation à 4500 tours/min pendant cinq minutes, le surnageant a été récupéré. Cette procédure (homogénéisation par vortex, bain chaud, centrifugation) a été répétée à trois reprises sur le culot de la centrifugation précédente. Après évaporation, à sec et sous vide dans un évaporateur rotatif à 40 °C, du solvant contenu dans le mélange des surnageants des quatre centrifugations, le résidu obtenu a été concentré par une nouvelle évaporation dans une hotte pendant 24 heures jusqu'à l'obtention d'un résidu sec qui a été remis dans 1 ml de méthanol à 80 %, puis conservé à -20 °C jusqu'au dosage du cortisol.

## Extraction du cortisol dans les fèces

Les échantillons fécaux ont été séchés à l'étuve à 100 °C pendant 12 heures, puis broyés en une poudre fine. Les particules dont le diamètre était supérieur à 2 mm ont été éliminées. L'extraction du cortisol fécal a été réalisée selon la procédure, modifiée, décrite par Palme et al. (1998) : 300 mg de poudre fécale ont été mis dans un tube en verre avec 4 ml de méthanol à 80 %, vortexés, puis incubés à 90 °C pendant 15 minutes. Le surnageant a été récupéré après centrifugation à 4500 tours/min pendant 15 minutes. Comme avec les poils, le culot a subi ce traitement à trois autres reprises (homogénéisation par vortex, incubation à 90 °C, centrifugation, récupération du surnageant), puis le surnageant global des quatre extractions a subi les mêmes deux évaporations jusqu'à l'obtention d'un résidu sec. Ce dernier a été mélangé à 1 ml de méthanol à 80 %, puis conservé à -20 °C jusqu'à l'analyse du cortisol.

## Dosage du cortisol

Le cortisol a été analysé par radio-immunologie dans le sérum, les poils et les fèces au Centre national de l'énergie des sciences et

techniques nucléaires de Maâmoura, en utilisant des kits commercialisés (DIA-source Immunoassays, Nivelles, Belgique). Des travaux antérieurs ont montré que ces kits étaient efficaces pour le dosage du cortisol chez le dromadaire (El Khamsi et al., 2010). La validation des dosages a été faite, dans les limites de détection, par le calcul de l'exactitude et de la précision (coefficients intra- et inter-essais de variation).

## Analyses statistiques

Les résultats ont été présentés sous la forme « moyenne ± écart type ». La signification des différences observées entre les deux lots d'animaux (janvier et mai/juin) a été appréciée en utilisant le test t de Student. Le seuil de positivité de la valeur de la probabilité p était de 0,05. Un test paramétrique (corrélation de l'analyse de Pearson) a été effectué pour détecter des corrélations entre les taux de cortisol évalués pour chaque animal dans les différents substrats étudiés, afin d'analyser statistiquement les relations entre le cortisol sérique, fécal et pileaire.

## RESULTATS

En moyenne, les taux de cortisol dans le sérum (figure 1), les poils et les matières fécales (figure 2) ont été significativement plus élevés en janvier qu'en mai/juin (respectivement  $66,01 \pm 13,19$  vs  $25,71 \pm 6,71$  ;  $0,93 \pm 0,26$  vs  $0,61 \pm 0,08$  et  $2,74 \pm 0,14$  vs  $1,42 \pm 0,35$  ;  $p < 0,05$ ). Par ailleurs, l'analyse des corrélations entre les taux de cortisol déterminés, pour chaque animal, dans les trois types d'échantillons étudiés (sérum, poils et matières fécales) a montré que, pour chacune des périodes de prélèvement (janvier et mai/juin), les taux étaient positivement corrélés entre eux (tableau I).

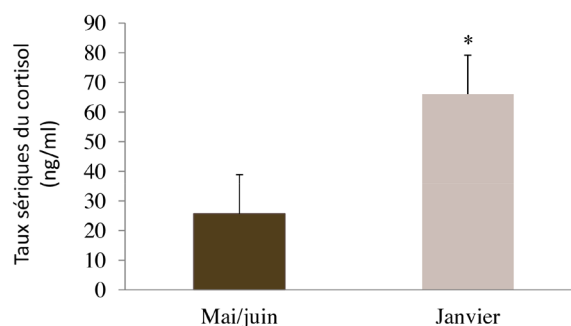


Figure 1 : taux sériques (moyenne ± écart-type) du cortisol chez le dromadaire ; n = 10 lors de chaque échantillonnage ; \*  $p < 0,05$ .

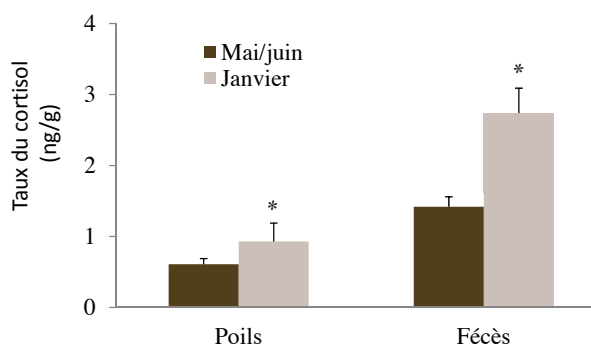


Figure 2 : taux de cortisol dans les poils et les fèces (moyenne ± écart-type) chez le dromadaire ; n = 10 lors de chaque échantillonnage ; \*  $p < 0,05$ .

Tableau I

Coefficients de corrélation entre les taux individuels de cortisol estimés dans le sérum, les poils et les fèces en hiver (janvier) et en été (mai/juin) chez le dromadaire

	SE	SH	PE	PH	FE	FH
SE	1,0000		r = 0,9276 p = 0,001		r = 0,7200 p = 0,040	
SH		1,0000		r = 0,8940 p = 0,003		r = 0,7906 p = 0,019
PE			1,0000		r = 0,7200 p = 0,040	
PH				1,0000		r = 0,8989 p = 0,002

SE : sérum de mai/juin ; SH : sérum de janvier ; PE : poils de mai/juin ; PH : poils de janvier ; FE : fèces de mai/juin ; FH : fèces de janvier

## ■ DISCUSSION

Dans le but de rétablir l'homéostasie de l'organisme perturbé, une cascade de réponses endocriniennes et comportementales, appelées réponses au stress, s'amorce dans le cerveau et résulte en une réponse conjointe des systèmes nerveux sympathique, musculaire et endocrinien (Reeder et Kramer, 2005). Le cortisol, molécule la plus commune des glucocorticoïdes, s'est révélé être l'indicateur le plus direct et le plus fiable du stress chez les mammifères (Reeder et Kramer, 2005). Une hypercortisolémie suite à une activation de l'axe hypothalamo-hypophysio-corticosurrénalien est observée en présence de nombreux facteurs, parmi lesquels on peut citer le froid et la chaleur (Fuchs et al., 2001 ; Oberoi et al., 2007).

Chez les vertébrés, le stress a été évalué par l'analyse des hormones corticostéroïdes dans plusieurs matières telles que le sang, les fèces, les urines, la salive (Larter et Nagy, 2001 ; Van Der Staay et al., 2007 ; Saco et al., 2008) et les poils (Davenport et al., 2006). Chez le dromadaire, plusieurs travaux de recherche ont analysé le cortisol ou les métabolites des glucocorticoïdes dans le sang (Zia-ur-Rahman et al., 2007 ; Saeb et al., 2010), les urines (El Khasmi et al., 2010), les fèces (Sid-Ahmed et al., 2013) et la salive (Majchrzak et al., 2015) dans différentes situations de stress comme le transport routier et la chaleur.

Lors de cette étude, les taux de cortisol déterminés en hiver à des températures ambiantes assez basses ont été significativement plus élevés que ceux mesurés en mai/juin. La même différence a été rapportée chez la vache (Titto et al., 2013), la chèvre (Alila-Johansson et al., 2003) et l'homme (Hadlow et al., 2014). Le dromadaire possède une activité sexuelle saisonnière stimulée par les jours décroissants de la saison d'hiver (El Khasmi et al., 2011). Cette période de rut associée aux températures hivernales peut être considérée comme stressante et donc responsable de l'hypercortisolémie observée dans cette étude.

Toutefois, chez le dromadaire, une cortisolémie (ng/ml) plus élevée en été qu'en hiver a été observée par Baraka (2012) ( $38,6 \pm 5,3$  vs  $28,5 \pm 4,8$ ) et Elias et Weil (1989) ( $45,0 \pm 11,9$  vs  $8,0 \pm 1,3$ ). Cette même tendance a été rapportée chez la même espèce pour la corticostéronémie par Zia-ur-Rahman et al. (2007). Ces auteurs ont expliqué cette hyperactivité de la corticosurrénale observée en été par le stress induit par la charge thermique externe et la déshydratation corporelle consécutive aux pertes sudorales intenses, comme voie thermolytique majeure.

Chez d'autres ruminants comme les cervidés ou le chamois, on note généralement un plus fort taux de cortisol (dans les fèces) en hiver (Saltz et White, 1991 ; Huber et al., 2003 ; Dalmau et al., 2007), bien que certaines études (Bubenik et al., 1983) indiquent, comme chez le dromadaire, un résultat inverse. Ces résultats divergents pourraient être dus à des différences spécifiques, climatiques et techniques.

Les taux de cortisol dans les poils et les fèces ont été corrélés aux taux sériques lors des deux échantillonnages, alors que les taux dans ces matières ont évolué sur des pas de temps très différents (de quelques heures à quelques semaines ou mois). Le fait que les animaux aient été maintenus au repos pendant 17 heures avant prélèvement, et que celui-ci ait été fait sans stress, peut expliquer cette corrélation. La détermination des taux de cortisol dans les poils et les fèces pourrait ainsi être un biomarqueur fiable pour évaluer le stress chez le dromadaire. D'ailleurs, il a été montré chez cet animal qu'une injection intraveineuse d'hormone adrénocorticotrope (ACTH) (0,5 mg/animal) augmentait le taux de cortisol dans le sang et celui des métabolites des glucocorticoïdes dans les fèces (Sid-Ahmed et al., 2013). Vingt-quatre heures après cette injection, le taux de cortisol passait de 0,6–10,8 à 10,9–42,2 ng/ml dans le sang, et de 286,7 à 2559,7 ng/g dans les fèces.

Chez les bovins aussi les concentrations du cortisol pileaire sont positivement corrélées aux concentrations fécales et pourraient constituer un biomarqueur fiable pour évaluer indirectement les niveaux rétrospectifs du cortisol circulant et, par conséquent, l'activité de l'axe hypothalamo-hypophysio-surrénalien à long terme (Tallo-Parra et al., 2015). Des corrélations positives ont été rapportées entre les concentrations du cortisol sanguin et salivaire chez la brebis (Yates et al., 2010), et du cortisol dans les poils et les fèces chez le chat et le chien (Accorsi et al., 2008), et entre le cortisol urinaire et fécal chez l'homme (Sauvé et al., 2007).

L'analyse du cortisol ou des métabolites des corticoïdes dans les poils et/ou les fèces pourrait ainsi être utile pour une évaluation rétrospective fiable du stress à long terme (Davenport et al., 2006 ; Sid-Ahmed et al., 2013). C'est d'autant plus envisageable que ces échantillons sont faciles à transporter et à conserver, et que leur prélèvement minimise le stress des animaux.

## REFERENCES

- Accorsi P.A., Carloni E., Valsecchi P., Viggiani R., Gamberoni M., Tamanini C., Seren E., 2008. Cortisol determination in hair and faeces from domestic cats and dogs. *Gen. Comp. Endocrinol.*, **155** (2): 398-402, doi: 10.1016/j.ygcen.2007.07.002
- Alila-Johansson A., Eriksson L., Soveri T., Laakso M.-L., 2003. Serum cortisol levels in goats exhibit seasonal but not daily rhythmicity. *Chronobiol. Int.*, **20** (1): 65-79, doi: 10.1081/CBI-120017684
- Aoyama M., Maejima Y., Keyaki S., Muroi M., Tohei A., Sugita S., 2005. Effects of androgen on plasma levels of adrenocorticotrophic hormone and cortisol during transportation in goats. *J. Vet. Med. Sci.*, **67** (11): 1109-1114, doi: 10.1292/jvms.67.1109
- Baraka T.A., 2012. Clinical evaluation of vitamin A,  $\beta$ -carotene, vitamin E and cortisol levels in health and selected diseases in camels (*Camelus dromedarius*) in Egypt. *J. Am. Sci.*, **8** (15): 106-111

- Bubenik G.A., Bubenik A.B., Schams D., Leatherland J.F., 1983. Circadian and circannual rhythms of LH, FSH, testosterone (T), prolactin, cortisol, T3 and T4 in plasma of mature, male white-tailed deer. *Comp. Biochem. Physiol. A*, **76** (1): 37-45, doi: 10.1016/0300-9629(83)90289-X
- Dalmou A., Ferret A., Chacon G., Manteca X., 2007. Seasonal changes in fecal cortisol metabolites in pyrenean chamois. *J. Wildl. Manag.*, **71** (1): 190-194, doi: 10.2193/2005-492
- Davenport M.D., Tiefenbacher S., Lutz C.K., Novak M.A., Meyer J.S., 2006. Analysis of endogenous cortisol concentrations in the hair of rhesus macaques. *Gen. Comp. Endocrinol.*, **147** (3): 255-261, doi: 10.1016/j.ygcen.2006.01.005
- Elias E., Weil S., 1989. Serum cortisol levels in camels (*Camelus dromedarius*) during the reproductive cycle. *Comp. Biochem. Physiol. A*, **94** (4): 787-790, doi: 10.1016/0300-9629(89)90634-8
- El Khasmi M., Riad F., Safwate A., Tahri E.H., Farh M., El Abbadi N., Coxam V., Faye B., 2010. Effects of preslaughter stress on meat quality and phosphocalcic metabolism in camels (*Camelus dromedarius*). *J. Camelid Sci.*, **3**: 33-38
- El Khasmi M., Riad F., Safwate A., Tahri E.H., Farh M., El Abbadi N., Coxam V., Faye B., 2011. Circulating levels of 25-Hydroxyvitamin D and testosterone during the rutting and non-rutting periods in Moroccan dromedary camels (*Camelus dromedarius*). *Emir. J. Food Agric.*, **23** (4): 368-374
- Fazio E., Medica P., Cravana C., Ferlazzo A., 2008. Effects of competition experience and transportation on the adrenocortical and thyroid responses of horses. *Vet. Rec.*, **163** (24): 713-716, doi: 10.1136/vr.163.24.713
- Fazio E., Medica P., Cravana C., Pellizzotto R., Fragalà S., Ferlazzo, A., 2015. Dynamics of total and free iodothyronines of jumping horses on the responses to competition and transport. *J. Equine Vet. Sci.*, **35** (1): 49-53, doi: 10.1016/j.jevs.2014.11.006
- Fuchs E., Flügge G., Ohl F., Lucassen P., Vollmann-Honsdorf G.K., Michaelis T., 2001. Psychosocial stress, glucocorticoids, and structural alterations in the tree shrew hippocampus. *Physiol. Behav.*, **73** (3): 285-291, doi: 10.1016/S0031-9384(01)00497-8
- Gupta S., Earley B., Crowe M.A., 2007. Effect of 12-hour road transportation on physiological, immunological and haematological parameters in bulls housed at different space allowances. *Vet. J.*, **173** (3): 605-616, doi: 10.1016/j.tvjl.2006.03.002
- Hadlow N.C., Brown S., Wardrop R., Henley D., 2014. The effects of season, daylight saving and time of sunrise on serum cortisol in a large population. *Chronobiol. Int.*, **31** (2): 243-251, doi: 10.3109/07420528.2013.844162
- Huber S., Palme R., Zenker W., Möstl E., 2003. Non-invasive monitoring of the adrenocortical response in red deer. *J. Wildl. Manag.*, **67**: 258-266, doi: 10.2307/3802767
- Larter N.C., Nagy J.A., 2001. Overwinter changes in the urine chemistry of muskoxen from Banks Island. *J. Wildl. Manag.*, **65** (2): 226-234, doi: 10.2307/3802901
- Majchrzak Y.N., Mastromonaco G.F., Korver W., Burness G., 2015. Use of salivary cortisol to evaluate the influence of rides in dromedary camels. *Gen. Comp. Endocrinol.*, **211**: 123-130, doi: 10.1016/j.ygcen.2014.11.007
- Möstl E., Palme R., 2002. Hormones as indicators of stress. *Domest. Anim. Endocrinol.*, **23** (1-2): 67-74, doi: 10.1016/S0739-7240(02)00146-7
- Moya D., Schwartzkopf-Genswein K.S., Veira D.M., 2013. Standardization of a non-invasive methodology to measure cortisol in hair of beef cattle. *Livest. Sci.*, **158** (1-3): 138-144, doi: 10.1016/j.livsci.2013.10.007
- Oberoi S., Ahmed R.S., Suke S.G., Bhattacharya S.N., Chakraborti A., Banerjee B.D., 2007. Comparative effect of topical application of lindane and permethrin on oxidative stress parameters in adult scabies patients. *Clin. Biochem.*, **40** (16-17): 1321-1324, doi: 10.1016/j.clinbiochem.2007.07.011
- Palme R., Robia C., Messmann S., Möstl E., 1998. Measuring faecal cortisol metabolites: A non-invasive tool to evaluate adrenocortical activity in mammals. *Adv. Ethol.*, **33**: 27
- Reeder D.M., Kramer K.M., 2005. Stress in free-ranging mammals: integrating physiology, ecology, and natural history. *J. Mammal.*, **86** (2): 225-235, doi: 10.1644/BHE-003.1
- Saco Y., Fina M., Giménez M., Pato R., Piedrafita J., Bassols A., 2008. Evaluation of serum cortisol, metabolic parameters, acute phase proteins and faecal corticosterone as indicators of stress in cows. *Vet. J.*, **177** (3): 439-441, doi: 10.1016/j.tvjl.2007.05.019
- Saeb M., Baghshani H., Nazifi S., Saeb S., 2010. Physiological response of dromedary camels to road transportation in relation to circulating levels of cortisol, thyroid hormones and some serum biochemical parameters. *Trop. Anim. Health Prod.*, **42** (1): 55-63, doi: 10.1007/s11250-009-9385-9
- Saltz D., White G.C., 1991. Urinary cortisol and urea nitrogen responses to winter stress in mule deer. *J. Wildl. Manag.*, **55** (1): 1-16, doi: 10.2307/3809235
- Sauvé B., Koren G., Walsh G., Tokmakejian S., Van Uum S.H.M., 2007. Measurement of cortisol in human hair as a biomarker of systemic exposure. *Clin. Investig. Med.*, **30** (5): E183-E191
- Sid-Ahmed O.E., Sanhoury A., Elwaseela B.E., Fadlallah I., Elazhari Mohammed G.E., Möstl E., 2013. Assessment of adrenocortical activity by non-invasive measurement of faecal cortisol metabolites in dromedary camels (*Camelus dromedarius*). *Trop. Anim. Health Prod.*, **45** (6): 1453-1458, doi: 10.1007/s11250-013-0374-7
- Tallo-Parra O., Manteca X., Sabes-Alsina M., Carbajal A., Lopez-Bejar M., 2015. Hair cortisol detection in dairy cattle by using EIA: protocol validation and correlation with faecal cortisol metabolites. *Animal*, **9** (6): 1059-1064, doi: 10.1017/S1751731115000294
- Titto C.G., Negrão J.A., Titto E.A.L., Canaes T.S., Titto R.M., Pereira A.M.F., 2013. Effects of an evaporative cooling system on plasma cortisol, IGF-I, and milk production in dairy cows in a tropical environment. *Int. J. Biometeorol.*, **57** (2): 299-306, doi: 10.1007/s00484-012-0554-6
- Van Der Staay F.J., De Groot J., Van Reenen C.G., Hoving-Bolink A.H., Schuurman T., Schmidt B.H., 2007. Effects of Butafosfan on salivary cortisol and behavioral response to social stress in piglets. *J. Vet. Pharmacol. Ther.*, **30** (5): 410-416, doi: 10.1111/j.1365-2885.2007.00884.x
- Yates D.T., Ross T.T., Hallford D.M., Yates L.J., Wesley R.L., 2010. Technical note: Comparison of salivary and serum cortisol concentrations after adrenocorticotropic hormone challenge in ewes. *J. Anim. Sci.*, **88** (2): 599-603, doi: 10.2527/jas.2009-2204
- Zia-ur-Rahman, Ahmad N., Bukhari S.A., Akhtar N., Haq I.U., 2007. Serum hormonal, electrolytes and trace element profiles in the rutting and non-rutting one-humped male camel (*Camelus dromedarius*). *Anim. Reprod. Sci.*, **101** (1-2): 172-178, doi: 10.1016/j.anireprosci.2006.11.008

## Summary

**Bargaâ R., Lektib I., Chakir Y., El Abbadi N., Belhouari A., Hammoumi A., Farh M., Tahri E.H., Riad F., El Mzibri M., El Khasmi M.** Correlation between cortisol levels in serum, hair and feces in the dromedary camel (*Camelus dromedarius*)

Unlike in many other mammals, the analysis of cortisol in camels is very rare in feces and absent in the hair. The objective of this study was thus to determine cortisol levels in serum, hair and feces in the camel, and to determine their possible correlation. The results showed that cortisol levels varied with the season and were significantly ( $p < 0.05$ ) higher in January than in May/June. A positive correlation between the levels in serum and those analyzed in hair and feces was recorded. This correlation indicates that the analysis of cortisol in the hair and feces reflects the activity of the adrenal cortex and could be used as a non-invasive method to assess stress in camels.

**Keywords:** *Camelus dromedarius*, hydrocortisone, feces, hair, blood serum, stress, Morocco

## Resumen

**Bargaâ R., Lektib I., Chakir Y., El Abbadi N., Belhouari A., Hammoumi A., Farh M., Tahri E.H., Riad F., El Mzibri M., El Khasmi M.** Correlación entre los niveles de cortisol en suero, pelo y heces en el camello promedio (*Camelus dromedarius*)

A diferencia de muchas especies de mamíferos, el análisis del cortisol en camellos es poco frecuente en heces y ausente en pelo. El objetivo del presente estudio fue el de determinar los niveles de cortisol en suero, pelo y heces en el camello, y determinar su posible correlación. Los resultados muestran que los niveles de cortisol variaron con la estación y fueron significativamente ( $p < 0,05$ ) más elevados en enero que en mayo/junio. Se registró una correlación positiva entre estos niveles en suero y aquellos analizados en pelo y heces. Esta correlación indica que el análisis del cortisol en pelo y heces refleja la actividad de la corteza adrenal y podría ser usado como un método no invasivo para asesorar el stress en camellos.

**Palabras clave:** *Camelus dromedarius*, hidrocortisona, heces, pelo, suero sanguíneo, estres, Marruecos

