

Facteurs de variation de quelques éléments trace (sélénium, cuivre, zinc) et d'enzymes témoins de la souffrance musculaire dans le sérum du dromadaire (*Camelus dromedarius*) aux Emirats arabes unis

R. Seboussi¹ B. Faye^{2*} G. Alhadrami¹

Mots-clés

Camelus dromedarius – Animal de course – Sélénium – Zinc – Cuivre – Créatine kinase – Alanine aminotransférase – Aspartate aminotransférase – Emirats arabes unis.

Résumé

Les effets de l'âge, du sexe, de la race et du statut physiologique sur le sélénium, le cuivre, le zinc, la créatine-kinase (CPK), l'alanine aminotransférase (ALT) et l'aspartate aminotransférase ont été étudiés chez le dromadaire (*Camelus dromedarius*). Au total, 240 animaux, jugés en bonne santé, parmi lesquels 166 de race locale, 68 croisée et 6 soudanaise, ont été choisis aléatoirement au sein d'une population de dromadaires provenant d'un seul troupeau. Ces dromadaires ont été classés en trois groupes d'âge : 2-4 ans, 5-7 ans, et 8 ans et plus. Les animaux ont été alimentés de luzerne, d'un mélange homogénéisé de lentilles, de dates et de soja, et d'un concentré. L'étude n'a indiqué aucun effet de la race sur les paramètres mesurés. Les faibles concentrations en zinc mesurées semblaient être dues à sa faible teneur dans les aliments supplémentés. Des corrélations significatives ont été obtenues entre le sélénium et le cuivre (0,292 ; $p < 0,01$), et entre le sélénium et le zinc (- 0,283 ; $p < 0,01$). Le sexe a montré une influence remarquable à l'exception de l'ALT. Le statut physiologique a affecté toutes les variables mais pas le CPK. L'intégration de ces éléments et la définition de leurs rôles précis chez les dromadaires de course sont d'une importance cruciale.

■ INTRODUCTION

Le dromadaire est un pseudo-ruminant accoutumé à vivre dans les conditions climatiques extrêmes des zones arides et semi-arides grâce à ses particularités anatomiques et physiologiques, utilisant des aliments dont généralement la valeur alimentaire est pauvre. Il reste productif et capable de se reproduire pendant les périodes critiques et limitantes pour les autres ruminants. Pour survivre dans ces conditions difficiles, le dromadaire s'est adapté par des mécanismes de résistance à la sous-nutrition protéique (recyclage de l'urée), énergétique (gestion des réserves adipeuses de la bosse),

hydrique (résistance à la soif), mais aussi minérale (16). Les besoins en minéraux chez les camélidés, en particulier en oligoéléments, sont cependant assez mal connus et estimés souvent sur la base de ceux déjà proposés chez les chevaux et les ruminants. Les données concernant le statut en oligoéléments chez les dromadaires sont donc assez rares d'un point de vue clinique et biochimique. L'insuffisance ou la toxicité clinique a été rarement décrite chez cette espèce. Cependant, il est évident que les camélidés sont sensibles aux désordres dus à des déficits ou des intoxications en oligoéléments comme pour les autres ruminants (15).

Dans les pays du Golfe, en particulier les Emirats arabe unis, les dromadaires de courses sont bien entraînés, de façon similaire aux chevaux Pur-sang destinés à la même activité. L'exercice intensif, particulièrement chez le dromadaire non entraîné, induit des dommages musculaires avec comme conséquence une fuite des enzymes intracellulaires dans la circulation sanguine. Du point de vue clinique, l'évaluation des concentrations de la créatine-kinase

1. Université des Emirats arabes unis, PO Box 16641, Al-Ain, Emirats arabes unis

2. Cirad-emvt, TA 30/A, Campus international de Baillarguet, 34398 Montpellier Cedex, France

* Auteur pour la correspondance

(CPK), de l'alanine aminotransférase (ALT) et de l'aspartate aminotransférase (AST) est d'un intérêt capital pour le diagnostic de la souffrance musculaire. Associés aux éléments traces aux propriétés antioxydantes [sélénium (Se), cuivre (Cu), zinc (Zn)], ces paramètres pourraient être des marqueurs déterminants pour les chameaux de course, mais aussi les femelles gravides et en lactation. Les auteurs se sont donc intéressés aux effets du statut des animaux provenant de troupeaux orientés vers le naissage et l'élevage de dromadaires de course (femelles à différents stades physiologiques, mâles, âge, race) sur les paramètres évoqués ci-dessus, indicateurs de la souffrance musculaire, et les principaux éléments traces que sont le Cu, le Zn et surtout le Se pour lequel on dispose de peu de références chez cette espèce (15).

■ MATERIEL ET METHODES

Animaux

Les animaux provenaient de la ferme d'Al-Ochouche à Al-Ain comprenant 3 000 dromadaires (*Camelus dromedarius*) en élevage intensif de trois races différentes destinés à la course : race locale, soudanaise et animaux métis. Au total, 240 animaux âgés entre deux et dix ans ont été sélectionnés au hasard pour mener la présente étude. Avant la collecte de sang, un examen général de tous les dromadaires a été effectué et seuls les sujets en bonne santé ont été sélectionnés. Pour écarter les animaux atteints de trypanosomose, maladie très répandue aux Emirats arabes unis, un diagnostic a été réalisé par trois différents tests : le test au chlorure de mercure, le test d'agglutination et le test par étalement sanguin selon la méthode de Woo (28). Tout animal positif à l'un au moins de ces tests a été écarté. Un examen fécal complémentaire des parasites externes et internes a été établi par la méthode de flottaison selon Soulsby (27). Distribué en deux groupes selon le sexe, l'échantillon comprenait 86 mâles et 154 femelles. Une partie des chamelles étaient gravides (n = 69), 56 étaient non gravides et 86 en lactation. Tous les dromadaires ont été identifiés par un numéro attaché au cou. Les animaux mâles ou femelles ont été répartis en trois classes d'âge, respectivement 3-4 ans, 5-7 ans, et 8 ans et plus. Les mâles étaient en majorité de jeunes animaux de moins de 4 ans (n = 54) ou des reproducteurs de plus de 8 ans (n = 32). Les femelles de moins de 4 ans étaient au nombre de 50. Les effectifs dans les autres classes d'âge étaient respectivement de 88 (classe des 5-7 ans) et 16 (classe des 8 ans et plus).

Les animaux ont été alimentés régulièrement avec une ration à base de luzerne en vert, du concentré du commerce, des dattes et une mixture de trois types de lentilles et ils ont été abreuvés *ad libitum*. Aucun supplément minéral spécifique n'a été apporté durant cette période d'expérimentation à l'exception des apports en sélénium et vitamine E régulièrement introduits dans le concentré du commerce.

Echantillons sanguins

Après désinfection avec de l'alcool iodé sur la partie haute du cou, le sang a été collecté à la veine jugulaire avec une seringue stérile dans deux tubes de 10 ml sans Edta. Ces échantillons ont ensuite été transportés au laboratoire pour les analyses qui ont été réalisées immédiatement après collecte.

Les échantillons collectés ont été centrifugés à 4 300 tours/min pendant 5 min. L'analyse du Se a été réalisée sur le sérum stocké à 4 °C avant les autres analyses selon la méthode de Brown et Watkinson (10). Les autres analyses minérales (Zn, Cu) ont été mises en œuvre après la séparation du sérum en utilisant un spectrophotomètre à absorption atomique, selon la méthode classique de

Bellanger et Lamand (4). Les coffrets utilisés provenaient de la compagnie Dade Boehring (Etats-Unis). L'activité enzymatique de la CK, de l'ALT et de l'AST a été dosée par la méthode préconisée par Bengoumi et coll. (6). Les analyses de ces cinq paramètres ont été réalisées au laboratoire vétérinaire du département agricole à Al-Ain.

L'analyse du Se dans ces échantillons a nécessité la digestion de ces derniers pour détruire les protéines présentes et les aminoacides afin de libérer leurs molécules liées aux protéines. Cette première étape a été réalisée au département privé de H. H. Sheikh Zayed Bin Sultan Al-Nahyan, au centre scientifique des chameaux de course à Al-Ain.

Le concept a été de mélanger dans les six tubes du rotateur d'un digesteur micro-ondes 2 ml du sérum, 6 ml de peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) à 30 p. 100, puis 1 ml d'acide nitrique (HNO₃) à 60 p. 100. Les tubes ont été placés dans le rotateur par ordre croissant d'un à six et bien serrés, puis introduits dans l'appareil. Une fois le sérum digéré, il a été versé dans un tube et bien fermé, puis exporté au laboratoire d'analyses d'Al-Salamate, à Al-Ain, pour la détermination du sélénium sérique et ceci avec une torche à plasma (Varian Vista MPX-CCD).

Echantillons des aliments et l'eau

Les compositions minérales des aliments distribués aux dromadaires (luzerne, dattes, concentré, mélange homogénéisé de lentilles) ont été analysées avec la même torche à plasma, mais avec un protocole sensiblement différent (avec digestion préalable des protéines).

Analyse statistique

Les différences entre groupes constitués concernant la teneur en divers éléments ont été testées en utilisant la méthode d'analyse de variance selon la procédure du modèle linéaire généralisé (GLM, SAS, 1988). Si la probabilité (p) était inférieure à 0,05 (p < 0,05), les différences entre groupes étaient identifiées comme étant significatives. La corrélation de Pearson entre les éléments analysés a été évaluée. L'analyse statistique s'est rapportée à l'effet de l'âge, du sexe, de l'état physiologique et de la race sur la variabilité en concentration des éléments chimiques analysés (Se, Cu, Zn, CPK, ALT, AST). Les interactions entre les facteurs de variation ont été prises en compte dans les modèles statistiques. Pour obtenir un cercle de corrélations intégrant les profils dans leur ensemble, une analyse en composantes principales a été réalisée avec le logiciel Winstat.

■ RESULTATS

La ration alimentaire s'est avérée pauvre en zinc, mais suffisamment équilibrée en cuivre et sélénium (tableau I). En moyenne, sur les échantillons de plasma, les concentrations ont été de 200 ± 90 ng/ml pour le sélénium, 20 ± 15 µg/100 ml pour le zinc et 60 ± 13 µg/100 ml pour le cuivre. Les valeurs moyennes pour l'AST, l'ALT et le CPK ont été respectivement de 90,2 ± 4,6, 18,0 ± 4,0 et 86,1 ± 43 UI/l. Une variabilité des concentrations du Se, Zn, Cu, ALT et AST a été observée en fonction du stade physiologique des dromadaires, des différences significatives ayant été observées en ces éléments entre les femelles non gravides et gravides. Le CPK, en revanche, n'a pas semblé sensible au stade physiologique des animaux dans les conditions de cet essai (hors saison des courses). La concentration en cuivre sérique est apparue en revanche sensiblement plus faible chez les animaux en lactation, de même que le zinc et l'AST (tableau II). L'âge a été un facteur significatif pour la plupart

Tableau I

Concentrations moyennes du sélénium, du cuivre et du zinc dans la luzerne et l'eau distribuées aux dromadaires

Echantillon	Se (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
Feuilles	2,29	15,0	27,0
Tiges	2,00	12,0	12,0 **
Mixture *	2,7	11,0	22,0
Eau	0,005	0,003	0,02

* Mélange de feuilles et tiges de luzerne

** Déficient

des variables analysées entre les animaux des groupes 1 et 2 à l'exception du CPK. En revanche, ce même paramètre a chuté de façon très significative chez les dromadaires du groupe 3 (tableau III). Aucune différence n'a été observée entre les trois groupes raciaux, et ce, pour tous les paramètres (tableau IV). A l'exception du CPK, les paramètres étudiés ont présenté des valeurs différentes selon le sexe, les teneurs en AST, ALT et Zn étant plus faibles chez les femelles, alors que celles en Cu et Se sont apparues plus élevées (tableau V). Il existait une interaction significative entre les facteurs sexe et race pour le zinc plasmatique ($p < 0,01$), entre le statut physiologique et la race, pour le zinc ($p < 0,001$), et plus faiblement pour le sélénium et le cuivre ($p < 0,05$), entre l'âge et la race pour le seul sélénium ($p < 0,01$).

Table II

Concentrations moyennes (\pm écart-type) du sérum en Se, Cu, Zn, CPK, ALT et AST selon l'état (statut) physiologique du dromadaire

Statut	Se (ng/ml)	Cu ($\mu\text{g}/100\text{ml}$)	Zn ($\mu\text{g}/100\text{ml}$)	CPK (IU/L)	ALT (IU/L)	AST (IU/L)
Non gravide (n = 56)	138 \pm 47 ^a	60,3 \pm 0,011 ^a	26,8 \pm 2,0 ^a	92,87 \pm 4,00 ^a	18,53 \pm 0,58 ^a	84,57 \pm 1,77 ^a
Gravide (n = 69)	281 \pm 9 ^b	64,8 \pm 0,014 ^a	10,5 \pm 1,5 ^b	84,188 \pm 5,87 ^a	16,71 \pm 0,23 ^b	81,82 \pm 1,91 ^b
En lactation (n = 29)	282 \pm 11 ^b	58,9 \pm 0,20 ^b	1,8 \pm 20,0 ^c	83,517 \pm 8,18 ^a	14,82 \pm 0,57 ^c	78,72 \pm 17,044 ^b

Se : sélénium ; Cu : cuivre ; Zn : zinc ; CPK : créatine-kinase ; ALT : alanine aminotransférase ; AST : aspartate aminotransférase

^{a,b,c} Les indices présents dans la même colonne indiquent une différence significative à $P < 0,05$

Tableau III

Concentrations moyennes du sérum en Se, Cu, Zn, CPK, ALT et AST selon l'âge chez le dromadaire

Age	Se (ng/ml)	Cu ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)	Zn ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)	CPK (IU/l)	ALT (IU/l)	AST (IU/l)
3-4 (n = 104)	142 \pm 43 ^a	57,8 \pm 1,1 ^a	24,4 \pm 1,5 ^a	97,75 \pm 3,80 ^a	19,05 \pm 0,32 ^a	92,43 \pm 4,90 ^a
5-7 (n = 98)	281 \pm 7 ^b	63,0 \pm 1,2 ^b	6,8 \pm 1,3 ^b	83,99 \pm 4,77 ^a	16,15 \pm 0,25 ^b	80,90 \pm 1,24 ^b
> 8 (n = 38)	129 \pm 8 ^b	55,7 \pm 3,8 ^b	26,7 \pm 3,1 ^a	58,18 \pm 3,99 ^b	19,63 \pm 1,04 ^a	107,63 \pm 112,14 ^a

Se : sélénium ; Cu : cuivre ; Zn : zinc ; CPK : créatine-kinase ; ALT : alanine aminotransférase ; AST : aspartate aminotransférase

^{a,b,c} Les indices présents dans la même colonne indiquent une différence significative à $P < 0,05$

Tableau IV

Concentrations moyennes du sérum en Se, Cu, Zn, CPK, ALT et AST selon la race chez le dromadaire

Race	Se (ng/ml)	Cu ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)	Zn ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)	CPK (IU/l)	ALT (IU/l)	AST (IU/l)
Local (n = 166)	196 \pm 7 ^a	60,2 \pm 12 ^a	17,1 \pm 1,3 ^a	87,72 \pm 3,57 ^a	17,79 \pm 0,31 ^a	89,41 \pm 3,28 ^a
Métis (n = 68)	197 \pm 8 ^a	58,0 \pm 12 ^a	18,6 \pm 2,4 ^a	81,26 \pm 4,23 ^a	18,33 \pm 0,48 ^a	91,91 \pm 6,70 ^a
Soudan (n = 6)	209 \pm 4,3 ^a	62,1 \pm 7,9 ^a	20,5 \pm 6,3 ^a	86,67 \pm 11,52 ^a	18,33 \pm 0,42 ^a	90,00 \pm 11,45 ^a

Se : sélénium ; Cu : cuivre ; Zn : zinc ; CPK : créatine-kinase ; ALT : alanine aminotransférase ; AST : aspartate aminotransférase

^{a,b,c} Les indices présents dans la même colonne indiquent une différence significative à $P < 0,05$

L'analyse de la matrice des corrélations a indiqué des corrélations positives ou négatives significatives entre la plupart des paramètres, à l'exception du CPK qui, au final, a eu un comportement différent des autres paramètres étudiés (tableau VI). Toutefois, il est intéressant de noter que le sélénium a été corrélé positivement au cuivre plasmatique mais négativement au zinc, à l'AST et à l'ALT, et que le cuivre et le zinc sont apparus globalement en relation inverse. L'analyse du cercle des corrélations (figure 1) montre clairement une opposition entre l'AST et l'ALT, d'une part, et le Cu et le Se, d'autre part, sur le facteur principal, le CPK et le Zn étant mal représentés sur le principal plan factoriel, reflétant la faiblesse des corrélations avec les autres paramètres mesurés.

DISCUSSION

Ont été considérés, dans la présente étude, les facteurs de variation des principaux éléments traces et des enzymes témoins de la souffrance cellulaire. Ces enzymes ont varié généralement sous l'effet de troubles pathologiques divers impliquant une atteinte cellulaire ou d'activités physiques plus ou moins intenses. Les dromadaires élevés pour leur performance sportive ont été prélevés en l'absence d'exercice physique, la saison des courses ayant lieu plus tard dans l'année. Un accent particulier a été mis sur le sélénium car c'est un paramètre sur lequel peu de références existent. La discussion a été organisée autour de chacun des paramètres et des interactions observées.

Enzymes

L'AST et l'ALT, enzymes très utilisées en biochimie clinique, interviennent dans le métabolisme des acides aminés. Chez le dromadaire, et contrairement aux autres ruminants où on les trouve en majorité dans le tissu musculaire, l'AST et l'ALT sont surtout

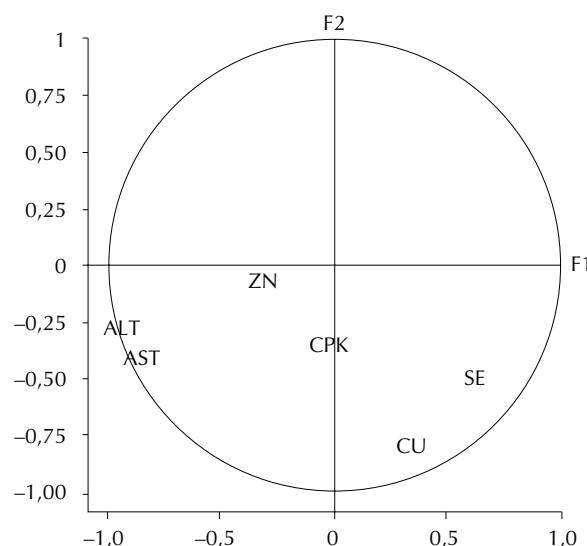


Figure 1 : cercle des corrélations issu d'une analyse en composantes principales. Se : sélénium ; Cu : cuivre ; Zn : zinc ; CPK : créatine-kinase ; ALT : alanine aminotransférase ; AST : aspartate aminotransférase.

présents dans le rein (7). Toutefois, l'augmentation de leur activité plasmatique témoignerait plus d'une atteinte musculaire ou hépatique, alors que l'augmentation de leur activité urinaire indiquerait une atteinte rénale (8). Chez le dromadaire, les valeurs usuelles de l'activité sérique de l'AST et de l'ALT varient respectivement de 37 à 131 UI/l et de 6 à 25 UI/l (6), et les valeurs obtenues ici étaient globalement inscrites dans ce champ de variation. L'âge

Tableau V

Concentrations moyennes du sérum en Se, Cu, Zn, CPK, ALT et AST selon le sexe chez le dromadaire

Sexe	Se (ng/ml)	Cu ($\mu\text{g}/100 \text{ ml}$)	Zn ($\mu\text{g}/100 \text{ ml}$)	CPK (IU/l)	ALT (IU/l)	AST (IU/l)
Male (n = 86)	139 \pm 5 ^a	55,3 \pm 2 ^a	23,9 \pm 1,9 ^a	83,44 \pm 4,00 ^a	19,65 \pm 0,58 ^a	104,26 \pm 7,84 ^a
Femelle (n = 154)	229 \pm 7 ^b	62,0 \pm 8 ^b	14,1 \pm 1,3 ^b	87,22 \pm 3,68 ^a	17,01 \pm 0,20 ^b	82,24 \pm 1,00 ^b

Se : sélénium ; Cu : cuivre ; Zn : zinc ; CPK : créatine-kinase ; ALT : alanine aminotransférase ; AST : aspartate aminotransférase

^{a,b,c} Les indices présents dans la même colonne indiquent une différence significative à $P < 0,05$

Tableau VI

Matrice des coefficients de corrélation entre Se, Cu, Zn, CPK, ALT et AST

	Se	Cu	ZN	CPK	ALT	AST
Se	1	0,292 **	-0,283 **	-0,64	-0,379 **	-0,184 **
Cu	0,292 **	1	0,074	0,107	-0,096	-0,058
Zn	-0,283 **	0,074	1	-0,003	0,227 **	0,072
CPK	-0,064	0,107	-0,003	1	0,023	0,033
ALT	-0,379 **	-0,096	0,227 **	0,023	1	0,975 **
AST	-0,184 **	-0,058	0,072	0,033	0,795 **	1

Se : sélénium ; Cu : cuivre ; Zn : zinc ; CPK : créatine-kinase ; ALT : alanine aminotransférase ; AST : aspartate aminotransférase

** Le coefficient de corrélation est significatif au niveau $p < 0,01$

aurait pu d'influence sur le taux normal. Toutefois certains auteurs observent une diminution chez le dromadaire adulte entre 7 et 16 ans (25) ou à partir de 4 ans (20). Le sexe non plus n'aurait pas d'effet sur l'activité plasmatique de l'AST et de l'ALT (6). Toutefois, conformément aux présents résultats, l'activité enzymatique serait plus élevée, selon d'autres auteurs, chez le mâle (20). Ni Elias et Yagil (12), ni Ateeq et coll. (3), ni Bengoumi et coll. (6) n'observent de variations liées au stade de gravidité ou de lactation, ce que ne peuvent confirmer les présents résultats. Il semble que l'exercice maximal augmente significativement le niveau de l'AST mais pas de l'ALT chez les camélidés (8).

En cas de déshydratation, l'AST augmente de 70 p. 100 mais n'a aucun effet sur le niveau de l'ALT (7). Ici, les animaux ayant été abreuvés *ad libitum*, aucune variation observée dans le dispositif ne pouvait être attribuée à ce facteur.

La CK, concentrée surtout dans le tissu musculaire (mais on ne connaît pas sa répartition chez le dromadaire), est un indicateur sensible des atteintes myocardique et musculaire. Chez le dromadaire, les valeurs usuelles sont comprises entre 40 et 120 UI/l (5), ce qui correspond bien aux valeurs trouvées dans la présente étude. En dehors de l'effort physique (8), l'effet des autres facteurs de variation physiologique a très peu été étudié chez le dromadaire. Du reste, à l'exception d'une chute importante de la CK chez les animaux de plus de huit ans, aucune variation n'a été observée chez les animaux étudiés. On peut faire l'hypothèse que les animaux adultes sont moins actifs que les jeunes et, de ce fait, ont une activité musculaire moindre.

Cuivre et zinc

Le taux de cuivre plasmatique est considéré comme un bon reflet de la nutrition en cuivre. Chez les ruminants, les valeurs normales de la cuprémie sont comprises entre 70 et 120 µg/100 ml (soit 12 et 19 µmol/l). La plupart des valeurs observées chez cette espèce oscillent en effet entre ces deux chiffres (15). Globalement, les présents résultats se situent à la limite inférieure de ces valeurs.

On ne relève pas dans la littérature de variations significatives de la cuprémie liées au sexe (1, 5), mais des variations en cours de gravidité ont été rapportées (21), semblables à celles enregistrées chez la brebis : diminution de la cuprémie en fin de gravidité et retour à la normale après le part. Ceci serait dû à un transfert actif des réserves hépatiques mobilisables en cuivre de la mère vers le fœtus. L'âge peut représenter un facteur de variation, mais sa mise en évidence nécessite un protocole rigoureux et les résultats sont plutôt contradictoires : aucune différence significative (5, 13) ou cuprémie plus élevée chez les animaux de plus de 5 ans (24), ce qui semble être le cas du présent échantillon.

A l'instar du cuivre, le zinc plasmatique chez toutes les espèces de ruminants domestiques oscille normalement entre 70 et 120 µg/100 ml mais à des niveaux plus faibles chez le dromadaire. Les présentes valeurs ont été inférieures à la limite de 40 µg/100 ml préconisée par Faye et coll. (14). Les zincémies selon l'âge et le sexe ont été peu étudiées. Les jeunes chamelons présentent généralement une zincémie plus élevée (5). Pour Faye et Mulato (13), l'âge représente également un paramètre discriminant du zinc plasmatique. Les plus fortes concentrations en zinc plasmatique chez le jeune seraient dues à l'alimentation lactée qui assure chez toutes les espèces un apport en zinc non négligeable. Il n'a pas été observé non plus de différence sexuelle de la zincémie, bien qu'une diminution significative de celle-ci ait été observée chez la chamelle en fin de gravidité, sans doute du fait d'un transfert actif vers le fœtus dans la dernière période de gravidité (> 6 mois). Dans le présent échantillon, des valeurs particulièrement faibles ont été relevées chez les femelles en lactation sans que des signes

cliniques de carence en zinc aient pu être observés, bien que chez cette espèce ces symptômes n'aient jamais été décrits (15). Chez le lama, les niveaux sériques du Cu et du Zn restent constants de la naissance à la maturité (26). Chez le chameau de bactriane, le taux sérique du Cu atteint des valeurs maximales durant la demi-période de gravidité, contrairement aux concentrations du Zn qui diminuent durant la gravidité (21).

Sélénium

Dans les Emirats arabes unis, où ces données préliminaires ont été rassemblées, les sols et par conséquent les fourrages sont généralement considérés sélénio-déficients et des cas de myocardite dégénérative (figures 2 et 3) sont régulièrement observés. Du reste, tous les concentrés du commerce destinés aux chameaux ont été complétés avec du sélénium sous différentes formes (sélénite de sodium, combinaison de sélénium et vitamine E), le plus souvent mélangés dans un supplément minéral ou un pré-mélange.

Il aurait été d'un grand intérêt d'évaluer également la sélénio-gluthation peroxydase (GSH-PX) et la vitamine E, mais cela n'a pas été possible dans le cadre de ce travail. Les investigations précédentes sur le statut des dromadaires pour les concentrations sériques en

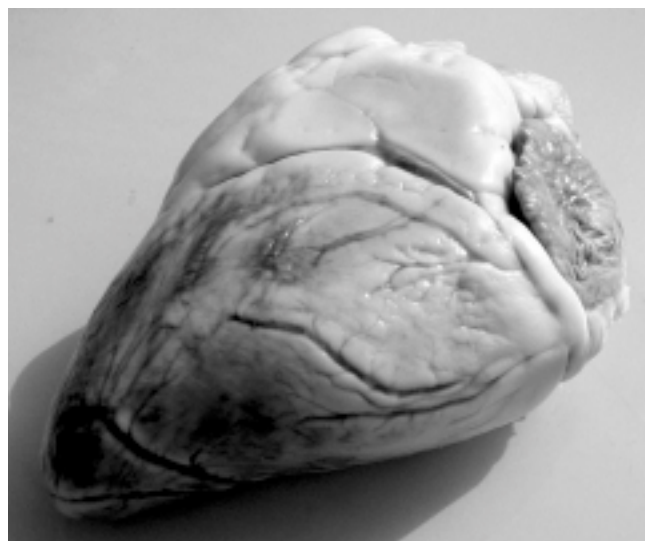


Figure 2 : lésions de dégénérescence musculaire sur un cœur de chamelon d'un mois (Photo : R. Séboussi).

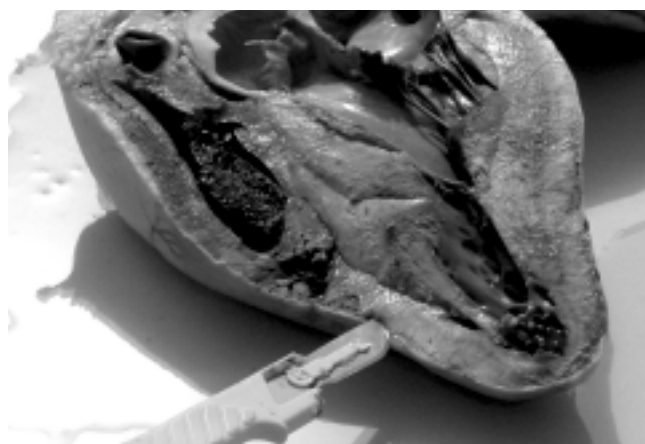


Figure 3 : lésions de dégénérescence musculaire sur un cœur de chamelon d'un mois (Photo : R. Séboussi).

sélénium dans les Emirats sont peu cohérentes. Par ailleurs, chez cette espèce on ne connaît pas très bien le métabolisme du sélénium. L'insuffisance en sélénium a été rapportée chez le dromadaire en Arabie saoudite (2), les Emirats arabes unis, le Maroc (18). Les données actuelles donnent une indication sur l'effet de la grande utilisation des suppléments de sélénium et de vitamine E sur les dromadaires de course aux EAU. En effet, les propriétaires des écuries de course utilisent le sélénium en prévention des déficits, mais sans prendre de précautions, vue la grande toxicité de cet élément, d'autant plus que les doses toxiques ne sont pas bien précisées chez cette espèce (9).

La concentration moyenne du sélénium sérique rapportée dans la littérature est de 100 ng/ml, taux considéré comme suffisant pour le maintien des fonctions métaboliques appropriées. Des concentrations moyennes en sélénium inférieures à 0,1 µg/ml sont considérées adéquates pour les grands animaux (23). Cependant les besoins optimums chez le dromadaire ne sont pas entièrement explorés et aucune référence sérieuse n'est disponible. La plus grande attention portée aux femelles et aux jeunes dans les Emirats (les complémentations en sélénium sont de préférence apportées chez les femelles en gestation pour protéger le fœtus et le chameleon après la naissance) explique sans doute les valeurs plus élevées observées chez les femelles en général et les femelles gravides en particulier.

Chez le dromadaire du Maroc, Hamliri et coll. (17) observent sur sang total, selon les groupes d'âge et le sexe, des valeurs qui oscillent entre 109,1 et 117,8 ng/ml, soit des valeurs similaires à celles relevées chez le mouton dans la même région (18). Aucun effet lié à l'âge ou le sexe n'est rapporté. Des chiffres similaires sont relevés par Liu et coll. (21) en Chine avec des concentrations variant de 97 à 112 ng/ml. Sans préciser s'il s'agit de sang total ou de sérum, Ma (22) avance des valeurs plus élevées : 274 à 288 ng/ml.

Les concentrations sériques se sont rapprochées de ces derniers chiffres : 281 ng/ml en moyenne sur des sérums en provenance du sultanat d'Oman (Faye, données non publiées), mais il s'agissait d'animaux affectés de troubles susceptibles d'être attribués à une intoxication au sélénium. Au Maroc, chez des dromadaires recevant une ration de base assurant les besoins d'entretien, le taux de sélénium plasmatique s'est avéré nettement inférieur, de l'ordre de 21 ng/ml (9). Ces grandes différences peuvent être mises en partie sur le compte des méthodes de dosage pas toujours standardisées. Le taux de sélénium n'est par ailleurs pas sensible au stade physiologique des chamelles. En effet, sa concentration dans le sang total n'augmente pas significativement dans la période du post-partum, passant de 83 ± 40 ng/ml pendant la gravidité à 100 ± 29 après la mise bas (21). Les présents résultats ont donc divergé sur ce point pour les raisons évoquées plus haut. Les besoins en sélénium chez la brebis en lactation augmentent considérablement. Après la naissance, les concentrations en sélénium sont faibles. Ce niveau est dépendant du statut de la mère durant la gravidité. Le besoin métabolique en sélénium chez le dromadaire femelle semble plus élevé que chez le mâle quel que soit son état physiologique (gravide ou en lactation) (11).

Chez les lamas (19), le statut en sélénium n'apparaît pas influencé par la région ou le troupeau. Pendant la gravidité et la parturition, la concentration moyenne sérique en sélénium chez cette espèce est respectivement de 213 et 203 ng/ml, indiquant ainsi l'influence de l'état physiologique sur les niveaux de sélénium. Aucun effet discernable du sexe sur le statut de sélénium n'a été décrit chez cet animal (26).

Enfin, comme pour tous les paramètres précédents, il n'a pas été observé d'effet racial sur les concentrations plasmatiques en sélénium. Du reste, la variabilité génétique chez les dromadaires

apparaît faible et s'appuie le plus souvent sur des considérations purement phénotypiques.

Interactions entre paramètres

La forte corrélation positive entre l'AST et l'ALT est assez classique, ces deux enzymes étant soumis aux mêmes facteurs de variation et témoignant simultanément d'une souffrance cellulaire (6). Seulement 2 p. 100 des individus de l'échantillon ont présenté des valeurs au-dessus des normes admises chez le dromadaire et ces cinq animaux ont eu des concentrations élevées à la fois en AST et en ALT. La CK a été très sensible à l'effort physique des animaux. Ceux-ci ayant été prélevés hors saison des courses, la variabilité est demeurée faible dans l'échantillon. La CK témoigne plutôt de la souffrance cellulaire musculaire alors que l'AST et l'ALT témoignent plutôt de la souffrance hépatique et rénale (6). Parmi les 14 prélèvements ayant cependant présenté des valeurs supérieures aux normes admises chez cette espèce, un seul a eu des taux également élevés en AST et ALT. La corrélation positive entre cuivre et sélénium sérique peut être attribuée à l'effet combiné de l'apport naturel en Cu et Se dans le concentré du commerce distribué aux animaux, à l'inverse du zinc sérique qui semble très peu sensible aux apports (14) au demeurant faibles dans la ration de base. La corrélation négative entre Se et enzymes AST et ALT pourrait être interprétée comme une opposition entre ces paramètres en tant qu'indicateurs de l'intégrité cellulaire. En effet, le Se est un élément essentiel de la protection cellulaire et on peut faire l'hypothèse que les enzymes AST et ALT, indicateurs de la souffrance cellulaire, sont d'autant plus élevés que la concentration en Se est faible. En revanche, CPK peut montrer une intense activité à un stade précoce de la carence en sélénium caractérisée par une dégénérescence musculaire, ce qui n'était pas le cas dans cette étude.

CONCLUSION

Les données collectées dans le cadre de ce travail ont le mérite d'avoir été rassemblées sur un grand nombre d'animaux. En effet, si l'on dispose de quelques données dans la littérature sur les enzymes AST, ALT et CK, ainsi que sur certains éléments traces comme le cuivre et le zinc, on manque cruellement de références sur le sélénium dans une espèce qui, aux Emirats, est réservée pour la performance sportive et pour laquelle la pratique est de fournir parfois en des quantités discutables des compléments minéraux très riches en sel de sélénium. Les résultats présents contribuent donc à construire les références nécessaires pour les animaux de cette région du monde. L'étude montre un certain nombre de relations entre ces paramètres. Celles-ci doivent être clairement décrites, en particulier durant le stress de la course et celui dû à une intense production.

La méconnaissance du métabolisme du sélénium chez le dromadaire incite les auteurs à poursuivre les travaux pour mieux identifier les mécanismes d'absorption, de régulation et d'excrétion, ce qui constitue la future étape de ce travail d'investigation. Ces travaux sont inscrits dans les perspectives que les auteurs essaient de partager avec les professionnels et les universitaires de l'université d'Al-Ain, dans un pays où le dromadaire demeure un animal emblématique.

Remerciements

Les auteurs sont très reconnaissants aux partenaires du laboratoire vétérinaire du département d'Agriculture et du laboratoire privé du Cheikh Khalifa Ben Zayed Al Nehiyani qui ont permis de réaliser les analyses dans les meilleures conditions.

BIBLIOGRAPHIE

1. ABDALLA O.M., WASFI I.A., GADIR F.A., 1988. The Arabian race normal parameters. I. Haemogram enzymes and minerals. *Comp. Biochem. Physiol.*, **90A**: 237-239.
2. AL-QARAWI A.A., ABBAS B., HAROUN E.M., MAHMOUD O.M., AL-HAWAS A., 2001. Clinicopathological investigation of selenium responsive myopathy in young adult camels. *J. Camel Pract. Res.*, **8**: 23-27.
3. ATEEQ G., KOUIDER S., KOLB E., 1984. Haematology of dromedaries: cell counts, haemoglobin, proteins, urea, cholesterol, AST and ALT. Age and sex variations. *Arch. Exp. vet. Med.*, **38**: 664-675.
4. BELLANGER J., LAMAND M., 1975. Méthodes de dosage du cuivre et du zinc plasmatique. *Bull. Tech. CRZV Theix Inra*, **20** : 53-54.
5. BENGOUMI M., FAYE B., TRESSOL J.C., BENGOUMI D., 1995. Facteurs de variation des indicateurs plasmatiques du statut nutritionnel en oligo-élément chez le dromadaire au Maroc. II. Effet d'une complémentation minérale. *Revue Elev. Méd. vét. Pays. trop.*, **48** : 276-280.
6. BENGOUMI M., FAYE B., EL KHASMI K., DE LA FARGE F., 1997. Clinical enzymology in the dromedary camel. II. Effects of age, sex, castration, lactation and pregnancy on serum AST, ALT, GGT, AP and LDH activities. *J. Camel Pract. Res.*, **4**: 25-29.
7. BENGOUMI M., FAYE B., DE LA FARGE F., 1998. Clinical enzymology in the dromedary camel. III. Effect of dehydration on serum ALT, AST, GGT, AP and LDH and urine GGT activities. *J. Camel Pract. Res.*, **5**: 119-122.
8. BENGOUMI M., FAYE B., DE LA FARGE F., 1998. Clinical enzymology in the dromedary camel. IV. Effect of exercise on serum AST, ALT, GGT, AP, LDH, and CK activities. *J. Camel Pract. Res.*, **5**: 123-126.
9. BENGOUMI M., ESSAMADI A.K., TRESSOL J.C., CHACORNAC J.P., FAYE B., 1998. Comparative effects of selenium supplementation on the plasma selenium concentration and erythrocyte glutathione peroxidase activity in cattle and camels. *Anim. Sci.*, **67**: 461-466.
10. BROWN M.W., WATKINSON J.H., 1977. An automated fluorometric method for the determination of nanograms quantities of selenium. *An. Chem. Acta*, **89**: 29-35.
11. CORBERA J.A., GUTIERREZ C., MORALES M., MONTEL A., MONTOYA J.A., 2001. Assessment of blood glutathione peroxidase activity in the dromedary camel. *Vet. Res.*, **32**: 185-191.
12. ELIAS E., YAGIL R., 1984. Haematological and serum biochemical values in lactating camels and their newborn. *Refuah Vet.*, **41**: 7-13.
13. FAYE B., MULATO C., 1991. Facteurs de variation des paramètres protéo-énergétiques, enzymatiques et minéraux dans le plasma chez le dromadaire de Djibouti. *Revue Elev. Méd. vét. Pays. trop.*, **44** : 325-334.
14. FAYE B., SAINT-MARTIN G., CHERRIER R., ALI RUFFA M., 1992. The influence of high dietary protein, energy and mineral intake on deficient young camel. II. Changes in mineral status. *Comp. Biochem. Physiol.*, **102A**: 417-424.
15. FAYE B., BENGOUMI M., 1994. Trace-elements status in camels. A review. *Biol. Trace Elem. Res.*, **41**: 1-11.
16. FAYE B., BENGOUMI M., 2000. Le dromadaire face à la sous-nutrition minérale : un aspect méconnu de son adaptabilité aux conditions désertiques. *Revue Sécheresse*, **11** : 155-161.
17. HAMLIRI A., KHALLAAYOUNE K., JOHNSON D.W., KESSABI M., 1990. The relationship between the concentration of selenium in the blood and the activity of glutathione peroxidase in the erythrocytes of the dromedary camel (*Camelus dromedarius*). *Vet. Res. Commun.*, **14**: 27-30.
18. HAMLIRI A., OLSON W.G., JOHNSON D.W., KESSABI M., 1990. Evaluation of biochemical evidence of congenital nutritional myopathy in the two-week prepartum fetuses from selenium-deficient ewes. *J. Am. vet. Med. Assoc.*, **51**: 1112-1115.
19. HERDT T.H., 1995. Blood serum concentrations of selenium in female llamas (*Lama glama*) in relationship to feeding practices, region of the United States, reproductive stage, and health of offspring. *J. Anim. Sci.*, **73**: 337-344.
20. KATARIA N., BHATIA J.S., 1991. Activity of some enzymes in the serum of dromedary camels. *Res. vet. Sci.*, **51**: 174-176.
21. LIU Z.P., MA Z., ZHANG Y.J., 1994. Studies on the relationship between sway disease of bactrian camels and copper status in Gansu Province. *Vet. Res. Commun.*, **18**: 251-260.
22. MA Z., 1995. Studies on sway disease of Chinese bactrian camels. Epidemiological and aetiological aspects. Stockholm, Sweden, International Foundation for Science Project, 17 p.
23. MAAS J., PARISH S.M., HODGSON D.R., 1990. Nutritional myodegeneration. In: Smith B.P. Ed., Large animal internal medicine. St Louis, USA, CV Mosby, p. 1352-1357.
24. MARX W., ABDI H.N., 1983. Serum levels of trace elements and minerals in dromedaries (*Camelus dromedarius*) in South Somalia. *Anim. Res. Dev.*, **17**: 83-90.
25. SALUTINI E., BIAGI G., 1983. GOT, GPT et CPK nel *Camelus dromedarius* somalo di diversa eta e sesso. *Atti. Soc. Sci. Vet.*, **37**: 375-377.
26. SMITH B.B., VAN SUAN R.J., REED P.J., CRAIG A.M., YOUNGBERG A.M.S., 1998. Blood mineral and vitamin E concentration in llamas. *Am. J. vet. Res.*: 1063-1070.
27. SOULSBY E.J.L., 1982. Helminths, arthropods and protozoae of domesticated animals, 7th Edn. London, UK, Bailliere Tindal.
28. WOO P.T.K., 1971. The haematocrit centrifuge technique for the detection of low virulent strains of trypanosomes of *Trypanosoma congolense* subgroup. *Acta. trop.*, **27**: 304-308.

Reçu le 02.06.2004, accepté le 03.12.2004

Summary

Seboussi R., Faye B., Alhadrami G. Variation Factors of Some Trace Elements (Selenium, Copper and Zinc) and Enzymes Indicators of Muscular Fatigue in the Serum of Camels (*Camelus dromedarius*) in the United Arab Emirates

The authors investigated the effects of age, sex, breed and physiological status on selenium (Se), copper (Cu), zinc (Zn), creatine-kinase (CPK), alanine aminotransferase (ALT) and aspartate aminotransferase in the dromedary (*Camelus dromedarius*). A total of 240 apparently healthy animals, of which 166 were of the local breed, 68 crossbred, and 6 Sudanese, were randomly selected within a camel population originating from the same herd. The camels were divided into age groups: 2-4 years old, 5-7 years old, and 8 years or older. The camels were fed on alfalfa, a lentil mixture, dates and soya beans, in addition to a concentrate. The study revealed no effect of the breed on measured parameters. The lower Zn level found might have been due to lower Zn contents in the supplemented feed. Significant correlations were obtained between Se and Cu (0.292; $P < 0.01$), Se and Zn (-0.0283; $P < 0.01$). Sex showed a high significant influence on the measured variables, with the exception of ALT. The physiological status influenced all measures, but not CPK. There is a need to integrate these elements and define their precise role in the racing camel.

Key words: *Camelus dromedarius* – Racing animal – Selenium – Zinc – Copper – Creatine kinase – Alanine aminotransferase – Aspartate aminotransferase – United Arab Emirates.

Resumen

Seboussi R., Faye B., Alhadrami G. Factores de variación de algunos elementos traza (selenio, cobre, zinc) y de enzimas testigo del sufrimiento muscular en el suero de dromedario (*Camelus dromedarius*) en los Emiratos Arabes Unidos

Se estudiaron los efectos de la edad, del sexo, de la raza y del estado fisiológico sobre el selenio, el cobre, el zinc, la creatinina (CPK), la alanina-aminotransferasa (ALT) y el aspartato aminotransferasa, en el dromedario (*Camelus dromedarius*). En total 240 animales, diagnosticados en buena salud, de los cuales 166 de raza local, 68 cruces y 6 sudaneses, se escogieron al azar dentro de una población de dromedarios provenientes de un solo hato. Estos dromedarios fueron clasificados en tres grupos etarios: 2-4 años, 4-7 años y 8 años y más. Estos animales fueron alimentados con alfalfa, una mezcla homogeneizada de lentejas, de dátiles y de soja y de un concentrado. El estudio no indicó ningún efecto de la raza sobre los parámetros estudiados. Las bajas concentraciones de zinc medidas parecen haberse debido a la baja tenencia de los alimentos suplementados. Se obtuvieron correlaciones significativas entre el selenio y el cobre (0,292; $p < 0,01$), y entre el selenio y el zinc (-0,283; $p < 0,01$). El sexo mostró una influencia notable, con excepción de la ALT. El estado fisiológico afectó todas las variables, menos el CPK. La integración de estos elementos y la definición de los roles precisos en los dromedarios de carrera es de crucial importancia.

Palabras clave: *Camelus dromedarius* – Animal de carrera – Selenium – Cinc – Cobre – Creatina quinasa – Alanina aminotransferasa – Aspartato aminotransferasa – Emiratos Arabes Unidos.