

# CONCENTRATION SÉRIQUE DE CALCIUM, PHOSPHORE, MAGNESIUM, SODIUM, POTASSIUM, CHLORE, FER ET PROTEINE TOTALE CHEZ LES DROMADAIRES EN ZONES SAHELIENNE ET SUBHUMIDE DU MALI

Amen dit Moussa Dolo<sup>1</sup>,  
Moussa Tangara<sup>2</sup>,  
Siaka Doumbia<sup>2</sup>,  
Fanta Mady Diallo<sup>1</sup>,  
Fatoumata Gnany Traoré<sup>2</sup>,  
Bara Ouologuem<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Programme bovin et camelin du Centre Régional de Recherche Agronomique de Sotuba de l'Institut d'Economie Rural (IER)

<sup>2</sup> Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée de Katibougou (IPR/IFRA)

Auteur principal : Moussa Tangara<sup>2</sup>  
Email : moussatangara2000@yahoo.fr  
Téléphones : (00223) 65124404  
(00223) 90664441

## Résumé

L'objectif de cette étude est de déterminer la concentration sérique de certains macroéléments et micro éléments et la protéine totale chez les dromadaires. L'échantillon était constitué de 53 dromadaires entretenus sur les sites de Niono et de Sotuba. Tous les animaux ont bénéficié un suivi alimentaire et vétérinaire approprié. L'analyse sérologique a été réalisée en déterminant l'effet du sexe, de l'âge et du site sur la teneur en protéine totale et la concentration sérique en minéraux. La phosphoremie a été en moyenne de  $6,08 \pm 0,41$  mmol/l pour Niono et  $2,48 \pm 0,50$  mm pour Sotuba. La magnésie a été en moyenne de  $0,68 \pm 0,03$  pour Niono et  $0,44 \pm 0,06$  mmol/l pour Sotuba. La kaliémie a été de  $3,75 \pm 0,12$  mmol/l pour Niono et de  $2,63 \pm 0,10$  mmol/l pour Sotuba. La chlorémie mesurée a été de  $132,64 \pm 2,77$  mmol/l pour Niono et de  $116,27 \pm 4,99$  mmol/l pour Sotuba. Le pic de la concentration sérique en fer a été atteint à 6 mois d'âge. La teneur en protéine totale et en phosphore a été remarquable entre les deux catégories d'âge. Les paramètres biochimiques minéraux et protéiques sanguins peuvent constituer des indicateurs plasmatiques du statut nutritionnel des dromadaires.

**Mots-clés:** Alimentation ; minéraux ; protéine totale ; sang ; dromadaire

## Abstract

The objective of this study is to determine the blood concentration of certain macro and micro nutrients and total protein in dromedary camel. Sample was constituted of 53 dromedaries maintained in Niono and Sotuba experimental sites. Animals benefited nutritional and veterinary support to ensure that the welfare. Blood analysis was conducted to determine the effect of sex, age and experimental site on the protein and mineral concentration. The level of *phosphorus in blood* was  $6.08 \pm 0.41$  mmol/l for Niono and  $2.48 \pm 0.50$  mm for Sotuba. Plasma *magnesium level* was  $0.68 \pm 0.03$  for Niono and  $0.44 \pm 0.06$  mmol/l for Sotuba. Blood potassium level was  $3.75 \pm 0.12$  mmol/l for Niono and  $2.63 \pm 0.10$  mmol/l for Sotuba. Plasma chloride was  $132.64 \pm 2.77$  mmol/l for Niono and  $116.27 \pm 4.99$

mmol/l pour Sotuba for Sotuba. The high level of blood concentration of iron was attended at six months age. Total protein and phosphorus content was remarkable between the two categories of age. Blood mineral and protein biochemical parameters may constitute plasmatic indicators of nutritional status in dromedary.

**Key words:** Feeding; minerals; total protein; blood; dromedary

## **1. Introduction**

Le dromadaire est un animal d'élevage connu pour sa résistance à la sous-nutrition énergétique, azotée et minérale. Face aux contraintes du milieu d'élevage, il valorise les fourrages pauvres grâce à ses particularités anatomo-physiologiques et biochimiques remarquables. Cependant, la promotion d'une production rentable et moderne du dromadaire se trouve confrontée au problème de l'alimentation, basée essentiellement sur le pâturage des parcours sahariens composé par un couvert végétal spontané relativement maigre, pauvre en protéines et en substances minérales (Yaakoub, 2006 ; Alia et al. 2007 ; Aichouni, 2011). Pour assurer la fabrication des produits (lait, viande, fœtus), l'immunisation de l'organisme, le renouvellement des fibres musculaires et la régulation des différents métabolismes, le dromadaire a besoin de protéines de qualité. Les minéraux d'intérêt biologique jouent un rôle important dans de nombreux processus métaboliques et leurs carences peuvent provoquer des troubles nutritionnels et des perturbations métaboliques se traduisant par une diminution des performances de production chez le dromadaire (Riad, 1995 ; Abdelrahman et al. 2013). Des études antérieures sur les particularités du transit et de l'assimilation des minéraux chez le dromadaire ont montré qu'il se distingue des autres espèces par une adaptabilité remarquable à la sous-nutrition minérale (Bengoumi, 1992 ; Bengoumi et Faye, 2002). Face à des expositions prolongées à cette sous-nutrition, le dromadaire pourrait souffrir de carences en éléments minéraux essentiels. Ainsi, la concentration des métabolites sanguins pourrait être utilisée comme un indicateur nutritionnel du statut physiologique des dromadaires. Cette étude a pour objectif de déterminer la concentration plasmatique de certains minéraux et la teneur en protéines totales afin d'évaluer l'état nutritionnel des dromadaires élevés à la station de Sotuba et au ranch de Niono.

## **2. Matériel et méthodes**

Le programme bovin et camélin a approuvé ce protocole de recherche selon les directives du Centre Régional de Recherche Agronomique de Sotuba.

### **2.1 Dispositif expérimental**

#### **2.1.1 Matériel animal :**

L'expérimentation a porté sur 53 dromadaires mâles et femelles dont 38 adultes et 15 jeunes tous natifs de la station de Sotuba et du ranch de Niono. L'âge des jeunes variait de 4 à 18 mois. Les animaux ont fait l'objet d'un suivi zootechnique et vétérinaire approprié. Des échantillons de sang ont été constitués et ont fait l'objet d'analyses afin de déterminer l'effet du sexe, de l'âge et du site sur la teneur en protéine totale et la concentration sérique en minéraux chez les dromadaires.

**2.1.2 Prélèvement sanguin :** Le prélèvement d'échantillons de sang a été effectué sur 53 dromadaires par ponction de la veine jugulaire dans les tubes plasmiques à la station de Sotuba et au ranch de Niono. Le sang a été prélevé à l'aide de tubes vacutainer sans anticoagulant munis d'aiguilles avec un adaptateur, portant le nom et le numéro de l'animal. Il a été conservé dans la glace au cours du transport avant la conservation. Ensuite les échantillons prélevés ont été centrifugés à 1600 tours/mn pendant 10 minutes. Les sérums ainsi recueillis ont été prélevés à l'aide d'une pipette munie d'un embout et transvasés dans des cryotubes numérotés, puis conservés à -18°C dans un congélateur au laboratoire jusqu'à la période des analyses.

## **2.2 Méthodes analytiques en laboratoire**

Les analyses ont été effectuées dans le laboratoire de biochimie de l'Ecole Nationale de l'Elevage et de la Santé Animale de Ouagadougou et ont porté sur la détermination de 7 minéraux d'intérêt biologique et nutritionnel tels que le calcium (Ca), le phosphore (P), le magnésium (Mg), le potassium (K), le sodium (Na), le chlore (Cl) et le fer (Fe) et la protéine totale par les méthodes colorimétriques sur automates de biologie (Thermo Scientifique, Genesys 105Vis spectrophotomètre d'absorption). Ces expérimentations consistaient à déterminer la concentration de chaque paramètre dans le sang des dromadaires. Les densités optiques des différents échantillons ont été lues à travers un spectrophotomètre d'absorption UV. Les méthodes de dosages variaient selon le paramètre à analyser.

### **2.2.1 Principe de dosage de la protéine totale**

Le dosage de la protéine totale du sérum a été effectué selon la réaction de Biuret. Les protéines présentes dans l'échantillon réagissent avec le sulfate de cuivre en milieu basique, pour donner un complexe coloré en bleu violet quantifiable par spectrophotométrie à 546 nm. L'intensité de la couleur formée est proportionnelle à la concentration de la protéine totale de l'échantillon.

### **2.2.2 Principe de dosage de calcium**

Le dosage du calcium a été fait en présence d'Arsenazo III (Acide 1,8-dihydroxy-3,6-disulpho-2,7-naphtalène-bis, azo-dibenzene-arsonique) au pH neutre avec la formation d'un complexe coloré en bleu. L'intensité de la couleur est proportionnelle à la concentration du calcium. La lecture se fait à l'aide d'un spectrophotomètre à la longueur d'onde de 620 nm.

### **2.2.3 Principe de dosage du phosphore**

Le dosage du phosphore se réalise dans un milieu acide. Il forme avec le molybdate d'ammonium un complexe de phosphomolybdate, coloré en jaune quantifiable par spectrophotomètre à 340 nm. L'intensité de la couleur est proportionnelle à la concentration du phosphore inorganique de l'échantillon.

### **2.2.4 Principe de dosage du magnésium**

Le dosage de magnésium s'effectue dans une solution alcaline. Il forme en présence de bleu de xylidyle un complexe coloré. La réaction est spécifique en présence de l'Ethylene Glycol Tetraacetic Acid. L'intensité de la couleur est proportionnelle à la concentration du magnésium présent. La lecture des absorbances a été faite à la longueur d'onde de 510 nm.

### **2.2.5 Principe de dosage du potassium sérique**

Le dosage du potassium se fait, après une précipitation des protéines en utilisant le sodium

tétraphénylboron dans un milieu alcalin qui produit une suspension colloïdale et dont la turbulence est proportionnelle à la concentration du potassium. La lecture des absorbances a été faite à la longueur d'onde de 578 nm.

### 2.2.6 Principe de dosage du sodium sérique

Le dosage du sodium est basé sur les modifications de la méthode décrite par Trinder dans laquelle le sodium est précipité avec Mg-Acétate d'uranyl en triple sels, sodium magnésium uranyl acétate. L'excès d'ions d'uranyl réagit avec l'acide de thioglycol et produit un chromophore dont l'absorbance varie inversement à la concentration de sodium dans l'échantillon testé. La lecture des absorbances a été faite à la longueur d'onde de 410 nm.

### 2.2.7 Principe de dosage du chlore

L'intensité de la couleur formée est proportionnelle à la concentration de chlore de l'échantillon. La lecture des absorbances a été faite à la longueur d'onde de 480 nm. Les ions chlores forment un complexe coloré.

### 2.2.8 Principe de dosage du fer

Dans le sérum, le fer est lié à la transferrine. En présence d'une faible acidité, le fer se dissocie de son complexe alors que les protéines sériques restent en solution. Après sa réduction par l'acide ascorbique, le fer est converti et se lie à la ferrozine pour former un complexe coloré. L'intensité de la couleur formée est proportionnelle à la concentration du fer de l'échantillon. La lecture des absorbances a été faite à la longueur d'onde de 562 nm.

## 2.3. Analyses statistiques

Toutes les données ont été analysées avec le logiciel MINITAB. Les effets de l'âge, du sexe, de la catégorie et de site sur les constituants du sang des dromadaires ont été analysés par ANOVA (Analyse de Variance) avec le logiciel SAS (1996).

La corrélation a été déterminée entre les minéraux analysés d'une part et entre certains minéraux analysés et l'âge des animaux d'autre part.

## 3. Résultats

### 3.1 Teneur en minéraux et protéine totale en fonction du site

La teneur sérique de la protéine totale, de Ca, de Na et de Fe n'a pas été influencée par le site (tableau 1). Par contre, les concentrations du P, du K et du Cl ont été plus élevées à Niono qu'à Sotuba (tableau 1).

**Tableau 1 :** Teneur en minéraux et protéine totale en fonction du site

Paramètres	Niono			Sotuba			Moyenne générale	Probabilité
	Moyenne± ES	Mini	Maxi	Moyenne± ES	Mini	Maxi		
Protéine totale (g/dl)	5,643±0,200	2,983	9,371	5,359±0,271	3,487	6,674	5,57	0,942
Calcium (mmol/l)	2,746±0,081	1,127	4,261	2,548±0,067	2,194	3,009	2,69	0,09 2

Phosphore (P)	6,089±0,412	2,245	14,976	2,488±0,507	1,095	6,815	5,17	0,000
Magnésium (Mg)	0,682±0,033	0,199	1,0894	0,446±0,063	0,192	0,942	0,62	0,003
Potassium (K)	3,758±0,128	1,766	5,015	2,639±0,102	1,884	3,249	3,45	0,000
Sodium (Na)	133,58±5,09	60,16	272,8	119,0±16,2	55,2	255,5	129,6	0,643
Chlore (Cl)	132,64±2,77	100,9	194,21	116,27±4,99	89,23	145,48	128,3	0,018
Fer (Fe)	15,40±1,84	0,18	45,4	9,07±1,21	0,92	14,16	13,88	0,06

ES – erreur standard

### 3.2 Teneur en minéraux et protéine totale en fonction du sexe

La teneur des protéines, du Ca, du Na, du Cl et du Fe n'étaient pas significativement différentes entre les femelles et les mâles (tableau 2). Le P et le Mg étaient plus élevés chez les mâles que chez les femelles, tandis que le K était plus élevé chez les femelles que chez les mâles (tableau 2).

**Tableau2** : Teneur en minéraux et protéine totale en fonction du sexe

Paramètres	Femelle			Mâle			Moyenne générale	Probabilité
	Moyenne± ES	Mini	Maxi	Moyenne± ES	Mini	Maxi		
Protéine totale (g/dl)	5,696±0,197	3,991	9,371	5,389±0,286	2,983	7,737	5,57	0,764
Calcium (Ca)	2,728±0,093	1,127	4,261	2,641±0,070	1,632	3,039	2,69	0,493
Phosphore (P)	4,385±0,402	1,095	9,422	6,390±0,734	1,3	14,976	5,17	0,008
Magnésium (Mg)	0,667±0,043	0,199	1,089	0,548±0,049	0,193	1,006	0,62	0,01
Potassium (K)	3,259±0,150	1,766	4,918	3,749±0,182	1,884	5,015	3,45	0,041
Sodium (Na)	131,22±7,87	60,16	272,8	127,34±8,28	55,22	240,25	129,6	0,548
Chlore (Cl)	124,56±2,54	89,23	148,62	134,05±5,14	91,22	194,21	128,3	0,185
Fer (Fe)	15,43±2,05	1,48	45,4	11,74±2,03	0,18	34,88	13,88	0,195

ES – erreur standard

### 3.3 Teneur en minéraux et protéine selon l'âge des animaux

Les analyses ont indiqué une différence significative entre les adultes et les jeunes (tableau 3) par rapport à la teneur en protéine totale et en phosphore. Les concentrations plasmatiques des autres minéraux n'étaient pas significativement différentes entre les deux catégories (tableau 3).

**Tableau 3** : Teneur en protéines, Ca, P, Mg, K, Na, Cl et Fe dans le sérum chez les adultes et les jeunes dromadaires

Paramètres	Adulte			Jeune			Moyenne générale	Probabilité
	Moyenne ± ES	Mini	Maxi	Moyenne ± ES	Mini	Maxi		
Protéine totale (g/dl)	5,892±0,168	3,991	9,371	4,783±0,317	2,983	6,674	5,57	0,008
Calcium (mmol/l)	2,716±0,075	1,127	4,261	2,636±0,112	1,632	3,258	2,69	0,748
Phosphore (mmol/l)	4,595±0,355	1,095	9,422	6,69±1,03	1,6	14,98	5,17	0,001
Magnésium (mmol/l)	0,624±0,040	0,192	1,089	0,608±0,059	0,208	1,0015	0,62	0,983
Potassium (mmol/l)	3,486±0,128	2,359	5,015	3,385±0,274	1,766	4,993	3,45	0,823
Sodium (mmol/l)	127,24±7,09	55,22	272,8	135,61±9,47	67,58	240,25	129,6	0,545
Chlore (mmol/l)	129,12±2,57	89,23	162,76	126,29±6,64	91,22	194,21	128,3	0,373
Fer (µmol/l)	13,63±1,42	0,37	34,88	14,46±3,72	0,18	45,4	13,88	0,575

ES – erreur standard

En ce qui concerne la concentration sérique en protéine et en fer chez les chamelons, les valeurs obtenues pour la protéine totale ont augmenté jusqu'à 6 mois (tableau 4). Par la suite la tendance n'était pas nette. Pour le fer, le pic de la concentration a été atteint à 6 mois d'âge. Cette dynamique a continué à chuter jusqu'à 18 mois. Toutefois il n'y a pas de différence entre les âges des chamelons aussi bien par rapport à la protéine qu'au fer (tableau 4).

**Tableau 4** : Teneur en protéine totale et fer en fonction de l'âge des chamelons

Age (mois)	Nombre	Protéine Totale (g/dl)				Fer (mmol/l)			
		Moyenne	ES	Mini	Maxi	Moyenne	ES	Mini	Maxi
4	2	3,14	0,16	2,98	3,30	12,5	12,3	0,2	24,7
5	2	4,62	0,03	4,59	4,66	18	16,3	1,7	34,3
6	4	5,07	0,45	4,39	6,32	26,39	8,83	3,69	45,4
7	1	4,17	*	4,17	4,17	14,21	*	14,21	14,21
12	1	4,81	*	4,81	4,81	12,18	*	12,18	12,18
14	1	3,49	*	3,49	3,49	9,97	*	9,96	9,96
17	2	6,52	0	6,52	6,52	3,51	2,03	1,48	5,54
18	2	5,20	1,47	3,73	6,67	3,51	2,58	0,92	6,09
Prob.		0,174				0,730			

ES – erreur standard ; prob. - Probabilité

Les teneurs du Ca, du P et du Mg n'ont pas été remarquables chez les chamelons dont les âges étaient compris entre 4 mois et 18 mois (tableau 5).

**Tableau 5** : Teneur en calcium, phosphore et magnésium dans le sérum en fonction de l'âge des chamelons

Âge (mois)	No mbr e	Calcium (mmol/l)				Phosphore (mmol/l)				Magnesium (mmol/l)			
		Moy	ES	Mini	Maxi	Moy	ES	Min	Max	Moy	ES	Min	Max
4	2	2,88	0,08	2,80	2,97	12,87	2,11	10,76	14,98	0,64	0,03	0,60	0,67
5	2	3,13	0,13	3,00	3,26	5,35	1,78	3,58	7,13	0,69	0,10	0,59	0,79
6	4	2,59	0,32	1,63	3,06	7,11	1,95	3,98	12,09	0,78	0,11	0,57	1,00
7	1	2,83	*	2,82	2,82	6,33	*	6,32	6,33	0,87	*	0,87	0,87
12	1	2,44	*	2,44	2,44	6,03	*	6,034	6,03	0,64	*	0,64	0,64
14	1	2,57	*	2,57	2,57	0,016	*	0,01	0,01	0,28	*	0,28	0,27
17	2	2,28	0,34	1,94	2,62	3,88	2,28	1,6	6,16	0,49	0,11	0,38	0,61
18	2	2,37	0,14	2,23	2,52	4,36	2,46	1,9	6,81	0,29	0,08	0,21	0,37
Prob.		0,69				0,230				0,12			

ES – erreur standard ; prob. – Probabilité, Moy- Moyenne

Une différence statistique a été observée concernant la teneur en potassium selon l'âge des chamelons (tableau 6). Les concentrations les plus élevées ont été observées entre 4 mois et 7 mois. Ensuite, elles ont graduellement baissé et sont restées presque constantes entre 12 et 18

mois. Quant aux teneurs du sodium et du chlore, elles n'avaient pas de tendance nette liée à l'âge des chamelons (tableau 6).

**Tableau 6** : Concentration du potassium, sodium et chlore en fonction de l'âge des chamelons

Age (mois)	Nombre	Potassium (mmol/l)				Sodium (mmol/l)				Chlore (mmol /l)			
		Moy.	ES	Min	Max	Moy.	ES	Min	Max	Moy.	ES	min	Max
4	2	3,79	0,11	3,63	3,85	136,05	5,6	130,45	141,65	132,9	26,2	106,6	159,1
5	2	4,43	0,04	4,39	4,47	140,1	9,18	130,92	149,28	128,1	3,56	124,54	131,65
6	4	3,84	0,42	3,11	4,99	135,22	6,45	119,01	150	142,2	17,9	113,8	194,20
7	1	4,92	*	4,92	4,92	153,82	*	153,82	153,82	116,28	*	116,28	116,28
12	1	2,05	*	2,05	2,05	139,7	*	139,7	139,7	113,27	*	113,27	113,27
14	1	3,25	*	3,25	3,25	108,38	*	108,38	108,38	145,48	*	145,48	145,48
17	2	2,12	0,36	1,77	2,48	115,6	17,1	98,5	132,7	120,63	5,01	115,61	125,64
18	2	2,29	0,40	1,88	2,693	153,9	86,3	67,6	240,2	93,57	2,35	91,22	95,92
Prob.		0,029				0,986				0,645			

ES – erreur standard ; prob – Probabilité, Moy- moyenne

### 3.4 Corrélation entre les minéraux d'intérêt nutritionnel dans l'organisme

Une corrélation *positive* forte a été *observée* entre les teneurs du phosphore et du chlore ( $r = 0,37$  ;  $P = 0,007$ ), entre le sodium et le magnésium ( $r = 0,31$  ;  $P = 0,027$ ) entre le fer et le potassium ( $r = 0,37$  ;  $P = 0,008$ ) entre le fer et calcium ( $r = 0,53$  ;  $P = 0,042$ ) et entre le potassium et chlore ( $r = 0,54$  ;  $P = 0,036$ ). En lien avec l'âge, une corrélation *négative* a été trouvée entre l'âge et le calcium ( $r = -0,51$  ;  $P = 0,05$ ) entre l'âge et le phosphore ( $r = -0,54$  ;  $P = 0,037$ ) et entre l'âge et le potassium ( $r = -0,78$  ;  $P = 0,001$ ).

## 4. Discussion

De la croissance du squelette à la circulation des influx nerveux, de la contraction des muscles à la régulation du rythme cardiaque et au maintien de l'équilibre électrolytique, les nutriments minéraux et la protéine interviennent dans une multitude de processus biologiques dans l'organisme de l'animal. Dans la présente étude, la teneur en protéine totale et la concentration sérique en minéraux chez les dromadaires ont été évaluées selon le site, le sexe et la catégorie d'âge.

### 4.1 Concentration sérique en minéraux et protéine en fonction du site de l'étude

La concentration plasmatique obtenue pour le phosphore et le potassium en fonction du site a été très remarquable. Celle obtenue pour le magnésium et le chlore a été aussi considérable. La phosphoremie moyenne était  $6,08 \pm 0,41$  mmol/l pour Niono et  $2,48 \pm 0,50$  mmol/ pour le site de Sotuba. Les valeurs observées pour la teneur en protéine totale et la concentration en minéraux paraissent plus élevées à Niono qu'à Sotuba. Cette différence serait liée en partie à la valeur nutritive des pâturages entre les 2 sites. Les résultats obtenus à Niono paraissent supérieurs à ceux de Babeker et al. (2011) qui ont trouvé une teneur en phosphore de  $6,09 \pm 0,41$  mg/dl, tandis que ceux de Sotuba sont plus proches des résultats de Babeker et al.



(2011) et Barakat et al. (2007) qui ont rapporté une moyenne de  $3,79 \pm 0,49$  mmol/l. La magnésémie obtenue par la présente étude en fonction du site était en moyenne  $0,68 \pm 0,03$  pour Niono et  $0,44 \pm 0,06$  mmol/l pour Sotuba. La kaliémie plasmatique était  $3,75 \pm 0,12$  mmol/l pour Niono et  $2,63 \pm 0,10$  mmol/l. Quant à la chlorémie mesurée, elle a été  $132,64 \pm 2,77$  mmol/l pour Niono et  $116,27 \pm 4,99$  mmol/l en moyenne pour Sotuba. L'ensemble de ces observations suggèrent que la magnésémie, la kaliémie et la chlorémie sériques se caractérisent probablement par une stabilité physiologique et nutritionnelle chez le dromadaire.

#### **4.2 Concentration sérique en minéraux en fonction du sexe des animaux**

En fonction du sexe les valeurs obtenues pour la concentration du phosphore, du magnésium et du potassium ont été hautement distinctives.

Ainsi, la phosphoremie a été de  $6,39 \pm 0,73$  mmol/l pour les mâles et  $4,38 \pm 0,40$  mmol/l chez les femelles en moyenne. Des études similaires ont rapporté des valeurs de  $4,7 \pm 0,01$  mmol/l chez les chameaux égyptiens adultes des 2 sexes (Barakat et Fattah, 1970). Les valeurs de la présente étude pour les mâles sont plus élevées que celles obtenues par Barakat et Fattah (1970) mais concordent avec celles enregistrées chez les femelles.

La concentration sanguine de magnésium en fonction du sexe était de  $0,54 \pm 0,04$  mmol/l pour les mâles et de  $0,66 \pm 0,04$  mmol/l pour les femelles. Ces résultats convergent avec ceux de Benderradji (2015) qui ont trouvé une valeur de  $0,72 \pm 0,10$  mmol/l de magnésium dans la détermination des minéraux des fluides extracellulaires chez le dromadaire dans la région au Sahélienne du Nigéria. Les présents résultats sont inférieurs à ceux des travaux de Sing et al. (2015) qui ont obtenu des valeurs de  $1,90 \pm 0,07$  mmol/l chez les chamelles en lactation et de Aichouni (2011) qui a obtenu une valeur de  $1,19$  mol/l chez le mâle et  $1,03$  mmol/l chez la femelle. De même, ils sont inférieurs aux résultats de Vyas et al. (2011) qui ont rapporté une valeur de  $1,89 \pm 0,09$  mmol/l pour les mâles et  $1,52 \pm 0,08$  mmol/l pour les femelles et de ceux de Osman et Busadah (2003) qui ont rapporté une valeur de  $2,16 \pm 0,19$  mmol/l chez la chamelle. Les explications de ces fluctuations observées peuvent être en rapport avec les spécificités écologiques qui ont un impact important sur la valeur nutritive des ressources fourragères.

Pour la kaliémie sérique, la concentration était de  $3,74 \pm 0,18$  mmol/l pour les mâles et de  $3,25 \pm 0,15$  mmol/l chez les femelles. Ces résultats paraissent converger avec ceux de Osman et Busadah (2003) qui ont obtenu une valeur de  $4,0 \pm 0,2$  mmol/l chez la chamelle et ceux de Sing et al. (2015) qui ont rapporté une valeur de  $4,45 \pm 0,06$  mmol/l chez les chamelles allaitantes. D'autres études également ont obtenu une valeur de  $4,65 \pm 0,16$  dans les fluides extracellulaires chez les brebis au Sahel dans la région Nord-Est du Nigéria (Benderradji, 2015). Toutefois, en situation expérimentale les résultats de la présente étude ont été inférieurs à ceux obtenus par Aichouni (2011), qui ont rapporté une valeur de  $6,69$  mmol/l pour les mâles et  $5,52$  mmol/l pour les femelles du Sud-Ouest de l'Algérie. Il apparaît que le sexe semble avoir un effet non négligeable sur la kaliémie quel que soit la zone d'étude. En physiologie digestive, une concentration plasmatique en potassium stable peut apparaître comme un indicateur nutritionnel très important sur le fonctionnement de l'appareil circulatoire chez le dromadaire.

### 4.3 Concentration sérique en protéine et en minéraux en fonction de la catégorie (âge)

Les résultats obtenus en fonction de l'âge tendent à montrer que la concentration de la protéine totale a été considérable avec une concentration de  $5,89 \pm 0,16$  mmol/l pour les adultes et  $4,78 \pm 0,31$  mmol/l pour les jeunes. Les travaux de Titaouine Mohamed (2006) sur les dromadaires soudanais maintenus à des régimes riches en protéines ont obtenu une valeur qui était de  $8,31 \pm 0,85$  g/dl pour la protéine totale. Vyas et al. (2011) ont eu une valeur de  $5,63 \pm 0,18$  g/dl chez le dromadaire en post-partum. Yadav et Bissa (1998) ont rapporté  $6,40 \pm 0,55$  g/dl, chez des chameaux adultes. Les résultats de la présente étude convergent avec les valeurs de ces différentes études. Par contre, Ben Romdhane et al. (2003) qui ont eu une valeur de  $6,55$  g/dl semble en moyenne légèrement élevée que les nôtres. Chez les adultes, la concentration de la protéine totale obtenue est légèrement supérieure à celle des jeunes. Ces différences de valeur seraient dues au fait que les adultes recyclent mieux l'urée que les jeunes en cas de déshydratation ou de conditions physiologiques difficiles. Cependant, les analyses ont montré que la concentration de la protéine totale n'a pas été remarquable en fonction du sexe et du site.

Par rapport à l'âge, la phosphorémie a été de  $1,09 \pm 0,35$  mmol/l en moyenne pour les adultes contre  $1,6 \pm 1,03$  mmol/l pour les jeunes. Ces variations physiologiques paraissent corroborer les résultats de Vyas et al. (2011) et de Ben Romdhane et al. (2003) qui avaient obtenu  $1,01 \pm 0,07$  mmol/l et  $1,6 \pm 0,7$  mmol/l respectivement chez les dromadaires adultes et chez les jeunes dromadaires en croissance. Ces résultats suggèrent en partie la contribution du phosphore dans la modulation et la régulation de la croissance chez les jeunes dromadaires en croissance.

En ce qui concerne la teneur sérique de sodium, elle a atteint le pic vers 18 mois d'âge. De même, les travaux de Sing et al. (2015) avaient trouvé que la concentration de sodium dans le sang était plus élevée chez les chameaux sevrés des dromadaires soudanais à un âge supérieur à 1 an. Al-Rukibat et Zuhair (2014) avaient aussi rapporté que la teneur sérique de sodium était plus représentative chez les jeunes chameaux cliniquement normaux dont l'âge était compris entre 9-12 mois. Ce niveau élevé de la teneur plasmatique de sodium peut s'expliquer par le fait que la concentration en sodium et en chlorure dans le sang semble plus élevée chez le dromadaire (Kaneka, 1989 ; Bengoumi, 1992).

### 5. Conclusion

Cette étude montre une forte concentration en phosphore, en magnésium, en potassium et en protéine totale en fonction du sexe, des sites et des catégories. En revanche, les teneurs sériques de Ca et de Fe n'ont pas été physiologiquement influencées par les différents paramètres de l'étude. Ces résultats suggèrent que les paramètres biochimiques protéiques et minéraux sanguins peuvent constituer des indicateurs importants pour une meilleure connaissance de la physiologie et du statut nutritionnel des dromadaires. Ces paramètres pourraient être utilisés pour la détection précoce des troubles métaboliques et nutritionnels chez le dromadaire. Des études plus approfondies sur la physiologie digestive du dromadaire peuvent représenter des pistes de recherches futures.

## Références

Abdelrahman Mutassim M., Riyadh Aljumaah S. and Moez A. 2013: Variation of Copper, Zinc, Manganese and Magnesium in Blood Serum and Tissues of Two Breeds of Dromedary Camels in Saudi Arabia. *Asian journal of Animal and advances veterinaries*, 8, 91-99.

Ahmed Mohammed Sumia F. 2003: Effect of age on minerals level in milk and serum of camel (*Camelus dromedarius*). A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for Degree of Master of Veterinary science. 86 pages.

Aichouni Ahmed M., Dellal, A., Jebmawi R. 2011 : Influence de la saison sur les paramètres hématologiques du dromadaire (*Camelus dromedarius*) Algérien. *Revue de médecine vétérinaire*, 162, 7, 327-332.

Aichouni Ahmed M. 2011 : Etude du potentiel reproductif et exploration de certains paramètres hématologiques et histologiques chez le dromadaire (*Camelus dromedarius*) au Sud-Ouest de l'Algérie. Thèse en vue de l'obtention du diplôme Doctorat d'Etat, 201 pages.

Al-Rukibat R. et Bani Ismail Z. 2014 : Analyse biochimique du sérum et de liquide synovial chez les jeunes chameaux cliniquement normaux (*Camelus dromedarius*). *Journal scientifique de l'Université King Faisal*, 11, 1431, 161-167.

Alia SA A. , Khalid Abdoun A. and Abdalla Abdelatif M. 2007: Seasonal Variation in Blood Constituents of One-humped Camel (*Camelus dromedarius*). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10, 1250-1256.

Babeker E A., Elmansoury Y.A. H. et Suileem A.E. 2011 : L'influence des saisons sur le sang de constituants de dromadaire (*Camelus dromedarius*). ©2011, Science line Publication Journal en ligne des animaux et les aliments pour la recherche. A Volume 3, Numéro 1, 01-08 (ISSN 2228-7701 pages).

Barakat MZ. et Fattah MA. 1970 : Biochemical Analyse de la normale Camel sang. *Zentble Veterinary Medicine* , 17, 550-557.

Barakat S.M., Turkey I.Y., El Bashir S.M., Ali S. A. and Omer S. A. 2007: Comparison of some blood constituents in stabled and grazing camels (*Camelus dromedarius*) in Sudan. *Journal of Science and Technology*, 17, 8, 21-26.

Benderradji F. 2015 : Etude comparative du statut minéral (macro-éléments) des brebis dans la région de Seriana : effet altitude et saison, pour l'obtention du diplôme Magister en sciences vétérinaires, 110 pages.

Bengoumi M. 1992: Biochimie clinique du dromadaire et mécanismes de son adaptation à la déshydratation. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, IAV Hassan-II, Rabat, Maroc, 178 pages

Bengoumi M. et Faye B. 2002 : Adaptation du dromadaire à la déshydratation. *Revue Sécheresse*, 13,121-129.

Ben Romdhane S., Romdane MN., Feki M., Sanhag I. H., Kaabachi N. et M'bazaa A. 2003 : Valeurs usuelles des principaux constituants biochimiques sériques du dromadaire (*Camelus dromedarius*). Revue de médecine vétérinaire, 154, 11, 695-702.

Kaneko JJ. 1989: Clinical biochemistry of domestic animals. New-York: Ed. IV, Academic Press.

Osman P.I., Tag El Asfia A., Al-Busadah Co. and Khalid Ahmed I. 2003: Trace-Elements Status in Saudi Arabian Camels: A comparative study. Final report ,23-3-1424 H. (24-5-2003 G.), 38 pages.

Riad F. 1995 : Régulation endocrinienne du métabolisme hydroélectrique et phosphocalcique chez le dromadaire. Thèse d'État es-Sciences, Université Hassan II, Casablanca, 225 pages.

SAS, User's Guide. (1996). Version 6, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.

Sing S., Dedar RK., Legha RA., Bala PA. et Patil NV. 2015 : Minéraux et électrolytes profil chez la chamelle en allaitement et gestantes indiennes. Journal of Camel Practice and Research, IP- 59, 90, 174- 186.

Titaouine M. 2006 : Considération zootechniques de l'élevage du dromadaire dans le Sud-Est de l'Algérie : Influence de sexe et de saison et de la saison sur les paramètres sanguins. Mémoire en Magistrat, 110 pages.

Vyas S., Saini N., DasKiradoo B., Lukha A., Kishore N., Gorakh LTA. and Krishna Muraril A. 2011 : Profil minéral Biochemical et tracer en post-parturiente Dromadaire (*Camelus dromedarius*) 2011. Indien Journal d'Animal les sciences, 81, 6, 586-587.

Yaakoub F. 2006 : Evaluation "In Vitro" de la dégradation Des Principaux Fourrages des Zones Arides. Mémoire en d'obtention de doctorat, 166 pages.

Yadav S.B. and Bissa U.K. 1998: Factors Affecting Some Blood Constituents in Camel. Proceedings of the Third Annual Meeting for Animal Production under Arid Conditions United Arab Emirates University, 2, 32- 48.