

Communications

Facteurs de variation des indicateurs plasmatiques du statut nutritionnel en oligo-éléments chez le dromadaire au Maroc

I. Valeurs usuelles et variations physiologiques

M. Bengoumi¹B. Faye²K. El Kasmi¹J.C. Tressol³

BENGOUMI (M.), FAYE (B.), EL KASMI (K.), TRESSOL (J.C.). Facteurs de variation des indicateurs plasmatiques du statut nutritionnel en oligo-éléments chez le dromadaire au Maroc. I. Valeurs usuelles et variations physiologiques. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1995, **48** (3) : 271-276

Trois essais réalisés dans des contextes climatiques et alimentaires différents (Guelmim, Laâyoune, Tadla) et concernant au total 125 dromadaires ont été mis en œuvre en vue de préciser le statut nutritionnel en cuivre et zinc des camélins au Maroc. Les valeurs moyennes régionales ont varié de 65 à 102 µg/100 ml pour la cuprémie, et de 38 à 59 µg/100 ml pour la zincémie. Exception faite de l'effet de l'âge sur la zincémie, plus élevée chez les jeunes, il n'y a aucune variation significative de la cuprémie et de la zincémie en fonction des facteurs physiologiques (âge, sexe). Les résultats sont discutés en fonction des variations des apports alimentaires dans les différents essais.

Mots clés : Dromadaire - Alimentation - Cuivre - Zinc - Plasma sanguin - Maroc.

Introduction

A l'exception des minéraux d'intérêt biologique tels que le calcium ou le sodium, la concentration plasmatique des éléments majeurs et des éléments-traces constitue généralement un bon indicateur du statut nutritionnel des animaux en ces minéraux (17). En dépit des quelques données disponibles dans la littérature concernant les valeurs usuelles des concentrations plasmatiques des minéraux chez le dromadaire (5, 13), il est difficile de statuer sur leur intérêt dans l'évaluation de l'état nutritionnel de cette espèce.

1. Laboratoire de Biochimie clinique et nutritionnelle, I.A.V. Hassan II, BP 6202, Rabat-Instituts, Maroc.

2. Laboratoire d'Ecopathologie, INRA-Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France.

3. Laboratoire des Maladies nutritionnelles, INRA-Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France.

Reçu le 26.6.1995, accepté le 20.12.1995.

Parmi les éléments mineurs, le cuivre et le zinc sont les plus couramment étudiés, du fait de l'importance de leur rôle dans de nombreux processus métaboliques, sous forme de cofacteurs enzymatiques, et du fait de la facilité relative de leur dosage dans le plasma. Les carences en éléments-traces peuvent entraîner des perturbations métaboliques se traduisant par une diminution des performances de production et de reproduction. Chez le dromadaire, les concentrations plasmatiques sont assez peu étudiées et l'expression clinique des carences plutôt mal connue (13).

L'objectif du présent article est de déterminer les concentrations plasmatiques en cuivre (Cu) et en zinc (Zn) chez le dromadaire dans les conditions climatiques, alimentaires et zootechniques prévalant au Maroc. Les observations réalisées dans différentes situations doivent permettre de proposer des valeurs de référence pour cette espèce.

Matériel et méthodes

Animaux et dispositifs expérimentaux

Trois essais mis en œuvre dans des contextes différents (respectivement dans la région de Guelmim, à Laâyoune et à Tadla) sont proposés (fig. 1) :

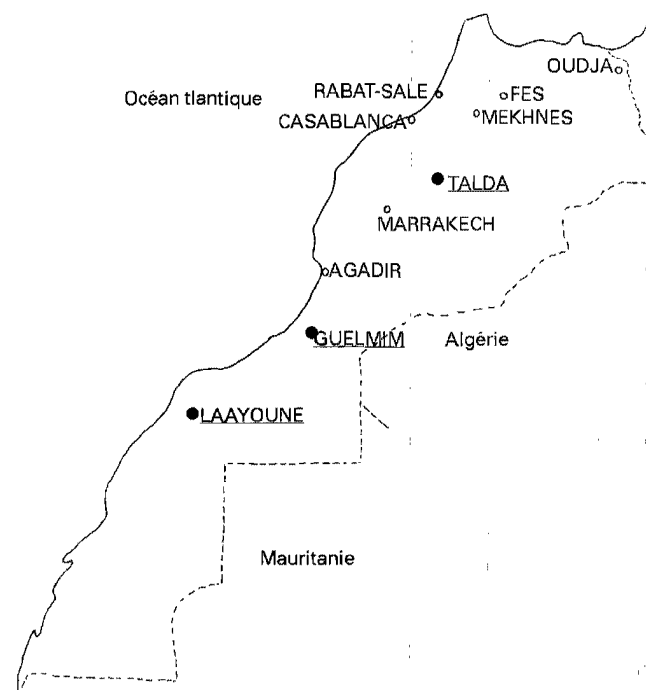


Figure 1 : Emplacement des essais sur le territoire marocain.

Communication

Essai 1

La première étude a été réalisée sur un effectif de 60 dromadaires : 20 mâles âgés de 4 à 15 ans, 20 chamelles en début de lactation âgées de 4 à 12 ans et 20 chameçons âgés de moins de 2 mois. Les animaux étaient conduits en système nomade dans la région de Guelmim, au sud du Maroc, c'est-à-dire dans un contexte climatique aride sous influence océanique. Les femelles étaient traitées une fois par jour, le matin. La production laitière était d'environ 2 000 litres par an et l'allaitement durait plus de 6 mois. L'alimentation reposait uniquement sur les parcours naturels en saison humide (octobre-mai) et sur les chaumes de céréales en saison sèche (juin-septembre). Les principaux fourrages ingérés pendant la saison humide étaient, pour les plantes herbacées, *Aristida pungens* et *Rumex vesicarius*. Les plantes ligneuses les plus consommées étaient *Ziziphus lotus*, *Europhobia echinusus*, *Salsolla* sp., *Atriplex hatinus*, *Zycophyllum gastulum*, *Frankenia thymifolia*, *Launea arborescens* et *Ozyris alba*.

Les animaux étaient déparasités deux fois par an (distribution d'albendazole *per os* et spray antiparasitaire externe à base de tétrachlorure de carbone). Ils étaient en bon état de santé au moment des prélèvements. Les animaux suspects de maladies infectieuses pouvant influencer les concentrations plasmatiques des éléments-traces, ont été écartés. Un seul prélèvement par animal a été réalisé dans le courant du mois de mars, période caractérisée par une alimentation verte abondante et un meilleur état d'embonpoint des animaux.

Essai 2

La seconde étude a concerné un troupeau comprenant 30 chamelles suitées, âgées de 6 à 10 ans. Les animaux appartenaient à la station de Recherches camelines de Laâyoune, dans la zone saharienne du Maroc. Durant la période où les prélèvements ont été réalisés (avril), les chamelles étaient en début de lactation (20 à 30 j.), et l'alimentation était basée sur le pâturage dans les parcours naturels et sur une complémentation fourragère à raison de 2 kg de foin de luzerne par animal et par jour en moyenne. Les principaux fourrages naturels consommés pendant cette période étaient *Salsolla foetida*, *Salsolla tetragona*, *Anabasis* sp., *Zygophyllum gaetulum*, *Frankenia thymifolia*, *Launea arborescens* et *Ozyris alba*. Les teneurs moyennes de ces plantes en oligo-éléments (en mg/kg de M.S.) variaient de 2,5 à 13,2 pour le cuivre, et de 6,9 à 18,1 pour le zinc (6).

Les animaux étaient déparasités deux fois par an (injection sous-cutanée d'ivermectine), et cliniquement en bon état de santé au moment des prélèvements qui ont eu lieu une fois par animal chez les chamelles et leurs petits, soit 60 prélèvements.

Essai 3

Cinq dromadaires déparasités (injection sous-cutanée d'ivermectine) et en bon état de santé, d'un poids moyen

de 350 kg, comprenant 2 femelles vides et tariées et 3 mâles en période de repos sexuel, ont participé à l'essai. Ces animaux, de la station expérimentale de Tadla (zone à climat aride du centre du Maroc), recevaient une ration quotidienne constituée de 2 kg d'orge, 2 kg de luzerne et 2 kg de paille de blé. L'orge était distribuée le matin, la luzerne le matin et le soir. Cette ration a été établie à partir d'études antérieures (5) montrant qu'elle subvenait aux besoins d'entretien des animaux tout en évitant les refus. Les dromadaires étaient abreuvés *ad libitum* une fois par jour.

Les animaux ont été suivis, après une période d'adaptation de 15 jours, pendant 45 jours (J0 à J45). Entre J8 et J15, les animaux ont bénéficié d'une complémentation minérale administrée quotidiennement par voie orale sous forme d'une solution contenant 500 mg de sulfate de cuivre pentahydraté, 3 200 mg de sulfate de zinc heptahydraté, 2 200 mg de sulfate de manganèse monohydraté, 27 g de chlorure de calcium, 56 g de phosphate de sodium monosodique et 23,5 g de sulfate de magnésium heptahydraté. Cette complémentation assurait un apport minéral correspondant au double des besoins généralement admis chez les bovins à l'entretien recommandés par Lamand (16), ceci afin d'espérer une réponse rapide des animaux soumis à une complémentation orale de courte durée. Les prélèvements de sang, réalisés à la même heure et avant la distribution des repas, ont été quotidiens de J0 à J30, puis, dans les mêmes conditions, hebdomadaires à partir de J30. Un prélèvement des différents éléments de la ration de base a été réalisé en vue de la détermination de leur composition minérale.

Méthode de prélèvement sanguin

Les prélèvements ont été réalisés par ponction de la veine jugulaire dans des tubes en plastique contenant de l'héparine. Après centrifugation, les échantillons de plasma ont été stockés dans des tubes en plastique à -20°C jusqu'au moment de l'analyse.

Méthodes analytiques

Les concentrations plasmatiques du cuivre et du zinc ont été déterminés par spectrophotométrie d'absorption atomique selon la méthode décrite par Bellanger et Lamand (4). Dans les fourrages, ces éléments ont été évalués par la méthode de Bellanger (3).

Traitement statistique

L'analyse de variance à un critère de variation a été utilisée pour évaluer l'effet de la complémentation sur les paramètres plasmatiques étudiés. Les effets éventuels de l'âge et du sexe ont été évalués à l'aide de la méthode paramétrique (test t de Student) et la corrélation entre cuprémie et zincémie, par la méthode de Spearman.

Résultats

Essai 1 (tabl. I)

TABLEAU I

Concentrations en cuivre et zinc plasmatique (en $\mu\text{g}/100\text{ ml}$) chez le dromadaire dans la région de Guelmim (essai 1)

	Femelles	Mâles	Jeunes
Cuivre ($\mu \pm \text{E.T.}$)	63 ± 19	67 ± 17	66 ± 17
min.-max.	25 - 92	27 - 98	35 - 105
Zinc ($\mu \pm \text{E.T.}$)	50 ± 15^a	57 ± 17^a	69 ± 12^b
min.-max.	18 - 85	23 - 85	46 - 87

a-b p < 0,05.

La cuprémie moyenne était de $65 \mu\text{g}/100\text{ ml}$, avec des valeurs extrêmes de 25 à $105 \mu\text{g}/100\text{ ml}$. Aucune différence entre les groupes d'animaux n'a pu être observée. Le pourcentage de valeurs faibles en cuivre plasmatique dans l'ensemble de l'échantillon, soit inférieures à $60 \mu\text{g}/100\text{ ml}$, limite de carence préconisée chez les bovins, a été de 32 p. 100. Ce pourcentage était sensiblement plus important chez les chamelles et les chameçons (35 p. 100) que chez les mâles (25 p. 100).

La zincémie moyenne était de $59 \mu\text{g}/100\text{ ml}$, avec des valeurs extrêmes de 18 à $87 \mu\text{g}/100\text{ ml}$. Elle est significativement plus élevée ($p < 0,05$) chez les jeunes que chez les adultes (69 vs. $53,5 \mu\text{g}/100\text{ ml}$). En revanche, aucune différence significative liée au sexe n'a été mise en évidence en dépit des valeurs plus faibles enregistrées chez les femelles : 74 p. 100 des zincémies des femelles étaient inférieures à $60 \mu\text{g}/100\text{ ml}$ contre 50 p. 100 chez les mâles.

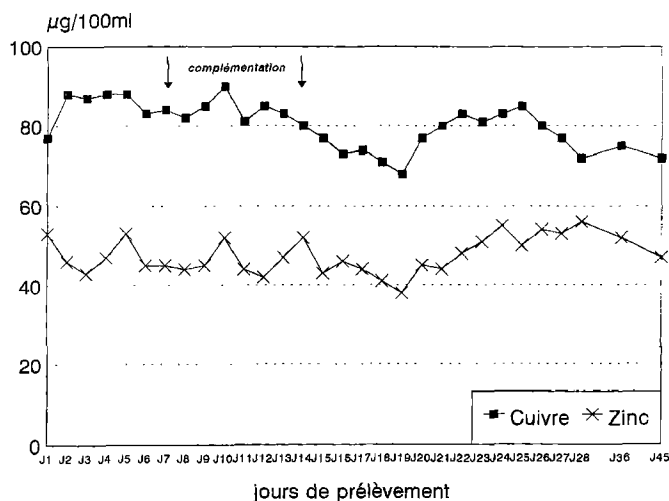


Figure 2 : Evolution quotidienne des concentrations plasmatiques en minéraux mineurs chez le dromadaire (essai 3).

Essai 2 (tabl. II)

TABLEAU II

Concentrations en cuivre et zinc plasmatique (en $\mu\text{g}/100\text{ ml}$) chez le dromadaire dans la région de Laâyoune (essai 2)

	femelles	produits
Cuivre ($\mu \pm \text{E.T.}$)	102 ± 25	94 ± 17
min.-max.	48 - 140	53 - 132
Zinc ($\mu \pm \text{E.T.}$)	34 ± 7^a	42 ± 5^b
min.-max.	24 - 52	31 - 58

a-b p < 0,05.

Avec une valeur moyenne de $102 \mu\text{g}/100\text{ ml}$, la cuprémie relevée chez les chamelles à Laâyoune était sensiblement plus élevée que lors de l'essai précédent. Il en était de même pour les chameçons ($94 \mu\text{g}/100\text{ ml}$). Ces résultats étaient inverses pour la zincémie, beaucoup plus basse qu'à Guelmim, chez les chameçons ($42 \mu\text{g}/100\text{ ml}$) et surtout chez les mères ($34 \mu\text{g}/100\text{ ml}$). L'effet de l'âge sur la zincémie a été confirmé dans cet essai avec des valeurs significativement plus élevées chez le jeune ($p < 0,05$).

Essai 3 (tabl. III, fig. 2)

La ration de base n'a pas apporté une quantité suffisante de minéraux pour couvrir les besoins d'entretien (tabl. III). Les différents aliments rentrant dans la composition de la ration ont été particulièrement déficitaires en cuivre et en zinc. La complémentation minérale a bien assuré au moins le double des besoins recommandés chez les bovins pour ces deux éléments.

La cuprémie et la zincémie moyennes ont été respectivement de 80 ± 6 et $47 \pm 7 \mu\text{g}/100\text{ ml}$, soit des valeurs intermédiaires aux essais précédents. La complémentation minérale, de courte durée, a été sans effet sur ces deux paramètres (fig. 2).

TABLEAU III

Composition minérale des aliments et apports nécessaires pour la complémentation des dromadaires (essai 3). Les besoins sont estimés à partir des recommandations de Lamand (16) pour les bovins

Minéraux	Luzerne	Paille	Orge	Total des apports	Besoins X2	Net à compléter
Cu (mg/kg M.S.)	13,0	5,0	8,0	46,8	108	61,2
Zn (mg/kg M.S.)	21,0	7,0	17,0	81,0	540	459

Discussion

Valeurs moyennes

Les valeurs moyennes de la cuprémie et de la zincémie, observées au cours des trois essais, sont globalement comparables à celles relevées dans la littérature comme l'indique la revue de Faye et Bengoumi (13). Pour le cuivre plasmatique, les valeurs moyennes dans les trois essais varient de 65 à 102 µg/100 ml, soit des concentrations tout-à-fait similaires à celles relevées dans d'autres pays (tabl. IV). En considérant que la limite de carence en cuivre chez les dromadaires est similaire à celle des bovins, les cuprémies répertoriées au Maroc semblent indiquer que les animaux de la région de Guelmim sont en situation légèrement déficitaire. Seuls les résultats de Faye et Mulato à Djibouti (11) sont en moyenne plus faibles, mais on se situe dans ce dernier cas dans un contexte alimentaire carenciel caractérisé (12). L'effet de l'âge sur la cuprémie n'a jamais été mis en évidence. En revanche, Faye et Mulato (11) ont relevé un effet du sexe contrairement à Abdalla *et al.* (1). La cuprémie diminuant en fin de gestation (7) du fait d'un transfert actif du cuivre maternel vers le fœtus (20), les résultats contradictoires de la littérature peuvent être dus à l'effet du stade physiologique selon qu'il est ou non pris en compte dans l'échantillonnage des animaux.

Contrairement à la cuprémie, les valeurs moyennes enregistrées pour la zincémie (de 38 à 59 µg/100 ml) sont inférieures à celles rapportées chez les autres espèces de ruminants domestiques (17). Il apparaît d'ailleurs, à la lumière de plusieurs travaux mis en œuvre dans des contextes écologiques variés et avec une plus grande rigueur analytique (10, 14) que le dromadaire présente des zincémies plus faibles que les autres espèces (tabl. V). Les variations de la zincémie en fonction de l'âge et du sexe ont rarement été rapportées. L'âge des animaux représente cependant un paramètre discriminant déjà observé (11). Les plus fortes concentrations en zinc plasmatique chez le jeune pourrait s'expliquer par la richesse du lait de chamelle en zinc dont les teneurs moyennes atteignent 2 871 µg/l (6).

Cependant, on observe globalement peu d'effets significatifs des différents facteurs étudiés du fait de la forte variabilité individuelle. Le diagnostic de carence en éléments-traces n'est, de ce fait, jamais porté à la lumière de résultats individuels, mais en s'appuyant sur des données de troupeau (8, 16).

Effet de l'alimentation

La régulation du cuivre plasmatique dépend non seulement des apports dans la ration, mais aussi de l'état du stockage hépatique en cet élément. Sur les parcours naturels (essais 1 et 2), les fourrages ligneux qui repré-

TABLEAU IV
Valeurs de la cuprémie du dromadaire
selon divers auteurs (en µg/100 ml)

Valeurs Moyennes	Min.-max. ou E.T.	n	Références/pays
83	± 6,7	19	Moty <i>et al.</i> , 1968. Egypte (18)
95,3	59 - 137	19	Tartour, 1975. Soudan (19)
118,3	± 28,8	96	Wahbi <i>et al.</i> , 1979. Soudan (22)
92,6	66 - 129	17	Abu-Damir <i>et al.</i> , 1983. Soudan (2)
76,5	± 4,3	45	El Tohamy <i>et al.</i> , 1986. Egypte (7)
107,0	66-151	53	Faye <i>et al.</i> , 1986. Ethiopie (8)
75	59-90	25	Abdalla <i>et al.</i> , 1988. E.A.U. (1)
60,7	7 - 122	52	Faye et Mulato, 1991. Djibouti (11)
65,4	± 20,2	65	Faye <i>et al.</i> , 1995. France (14)

TABLEAU V
Valeurs de la zincémie du dromadaire selon divers auteurs
(en µg/100 ml)

Valeurs Moyennes	Min.-max. ou E.T.	n	Références/pays
135	± 4,1	19	Moty <i>et al.</i> , 1968. Egypte (18)
93,4	± 4,2	45	El Tohamy <i>et al.</i> , 1986. Egypte (7)
100,4	81 - 160	53	Faye <i>et al.</i> , 1986. Ethiopie (8)
41	37 - 46	25	Abdalla <i>et al.</i> , 1988. E.A.U. (1)
46,3	9 - 100	52	Faye <i>et al.</i> , 1990. Djibouti (10)
34,6	± 7,8	65	Faye <i>et al.</i> , 1995. France (14)

sentent la dominante de la ration sont généralement plus riches en cuivre (9). Par ailleurs, on sait que l'équilibre protéo-énergétique de la ration influe sur la digestibilité des éléments-traces aussi bien chez les petits ruminants (15) que chez les dromadaires (12). Or, la période au cours de laquelle ont été réalisés les prélèvements, tant à Guelmim qu'à Laâyoune, était plutôt favorable du point de vue de la disponibilité alimentaire sur les parcours. Cet ensemble de facteurs a donc permis l'observation de valeurs normales de la cuprémie.

En revanche, dans l'essai 3, la ration était insuffisante pour satisfaire les besoins en minéraux de l'animal, et la complémentation a vraisemblablement contribué à favoriser en priorité le stockage hépatique, la période de complémentation étant sans doute trop courte pour observer un effet significatif sur les teneurs plasmatiques, en dépit de la quantité proposée.

Bien que la régulation de la zincémie ne dépende pas d'un stockage tissulaire, la complémentation n'a pas eu non plus d'effet sur les taux observés conformément à des résultats antérieurs (12). Les valeurs rapportées dans l'essai 3 restent faibles, indépendamment des apports alimentaires en zinc, ce qui confirme plusieurs observations récentes (1, 12, 14) tendant à considérer

que le dromadaire a la capacité de réguler sa zincémie à des niveaux nettement inférieurs à ceux des autres ruminants domestiques. D'ailleurs dans les essais 1 et 2 sur parcours naturels, et bien que les teneurs en zinc dans les fourrages accessibles aux animaux en zone saharienne demeurent nettement inférieures aux normes préconisées pour les ruminants (16), les valeurs de la zincémie se situaient à des niveaux soient sensiblement plus faibles (Laâyoune), soient plus élevées (Guelmim) qu'à la station de Tadla. La zincémie paraît donc un reflet inconstant de l'apport alimentaire en zinc. Il est vrai que dans ces essais, les auteurs n'ont pas approché les interférences possibles avec d'autres minéraux (calcium par exemple), ni le niveau précis des apports alimentaires (21). A titre indicatif, la luzerne qui entre dans la ration proposée dans l'essai 3 se singularise par un déséquilibre phosphocalcique au bénéfice du calcium dont l'effet dépresseur sur l'absorption intestinale de certains minéraux pourrait contribuer à l'absence d'un effet remarquable de la complémentation. L'apport de foin de luzerne aux animaux de l'essai 2 pourrait, pour les mêmes raisons, expliquer partiellement les différences observées entre Laâyoune et Guelmim : les interactions calcium-zinc sont souvent évoquées dans la littérature (16, 21) et le foin de luzerne est relativement riche en cuivre (5).

Les différents essais présentés ici relèvent d'une approche transversale (un seul prélèvement dans les essais 1 et 2) ou d'une observation dynamique sur une courte période (essai 3). Ils ne permettent donc pas d'apporter des précisions sur les variations saisonnières pourtant observés en Ethiopie (8) et au Maroc (5). L'effet saison demeure cependant essentiellement lié à la variation du disponible fourrager. L'étude de cet effet demande donc de décrire plus précisément la nature et la qualité des parcours.

Conclusion

Les observations faites en différents points du territoire marocain et en fonction de diverses situations alimentaires confirment la similitude du comportement du dromadaire en matière de régulation de la cuprémie par comparaison aux autres ruminants. Il n'en est pas de même pour la zincémie qui paraît relever d'un métabolisme quelque peu différent. L'étude comparative des différentes voies d'apport en cuivre et en zinc, et sur des périodes de complémentation plus longues permettrait d'approfondir certains aspects des mécanismes de régulation de ces deux éléments dans cette espèce.

Bibliographie

1. ABDALLA O.M., WASFI I.A., GADIR F.A., 1988. Arabian race camel normal parameters. I. Haemogram, enzymes and minerals. *Comp. Biochem. Physiol.*, **90A** : 237-239.
2. ABU DAMIR H., TARTOUR G., ADAM E.I., 1983. Mineral contents in livestock in eastern Sudan. *Trop. Anim. Hlth Prod.*, **15** : 15-16.
3. BELLANGER J., 1971. Dosage des oligo-éléments dans les fourrages. *Ann. Nutr. Aliment.*, **25** : 59-96.
4. BELLANGER J., LAMAND M., 1975. Méthode de dosage de cuivre et du zinc plasmatique. *Bull. tech. INRA Theix*, **20** : 23-54.
5. BENGOUIMI M., 1992. Etude de la biochimie clinique et des mécanismes d'adaptation du dromadaire à la deshydratation. Thèse doct. ès-Sciences agronomiques, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, 184 p.
6. BENGOUIMI M., FAYE B., TRESSOL J.C. Composition minérale du lait de chamelle au Maroc. In : Bonnet P. ed., Actes de l'atelier Chameaux et dromadaires, animaux laitiers, 24-26 oct. 1994, Nouakchott, Mauritanie. Montpellier, France, CIRAD-EMVT, UCEC (à paraître).
7. EL TOHAMY M.M., SALAMA A., YOUSEF A.E.A., 1986. Blood constituents in relation to the reproductive state in she-camel (*Camelus dromedarius*). *Beit. trop. Landwirtschaft. vet. Med.*, **24** (4) : 425-430.
8. FAYE B., GRILLET C., TESSEMA A., 1986. Teneur en oligo-éléments dans les fourrages et le plasma des ruminants domestiques en Ethiopie. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop.*, **39** (2) : 227-237.
9. FAYE B., TISSERAND J.L., 1989. Problèmes de la détermination de la valeur alimentaire des fourrages prélevés par le dromadaire. *Options méditerran., sér. Sémin.*, **2** : 61-65.
10. FAYE B., KAMIL M., LABONNE M., 1990. Teneur en oligo-éléments dans les fourrages et le plasma des ruminants domestiques de Djibouti. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **43** : 365-373.
11. FAYE B., MULATO C., 1991. Facteurs de variation des paramètres protéo-énergétiques, enzymatiques et minéraux dans le plasma chez le dromadaire de Djibouti. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **44** : 325-344.
12. FAYE B., SAINT-MARTIN G., CHERRIER R., ALI RUFFA, 1992. The influence of high dietary protein, energy and mineral intake on deficient young camels in Djibouti. II. Changes in mineral status. *Comp. Biochem. Physiol.*, **102A** : 417-424.
13. FAYE B., BENGOUIMI M., 1994. Trace-elements status in camels. A review. *Biol. trace Elem. Res.*, **41** : 1-11.
14. FAYE B., CHACORNAC J.P., RATOVOANANAHARY M., SOUBRE P., 1995. Metabolic profiles and health status of camel in temperate conditions. *Comp. Biochem. Physiol.*, **112A** (1) : 67-73.
15. LAMAND M., 1985. Influence of protein intake on *per os* deficiency treatment in sheep. *Ann. Rech. vét.*, **16** (3) : 285-287.
16. LAMAND M., 1987. Les besoins en oligo-éléments des ruminants. *Bull. tech. CRZV Theix, INRA*, **70** : 113-116.
17. McDOWELL L.R., CONRAD J.M., GLEN HEMBRY F., 1993. Mineral grazing ruminants in tropical regions, 2nd Ed., USA, U.S.A.I.D. and C.B.A.G., Univ. Florida. 65 p.
18. MOTY I.A., MULLA A., ZAAFER S.A., 1968. Copper, iron and zinc in the serum of the egyptian farm animals. *Sudan agric. J.*, **3** : 146-151.
19. TARTOUR G., 1975. Copper status in livestock, pasture and soil in Western Sudan. *Trop. Anim. Hlth Prod.*, **7** : 87-94.
20. TARTOUR G., IDRIS O.F., 1970. Studies on copper and iron metabolism in the camel foetus. *Acta vet. Brno*, **39** (4) : 397-403.
21. UNDERWOOD E.J., 1971. Trace-element in human and animal nutrition, 3rd Ed. New york, USA. Academic Press.
22. WHABI A.A., ABDEL GADIR S.E., NEIMAT A.A., IDRIS O.F., 1979. Plasma electrolytes and minerals of normal camels in the Sudan. In : Cockrill W.R. ed., Camels and camelids. Uppsalla, Suède, 431-437.