

(16) sur le veau, ont montré l'effet positif de la complémentation en cuivre sur la croissance des jeunes. De plus, l'une des premières et principales manifestations cliniques de cette carence est le retard de croissance (12). Nos observations n'infirmement nullement ces résultats, mais indiquent clairement que les conditions générales d'alimentation priment la seule complémentation minérale.

CONCLUSIONS

La complémentation cuprique par voie orale ou parentérale permet de rétablir la teneur en cuivre plasmatique et en céruloplasmine, ainsi que la teneur en cuivre hépatique dans les limites compatibles avec les normes généralement admises, aussi bien chez la brebis que chez

l'agneau. Elle permet d'éviter l'apparition de symptômes liés aux déficiences graves (ataxie) et assure une meilleure croissance chez l'agneau.

En station expérimentale, l'inoculation de cuivre sous forme d'oxyde peut constituer une prévention intéressante, car une seule injection sur la brebis, vers le milieu de la gestation permet de maintenir une cuprémie normale chez l'agneau jusqu'au sevrage. Cependant, l'utilisation de pierres à lécher, à condition d'en contrôler strictement la quantité intégrée, permet un apport continu en cuivre. C'est la méthode la plus facile et la plus pratique, mais elle nécessite un apport quantitatif plus important en cuivre. Dans les conditions de notre expérimentation, les essais de pulvérisation foliaire n'ont pas donné les effets escomptés et les résultats sont même inférieurs à ceux du lot témoin.

RESUMEN

FAYE (B.), GRILLET (C.). — La carencia de cobre en los ruminantes domésticos de la región de Awash, Etiopía. III. Efecto del cobre como aditivo en la oveja hipocupremica, en preñez y su cria. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1984, 37 (1) :

Para luchar contra los efectos de la carencia de cobre en los ovinos de la región de Awash, en Etiopía, los autores probaron :

— las pulverizaciones foliares de los pastos mediante una solución de sulfato de cobre, a razón de 400 g de producto activo por hectárea, sin resultado apreciable ;

— el óxido de cobre, en inyección intramuscular (40 mg en

solución en 5 ml de aceite mineral) en ovejas preñadas. Dicho método permitió obtener corderos que tienen al nacimiento una cupremia normal que conservan hasta su destete ; — piedras para lamer dosadas a 2 000 ppm de sulfato de cobre *ad libitum*.

Sólo se debe utilizar este método, que da resultados muy satisfactorios, sometido a vigilancia, porque algunas ovejas son tan aficionadas a estas piedras que la cantidad de cobre de su plasma es a veces superior al límite superior de la toxicidad.

Palabras claves : Aditivo - Cobre - Oveja preñada - Etiopía.

IV. Effet de la teneur en sels cupriques dans les blocs à lécher sur la cuprémie et la céruloplasminémie de la brebis carencée.

par B. FAYE et C. GRILLET

RÉSUMÉ

FAYE (B.), GRILLET (C.). — La carence en cuivre des ruminants domestiques de la région d'Awash (Ethiopie). IV. Effet de la teneur en sels cupriques dans les blocs à lécher sur la cuprémie et la céruloplasminémie de la brebis carencée. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1984, 37 (1) : 55-58.

Afin de déterminer la teneur minimale en sels de cuivre de blocs à lécher, nécessaire pour rétablir et maintenir une cuprémie normale chez des brebis carencées, des blocs à lécher de différentes teneurs en cuivre (0, 1 200, 1 600, 2 000 et 2 400 ppm) ont été distribués à des éleveurs Afars. La réponse des brebis choisies pour cette observation (taux sanguin en cuivre plasmatique et en céruloplasmine) a été proportionnelle à la teneur en cuivre des blocs à lécher. Dans les conditions où nous avons opéré, il semble que le taux minimal de 2 400 ppm peut être retenu, mais un contrôle de l'utilisation par les brebis de ces blocs est conseillé pour éviter les cas toujours possibles d'intoxication cuivrique par surconsommation.

Mots clés : Pierres à lécher - Cuivre - Cuprémie - Céruloplasminémie - Brebis - Ethiopie.

SUMMARY

FAYE (B.), GRILLET (C.). — Copper deficiency in domestic ruminants in the Awash region (Ethiopia). IV. Effects of cupric salt content in mineral licks on the cupremia and ceruloplasminemia of the ewe with copper deficiency. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1984, 37 (1) : 55-58.

In order to determine the minimum concentration in cupric salts of mineral licks, necessary to restore and maintain a normal cupremia in ewes with deficiency, mineral licks with various copper contents (0, 1 200, 1 600, 2 000 and 4 000 ppm) were given to Afar herders. The response of the ewes chosen for this trial (plasmatic copper and ceruloplasmin content in blood) was proportional to the copper content of mineral licks. Under the conditions of the trial, the minimal rate of 2 400 ppm can be retained but the use of the licks by the ewes must be monitored in order to avoid the cases of copper poisoning by over-licking.

Key words : Mineral licks - Copper - Cupremia - Ceruloplasminemia - Ewe - Ethiopia.

Les éleveurs nomades de la région d'Awash, en Ethiopie, sont particulièrement touchés par l'ataxie enzootique des agneaux (*sway-back* - ou *dégamaka* en dialecte Afar) due à une insuffisance d'apport en cuivre dans leur ration.

La construction à la station expérimentale d'Awash d'une fabrique de pierres à lécher spécialement dosées en cuivre, peut apporter une solution intéressante à ce problème de carence, sous réserve toutefois que ces pierres ne soient pas à la longue toxiques pour les brebis, et qu'elles soient d'un coût abordable pour les éleveurs de moutons intéressés. Ce sont les recherches que nous avons faites dans ce sens qui sont exposées ci-après :

MATÉRIEL ET MÉTHODE

a) Protocole expérimental

30 brebis de race Adale, de tous âges, ont été réparties en 5 lots de 6 brebis. Chaque lot a été placé sous la surveillance d'un éleveur particulier, tous habitant la même localité (Wassero) et faisant pâturer leurs animaux sur les mêmes pâturages.

Chaque lot de brebis a eu à sa disposition dès le soir à son retour au campement des blocs à lécher de la composition suivante : 75 p. 100 de sel d'Assab ; 20 p. 100 de poudre d'os ; 3 p. 100 de mélasse et 2 p. 100 de ciment, avec une quantité de sulfate de cuivre différente pour chacun des quatre premiers lots :

— 1 200 ppm de sulfate de cuivre pour le lot 1	
— 1 600 ppm	2
— 2 000 ppm	3
— 2 400 ppm	4

et pas du tout de cuivre pour le 5^e lot, dont les brebis ont servi de témoins.

Les 6 brebis sélectionnées chez chaque éleveur, sont marquées, déparasitées et pesées. Une prise de sang mensuelle est effectuée pendant 4 mois, la première ayant lieu avant la distribution des blocs à lécher. Enfin, des prélèvements d'échantillons de poils sont effectués en début d'expérimentation.

b) Analyses de laboratoire

La cuprémie et la céruloplasminémie sont mesurées dans le plasma. L'hématocrite est déterminée à chaque prélèvement. Le cuivre est recherché dans les poils. Le cuivre plasma-

rique est dosé par spectrométrie d'absorption atomique selon la technique de BELLANGER et LAMAND (2). Le cuivre pilaire est dosé aussi par spectrométrie d'absorption atomique après mise en solution des échantillons calcinés en milieu acide. La céruloplasmine est déterminée par la méthode enzymatique de SUNDERMAN et NOMOTO (30).

II. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

L'éleveur ayant distribué des blocs dosés à 2 400 ppm ne s'est présenté qu'une fois au cours des différentes séances de prélèvements. Les résultats du lot 4 n'apparaissent donc à aucun moment dans les tableaux et figures.

a) Effet de la teneur en cuivre sur l'hématocrite (Tabl. I)

Selon MARSTON et collab. (17), il faut des teneurs en cuivre plasmatique inférieures à 10-12 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ pour observer des signes d'anémie chez le mouton. Une seule brebis sur l'ensemble des lots présente une cuprémie inférieure à ces normes (11 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$) et son hématocrite est effectivement très basse (22), mais toutes les brebis présentent aussi une anémie importante liée à un fort parasitisme interne. Le déparasitage systématique des animaux au début des essais est suivi par une nette amélioration de l'hématocrite dès le second prélèvement (Tabl. I).

Nous pouvons cependant noter que lors du premier prélèvement, l'hématocrite du lot témoin est significativement plus élevé que celui du lot 2 (1 200 ppm) au niveau $P < 0,01$, mais que par la suite, au cours du traitement, seul l'hématocrite du lot témoin subit une diminution régulière, alors que les lots supplémentés ont une hématocrite qui s'améliore. La différence entre les lots est cependant non significative. Il est impossible, dans le cadre de cet essai, de déterminer la part du

TABLEAU N° I - Evolution de l'hématocrite

Ms	Témoin	1200ppm	1600ppm	2000ppm
D	30	23,8	20,2	24,4
J	29	28,4	23	25
F	25	27,8	24,8	31
M	25,1	29,2	24,8	27,3

Ms = mois

déparasitage et la part de la supplémentation cuprique dans l'amélioration de l'hématocrite chez l'ensemble des animaux.

ROEDER (25) ne constatait aucune anémie sur les animaux ataxiques du Rift éthiopien.

b) Effet de la teneur en cuivre sur la cuprémie et la céruloplasminémie

La quasi-totalité des brebis est hypocuprémique (moy. 38,4 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$, valeurs comprises entre 11 et 93) puisque seules deux brebis sur l'ensemble des lots ont une cuprémie normale. Il faut noter que ces teneurs sont supérieures en moyenne à celles de Melka Werer (8). La céruloplasminémie est également basse, inférieure à la limite de carence (moy. 98,4, valeurs comprises entre 10 et 235 unités D.O.).

L'apport de blocs à lécher enrichis en cuivre améliore sensiblement les teneurs en cuivre plasmatique et en céruloplasmine (Fig. 1 et 2). La cuprémie du lot 3 (2 000 ppm) est significativement supérieure à celle du lot 5 (témoin) et 1 (1 200 ppm) aux 3^e et 4^e prélèvements ($P < 0,001$). Il en est de même pour la céruloplasmine ($P < 0,05$). La cuprémie du lot 2 (1 600 ppm) est significativement supérieure à celle des lots 5 et 1 au 4^e prélèvement ($P < 0,05$), mais la céruloplasminémie du lot 2 n'est à aucun moment significativement différente des lots 5 et 1.

Seul le lot 3 (2 000 ppm) a une cuprémie moyenne dépassant la limite de carence au 3^e prélèvement (2^e mois après la supplémentation) avec des valeurs comprises entre 22 et 159 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$, ce qui montre une grande variabilité dans l'ingestion des pierres à lécher. Si les résultats moyens indiquent qu'il faudrait augmenter les teneurs jusqu'à 2 400 ppm pour obtenir une réponse durable, la présence d'une brebis hypercuprémique (159 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$), teneur supérieure à la limite de toxicité admise (150 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$), montre qu'il est indispensable de pratiquer un contrôle de l'ingestion en écartant les animaux trop friands. La variabilité des réponses peut aussi être liée aux différences individuelles dans le métabolisme du cuivre chez le mouton dues en partie aux différences au niveau de l'absorption (31).

Il nous a été impossible de faire un contrôle strict de l'ingestion, car les blocs à lécher ont été distribués à tous les animaux du troupeau de chaque éleveur (soit une centaine d'animaux environ) et la forte compétition entre les animaux qui s'en est suivie, a sans doute limité la consommation par un certain nombre d'individus.

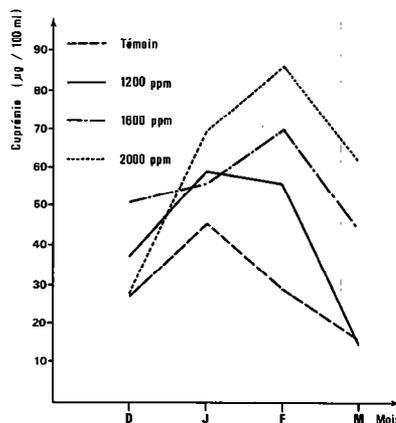


Fig.1-Evolution de la cuprémie

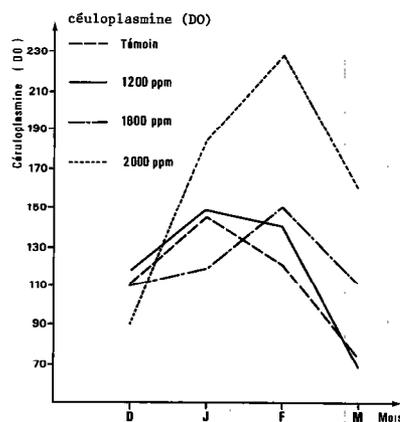


Fig.2-Evolution de la céruloplasminémie

Enfin, deux points doivent être soulignés. D'une part, le rôle du déparasitage des animaux qui, en assurant l'intégrité de la muqueuse intestinale, permet une meilleure absorption du cuivre et explique, chez les brebis témoins, la légère amélioration de la cuprémie. D'autre part, la chute des teneurs en cuivre plasmatique et en céruloplasmine au mois de mars (4 prélèvements). Plusieurs hypothèses peuvent être formulées. Il peut, en effet, s'agir :

- d'un regain de parasitisme d'autant plus important que les pluies abondantes sont tombées dès la fin du mois de février ;

- d'une baisse de la consommation des blocs à lécher, liée à une amélioration des pâturages avec l'arrivée des pluies, ou à une régulation par les animaux de leur consommation ;

- d'une diminution du taux de cuivre dans les fourrages en début de croissance ;

- d'une augmentation de la vitesse de transit intestinal par l'apport de fourrages jeunes,

diminuant d'autant l'absorption des oligo-éléments.

Il est vraisemblable que ces 4 facteurs ont eu à jouer un rôle à des degrés divers, mais qui n'ont pu être précisés dans les conditions de nos travaux.

Nous pouvons enfin noter que la corrélation entre les teneurs en cuivre plasmatique et en céruloplasmine est élevée ($r = 0,87 \text{ rsd} \pm 3,66$) et correspond aux chiffres cités par LAMAND (11).

c) Effet de la teneur en cuivre sur le cuivre pileaire (Tabl. II)

Mis à part le lot 2, les teneurs en cuivre pileaire sont au-dessus de la limite de carence, estimée à $7 \mu\text{g/g}$ (11). La teneur élevée du lot 1 peut être considérée comme étant due à une contamination externe, ce qui est fréquent dans ce type de prélèvement (35).

TABL. N°II-Teneur en cuivre pileaire ($\mu\text{g/g}$)

Témoin	1200 ppm	1600 ppm	2000 ppm	2400 ppm
7,5	17	5,5	8	9,5

d) Effet de la teneur en cuivre sur le poids des animaux

La supplémentation en cuivre ne semble pas avoir eu d'effet significatif sur l'engraissement des brebis. Le poids des brebis du lot 3 (2 000 ppm) est cependant significativement supérieur au poids des brebis du lot 1 (1 200 ppm) dès le

2^e mois après la supplémentation ($P < 0,05$). Mais il n'y a pas de différence significative avec le lot témoin. Toutes les brebis ont pris du poids durant l'expérimentation (+ 1,2 kg en moyenne) mais il faut surtout y voir l'effet conjugué du déparasitage et de la complémentation minérale (Tabl. III).

TABL. N°III-Evolution du poids des brebis en kg

Ms	Témoin	1200ppm	1600ppm	2000ppm
J	22	21,2	23	24,7
F	22	21,3	22,4	25,7
M	23,1	22,5	23,7	26,5

Ms = mois

CONCLUSIONS

La réponse de l'organisme à l'apport de cuivre est proportionnelle à la teneur dans les blocs à lécher. Une teneur de 2 000 ppm de cuivre est à peine suffisante pour assurer une cupremie normale. L'absence des résultats concernant le lot 4 (brebis ayant reçu des blocs dosés à 2 400 ppm) ne nous permet pas de déterminer précisément la dose minimale nécessaire pour maintenir une cupremie compatible avec les normes admises. Cependant, compte tenu des résultats disponibles, il semble qu'une teneur minimale de 2 400 ppm peut être retenue, ce qui correspond aux quantités généralement conseillées (11). Néanmoins, dans tous les cas, un contrôle succinct de l'ingestion doit permettre d'éloigner les animaux trop friands pour éviter des troubles d'intoxication cuprique par surconsommation.

RESUMEN

FAYE (B.), GRILLET (C.). — La carencia de cobre en los rumiantes domésticos de la región de Awash, Etiopia. IV. Efecto de la cantidad de sales cúpricos en las piedras para lamer sobre la cupremia y la ceruloplasminemia de la oveja teniendo carencias. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1984, 37 (1) : 55-58.

Para determinar la cantidad mínima de sales de cobre de las piedras para lamer necesaria para restablecer y mantener una cupremia normal en las ovejas teniendo carencias, se repartieron piedras para lamer con varias cantidades de cobre (0, 1 200, 1 600, 2 000, 2 400 ppm) entre criadores Afar. El

resultado obtenido en las ovejas sometidas a la experimentación (tasa sanguínea de cobre plasmático y de ceruloplasmina) fué proporcional a la cantidad de cobre de las piedras para lamer. En las condiciones de la observación, parece que se puede seleccionar la tasa minimal de 2 400 ppm, pero se aconseja una comprobación de la utilización por las ovejas de estas piedras para evitar los casos de intoxicación cúprica por consumo excesivo.

Palabras claves : Piedras para lamer - Cobre - Cupremia - Ceruloplasminemia - Oveja - Etiopia.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans la région d'Awash, en Ethiopie, la carence en cuivre est générale chez les ruminants domestiques avec chez les moutons des cas d'ataxie enzootique locomotrice des agneaux qui causent de sérieux préjudices à l'élevage ovin.

Cette carence résulte de l'apport insuffisant en cuivre par les fourrages naturels appréciés par les animaux.

Les essais conduits chez les brebis pour lutter efficacement et au moindre coût contre les méfaits de cette carence ont montré que les pulvérisations foliaires sur les fourrages de sulfate de cuivre à la dose de 400 g/ha sont inefficaces, que l'injection intramusculaire d'oxyde de cuivre à des brebis gestantes leur permettait de mettre bas des agneaux disposant d'une cuprémie normale jusqu'à leur sevrage, et que la distribution de pierres à lécher, riches en sulfate de cuivre, permettait aux brebis carencées de rétablir et de maintenir une cuprémie normale.

La sur-consommation des pierres à lécher, relativement fréquente, étant de nature à provoquer des intoxications cupriques, la surveillance de leur utilisation est conseillée même pour celles dosées à 2 400 ppm qui est le taux minimal pour être efficace.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier très vivement :

— Les Docteurs FIKRE et VIGIER, co-directeurs du National Veterinary Research Institute pour les essais menés au Laboratoire sous leur aimable autorité ;

— le Laboratoire du Ministère des Mines d'Addis-Ababa qui nous a autorisé à utiliser ses appareils de mesure pour le dosage du cuivre plasmatique ;

— le Service Informatique du Centre International pour l'Elevage en Afrique ;

— le Laboratoire de Nutrition de l'I.E.M.V.T. à Maisons-Alfort, (France) pour les analyses de fourrages ;

— les Docteurs GALAL et ADAMU, responsables des Stations d'Elevage de L.I.A.R. et Ato BINIEM, responsable du secteur de production ovine à la Station de Melka Werer pour toutes les facilités qu'ils nous ont accordées afin de réaliser cet essai dans les meilleures conditions possibles.

— MM. GERARD et LABONNE, et Mlle REZKALLAH, responsables du projet NOMA-DEP à Sabouré, pour toutes les facilités mises à notre disposition qui nous ont permis de mener à bien cet essai en milieu traditionnel.

BIBLIOGRAPHIE

1. ALLCROFT (R.), UVAROV (O.). Parenteral administration of copper compounds to cattle with special reference to copper glycine (copper amino-acetate). *Vet. Rec.* 1959, 71 (38) : 797-809.
2. BELLANGER (J.), LAMAND (M.). Méthode de dosage du cuivre et du zinc plasmatique. *Bull. Tech. CRZV Theix*, 1975 (20) : 53-54.
3. BURNS (R. H.), JOHNSTON (A.), HAMILTON (J. W.), Mc COLLOCH (R. J.), DUNCAN (W. E.) and FISK (H. G.). Minerals in domestic wools. *J. anim. Sci.*, 1964, 23 (1) : 5-11.
4. DAVIS (K.). Competition among mineral elements relating to absorption by animals. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 1972 (199) : 62-69.
5. DELAND (M. P.), CUNNINGHAM (P.), MILNE (M. L.), DEWEY (D. W.). Copper administration to young calves : oral dosing with copper oxide compared with subcutaneous copper glycinate injection. *Aust. vet. J.*, 1979, 55 (10) : 493-494.
6. ELROY (W. D.), GLASS (B.). A symposium on animal, plant and soil relationships, 1950 : 246-273.
7. FAYE (B.). Remarques sur la fabrication et la composition chimique des pierres à lécher de Sabouré. Debré-Zeit, National veterinary Research Institute, 1981, 7 p.
8. FAYE (B.), GRILLET (C.). Etude de la carence en cuivre chez le mouton et sa prophylaxie dans la région d'Awash. Rapport d'expérimentation. Laboratoire de Biochimie, Nutrition animale. Debré-Zeit, National veterinary Research Institute, octobre 1982. 39 p.
9. HOWELL (J. M.), EDINGTON (N.), EWBANK (R.). Observations on copper and caeruloplasmin levels in the blood of pregnant ewes and lambs. *Res. vet. Sci.*, 1968, 9 : 160-164.
10. IRWIN (N. R.), BERGWIN (W. C.), SAWA (T. R.), McKINNEY (L. B.), KIMURA (H.). Poor growth performance associated with hypocupremia in Hawaiian feedlot cattle. *JAVMA*, 1979 (174) n° 6 : 590-593.
11. LAMAND (M.). Les minéraux et les vitamines. *Point vét.*, 1975 (1) : 135-142.
12. LAMAND (M.). Les oligo-éléments. In : INRA. « Alimentation des ruminants », 1978 (4) : 143-158.
13. LAMAND (M.). Le diagnostic des carences en oligo-éléments : l'analyse de sol ou de la plante ? *Bull. Tech. CRZV. Theix*, 1979 : 27-36.
14. LAMAND (M.). Copper deficiency prophylaxis in grazing sheep by copper oxide injection. *Annl. Rech. vét.* 1978, 9 (3) : 501-504.
15. LAMAND (M.), BELLANGER (J.). Stratégie du dosage des oligo-éléments dans les fourrages et les aliments composés. Extrait du C. r. du XI^e grenier de Theix, 21-23 mars 1979.
16. McPHERSON (A.), VOSS (R. C.), DIXON (J.). The effect of copper treatment on the performance of hypocupraemic calves. *Anim. Prod.*, 1979, 29 : 91-99.
17. MARSTON (H. R.), LEE (H. J.), McDONALD (I. W.). Copper in the nutrition of ruminants. *J. agric. Sci.*, 1948, 38 : 216-222.
18. MASON (J.). The relationships between copper, molybdenum and sulphur in ruminant and non-ruminant animals. A preview. *Vet. Sci. Comm.*, 1978 (2) : 85-94.
19. MILLS (C. F.), BREMNER (I.). Mechanisms and quantitative aspects of the antagonistic effect of molyb-

- denum on copper metabolism in animals. *J. Sci. Fd. Agric.*, 1979, **30** (7) : 744-745.
20. PARKER (N.), HUMOLLER (F.), DELMAR (J. N.). Determination of copper and zinc in biological material. *Clin. Chem. Acta.*, 1967, **13** (1) : 40-48.
 21. PERIGAUD (S.). Oligo-éléments et qualité des fourrages. *Fourrages*, 1974 (57) : 43-60.
 22. PERIGAUD (S.), BELLANGER (J.). Conséquences de l'intensification fourragère sur la composition en oligo-éléments des fourrages. Extrait du VII^e Congrès Mondial des Fertilisants, Vienne. 15-19 mai 1972. Ed. Druck und Verlag.
 23. PINTA (M.). Spectrométrie d'absorption atomique. 2^e éd., Paris, Masson, 1980 (II).
 24. RICHARD (D.). Bibliographie sur le dromadaire et le chameau. Maisons-Alfort, I.E.M.V.T., 1980, 137 p.
 25. ROEDER (P. L.). Enzootic ataxia of lambs and kids in the ethiopian Rift Valley. *Trop. anim. Hlth. Prod.*, 1980 (12) : 229-233.
 26. ROEDER (P. L.). Effects of copper and cobalt treatment of cattle in the ethiopian Rift Valley. *Trop. anim. Hlth. Prod.*, 1980 (12) : 63-67.
 27. SCHULTZ (K. C. A.), VAN DER MERWE (P. K.), VAN RESBURG (J.), SWART (J. S.). Copper deficiency in sheep in South Africa. *Onderstepoort J. vet. Res.*, 1951 (25) : 35-77.
 28. SPENCE (J. B.). Copper deficiency in cattle. *Vet. Rec.*, 1980 (17) : 406-07.
 29. SRIVASTAVA (K. B.), DWARAKNATH (P. K.). Ceruloplasmin (copper oxydase) activity in the serum of animals. *Indian J. anim. Sci.*, 1971, **41** (II) : 1044-1046.
 30. SUNDERMAN (F. W.), NOMOTO (S.). Measurement of human serum ceruloplasmin by its phenylenediamine oxydase activity. *Clin. Chem.*, 1970, **16** (II) : 903-910.
 31. SUTTLE (N. F.). A technique for measuring the biological availability of copper to sheep, using hypocupraemic ewes. *Brit. J. Nutr.* 1974, **32** : 395-405.
 32. TARTOUR (G.). Studies on the metabolism of copper and iron in the camel. *S. J. vet. Sci. anim. Husb.*, 1969, **10** (1) : 15-20.
 33. TARTOUR (G.). Copper status in livestock, pasture and soil in Western Sudan. *Trop. anim. Hlth. Prod.*, 1975, **7** : 87-94.
 34. THERIEZ (M.), LAMAND (M.), BRUN (J. P.). Effet d'une carence en oligoéléments sur les performances de l'agneau de bergerie. *Bull. Tech. CRZV Theix*, 1977 (27) : 19-22.
 35. UNDERWOOD (E. J.). Trace-elements in human and animal nutrition. 4th ed. New-York, Academic Press, 1977.
 36. UNDERWOOD (E. J.). The mineral nutrition of livestock. 2nd ed., Farnham Royal, Bucks, C.A.B., 1981.
 37. WHITELAW (A.), ARMSTRONG (R. H.), EVANS (C. C.), FAWCETT (A. R.). A study of the effects of copper deficiency in Scottish blackface lambs on improved pasture. *Vet. Rec.*, 1979, **104** (20) : 455-460.
 38. WILSON (P. R.), ORR (M. B.), KEY (E. L.). Enzootic ataxia in red deer. *N.Z. vet. J.*, 1979, **27** : 252-254.