

N. 541

08515

REPUBLIQUE DU SENEGAL

PRÉFÈRE

SECRETARIAT D'ÉTAT A LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES
AGRICOLLES (I.S.R.A.)

LABORATOIRE NATIONAL DE L'ÉLEVAGE
ET DE INDUSTRIES VÉTÉRINAIRES

NOTE TECHNIQUE SUR LA SUPPLÉMENTATION
MINÉRALE DU BÉTAIL : LES OLIGO-ÉLÉMENTS

Par Mbiaga NENE et D. FAIGT

NOTE TECHNIQUE SUR LA SUPPLEMENTATION
MINERALE DU BETAIL : LES OLIGO-ELEMENTS

INTRODUCTION

Les oligo-éléments ou "trace-éléments" sont des minéraux présents dans les tissus animaux et végétaux à des doses très faibles. Ils font souvent partie de systèmes enzymatiques et éventuellement d'hormones ou de vitamines. Ils se distinguent en cela des macro-éléments qui entrent dans des structures.

Les faibles teneurs des organismes et des aliments ont pendant longtemps constitué un frein au développement des recherches sur l'importance et le rôle de ces éléments chez les animaux domestiques, mais grâce à la mise au point de nouvelles techniques d'analyse en particulier la spectrophotométrie d'absorption atomique, des progrès notables sont enregistrés.

Le service de Physiologie - Nutrition du Laboratoire national de l'Elevage et de Recherches vétérinaires a entrepris depuis 1977 des recherches sur les carences en oligo-éléments. Les premiers résultats confirment l'existence des carences et justifient la rédaction de cette note.

I - ETUDE CLINIQUE DES CARENCES EN OLIGO-ELEMENTS

1 - Etiologie

Parmi les causes pouvant entraîner une carence en un élément, on distingue des facteurs liés aux apports alimentaires responsables de la carence primaire, et des facteurs tenant à l'animal provoquant la carence secondaire.

.../...

1/1 - La carence primaire : est due à des facteurs susceptibles de modifier la teneur des fourrages en oligo-éléments. Généralement, on estime que les fourrages contiennent : en mg/kg de MS (LAMAND 1975).

Tableau 1

Elément	Limite de carence	Valeurs habituelles	Limite de toxicité	Causes d'erreur
Fe	50	200 - 500		Contaminations
Cu	7	3 - 6	15 ovins 100 bovins	
Co	0,07	0,01 - 0,3	100	Contamination par la terre
I	0,15		8	
Mn	45	200 - 500	1 000	Contamination par la terre ou les peintures
Zn	45	15 - 40	500	Contamination par la terre, les poussières les objets galvanisés.
Se	0,1	0,01 - 0,07	0,5	
Mo		0,1 - 2		

.../...

Teneur de certains fourrages et aliments composés en oligo-éléments
(Résultats obtenus au LNERV, 1980)

Tableau 2

Nature de l'aliment	Teneur en oligo-éléments en mg/kg MS					
	Co	Cu	Zn	Mn	Fe	
1 - Fourrages						
Brachiaria mutica 40 jours repousse	0,46 et 0,19	9,2 et 9,3	80,3 et 70,7	242 et 249,4	861 et 300	
Brachiaria mutica 25 jours repousse	0,16	10,31	63,97	159,4	275	
Brachiaria mutica 55 jours repousse	0,26	7,2	53,1	176,4	319	
Panicum maximum exploité à SGK (n=8)		4,75 ± 0,8	36,8 ± 8,8			
Ensilage de panicum maximum	0,12	7,8	32,2	122,8	525	
Ensilage de maïs	0,16	3,0	27,5	46,3	759	
2 - Aliments composés et sous produits						
Coque de coton + 10 % de tourteau d'arachide	0,18	5,2	22,0	22,2	333	
Paille de riz + 10 % tourteau	0,46	6,6	43,5	591,6	1 308,9	
Paille de riz + 20 % tourteau	0,56	8,5	51,2	729	898	
Paille de riz + 40 % farine de riz	0,62	7,7	40,4	549	839	
Paille de riz + 25 % graine de coton	0,54	5,8	43,1	623	1 186	
Coque de coton	0,74	10,5	47,3	627	1 095	
Paille de riz	0,46	6,4	86,0	690	983	
Paille de riz + 30 % farine de riz	0,74	10,5	47,3	627	1 095	
Besoins des ruminants en mg/kg MS	6,1	Bov. 10 Ovins 7	50	50	Adult 30 Jeun 200	

Les tableaux précédents indiquent que si pour le Co, le Mn et le Fe, les fourrages, aliments composés et sous-produits sont suffisamment pourvus, il existe des dangers de carences pour le Cu et le Zn. Ceci est d'ailleurs vérifié par l'observation des signes cliniques sur le troupeau laitier de Sangalkam, sur les animaux encadrés et sur des animaux tout venant (Dahra, Labgar, Casamance, Cap-Vert).

Le déficit observé est lié soit à la pauvreté du sol, soit à la plante. La fertilisation et l'intensification fourragère peuvent avoir des effets néfastes sur l'assimilation des oligo-éléments par les plantes (S. PERIGAUD, 1975).

La richesse de la plante est fonction de l'espèce, de la partie considérée, et du stade végétatif. Les légumineuses sont souvent plus riches que les graminées. Les feuilles sont mieux pourvues que les tiges et au cours de la maturation, la teneur diminue régulièrement jusqu'à la floraison (KERGUELEN, 1960). Les foins récoltés tardivement, séchés dans de mauvaises conditions sont pauvres.

En dehors de ces effets purement agronomiques, on peut assister à un développement de carence par une erreur de calcul dans la mise au point d'un complément minéral.

Il peut aussi arriver que les apports soient satisfaisants, mais des perturbations métaboliques provoquent une mauvaise utilisation des oligo-éléments, ce qui entraîne la carence dite "secondaire".

1/2 - La carence secondaire

Différents facteurs capables de modifier la digestibilité et la rétention des oligo-éléments peuvent provoquer des signes de carences. On sait (LAMAND et DEMERQUILLY, 1975) qu'il existe une corrélation entre le C.U.D. des oligo-éléments et ceux de la matière organique et de la matière sèche. Pour le zinc en particulier la qualité de l'aliment influe plus que sa teneur. On sait aussi que les contaminations par la terre font baisser le C.U.D. du zinc à des valeurs négatives malgré l'augmentation de la teneur de la ration.

La présentation physique de l'aliment peut aussi influencer sur l'utilisation digestive des oligo-éléments. Le broyage fait baisser le C.U.D. et la rétention du Cu, du Zn et Mn (PERIGAUD, 1972).

Parmi les perturbations métaboliques pouvant provoquer des carences en oligo-éléments, on en connaît certaines qui se traduisent par des interférences.

Par exemple le Cobalt, le Molybdène, le Zinc, le Calcium, les ions sulfates, quand ils sont en excès dans une ration peuvent accentuer la carence en cuivre.

Pour certains de ces éléments, on pense qu'il y a une compétition au niveau des sites d'absorption. Certains auteurs pensent aussi qu'un rapport MAD/UF élevé peut modifier l'absorption intestinale du cuivre.

2 - Symptômes

Les signes cliniques diffèrent peu d'une espèce à l'autre. Il existe néanmoins une variation dans la sensibilité à telle ou telle manifestation d'une carence en oligo-élément.

Au Sénégal il est encore difficile de parler de carence spécifique en un élément donné. Les signes observés traduisent une polycarence. Les symptômes décrits par LAMAND (1970) sont fréquemment rencontrés comme en témoigne tableau 3.

TABEAU 3

SYMPTOMES DES CARENCES EN OLIGO-ELEMENTS CHEZ LES RUMINANTS

	FER		CUIVRE		COBALT		IODE		MANGANÈSE		ZINC		SELENIUM	
	A*	J*	A*	J*	A*	J*	A*	J*	A*	J*	A*	J*	A*	J*
<u>DEFICIT DE CROISSANCE OU D'ENGRAISSEMENT</u>		●	●	●	●	●		●	●	●	●			
<u>CHUTE PRODUCTION DU LAIT</u>			●		●		●				●			
<u>INAPPETENCE</u>		●	●	●	●	●	●	●			●	●		
<u>PICA</u>			●	●	●	●								
<u>CACHEXIE</u>			●	●	●	●				●	●			
<u>ANEMIE</u>		●	●	●	●	●								
<u>DEFAUT D'APLOMB</u>			●	●					●	●	●	●		
<u>FRACTURES SPONTANÉES</u>			●	●										
<u>BOITERIE</u>			●	●					●	●	●	●		●
<u>TROUBLES CARDIAQUES</u>			●	●										●
<u>DYSPNÉE</u>			●	●										●
<u>DIARRHÉE</u>			●		●	●								
<u>DECOLORATION DES POILS</u>			●	●										
<u>POILS PIQUÉS</u>			●	●	●	●		●			●	●		
<u>PELAGE</u>								●			●	●		
<u>DERMITES</u>										●	●			
<u>GOITRE</u>							●	●						
<u>INFÉCONDITES</u>			●		●		●		●		●			
<u>DEFORMATION DES SABOTS</u>										●	●			
<u>DÉGÉNÉRESCENCE MUSCULAIRE</u>														●

* A = Adultes J = Jeunes

Les signes que nous avons le plus souvent observé sont soulignés dans le tableau.

Au niveau de la ferme de Sangalkam : le pica, les boiteries, la dyspnée, la décoloration des poils, les poils piqués, les infécondités, sont les signes qui reviennent le plus fréquemment.

Au niveau des troupeaux encadrés autour de la ferme, les pelades et dermites sont les signes les plus caractéristiques.

Ailleurs, on observe sur les ovins les signes du "Sway-back" ou ataxie enzootique. Sur les bovins, les défauts d'aplomb, les boiteries, la décoloration des poils et les troubles cutanés dominant.

3 - Diagnostic des carences en oligo-éléments

Le diagnostic est toujours difficile, sinon délicat à poser. Le diagnostic clinique devra toujours être complété par des analyses et par des commémoratifs aussi complets que possible.

3/1 - Diagnostic clinique : est indispensable pour l'organisation du diagnostic analytique à demander au Laboratoire.

- . Fer : la carence se traduit essentiellement par une anémie chez les jeunes.
- . Cuivre : à la décoloration des poils, s'ajoutent des troubles cardiaques ou respiratoires en série.
- . Cobalt : on note un déficit de croissance, de la maigreur inexplicable par la qualité et la quantité de la ration. Le poil est piqué, long, rugueux sur le garrot.

.../...

- . Iode : une carence provoque le goitre.
- . Manganèse : on observe le jarret droit en zone calcaire.
- . Zinc : des palades et dermites sans prurit, avec des plaies atones.
- . Sélénium : une myopathie se traduisant par des boiteries, la voussure du dos, de la dyspnée et des troubles cardiaques vers l'âge de 1 mois et demi à 2 mois, cependant la carence en vitamine E provoque aussi une myopathie, mais cette affection est rare.

3/2 - Diagnostic analytique

Les analyses de laboratoire sont possibles, mais sont relativement coûteuses. Elles doivent donc être réduites au maximum.

3/2/1 - Dosage des oligo-éléments dans l'aliment

Le service de Physiologie - Nutrition est équipé pour doser les principaux oligo-éléments : Cu, Zn, Mn.

Un complément d'équipements est nécessaire pour doser les autres éléments.

La première démarche à suivre dans le diagnostic doit consister en l'examen de la ration. Il faut en effet s'assurer de l'existence et de la distribution d'un complément minéral, avant de passer à l'analyse des fourrages, du plasma, du foie ou des poils.

ANALYSE DES PRINCIPAUX FOURRAGES

- Le prélèvement

Généralement, du foin ou des aliments grossiers entrant pour plus de 30 p.100 dans la ration de base. On analyse des foins de prairies naturelles ou temporaires, des ensilages ou des fourrages verts.

- Le mode de prélèvement

Environ 500 g en sac plastique propre et à partir d'un premier prélèvement de plusieurs kilogrammes. Il faudra faire attention aux contaminations par les poussières, les engrais, la terre, riches en Mn, Zn et Cu.

- Les commémoratifs

Pour l'interprétation des résultats, il est utile de joindre les renseignements suivants :

- Nom et adresse de l'éleveur, origine de l'échantillon (région, département, commune ou communauté rurale)
- Nature du prélèvement (indispensable) : foin de prairie naturelle ou temporaire, ensilage, âge, numéro du cycle
- Composition du prélèvement : proportion des graminées, légumineuses, plantes diverses
- Mode de séchage et la nature du sol d'origine.

- Analyses demandées

Elles sont fonctions des carences suspectées par l'examen clinique.

Cependant, il est intéressant de demander à la fois le Cu, le Zn et le Mn analysés à partir de la même prise d'essai.

Le Cu et le Se seront dosés à part sur une prise d'essai plus importante. Leur dosage est plus long et plus coûteux. Le service de Physiologie - Nutrition travaille à la mise au point de leur dosage.

.../...

3/2/2 - Dosages plasmatiques

On peut doser le Fe, le Cu, le Zn et le Se.

- Fe : théoriquement possible, mais on préfère l'hématocrite (vol. des hématies en p.100 du sang total). Une centrifugation suffit.
- Cu et Zn : peuvent être dosés dans le plasma dans de bonnes conditions. Il est nécessaire d'éviter les contaminations de l'hémolyse.
- Impératifs concernant le prélèvement

Les hématies contiennent cinq fois plus de Zn que le plasma. Toute hémolyse interdit l'interprétation du Zn plasmatique.

Il faudra éviter : l'eau, le laminage du sang lors d'un prélèvement avec seringue et non par écoulement.

Toute contamination faussera les teneurs en Cu et Zn. Il est nécessaire de faire des prélèvements sur au moins 10 p.100 des animaux.

- Mode de prélèvement

Le sang est prélevé avec des aiguilles Inox et doit être repris dans des tubes plastiques chimiquement propres contenant deux gouttes d'héparine.

La centrifugation se fera le plus rapidement possible sur le lieu de prélèvement ou alors on placera les tubes dans de la glace pendant le retour (maximum 1 heure).

Les échantillons seront étiquetés. Le sparadrap est à proscrire pour entourer le bouchon car il peut être contaminant.

.../...

Dans tous les cas, l'envoi se fera avec la fiche des commémoratifs.

3/2/3 - Dosages hépatiques

Le prélèvement de foie est réservé éventuellement à une suspicion de carence en Cu, mais surtout à une intoxication en cet élément.

50 à 100 g suffisent. Le prélèvement en tranches de 1 cm d'épaisseur sera séché sur feuille ou dans un plateau d'aluminium à des températures variant entre 60 et 100° C à l'étuve ventilée.

3/2/4 - Dosages dans les poils

BROCHARD (1975) pense que le dosage qui est possible, permet de diagnostiquer une carence profonde. Mais il ajoute que pour des échantillons inconnus, l'interprétation est relativement difficile.

3/3 - Interprétation des résultats

3/3/1 - Les aliments

Les teneurs les plus fréquemment rencontrées et les limites sont indiquées dans les tableaux 1 et 2. Il reste pour le Sénégal à déterminer les limites de carences pour le bétail.

3/3/2 - Le plasma

FRIOT et CALVET ont établi les normes biochimiques des éléments du plasma chez le zébu sénégalais. Les valeurs trouvées étaient souvent comparables aux normes européennes. Il serait intéressant de préciser les seuils de carences, dans le cadre de l'élevage sénégalais.

.../...

LAMAND (1975) a résumé les valeurs de ces paramètres plasmatiques en insistant sur la limite de carence ; les valeurs habituelles et les causes d'erreurs

Ces valeurs sont données dans le tableau n°4.

Tableau n°4

Elément ou enzyme	Limite de carence	Valeurs habituelles	Causes d'erreurs
Cu (en mg/100 ml)	70	80-120	Contamination > 150-200 Maladies infectieuses ou inflammation > 120-150
Zn (en mg/100 ml)	70	80-120	Contamination > 150 Hémolyse : 150-600 Maladies infectieuses ou inflammation < 80
Céruleoplasmine D.O. → mg/100 ml	70	80-120	Non sensible aux contaminations - Maladies infectieuses ou inflammations > 120-150 Putréfaction du P. < 70
T.G.O. (Unités Frankel)	Limite pathologique 240	80-120	Myopathie $\frac{TGP}{TGO} < 0,5$
T.G.P. (Unités R.F.)	50	2-20	Hépatite $\frac{TGO}{TGP} < \text{de } 0,5 \text{ à } 1$

3/3/2 - Les poils

Ces analyses permettent d'aboutir à une conclusion si les poils sont nettement en dessous du seuil de carence.

Tableau n°5

Elément	Limite de carence	Causes d'erreurs
Cu	7 mg/g	Contamination par la terre ou cornadis galvanisés.
Zn	115 mg/g	

III - TRAITEMENT ET PROPHYLAXIE DES CARENCES

a) Traitement

Avant d'envisager le traitement, il faut tenir compte du fait qu'il est coûteux en main d'oeuvre et reste fugace.

Il existe malgré tout, trois possibilités : les solutions buvables, les comprimés ou les formes injectables.

1 - Solutions buvables

Distribution journalière de 4 g de SO_4Cu , de Zn ou de Mn pendant 10 jours à des bovins adultes.

2 - Comprimés

On utilise l'oxyde Co qui a l'avantage de traiter et de protéger les animaux pendant 6 mois.

3 - Les formes injectables avaient l'inconvénient de renfermer des quantités trop faibles d'éléments : les formes solubles de Cu, Zn ou Mn sont caustiques et provoquent des abcès au point d'injection.

Récemment, LAMAND et PERIGAUD ont mis au point des suspensions injectables à effet retard permettant d'apporter 125 mg de Cu, 600 mg de Zn ou 150 mg de Mn à un bovin adulte. Ces formes sont commercialisées (Prolontex).

La rémanence est de 2 mois et demi environ.

Ce mode de traitement est souvent spectaculaire, notamment pour l'ataxie enzootique

.../...

b) Prophylaxie1 - Prophylaxie par apport direct d'oligo-éléments aux animaux1/1 - Mode de calcul d'un complément minéral

Les quantités de ration de base ingérées varient selon l'état physiologique des animaux et la qualité des fourrages proposés.

LAMAND (1975) propose pour une vache à haute production laitière et ingérant 12 kg MS/j, l'exemple de calcul du déficit journalier suivant :

Tableau n°6

Elément	Teneur moyenne en mg/kg MS	Besoins mg/kg de MS	Déficit journalier à couvrir
Cu	5	10	60 mg
Co	< 0,1	0,1	1,2 mg
I	0,1 - 0,2	0,2 - 0,8	7,2 mg
Mn	20	50	360 mg
Zn	25	50	300 mg
Se	0,05	0,1	0,6 mg

1/2 - Forme et répartition dans le temps de la complémentation1/2/1 - A l'auge

La distribution d'un complément minéral est facile sur des aliments humides. Il est éventuellement possible de le mélanger à un peu de grain et de tourteau pour en faciliter l'ingestion. Cette solution est retenue à Sangalkam et donne des résultats satisfaisants.

.../...

1/2/2 - Au pâturage

L'utilisation de la pierre à lécher est particulièrement commode. Il est cependant utile de s'assurer, grâce à un contrôle, des ingestions limitées dans le temps, que la composition du bloc permet bien de couvrir le déficit en oligo-éléments.

Exemple : Le calcul d'un complément minéral distribué à des bovins à raison de 100 g/j.

Tableau n°7 (*)

Element	Déficit journalier à couvrir	Forme de sel	% d'élément dans le sel	Facteur de multiplication	Q/J. dans 100 g de c.m.	Complément de c.m.
Cu	60 mg	SO ₄ Cu, 5H ₂ O	1/4	4	240 mg	2,4 g/kg
Co	1,2 mg	SO ₄ Co, 7H ₂ O	1/5	5	6 mg	60 mg/kg
I	7,2 mg	Ca (IO ₃) ₂	2/3	3,2	10 mg	100 mg/kg
Mn	360 mg	SO ₄ Mn, H ₂ O	1/3	3	1 g	10 g/kg
Zn	300 mg	SO ₄ Zn, 7H ₂ O	1/4	4	1,2 g	12 g/kg
Se	0,6 mg	SeO ₃ Na ₂	1/2	2	1,2 mg	12 mg/kg

(*) D'après LAMAND : les minéraux et vitamines : Extr. Pt. vét.,
16 - 17 octobre 1975.

Dans cet exemple de calcul, l'auteur suppose que la base du complément minéral (c.m.) couvre les besoins en P, Co, Na, et Mg, soit :

Phosphate bicalcique	40 %	60 %	50 %
Chlorure de Na	35 %	35 %	45 %
Carbonate de Ca	20 %	-	-
Magnésie	5 %	5 %	5 %

.../...

La distribution du complément minéral doit être régulière, journalière et toute l'année.

La distribution périodique n'est pas souhaitable car si le Cu est relativement bien stocké dans le foie, le cobalt est nécessaire en permanence à la flore du rumen pour son équilibre et une synthèse de vitamine B12.

Et, pour le Zn, la carence peut survenir dans les jours qui suivent l'arrêt de la complémentation.

Pour l'iode, le Mn et le Se, le stockage similaire permet de tamponner assez bien les déficits momentanés.

2 - Prophylaxie par enrichissement en oligo-éléments des fourrages sur pied

2/1 - Le cuivre

2/1/1 - Apport au sol : de 25 - 30 kg de SO_4Cu en couverture sur prairie déjà implantée, risque d'enrichir trop fortement les plantes les plus précoces du premier cycle et insuffisamment les stades tardifs.

La technique est valable dans le cas des carences végétales, mais n'est pas à retenir dans la pratique pour enrichir correctement les plantes destinées à l'alimentation animale.

2/1/2 - Pulvérisations foliaires

On peut mieux obtenir et régulariser le niveau de cuivre désiré dans des limites acceptables. Les quantités à apporter sont 20 à 30 fois plus faibles que précédemment, mais elles sont à fractionner entre tous les cycles.

.../...

2/2 - Le Zinc

Les modalités d'enrichissement en Zn ressemblent à celles du cuivre mais sans risque de toxicité pour les animaux par des teneurs élevées.

2/2/1 - Au sol

L'apport de 25 à 50 kg de SO_4Zn en couverture sur la prairie en fin d'hiver.

2/2/2 - Pulvérisation foliaire : même problème que pour le cuivre avec les sels solubles lessivables par les pluies.

La neutralisation préalable du sulfate permet un enrichissement toujours convenable de la prairie destinée au pâturage 4 à 10 jours après la pulvérisation.

Les oxydes sont préférables aux autres formes pour des intervalles plus longs.

2/3 - Le cobalt

Le traitement est plus facile qu'avec le cuivre et le zinc. Les meilleurs résultats sont obtenus sur des sols acides avec 2 kg de sulfate de Co ; mais moins spectaculaires sur sols calcaires.

Les pulvérisations sont possibles aussi, mais elles sont économiquement moins intéressantes, surtout en sol acide.

2/4 - Le manganèse

Seule la pulvérisation foliaire est efficace. Les sulfates présentent l'inconvénient d'être rapidement éliminés par les pluies. Les oxydes sont préférables d'autant plus que, sous la forme de MnO , ils sont directement utilisables par l'animal.

2/5 - Le molybdène

Certaines plantes comme la luzerne peuvent être carencées en Mo et nécessitent un apport en cet élément pour atteindre un rendement normal. Mais le Mo apporté n'est pas très fortement retenu par le sol et la plante devient rapidement toxique pour l'animal. Il convient donc de toujours vérifier les teneurs en Mo par l'analyse. Des essais montrent que l'on peut limiter les excès de Mo par un apport d'un élément antagoniste, le soufre.

2/6 - Le sélénium

De même que le Mo, l'incorporation de sélénite peut se révéler dangereuse car les plantes deviennent rapidement toxiques pour l'animal.

CONCLUSION

L'intervention au niveau de l'animal est la seule solution en cas de carence profonde.

Enfin, il faut dire qu'il est possible d'apporter ensemble au sol ou en pulvérisations foliaires tous les éléments qui sont insuffisants pour la plante.

Les premières observations et résultats d'analyse qui ont permis la suspicion de carences en oligo-éléments, seront poursuivis dans le cadre d'un programme oligo-éléments. Les recherches à entreprendre permettront de préciser le rôle des oligo-éléments dans l'alimentation animale et sur un plan général, les incidences des carences sur la productivité du cheptel.

.../...

B I B L I O G R A P H I E

- FRIOT (D.), CALVET (H.) - Biochimie et Elevage au Sénégal. Comm. VIIème Journées médicales de Dakar du 9 au 14 avril 1972.
- KERGUELEN (M.) - Valeur minérale de l'herbe. Fourrages, 1962, 10, 63-71.
- LAMAND (M.) - Cahiers méd. vét., 1970, 39 (2), 60.
- LAMAND (M.) - "Les minéraux et les vitamines" 16 - 17 octobre 1975. Tome I, pages 123 - 142.
- PERIGAUD (S.) - Ann. Nutr. Anim., 1972, 25, B. 327-378.
- PERIGAUD (S.), TRESSOL (J.C.), AMBOULOU (A.) - Extrait CR. Acad. Afr., 23 octobre 1973, pages 1049 à 1071.