

210000 188

158

DL

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES
AGRICOLÈS (ISRA)

LABORATOIRE NATIONAL DE L'ELEVAGE
ET DE RECHERCHES VÉTÉRINAIRES

DAKAR-HANN

RAPPORT DU STAGE EFFECTUE DU 8 JANVIER 1976
AU 30 JUIN 1976 AU C.R.Z DE THEIX (INRA)

Par

NDiaga MBAYE

-m--m.-

Oct. 1976

AVANT-PROPOS

Bénéficiaire d'une bourse de stage du Fonds d'Aide et de Coopération (FAC) dans le cadre du programme d'Aide et d'Assistance à la Recherche de la République française à la République du Sénégal, j'ai effectué du 8 janvier au 30 juin de la même année un stage de formation et d'études au Centre de Recherches zootechniques et Vétérinaires de Theix (CRZV de Theix) qui regroupe un certain nombre de Départements relevant de l'Institut national de la Recherche agronomique (INRA).

Ce stage a eu pour but :

- 1/ de nous familiariser avec le travail en Laboratoire ;
 - 2/ de préciser ou d'approfondir nos connaissances en Nutrition Anima&.
- et précisément aux plans de l'étude de la digestibilité des fourrages et de l'influence des facteurs pouvant intervenir sur l'utilisation digestive de certains éléments, notamment, les minéraux.

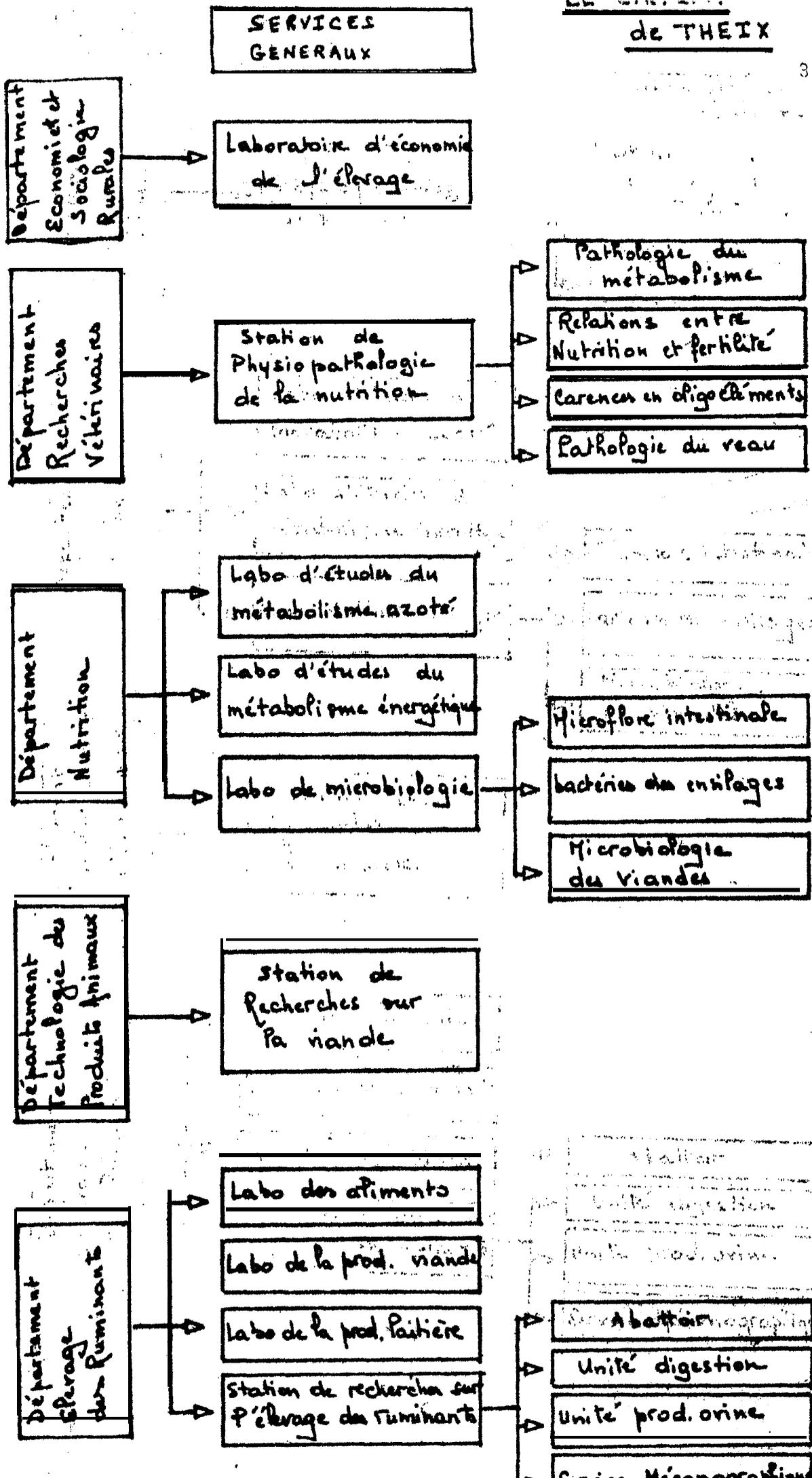
Dans la suite de ce rapport je préciserai le détail du programme, mais avant je peux déjà dire que les buts ont été atteints dans la mesure où j'ai eu la chance d'arriver dans l'Equipe du Docteur LAMAND dont les travaux et recherches sur les oligo-éléments sont connus pour leur contribution à une meilleure compréhension et une résolution des problèmes de carences minérales en France. Je tiens donc à remercier Monsieur LAMAND pour sa gentillesse et sa sollicitude de tous les instants et avec lui, toute l'équipe, à savoir : Bellanger, J., Amboulard, D., Lab, C. et Tressol, J.C.. Leur disponibilité à mon égard et l'esprit d'équipe qui les anima, m'ont permis de faire ce stage dans les meilleures conditions.

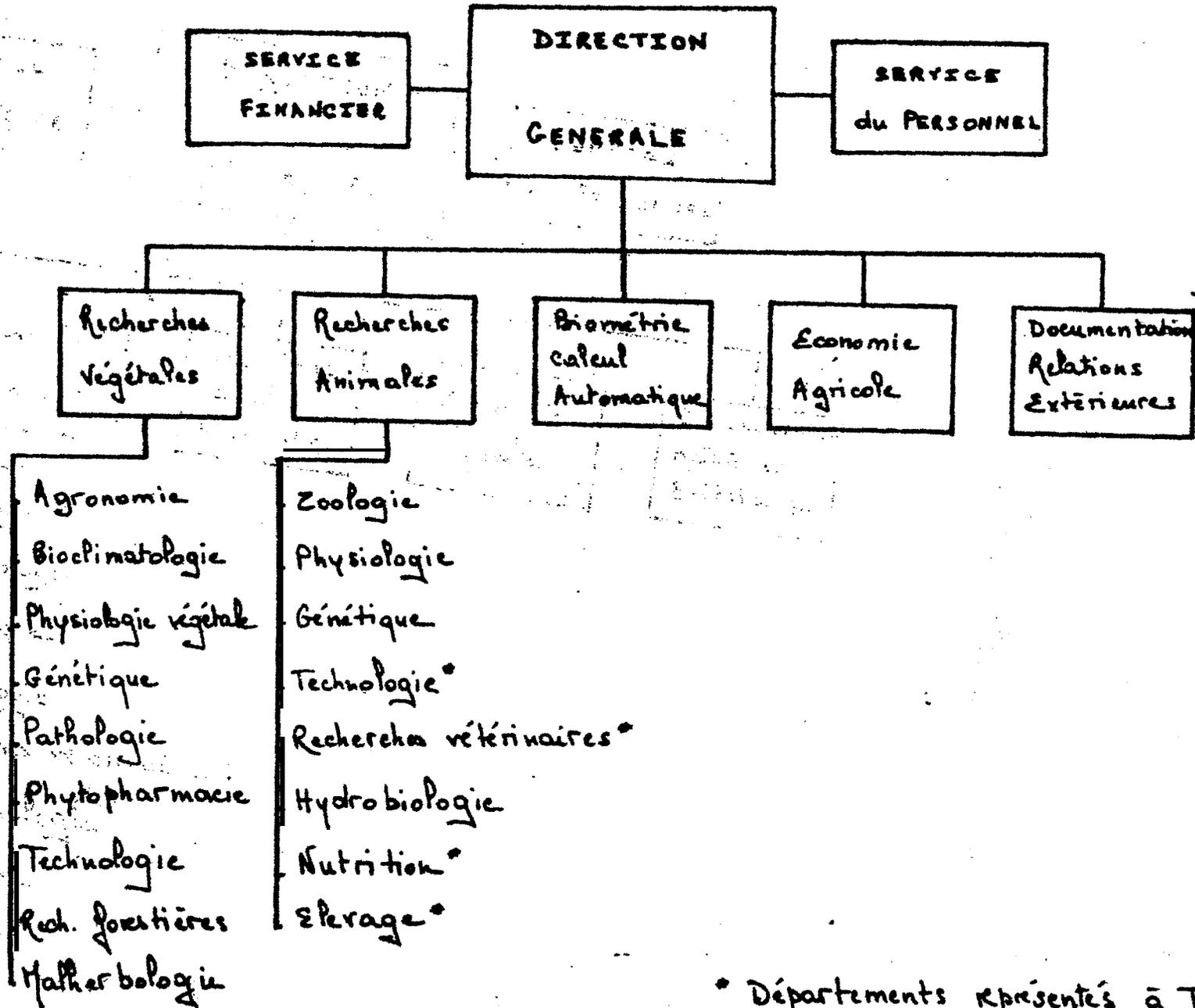
Le rapport comprendra quatre parties. Dans une introduction nous situerons le cadre dans lequel s'est déroulé le stage. Pour cela nous présenterons deux organigrammes : un de l'INRA et un autre du CRZV de Theix.

Dans une deuxième partie, nous donnerons un bref aperçu sur l'importance des oligo-éléments dans l'alimentation animale et les problèmes posés par une carence aussi bien en France qu'au Sénégal.

Dans une troisième partie, nous ferons un résumé de l'expérience vécue. Nous tenons cependant à avertir les lecteurs. En effet cette expérience faisant l'objet d'une thèse n'est pas encore publiée, nous regrettons de ne pouvoir en donner les résultats et conclusions.

Enfin dans une conclusion nous ferons un bilan de ce que nous avons fait et vu et nous essayerons de voir les perspectives qui s'ouvrent dans la poursuite de ce stage en France d'une part, et d'autre part, les possibilités qui s'offrent pour notre insertion dans un Laboratoire de Physiologie de la Nutrition au Sénégal.





Organisation de I.N.R.A. en France

* Départements représentés à THEIX

A/ INTRODUCTION

Nous présentons les organigrammes de l'INRA et du CRZV de Theix pour situer le cadre de notre stage mais aussi pour permettre aux autorités sénégalaises d'avoir une idée plus précise sur les structures d'accueil que peut offrir la Recherche Agronomique en France. loin de vouloir formuler des critiques à l'égard de qui. que ce soit, nous voulons simplement éviter à de futurs stagiaires de s'entendre poser la question : "Qu'est ce que vous voulez faire ?" en arrivant en France.

Nous ne doutons pas d'ailleurs que ce que nous disons sera bien compris quant on prend connaissance de la diversité du choix qui s'offre aux stagiaires de l'INRA. Pour ce qui nous concerne, nous avons eu la chance d'avoir fait un travail bibliographique sur la recherche vétérinaire au Sénégal (23) d'une part et d'autre part d'avoir travaillé pendant cinq mois au C.R.Z. de Dahra et huit mois au Laboratoire national de l'Elevage et de Recherches vétérinaires de Dakar-Hann, dans son laboratoire de Physiologie de la Nutrition, Ceci nous a donc permis d'avoir une idée de ce qui se faisait au Sénégal en matière de Recherches Agricoles et Vétérinaires et par conséquent nous a évité de nous éparpiller entre de multiples disciplines qui ne nous aurait pas servi à grand chose après le stage.

Là, il convient de rappeler que nous avons eu la chance d'être introduit par l'Inspecteur MORNET qui a été pendant longtemps Directeur du Laboratoire de Hann et maintient encore des relations avec les différents chercheurs de ce centre.

Il connaissait donc mieux que nous les problèmes qui se posent à la Recherche sénégalaise en particulier et à l'Elevage en général.

Et quant on connaît les problèmes de carences rencontrés au Sénégal. (4), on ne peut que se féliciter du choix du Laboratoire des oligo-éléments. Ce laboratoire fait partie de la station de Physiologie de la Nutrition de Theix qui relève du Département de Recherches vétérinaires de l'I.N.R.A.

../. .

Depuis une dizaine d'année, LAMAND et coll. (17) étudient, les carences en oligo-éléments en France en vue de :

- Préciser les différentes carences probables existant en France,
- Vérifier si la symptomatologie de ces carences correspondant aux descriptions classiques,
- Permettre d'en estimer l'importance, la gravité et la répartition géographique.

Ce travail devait donc permettre l'établissement d'une carte des carences en France, ce qui devait constituer une base de commémoratifs intéressante pour le diagnostic et pour la mise en oeuvre d'un traitement et d'une prophylaxie, Les recherches ont porté aussi bien sur le sol que sur les fourrages et les animaux.

En résumé, les recherches ont donc porté sur les facteurs intrinsèques, propres à l'animal, et les facteurs extrinsèques, propres au milieu, susceptibles d'influencer l'utilisation digestive des oligo-éléments.

C'est dans le cadre de ces recherches que le laboratoire a eu à démarrer une expérience sur le métabolisme du cuivre expérience que nous avons eu la chance de suivre tout au long de son déroulement.

B/ LES OLIGO-ELEMENTS DANS L'ALIMENTATION ANIMALE ; PROBLEMES POSES en FRANCE et au SENEGAL

I/ - L'importance des oligo-éléments : Les oligo-éléments sont des éléments minéraux présents dans les tissus à doses infinitésimales. Ils font partie de système enzymatiques, éventuellement d'hormones ou de vitamines (cobalt), et ils se distinguent en cela des macro-éléments qui entrent dans des structures (14).

Les carences en oligo-éléments, limitent les synthèses de telle ou telle voie métabolique et diminuent l'efficacité zootechnique des animaux.

Les carences sont révélées au fur et à mesure de l'intensification fourragère et zootechnique. Les animaux à hautes performances sont atteints préférentiellement, et à degré de carence égal, le nombre des malades croît avec les performances.

Ceci explique donc l'importance prise par ces éléments dans l'élevage et dans la recherche en France où la rentabilité du troupeau est à la base des productions animales.

Au Sénégal, il est apparu depuis une dizaine d'années des "maladies nutritionnelles" qui entraînent des pertes considérables, car 10 à 15 % des effectifs sont atteints. Les recherches du laboratoire national de l'Élevage et de Recherches vétérinaires ont pu mettre en évidence l'existence d'une relation étroite entre des carences minérales (P) et (Ca) et l'action d'un agent responsable du botulisme (*Clostridium botulinum*, type C). Les animaux carencés présentent des aberrations du goût et ceci se traduit en particulier par de l'ostéophagie qui poussent les animaux à consommer les cadavres d'espèces domestiques ou sauvage mortes en brousse. Le pica serait donc responsable de la contamination.

Pendant longtemps la carence en phosphore et calcium fut tenu pour responsable du botulisme, mais n'explique pas toujours les retards de croissance, le manque de précocité, l'insuffisance des lactations, la forte mortalité chez les jeunes et d'une manière générale la faible productivité du troupeau.

La vaccination contre le botulisme et la supplémentation phosphocalcique, ont peut-être été efficace pour la lutte contre la "maladie des forages", mais n'ont pas amélioré les rendements des animaux.

Des actions ont été entreprises en vue de chercher les meilleures méthodes conduisant à la fois à une exploitation plus rationnelle du cheptel et à une augmentation quantitative et me amélioration des productions.

Ces objectifs exigent des travaux de recherches qui ont porté sur les divers éléments disponibles. Et à l'heure actuelle un dossier d'analyse important commence à apporter des lumières dans ce domaine. Parallèlement une étude de la valeur biologique des divers produits alimentaires est menée grâce aux techniques de digestibilité in vivo et in vitro.

Les recherches portent, aussi sur les processus métaboliques des espèces animales en vue de déterminer leurs particularités et leurs besoins réels. A ce titre, le Laboratoire envisage l'utilisation des radioisotopes

pour ces études physiologiques et biochimiques.

Et nous pensons que notre stage est intéressant dans la mesure où il nous aura permis de nous familiariser avec les oligo-éléments et avec les marqueurs isotopes radioactifs,

En effet d'après les résultats des recherches en Nutrition permettent d'envisager la production intensive de viande (Embouche industrielle ou paysanne), et si l'on admet que les carences en oligo-éléments sont des "maladies d'évolution", il n'est pas superflu que dès-à-présent on réfléchisse sur une orientation des recherches qui devront préciser le rôle joué par les "traces-éléments"* dans l'Elevage au Sénégal. Ignorer le problème, serait s'exposer à des surprises. C'est pourquoi nous allons essayer de résumer ce que nous avons pu retenir de notre stage en commençant par donner un aperçu sur les besoins et les apports en oligo-éléments, avant de passer à l'étude clinique des carences. Enfin, comme annoncé dans l'introduction nous continuerons par les Radioisotopes et leur utilisation en décrivant sommairement l'expérience que nous avons vécu à Theix.

II/- Les besoins en oligo-éléments et leur utilisation digestive

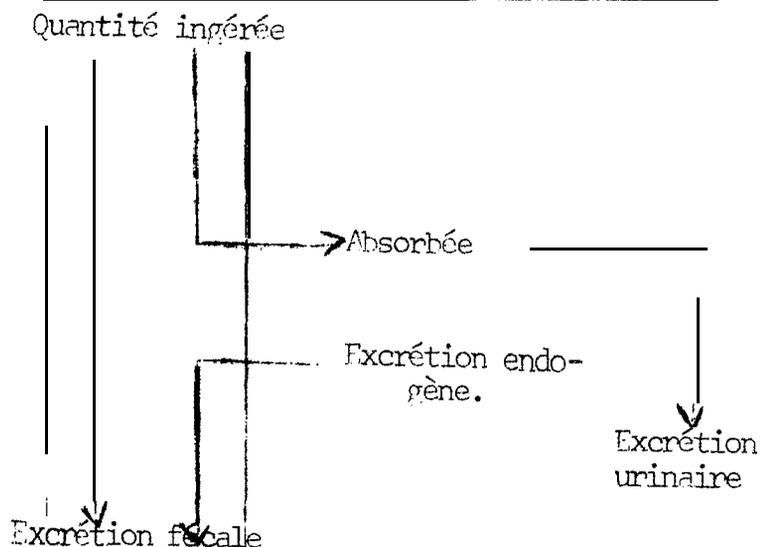
- 1/ Les besoins : Les besoins des animaux en oligo-éléments ont pu être déterminé grâce à l'utilisation de la notion de seuil de carence qui est établi par l'observation de l'absence de symptômes au-delà d'une certaine teneur de la ration **en un oligo-élément considéré (18)**

LAMAND (M.) - conséquences biochimiques, pathologiques et Prophylaxie des carences en oligo-élément chez les ruminants - Bull.Soc. d'Hygiène Alim. de Lan.Fr. des tech. de l'Alim. An. et de l'Fr. Zoot., 1971,59,2.

Eléments	Catégories d'Animaux	Besoins
Fe	Ruminants adultes Jeunes au lait	30 mg/kg MS 200 mg/kg MS
CU	Bovins Ovins	10 mg/kg MS 7 mg/kg MS
Mo	Tous ruminants	0,1 mg/kg MS
CO	Ruminants	0,1 mg/kg MS
1	Femelle en lactation Autres animaux En cas de présence de gastrogènes dans la ration	0,8 mg/kg MS 0,12 mg/kg MS 1,2 mg/kg MS
Mn	Tous ruminants	50 mg/kg MS
Zn	Tous ruminants	50 mg/kg MS
Se	Tous ruminants	0,1 - 0,2 mg/kg MS

Besoins en Oligo-éléments des Ruminants - D'après LAMAND. Journées d'Information
16-18 déc. 1975 INRA - CRVZ de Theix.

2/ L'utilisation digestive et métabolique des oligo-éléments.



2/1 - Définitions ;

a) Digestibilité des oligo-éléments implique une ration de rendement dans l'absorption des minéraux offerts dans l'alimentation d'un animal.

On exprime généralement la digestibilité par le terme : "Coefficient d'utilisation digestive" qui est une proportion de la quantité de l'élément ingéré.

On définit ainsi un CUD réel et un CUD apparent :

- Le "CUD réel" tient compte de l'excrétion endogène
- Le "CUD apparent" néglige cette excrétion endogène (urinaire)

Ainsi on a :

$$\text{CUD a} = \frac{Q.\text{ingérée} - Q.\text{excrétée dans les fèces}}{Q.\text{ingérée}} \times 100$$

$$\text{CUD r} = \frac{Q.I. (Q.F. - Q.\text{urinaire excrétée})}{Q.\text{ingérée}} \times 100$$

La rétention représente une quantité qui s'exprime en mg/100 kg de poids vif.

b) Le métabolisme minéral est réglé par une loi assez générale :

- Si la teneur de la ration augmente : la digestibilité diminue, la rétention augmente.

au-delà d'un certain seuil (toxicité) la digestibilité atteint un minimum, les organes de stockage sont saturés ainsi que les voies d'excrétion : l'intoxication apparaît.

- Si la teneur de la ration diminue :
 - la digestibilité augmente
 - la rétention diminue'
- En-deça du seuil de carence, l'absorption intestinale est à un pallier maximum, la rétention ne couvre plus l'excrétion endogène minimum : la carence apparaît. La digestibilité et la rétention sont alors négatives : l'animal perd plus de minéral qu'il n'en ingère.

Remarque : Un des moyens d'étudier la digestibilité des oligo-éléments est la méthode des bilans.

Pour les oligo-éléments l'excrétion urinaire est très faible et est en général négligée : la digestibilité apparente est sensiblement égal à la digestibilité vraie.

2/2 - Facteur-s susceptibles de modifier la digestibilité et la Rétention des oligo-éléments.

a) La teneur de l'aliment

Il existe une corrélation significative entre la rétention et la teneur pour le Mn et le Se.

Pour le Cu et le Zn, cette relation est faible ou nulle. Il semble que la qualité de la ration influe davantage que la teneur (LAMAND, DEMARQUILLY, 1975).

b) La qualité de la ration

b₁) la digestibilité du fourrage :

CUD du Cu et du Zn = f(x) de la digestibilité de la matière organique, de la matière sèche etc...

Cette relation est plus nette pour les graminées et le Zn,

b₂) Les contaminations par la terre font chuter le CUD et la rétention Zn à des valeurs fortement négatives malgré l'augmentation de la teneur de la ration.

..//..

b₃) La présentation physique de l'aliment influe aussi sur le CUD des oligo-éléments (AMBOULOU, LAMAND 1975). Ceci a été mis en évidence par l'étude de la vitesse de transit de la luzerne longue et celle de la même luzerne broyée et agglomérée.

Le broyage fait baisser la digestibilité et la rétention du Cu du Zn et du Eh (AMBOULOU, PERICAUD, 1972).

c) - Influence d'éléments interférents :

c 1) Le soufre : amené avec l'urée dans les ensilages de maïs, interfère avec la digestibilité des oligo-éléments (LAMAND, 1974).

Les ensilages de maïs renferment habituellement de 0,9 à 1,5 g S/kg MS et la teneur optimum se situe vers 2 g S/kg MS.

L'interférence du soufre s'aggrave avec l'augmentation de la teneur ou avec une qualité énergétique insuffisante qui ne permet pas une bonne synthèse d'AA à partir de l'Azote soluble et du soufre.

Il semble qu'il est donc contre-indiqué d'ajouter du soufre à une ration qui ne comporte pas une part notable d'azote soluble (ration à base de foin par exemple).

c₂) Le Molybdène :

Il interfère avec le métabolisme du cuivre en formant un complexe insoluble qui rend le cuivre inutilisable par les cellules.

L'absorption reste normale, mais l'excrétion s'accroît.

c₃) Le Calcium :

Un large excès interfère avec le métabolisme du cuivre et du Manganèse.

L'interférence avec le zinc n'existe que pour les monogastriques en présence d'Acide phytique.

III - Les apports en oligo-éléments

Les oligo-éléments proviennent du sol et sont transmis à l'animal par l'intermédiaire de la plante. L'insuffisance d'un tel transfert à divers

niveaux sol-plante, plante-animal ou animal-système enzymatique utilisateur, provoque une carence.

Les fourrages doivent donc satisfaire à certaines normes quant à leur-teneur en oligo-éléments dans l'établissement d'une ration alimentaire.

1 / Valeur des fourrages :

L'établissement des seuils de carence a permis d'établir les valeurs auxquelles doivent satisfaire les fourrages pour qu'il y ait absence de symptômes chez les animaux. Ces valeurs seront résumées dans un tableau (N°2).

Tableau n°2

(Mg/kg MS)

Elément	Limite de carence	Valeurs habituelles	Limite de toxicité	Cases 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.
1	0,15		8	
Mn	45	200 - 500	1000	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	
Mb		0,1 - 2	3	

2/ Enrichissement des fourrages

Bellanger, Perigaud et Lamand, 1973 (1) ont, à partir d'éléments d'enquêtes obtenus par les analyses de fourrages, montré une relative pauvreté de ces derniers, en cuivre, zinc, et sélénium

Et dans le souci de contribuer à une meilleure prophylaxie

Perigaud (1973) a tenté des essais d'enrichissement en cuivre des fourrages sur pied (26). Dans l'étude prophylactique des carences nous y reviendrons.

IV/ Problèmes posés par une insuffisance d'apport en oligo-éléments :

Les symptômes

Les carences en oligo-éléments s'accompagnent toujours de symptômes la gravité dépend de la carence en cause. Il faut préciser que rarement on rencontre une carence en un seul élément.

Les symptômes généralement rencontrés sont :

- le déficit de croissance ou d'engraissement
- la chute de la production laitière
- l'inappétence
- le pica
- la cachexie
- l'Anémie
- les défauts d'aplomb
- les fractures spontanées
- les boiteries
- les troubles cardiaques; la dyspnée
- la diarrhée
- Décoloration des poils, poils piqués, pelade et dermite.
- goître, infécondité, déformation des sabots
- dégénérescence musculaire.

Il est rare de rencontrer les mêmes symptômes à la fois sur plusieurs animaux. Aussi un regroupement des signes observés permet d'avoir une idée sur une carence donnée.

Ces symptômes entraînent des pertes directes : dégradation de l'état général des animaux pouvant aller jusqu'à la mort (rarement)

- des pertes indirectes : diminution de la productivité des animaux, entraînant des pertes économiques.

V - Etiologie et Pathogénie des carences

a> Etiologie :

Différents facteurs sont susceptibles de modifier la teneur des fourrages en oligo-éléments, et par conséquent sont captables de provoquer des carences chez les animaux, (28). Il existe des causes liées au sol et à la plante, et d'autres à l'animal (carences primaires ou secondaires) (18).

1/ Causes de carences au niveau sol-plante :

1/1 - Le sol

L'apparition de carences est liée :

- à la réserve en oligo-éléments de la roche-mère
- au type et au degré d'altération subie par cette roche
- au cours de la pédogénèse. Les oligo-éléments libérés des minéraux sont plus ou moins bloqués par des matériaux néoformés (argiles, hydroxydes de fer, d'aluminium, chélates, etc...).
- aux conditions actuelles de pH et de potentiel redox du sol, Le manganèse est plus mobile en milieu acide qu'alcalin ; le molybdène a un comportement opposé. Les deux sont solubilisés en milieu réducteur, puis bloqués en phase de réoxydation, dans les concrétions ferromanganeuses. L'activité microbienne intervient en outre pour libérer ou stocker les éléments constitutifs de la matière vivante.

L'ensemble de ces facteurs agronomiques ont pour conséquence de délimiter des aires de carences potentielles en rapport avec le sol et les conditions d'exploitation.

1/2 - La fertilisation et l'intensification fourragères

- Les amendements calcaiques modifient le pH du sol et peuvent provoquer des carences en manganèse et des toxicités en molybdiques.
- Les amendements bromiques peuvent favoriser la libération des oligo-éléments bloqués dans la matière organique, mais aussi leur captage néosynthèse microbienne.

- La fertilisation azotée ou phosphorique peut-être **bénéfique** ou **défavorable** selon que le sol est riche ou pauvre en **oligo-élément**. La capacité de la plante peut être exaltée ; cependant si les **réserves** de sol sont faibles, les éléments **absorbés** sont **dilués** dans une moins plus grande de **matière produite (28)**.

Des résultats semblables ont été obtenu par le même auteur (x) avec l'irrigation.

1/3- La plante

La richesse d'une plante en un **élément minéral** donné est fonction de l'espèce, de la partie de la plante, et du stade **végétatif**.

1-3-U - L'espèce

Les graminées sont en général plus pauvres en cuivre que les légumineuses. Cependant en sols **très** pauvres les légumineuses peuvent contenir **moins de cuivre que les graminées**.

Pour le **molybdène** les légumineuses sont les plus riches ainsi que la **flore spécifique** des prairies humides.

En **revanche les** graminées et le **dactyle** en particulier sont plus riches en **manganèse** que les légumineuses.

1-3-2/- Partie de la plante

Les feuilles sont plus riches en oligo-éléments que les tiges et en général les parties jeunes des feuilles et des tiges sont mieux pourvues que les parties **âgées**. La paille des **céréales** est normalement plus pauvre en **cuivre** que le **grain, mais** en milieu très carencé l'inverse peut être observé.

1-3-3/- Le stade végétatif

Au cours du premier cycle les graminées **s'appauvrissent** fortement en cuivre. La diminution **de la teneur** d'abord rapide, **plus** lente, se poursuit jusqu'à la floraison (13).

Les **deuxièmes coupes** et les regains de **prairies** naturelles sont toujours plus **riches** que les foin de première coupe (28).

Les autres **Oligo-éléments** semblent suivre les **mêmes** lois que le cuivre mais de **façon plus** irrégulière.

1-3-4/- Conséquences sur l'alimentation animale

- Les fourrages récoltés tardivement en premier cycle sont pauvres en cuivre et d'autant plus qu'ils contiennent moins de légumineuses.

- Les foins récoltés tardivement, séchés dans de mauvaises conditions sont pauvres en oligo-éléments. Le fanage peut faire perdre les organes jeunes, les mieux pourvus.

- l'intensification fourragère peut contribuer largement à produire des carences animales.

2/ Les causes des carences primaires chez l'animal

L'insuffisance d'apport en oligo-éléments dans la ration des ruminants provoque la carence primaire. Cette insuffisance en oligo-élément peut-être estimée par rapport à des seuils de carence, c'est-à-dire le seuil au-delà duquel l'on observe pas de symptômes.

Ces seuils des besoins et des apports ont été résumés dans les tableaux n°1 et n°2.

3/ Les carences secondaires

Dans ce cas, les apports sont satisfaisants mais des perturbations métaboliques entraînent une mauvaise utilisation des éléments ce qui provoque des carences.

Ces perturbations se traduisent le plus souvent par des interférences entre certains corps et les oligo-éléments.

Quelques interférences sont connues.

3/1 - Interférences avec le cuivre :

3-1-1- / Le molybdène et les sulfates

Le Molybdène, associé aux sulfates augmente la cuprémie et diminue le cuivre hépatique, Une carence en Cu due à la pauvreté de la ration en cet élément, apparaît d'autant plus vite que le régime contient plus de molybdène et de sulfate.

Il semble que l'existence d'un complexe cuivre-molybdène (7). Dowley et al. 1969, peu soluble, susceptible de se former in vivo, et absorbable comme le cuivre seul, serait à l'origine de la carence car le Cu ainsi complexé n'est pas utilisable par les cellules, notamment pour la synthèse de céruplamique.

L'ion sulfate ; seul ne modifie que le métabolisme du cuivre, mis associé au molybdène, il diminue le cuivre hépatique et augmente le cuivre plasma-tique qui s'associe alors aux albumines, avec une diminution de la fraction plastique,

Le molybdène et l'ion sulfate augmente l'excrétion urinaire du cuivre.

Les sulfates diminuent l'absorption du Cu et Mo. En effet, il semble que (SPAIS 1968) (30) le milieu réducteur du rumen transforme les sulfates en sulfures qui produisent du sulfure du Cu insoluble. Par ailleurs, HARTMANS et BOSMAN, 1970 (9), pensent que le Mo accroît la réduction des sulfates en sulfures.

3-1-2- / Les Protéines :

Il est fréquent de voir une chute du cuivre hépatique chez des animaux recevant de l'herbe jeune à teneur correcte en Cu. On pense que le déséquilibre MAD/UF en faveur de MAD provoque un gaspillage d'AA soufré, en favorisant la formation de sulfures par les microorganismes du Rumen, avec pour conséquence la diminution de la teneur du cuivre.

3-1-3/- Le calcium :

La rétention du Cu est fortement influencée par des teneurs élevées en Ca dans le régime.

On pense que ceci est du à une augmentation du pH intestinal qui entraîne une précipitation du Cu sous forme d'hydroxyde peu assimilable. Ceci a été confirmé pour le Cu, le Zinc et le Mn (32).

3-1-4/- Le fer

Le Fe et le Cu sont nécessaires pour l'hématopoïèse. On dit aussi que le Cu n'a joué aucun rôle dans l'absorption du Fe, mais il peut diminuer les besoins en Fe ou cause d'une anémie.

3-1-5/- Le zinc

L'excès de zinc fait apparaître les symptômes de la carence en Cu et on pense que les excès de Zn inhibent la cytochrome-oxydase et la Catalase. Mais l'addition de Cu permet de restaurer l'activité de ces systèmes enzymatiques.

Il semble que le Zn et le Cu entre en compétition à un même site d'absorption.

3-1-6/- - Le Cobalt

La carence en cobalt provoque une diminution du cuivre hépatique chez des bouvillons (HAPMAN et KIDDER 1964) (5). Becker et al. (xxx) pensent que le Co augmente la digestibilité au Cu des fourrages.

3/2- Interférences avec la Manganèse

Le Mn est très peu digestible. 95 à 98 p.100 de la ration sont excrétés par les fèces. Il semble que le phosphore et le calcium augmentent les besoins en Mn, d'après Thomas (34) et Hawkins (10).

Pour Thomas (34) le P augmente l'excrétion fécale du Mn et pour SUTTLE et FIELD (32) le phénomène fut observé avec le calcium.

3/3 - Interférence avec le Zinc.

D'après Suttle et Field (32), le Calcium augmente l'excrétion fécale du Zinc.

Mills et Dalgarno (24) ont noté que le Ca, exacerbe, les lésions cutanées d'agneaux carencés en Zn sans modifier leur croissance.

Chez les ruminants l'acide phytique n'a aucune influence sur le métabolisme du Zinc, il serait dégradé dans le rumen. Par contre chez la ... les monogastriques l'acide phytique associé au calcium peut chélater le Zn et diminuer son absorption.

3/4 - Interférences avec le Cobalt

SPAIS (31) et al. ont démontré que les sulfates, les cyanures diminuaient le Co hépatique chez des mutons pâturant sur des herbages riches en sulfate, et dont la teneur en Co était jugée normale.

Ils ont montré que le molybdène tendait à augmenter le Co hépatique.

Mais en mélange, l'action des sulfates et des cyanures prévaut un selle du molybdène.

3/5- Interférence avec l'Iode

Les protéines de soja insuffisamment traitées par la chaleur sont goitrigènes. Ces mêmes protéines ne modifient pas l'absorption de l'iode minéral, mais affectent la réabsorption de l'iode organique d'origine endogène.

Les thiocyanates notamment des crucifères diminuent la captation des iodures par la thyroïde et sont capables de la vider de son iode (FERRANDO 1971).

HEMKEN (1970) pense que le calcium au large excès peut être goitrigène (11).

3.6/ - Interférences avec le Sélénium

L'ion arsénite augmente l'élimination fécale du sélénium tandis que le c diminue son élimination par toutes les voies, ou augmentent sa rétention dans les tissus (GANTHER et BAUMANN 1962) (8).

L'ion sulfate augmente l'élimination urinaire, mais diminue la rétention dans le sang, le foie., les reins, et la carcasse.

b) La Pathogénie ; Symptômes et Lésions

Les carences en oligo-éléments évoqués, se traduisent au niveau de l'animal par des perturbations métaboliques dont les symptômes et lésions,

1/ Lacarence en cuivre

1/1 - L'anémie

La céruloplasmine joue un rôle important dans le métabolisme du Fe. Elle intervient comme une ferroxidase et favorise l'oxydation du Fe^{++} en Fe^{tt+} et participe ainsi à la formation du complexe Fe. sidérophiline. La céruloplasmine représente 80 p.100 du Cu plasmatique est indispensable à la mobilisation du Fe pour la synthèse de l'hémoglobine et de la myoglobine.

1/2 - Les troubles osseux

Lacarence en cuivre provoquent une modification du collagène et de la matrice protéique de l'os.

La cohésion et l'insolubilité sont réalisées au sein de la matrice protéique par des liaisons intramoléculaires engageant des portions aldéhydes, provenant des amines de lysine sur le carbone E.

L'oxydation des amines E et des lysines est réalisée par une aminooxydase dépendante.

La diminution du nombre des fonctions aldéhydes de la protéine limite sa cohésion et augmente sa solubilité.

1/3- La décoloration des poils

La synthèse de la mélanine est réalisée par la polyphénoloxydase, une coproenzyme. La carence en Cu provoque une diminution de l'activité de cette enzyme, ce qui limite la production de mélanine et explique la décoloration des poils.

1/4- Chute de croissance, Perte de poils et cachexie

sont attribués à la diminution de l'activité du système cytochrome-oxydase.

1/5- Troubles cardiaques

diminution de l'activité de la cytochrome-oxydase d'où baisse de l'activité respiratoire.

1/6- Modifications de la laine ou des poils

par diminution de l'oxydation des groupements sulfhydriles de la prékéra-tine par la formation des ponts dissulfures de la kératine. On voit en particulier que le cuivre est capable de catalyser à lui seul ce type d'oxydation.

1/7- Troubles nerveux : du à une myélinisation défectueuse par défaut de cytochrome oxydase.

2/ La carence en zinc

2/1- L'inappétence : est l'un des premiers symptômes, mais disparaît chez le rat quatre heures après la supplémentation (chesters et al. 1970).

Ils pensent que le zinc interviendront dans un Centre stimulateur de l'appétit (6).

2/2- Les troubles osseux

Nielsen (25) a montré sur le poulet qu'une carence en zinc ralentit l'incorporation de sulfate dans les chondrestines sulfate du cartilage. Il s'en suit donc une altération des cartilages participant à la croissance osseuse.

Hurley (1968) (12) a montré lui que la carence en zn diminue l'anabolisme et le catabolisme osseux ainsi que la vitesse d'échange du calcium de l'os.

2/3 - La dermite :

constitue la lésion principale. Des érosions accidentelles ne se referment pas, s'ulcèrent et l'hyperkératose s'installe. Il semble que la carence limite fortement la migration de l'épithélium néoformé. Le Zn avait un rôle important dans les divisions cellulaires (PRASAD, 1971) (29).

3/- La carence en manganèse

3/1- L'infécondité

Les mécanismes d'action de cette infécondité n'ont pas été démontrés, mais de nombreux auteurs dont Brochart (1971) (2) tiennent la carence en Mn pour responsable.

Hurley (1966) (12), pensait qu'il s'agit d'une lésion biochimique globale, avec des perturbations métaboliques énergétiques cellulaires.

3/2- Les troubles osseux :

Le mécanisme d'action du Mn dans le métabolisme de l'os a été étudié par LEACH (1967-69). Le Mn est nécessaire à la synthèse des micropoly-saccharides du cartilage : les chondroïtines sulfates (22) (22).

Les lésions biochimiques, par insuffisances de synthèse, expliquent le raccourcissement des os par la diminution de la croissance en chondrale, ainsi que les déformations osseuses.

Les ataxies observées chez les jeunes sont expliquées par des malformations osseuses de l'oreille interne et l'absence d'otalithe α qui provoque des troubles de l'équilibre.

4/- Le cobalt : joue un rôle dans la croissance et l'activité de la flore du Rumen pour la synthèse de vit. B12 et constitue un facteur d'équilibre pour cette flore.

La vit. B12 synthétisée est un coenzyme servant à certaines méthylations et certaines isomérisations. La carence en Vit. B12 par insuffisance d'apport de Co, entraîne un blocage de la transformation de l'acide propionique en ac. succinique, un des intermédiaires du cycle de Krebs.

.../...

Une carence compromet donc le métabolisme énergétique des ruminants. Cette lésion explique assez bien la chute de croissance et la cachexie, en effet, la ration n'est pas rentabilisée en cas de carences en vit. B12.

5/- L'iode :

La thyroïde, carencée en iode, synthétise une préhormone, non iodée et inactive. L'hypophyse, en l'absence de thyroxine, secrète l'hormone de stimulation de la thyroïde (ISM), ce qui accroît l'activité thyroïdienne, et provoque le goître.

6/- Le Sélénium :

La carence se caractérise essentiellement par la dégénérescence musculaire, avec boiteries, troubles cardiaques et respiratoires.

Déjà en 1965, Lamand (10) étudiait le "syndrome myopathie-dyspnée et tentait une prophylaxie sur le sélénium, chez le veau. Il a par la suite pu démontrer expérimentalement (20) qu'il était possible d'obtenir une myopathie chez les veaux carencés soit en Vit. E, soit en Sélénium. Il attribue à la suite de ces études un rôle ou dans le métabolisme énergétique cellulaire et en particulier dans la décarboxylation oxydative de ces métabolites intermédiaires.

VI - DIAGNOSTIC DES CARENCES EN OLIGO-ELEMENTS

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.

a/ Diagnostic clinique est indispensable pour l'organisation du diagnostic analytique à demander au laboratoire.

1) Fer : Une carence se traduit essentiellement par une anémie chez les jeunes.

2) Cuivre : à la décoloration des poils, s'ajoutent des troubles cardiaques ou respiratoires en série.

3) Cobalt : On note un déficit de croissance, de la maigreur inexplicable par la quantité et la qualité de la ration.

Le poil est piqué, long, rugueux sur le garrot.

4) Iode : Une carence provoque le goître.

5) Manganèse : On observe un jarret droit en zone calcaire.

6) Zinc : On a des Pelades et des dermites sans prurit, avec des plaies atones.

7) Sélénium : Myopathie traduite par des boiteries., la voussure du dos, de la dyspnée et des troubles cardiaques vers l'âge de 1 mis et demi à 2 mis.

Il faut dire aussi que la carence en vit. E Peut donner une myopathie; mis elle est rare.

b/ Diagnostic analytique

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

1) Dosage des oligo-éléments dans l'aliment

La première démarche dans le diagnostic d'une carence, doit consister en l'examen de la ration.

1/1- Existence et distribution d'un complément minéral

Voir la composition de la ration.

1/2- Analyse des principaux fourrages

1-2/1- Nature du prélèvement

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

1-2/2- Mode de prélèvement

Environ 500 g en sac de 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, riche en Mn, Zn et Co.

1-2/3- 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, département, commune
- la nature du prélèvement est indispensable : foin de prairie naturelle ou temporaire, plante ensilée, âge, numéro du cycle;
- composition du prélèvement : proportion des graminées, légumineuses, plantes diverses.

Enfin le mode de séchage et la nature du sol d'origine.

1-2/4- Analyses demandées : 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 d'un même prélèvement et de la même pièce d'essai mise en solution.

Le Co dosé à part sur une prise d'essai plus importante, comme le Se. Leur dosage est relativement plus long et donc plus coûteux.

Le Mo peut être demandé pour une carence chez les ruminants ou un excès de Cu chez les ovins.

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 et l'hémolyse.

Céruleplasmine : diagnostic enzymatique pouvant remplacer le dosage du cuivre plasmatique.

Le cuivre plasmatique et la céruleplasmine sont liés par une corrélation très élevée ($r = 0,8$ ou $0,9$). Les résultats sont exprimés pour la céruleplasmine (en densité optique) en mg de Cu par l'équation de la droite de régression.

T.G.O. : d'origine essentiellement musculaire; apparaît précocement dans le plasma dès le début de l'évolution du système musculaire vers la myopathie que ce soit par carence en Se ou en vit.E.

Le T.G.O. augmente environ un mois avant l'apparition des symptômes de myopathie.

2/1- 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.

Les T.G.O. ont une conservation bonne, mais limitée dans le temps (quelques jours).

Toute contamination faussera les teneurs de Cu et de Zn.

Il est nécessaire de faire des prélèvements sur au moins 10 p.100 des animaux.

2/2- 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 (b.m.) pendant le retour (max. 1 heure).

2/3- L'expédition des échantillons

Les échantillons seront étiquetés. Le sparadrap est à proscrire pour entourer le bouchon car il peut être contaminant (latex à l'oxyde de Zn).

Les échantillons seront accompagnés de la fiche des commémoratifs.

2/4- Les commémoratifs : Dans tous les cas, les échantillons seront envoyés avec la feuille des commémoratifs.

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.

4/ Dosages dans les poils

Brochart (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).

c/ L'interprétation des résultats d'analyse

1) Les aliments

Les teneurs les plus fréquemment rencontrées et les limites sont indiquées dans le tableau n°2.

Il est bien entendu que ces valeurs propres aux fourrages français doivent être déterminées pour les fourrages et aliments utilisés dans l'alimentation animale au Sénégal,

2) Analyses plasmatiques

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 carence, 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'erreur (16).

Ces valeurs sont données dans le tableau n°3.

Tableau n°3

Elément ou enzyme	Limite de carence	Valeurs habituelles	Causes d'erreurs
Cu (en mg/100 ml)	70	80-120	contam. >150-200 Maladies infectieuses ou inflammation >120-150
Zn (mg/100 ml)	70	80-120	Contamination >150 Hémolyse : 150-600 Maladies infectieuses ou inflammation <80
Céruroplasmine 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 $\frac{TGO}{TGP}$ de 0,5 à

3) Analyses pilaires

Ces analyses permettent d'aboutir à une conclusion si les poils sont nettement en-dessous du seuil de carence. (Cf → Tableau n°4).

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

VII - 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 mis.

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 Périgaud 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.

La rémanence est de 2 mis et demi environ.

b) Prophylaxie

1/ Prophylaxie par apport direct d'oligo-éléments aux animaux

1/1- 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°4

Elément	Teneur moyenne en mg/kg MS	Besoins mg/kg de MS	Déficit journalier à couvrir
Cu			
Co			
I			
Mn	0,30, 0,2	0,20, 0,8	61,7 mg
Zn	25	50	300mg
Se	0,05	0,1	0,6 mg

1/2 - Forme et répartition dans le temps de la complémententation1-2/1- 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.

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°5 (*)

Elément	Déficit journalier à couvrir	Forme de sel	% d'élément dans le sel	Facteur de multiplication	Q/j. dans 100g de cm.	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	60mg/kg
I	7,2 mg	ca (IO ₃) ₂	2/3	3,2	10 mg	100mg/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	12mg/kg

(*) D'après Lamand : les minéraux et vitamines : Extr.Pt.Vét., 16-17 Oct. 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 complémententation.

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 (26)

2/1- Le cuivre

2-1/1- Apport au sol : de 25-30 kg de SO₄Cu 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- Au₂SO₄

L'apport de 25 à 50 kg de SO₄Zn 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; mis moins spectaculaires sur sols calcaires.

Les pulvérisations sont possibles aussi, mis 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 nécessiter 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.

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

Enfin, il faut dire qu'il est possible d'apporter ensemble au sol ou en pulvérisations foliaires tous les éléments qui sont insuffisants pour l'animal. Les effets éventuellement antagonistes sont moins importants que ne l'est la marge d'incertitude inévitable sur les teneurs que l'on veut obtenir.

Cette étude des oligo-éléments donnent un bel exemple de la conduite à tenir dans la recherche d'une solution à un problème d'élevage. Que ce soit sur le plan pathologique et nutritionnel, les deux étant étroitement liés ou souvent confondus, le schéma à suivre est toujours le même : étude des causes, étiologie; description des symptômes; essais de compréhension des mécanismes biochimiques ou métaboliques qui induisent les signes cliniques; détermination des moyens de poser un diagnostic et enfin proposition de méthodes de traitement et de prophylaxie.

Dans l'étude des carences en oligo-éléments, ce schéma aura permis à Lamand de cerner les problèmes extrinsèques et d'avancer dans celui des causes intrinsèques tenant à l'animal.

Ainsi après la constatation des variations de digestibilité d'une herbe jeune et de la même herbe à un stade végétatif plus avancé, il s'est tourné vers l'étude : du temps de séjour des aliments dans les réservoirs gastriques; de la vitesse de transit des aliments et de leur absorption au niveau de la barrière intestinale.

C'est dans la poursuite de ce programme que le laboratoire a eu à lancer l'expérience sur le cuivre radioactif (^{64}Cu).

C/ VARIATIONS DU C.U.D. DU CUIVRE ET DE SA RETENTION
 ETUDE A L'AIDE DU ^{64}Cu

a/- Les buts

L'étude des carences en oligo-éléments a montré qu'une herbe jeune voit la digestibilité et la rétention de ces o-é diminuer dans de fortes proportions, même si elle en est suffisamment pourvue. On sait en outre qu'une herbe jeune transite plus vite dans le tube digestif qu'une herbe à un stade végétatif plus avancé. On s'est alors demandé si cet accroissement de la vitesse de transit n'était pas la cause de la baisse de la digestibilité des oligo-éléments ?

Ceci a conduit Amboulo et Rayssiguier (1975) à étudier l'influence du temps de séjour d'un aliment sur la digestibilité des minéraux.

La méthode utilisée fut celle des "particules colorées"; l'aliment étant la luzerne présentée sous deux formes : longue ou broyée et agglomérée. Ils admettaient alors que la présentation physique influe sur la vitesse de transit.

Ceci fut confirmé car l'aliment entier s'est révélé plus lent à transiter d'une part et d'autre part le C.U.D. est plus faible avec l'aliment broyé.

Il s'agissait alors de savoir si la vitesse de transit agit en modifiant l'absorption des oligo-éléments ou leur excrétion endogène.

On arrive ainsi à l'étude du métabolisme du cuivre à l'aide de son isotope radioactif.

b/ Matériel et méthodes

1) Les animaux utilisés sont des agneaux mâles d'un poids moyen ~~77~~ 40 kg, portant des fistules au rumen, au duodénum et à la valvule iléo-coecale.

2) L'aliment est le même que celui utilisé lors de l'expérience des "particules colorées", à savoir la luzerne : longue ou broyée et agglomérée.

3) La méthode est celle des bilans. On administre le ^{64}Cu qui est une solution aqueuse de chlorure, dans un premier temps par le rumen et dans un deuxième temps en intraveineuse.

Les deux modes d'administrations sont effectués avec chacune des présentations de la luzerne. Ainsi l'expérience se décompose en quatre parties.

1ère partie

Luzerne longue et ^{64}Cu par le rumen

2ème partie

Luzerne longue e ^{64}Cu en I.V.

3ème partie

Luzerne broyée et agglomérée, ^{64}Cu par le rumen

4ème partie

Luzerne broyée et agglomérée, ^{64}Cu en I.V.

Avant l'expérience, une période de trois semaines est observée pour l'accoutumance des animaux au régime. La même chose est répétée entre la 2ème partie et la troisième.

Le déroulement de la manipulation consiste à administrer à chaque animal sa dose de cuivre radioactif en une fois. Après quoi chaque jour, les animaux reçoivent leur ration de luzerne. L'abreuvement est à volonté.

Les prélèvements commencent à la 4ème heure et se font de 4 heures en 4 heures les premières vingt quatre heures puis de 24 à 24 jusqu'à la 96ème heure.

On prélève des fécès, de l'urine, du sang, du contenu du rumen du duodénum et de la valvule iléocœcale.

L'analyse des prélèvements permet de doser le cuivre dans les différentes portions du tube digestif, afin de pouvoir apprécier les échanges après la détermination de la radioactivité des divers éléments prélevés. L'objectif étant la détermination de la radioactivité spécifique du Cu à chaque instant dans une portion donnée du tube digestif, ou dans le sang, l'urine et les fécès.

Enfin l'expérience permet de se rendre compte d'une part de l'apparition du ^{64}Cu dans le sang (absorption) et d'autre part dans la lumière intestinale (excrétion endogène (1 et 3) dans 2 et 4).

c/ Résultats

Nous avons dit au début de ce rapport que le travail auquel nous avons participé fait l'objet d'une thèse, aussi nous ne pouvons en publier ici les résultats.

Néanmoins nous pouvons dire que les variations de digestibilité et de rétention semblent être dues à l'absorption qui est plus importante avec l'aliment entier.

d/ Intérêt de l'expérience

La technique et la méthode utilisées dans cette expérience, sont en tous points intéressantes pour nous, surtout quand on sait que l'une des préoccupations majeures de la recherche vétérinaire et zootechnique au Sénégal, est la résolution des problèmes alimentaires saisonniers qui se posent au niveau des élevages extensifs. Dans la recherche des voies et moyens, on a envisagé et même commencé l'étude du comportement alimentaire des animaux, avec la mesure de la consommation moyenne journalière au pâturage et l'estimation de la valeur alimentaire des ingestats durant les mêmes périodes.

L'application de ce programme a nécessité la mise au point de techniques et méthodes au nombre desquelles se situe la détermination de la meilleure méthode de digestibilité à utiliser.

Nous pensons donc que nous n'avons pas perdu notre temps, car en dehors de l'environnement scientifique qui nous a permis d'avoir une idée sur la conception et l'exécution d'un programme de recherche, nous avons pu approfondir nos connaissances dans l'étude des oligo-éléments d'une part et d'autre part sur les techniques des bilans.

Pour ce qui est de la transposition de la méthode des radioisotopes, certains nous diront que le coût peut être un facteur limitant; mais nous rappelons que le problème de l'utilisation de la radioactivité dans la recherche n'est pas le seul fait des vétérinaires et zootechniciens. Aussi on pourrait envisager une coopération entre laboratoires et instituts de recherche dans l'acquisition de l'infrastructure et une collaboration dans l'utilisation.

D/ CONCLUSION

On trouvera ce rapport disproportionné dans ces différents chapitres. Mais c'est parce que nous avons voulu faire voir que même dans un pays comme la France où l'élevage s'est intensifié de façon quasi irréversible, il demeure des problèmes relevant de la pathologie nutritionnelle. Problèmes qui requièrent la vigilance constante des chercheurs et praticiens.

Au Sénégal, on parle de plus en plus d'intensification fourragère, d'embouche industrielle ou paysanne. On envisage même la création de fermes laitières en important des vaches étrangères à hautes potentialités. Autant de projets qui s'ils aboutissent, s'accompagneront forcément d'inconvénients sur le plan pathologique. Les chercheurs devront donc, orienter leurs travaux afin de participer à un développement de l'élevage sans provoquer de rupture à l'un quelconque des maillons du Tétréadre : sol - plante - animal - consommateur (Théret) (33).

Nous avons fait ce rapport pour rendre compte de ce que nous avons pu apprendre au cours de ces six mois et pour justifier l'orientation future de notre séjour en France.

Le Professeur PASCAUD, responsable du Laboratoire de Physiologie Animale de l'U.E.R. de Paris VI a accepté notre inscription au D.E.A. de nutrition animale en vue d'une thèse de spécialité de 3ème cycle. Le sujet de la thèse traitera d'un problème spécifique au Sénégal en général et au laboratoire d'élevage en particulier. Ceci nous permettra à la fois de poursuivre notre formation et notre spécialisation sans trop nous couper des réalités du pays, afin de mieux nous insérer dans l'équipe de Physiologie et de Nutrition de Dakar.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - BELLANGER (J.), PERIGAUD (S.), LAMAND (M).- Carences en oligo-éléments chez les ruminants en France. 3 éléments d'enquêtes obtenus par les analyses de fourrages. Ann.Rech.Vét., 1973, 4, (4), 565-598.
- 2 - BROCHART (M).- Ann. Nutr. Alim., 1971...
- 3 - BROCHART (M).- L'élevage bovin, 1975, 12, 53-58.
- 4 - CALVET (H.)- Les maladies nutritionnelles en Afrique Noire. Econ. et Méd. An., 1971, 12 (2).
- 5 - CHAPMAN (H.L.) et KIDDER (R.W.)- Univ. Florida Agric. Exp. station, 1964, Bull. 674.
- 6 - CHESTERS (J.K.) et QUATERMAN (J.)- Brit. J. Nutr., 1970, 24, 1061.
- 7 - DOWDY (R.P.), KUNZ (G.A.) et SAUBERLICH (H.E.)- J. Nutr., 1969, 99, 491.
- 8 - GANTHER (H.E.) et BAUMANN (C.A.)- J.Nutrition, 1962, 77, 210.
- 9 - HARTMANS (J.) et BOSMAN (M.S.M.)- In "Trace element metabolism in animals. F.S. Livingstone, éd., Edimburgh, Londres, 1970.
- 10 - HAWKINS (G.E.), WISE (G.H.), MATRONE (G.), WAUGH (R.K.) et LOTT (W.L.)- J.Dairy Sci., 1955, 33, 536.
- 11 - HEMKEN (R.W.)- J.Dairy Sci., 1970, 53, 1138.
- 12 - HURLEY (L.S.)- fed. Proc., 1968, 27, 193.
- 13 - KERGUELEN (M.)- Ann. Amelior. Pl., 1960, 10, 177.
- 14 - LAMAND (M.)- Carences en oligo-éléments. Savoir les reconnaître et y remédier. Extr.Elev.Bov., 1975, 12, 35 à 42.
- 15 - LAMAND (M.)- Les minéraux et les vitamines. Extr.Pt.Vét., 16-17 Oct. 1975.
- 16 - LAMAND (M.)- Diagnostic des carences en oligo-éléments chez l'animal. Ann.Nutr.Alim., 1971, 26, (2), B 379 - B 410.
- 17 - LAMAND (M.)- Enquête sur la fréquence et la répartition géographique des carences en oligo-éléments en France. Extr. Cah.Méd.Vét., 1973, 42, (4), 155-175.
- 18 - LAMAND (M.)- Causes, conséquences biochimiques pathologiques et prophylaxie des carences en oligo-éléments chez les ruminants. Bull. Soc. Sc. d'Hyg. Alim. de l'Ass.Franc.des tech. de l'Alim.An. et de l'Ass.Franc. de Zoot., 1971, 59, 2, 153 à 172.
- 19 - LAMAND (M.)- Ann.Biol.Anim.,Bioch.,Biophys., 1965, 5, (2), 309-315
- 20 - LAMAND (M.)- CR. Acad. Sc., série D, 1970, 270, 417.

- 21 - LEACH (R.M.), MUENSTER (A.M.) et WIEN (E.M.).- Proc.Soc.Exp.Biol.Méd.,
1968, 127, 977.
- 22 - LEACH (R.M.).- Fed. Proc., 1967, 26, 118.
- 23 - MBAYE (ND).- La recherche vétérinaire et zootechnique au Sénégal. Bilan et
perspectives. Thèse Doc.Vét.Dakar, 1975.
- 24 - MILLS (C.) et DALGARNO (A.C.).- Proc.Nutr.Soc., 1967, 20, XIX
- 25 - NIELSEN (F.H.), DOWDY (R.P.) et ZIPORN (Z.Z.).- J. Nutr., 1970, 100, 903.
- 26 - PERIGAUD (S.), AMBOULOU (D.), TRESSOL (J.C.).- Enrichissement en cuivre
des fourrages sur pied. Extr. CR. Acad. 23 Oct. 73, 1049) 1071,
- 27 - PERIGAUD (S.).- Liaisons carencielles entre sols, végétaux et animaux.
Ann. Nutr. Alim., 1971, 25, B.327 à B.378.
- 28 - PERIGAUD (S.).- Ann. Agron., 1970, 21, 635.
- 29 - PRASAD (A.S.), OBERLEAS (D.) et MILLER (E.R.).- J. Lab.Clin. Méd., 1971,
77, 144.
- 30 - SPAIS (A.), LAZARIDIS (T.K.) et AGIANNIDIS (A.K.).- Rev.Vét.Sc., 1968,
9, 337.
- 31 - SPAIS (A.), PAPASTERIADIS (A.).- Aristolian Univ. Thessalaniki, Ann.Res.
Vét.Fac., 1966, 7, 167.
- 32 - SUTTLE (N.F.) et FIELDS (A.C.).- Proc.Nutr.Soc., 1970, 29, 33A.
- 33 - THERET (M.).- Les bases de l'élevage. Essais de représentation symbolique.
Bull. Acad. Vét., 1974, 47, Juillet, 355 à 360.
- 34 - THOMAS (J.W.).- J. Dairy Sci., 1970, 53, 1107.