

250800903

810

REPUBLIQUE DU SENEGAL

MINISTERE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

903

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

LABORATOIRE NATIONAL DE L'ELEVAGE
ET DE RECHERCHES VETERINAIRES

CARENCE EN MINERAUX : EXPLOITATION DES RESULTATS
ACQUIS POUR L'EBAUCHE D'UN CALENDRIERE T D'UNE
CARTE DES CARENCES AU SENEGAL

Par N.M. CISSE d'après les résultats du service de
Physiologie - Nutrition du LNERV et du service
d'Alimentation de l'IEMVT

REF. N° 27/PHYSIO.
FEVRIER 1984.

INTRODUCTION

Des recherches 'entreprises', d'une part en vue d'établir l'étiologie de l'intoxication botulinique encore appelée "maladie des forages", d'autre part poursuivies par les chercheurs du Laboratoire national de l'Élevage et de Recherches vétérinaires de Dakar à partir de 1962, ont permis de déceler des carences minérales au Sénégal.

Déjà en 1965, CALVET et col. (8) mettent en évidence la carence en phosphore

En 1971, FRIOT et CALVET (11) confirment la carence en phosphore au Ferlo et mettent en évidence une carence en calcium et cuivre dans cette même zone ainsi qu'en Casamance,

En 1973, ces mêmes auteurs (10) consignent les résultats de cinq années de recherche consacrée aux analyses sériques sur des bovins de différentes zones d'élevage du Sénégal et confirment la carence en calcium, phosphore et cuivre.

Assez vite donc, la complémentation minérale s'avère nécessaire pour combattre les maladies nutritionnelles du bétail d'où la création d'un Centre de pré vulgarisation des supplémentation minérales à proximité du forage de Labgar en 1971-72.

En effet, un apport insuffisant de matières minérales ou une perturbation de leur utilisation dans les différentes voies métaboliques sont responsables de bon nombre de maladies métaboliques sévères ou le plus souvent sournoises avec baisse progressive de l'efficacité zootechmique de l'animal. Or, en zone tropicale, l'animal tributaire du milieu naturel, couvre la presque totalité de ses besoins en minéraux par les pâturages naturels qui sont spécifiques d'une part des zones climatiques, mais aussi de la qualité du sol et de la quantité d'eau qui subsiste,

Il est donc aisé de comprendre le rôle des données sur la pédologie et sur les teneurs en minéraux des fourrages de la région comme commémoratifs dans le diagnostic des carences. Les résultats analytiques viendront confirmer les suspicions.

1 - MOYENS D'APPRECIATION DES RISQUES DE CARENCE MINERALE AU SENEGAL

A - Analyses de fourrages

Avec le programme ART démarré en 1979, une analyse plus complète des fourrages destinés à l'alimentation du bétail, avec dosage des minéraux majeurs et oligo-éléments.

Les résultats sont présentés sous forme de tableaux (n° 1, 2, 3, 4).

D'une façon générale, l'interprétation statistique de ces chiffres demande beaucoup de réserve en raison du faible échantillonnage.

1 - Méthodes d'analyses

Le principe de dosage des éléments minéraux dans les aliments est relativement simple. Après incinération de l'échantillon, les cendres sont mises en solution dans de l'acide puis la teneur en minéraux de la solution est déterminée par photométrie de flamme.

2 - Zones prospectées

2.1 - Bassin arachidier

Seuls quelques fourrages ont fait l'objet d'analyses. Mis à part la fane d'arachide, ils n'ont pas une importance majeure dans le régime des animaux. Une prospection plus complète du disponible fourrager de cette région est entreprise actuellement, les ligneux en particulier semblent jouer un rôle important dans l'alimentation des ruminants.

2.1.1 - Types de carence rencontrés

Le calcium

Les rafles et spathes de maïs et les pailles de mil souba ont des teneurs assez-faibles en calcium. Par contre les fanes d'arachide sont riches en calcium et couvrent les besoins en cet élément (cf. tableau n°5).

Tableau 1 :

BASSIN ARACHIDIER

en t/kg	Station	Pailles de foin de brousse			Pailles de maïs			Spattes de maïs			Pailles de sorgho			Pailles de mil Anna var. NPRO			Fane d'arachide	Fane d'arachide comblémentée	Fane d'arachide (62) et spattes de maïs (38)	Feuilles d'acacia linarioides				
		FS	+ 10 TA	%	FS	+ 10 TA	%	FS	+ 10 TA	%	FS	+ 10 TA	%	FS	+ 10 TA	%				FS	+ 10 TA	%	FS	+ 200 g sorgho
Ca	Doli	cf : zone S.P.														6,9								
	Bambey															2,93 **								
	Nioro							1,1 ***	1,01 ***							3,33 **	10,3 - 10,7 - 9,6 - 8,1	25 % sorgho 7,2						
	Kaymor																10,2 - 8,7 - 11,0 - 8,5 - 8,9 - 8,7 - 9,1 - 11,3 - 12,9 - 9,4 - 8,1	20 % graine de coton 8,0	6,02					
P	Doli																							
	Bambey															2,30 **	1,06 ***							
	Nioro							0,5 ***	1,15 ***							1,50 **	1,3 - 1,4 - 1,50 - 1,50	25 % sorgho 1,70 **		1,14 ***				
	Kaymor																1,0 - 0,8 - 1,10 - 1,10 - 1,6 - 1,7 - 2,20 - 1,47 - 1,10 - 1,50	20 % graine de coton 0,90						
Mg	Doli																							
	Bambey																							
	Nioro							0,90 ***	0,50 ***							4,30 **	6,1 - 6,4 - 4,9 - 5,80							
	Kaymor																4,5				1,36			
K	Doli																							
	Bambey																							
	Nioro							0,40 ***	6,30 ***							232,0 **	12,3 - 12,8 - 10,6 - 9,8							
	Kaymor																8,7				1,72			
Co	Doli																							
	Bambey																							
	Nioro							0,76 ***	0,17 ***							0,60 **	0,35 - 0,42 - 0,32 - 0,31							
	Kaymor																				0,35			
Cu	Doli																							
	Bambey																							
	Nioro							17,90 ***	1,74 ***							8,90 **	2,6 - 4,7 - 2,9 - 7,9							
	Kaymor																4,6				7,93 ***			
Zn	Doli																							
	Bambey																							
	Nioro							76,5 ***	8,83 ***							29,60 ***	21,4 - 26,5 - 14,1 - 18,0							
	Kaymor																							
Mn	Doli																							
	Bambey																							
	Nioro							50,3 ***	2,0 ***							109,5 **	176,9 - 177,0 - 101,0 - 172,0							
	Kaymor																							
Fe	Doli																							
	Bambey																							
	Nioro							2525,0 ***	106,2 ***							1159,0 **	521,6 - 692,0 - 356,0 - 431,0							
	Kaymor																							
Na	Doli																							
	Bambey																							
	Nioro							176 ***	288 ***							143 ***	398 - 360 - 226 - 114							
	Kaymor																							
indéterminée	Doli																							
	Bambey																							
	Nioro																							
	Kaymor																							
indéterminée	Doli																							
	Bambey																							
	Nioro																							
	Kaymor																							
indéterminée	Doli																							
	Bambey																							
	Nioro																							
	Kaymor																							
indéterminée	Doli																							
	Bambey																							
	Nioro																							
	Kaymor																							

1) < limite de carence : ****

2) < entretien : ***

3) < E + 250 g/j ou **

< E + 10 l de lait

4) < E + 500 g/j ou *

b) Le phosphore

Les fourrages analysés dans la zone arachidière sont psuvres en phosphore.

c) Le potassium

Les rafles et spathes de maïs ont de faibles teneurs en potassium (0,5 à 1,15 g/kg MS) qui sont inférieures aux besoins : 2,4 g/kg MS (24).

d) Le cuivre

Les fanes d'arachide et spathes de maïs ont des taux de cuivre généralement inférieurs au seuil de carence qui est de 7 mg/kg MS (19).

e) Le zinc

La carence en zinc existe, Les teneurs sont pour la plupart en dessous de la limite de carence.

f) Le sodium

Les besoins en sodium (1 g/kg MS) ne sont pas couverts par les fourrages étudiés.

2.1.2 - Effet de la complémentation

Des essais de complémentation des rafles et spathes de maïs avec du tourteau d'arachide et de la fane d'arachide avec du sorgho ou des graines de coton ont été réalisés. Les observations suivantes ont alors été faites :

- le sorgho et les graines de coton n'offrent pas d'intérêt, aux taux où ils sont utilisés, en matière de complémentation phosphocalcique
- le tourteau d'arachide diminue la taux de calcium., **cuivre**, zinc **et** manganèse ; par contre, il **élève** la teneur en phosphore, potassium et sodium de la ration.

En effet, les graines dont sont issus les tourteaux sont pauvres en calcium et riches en phosphore (18).

2.2 - Zone sylvo-pastoralo

Les résultats d'analyse pour cette zone concernent la composition moyenne "du tapis herbacé, or il est probable que les animaux par leurs choix consomment une ration plus riche en minéraux. Par exemple, les inflorescences et graines des herbacées, ou les feuilles des ligneux qui exploitent les couches profondes du sol - doivent enrichir les rations.

2.2.1 - Types de carence rencontrés

a) Le calcium

D'une façon générale, seuls les besoins d'entretien : 1,8 g/kg MS (23) sont couverts par les fourrages étudiés dans la zone. Pendant l'hivernage, la teneur en calcium du pâturage s'élève.

b) Le phosphore

Les fourrages sont pauvres en phosphore. Dans la plupart des cas, les besoins d'entretien ne sont pas couverts.

c) Le potassium

Les teneurs sont bonnes sauf pour le pâturage naturel de Doli du mois de septembre qui n'assure pas la couverture des besoins de croissance.

d) Le cuivre

La carence en cuivre est générale. Les taux de cuivre des fourrages se situent pratiquement en dessous de la limite de carence et, dans le meilleur des cas, les besoins de croissance ne sont pas couverts.

e) Le zinc

La carence en zinc des fourrages est assez prononcée.

f) Le sodium

Les besoins ne sont pas couverts pendant toute l'année.

Tableau 2 : TABLE RESSOURCES EN COMPLEMENT DE LA ZONE STELL-PASTORALE

		J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	
Ca	Téaohré TSE + 8 p.100 T.A. Labar Lab. + 8 p.100 T.A. Bail			4,4					5,6 3,31			3,6	2,47-2,52	
	Bail + 8 p.100 T.A. Bail + 15 p.100 T.A. Bail + 20 p.100 galera Bail + 15 p.100 galera + 8 p.100 T.A.	3,44	3,40	7,1-8,9 7,2	3,90 4,40 4,27 (5,7)		3,0-2,8	2,7	2,34	(1,37)	2,60	2,30	2,47	
	Bail + 8 p.100 T.A. Bail + 15 p.100 T.A. Bail + 20 p.100 galera Bail + 15 p.100 galera + 8 p.100 T.A.	3,14										3,46 (2,42)	(2,18) (2,17) (2,75)	2,3- (3,8) 3,04-3,24 3,23-3,05 3,00
	Téaohré TSE + 8 p.100 T.A. Labar Lab. + 8 p.100 T.A. Bail			1,30						0,50 0,90			0,30	0,14-0,27
F	Bail + 8 p.100 T.A. Bail + 15 p.100 T.A. Bail + 20 p.100 galera Bail + 15 p.100 galera + 8 p.100 T.A.	0,40	1,80	1,30-1,8 2,9	1,10 0,80 1,77 (1,7)		0,40- 0,30	0,30	0,83	(0,86)	0,30	0,30	0,30	
	Bail + 8 p.100 T.A. Bail + 15 p.100 T.A. Bail + 20 p.100 galera Bail + 15 p.100 galera + 8 p.100 T.A.	0,06										0,71 (1,12) (0,43)	0,74 (0,42-0,48) 0,30 (0,40) 0,30	
	Téaohré TSE + 8 p.100 T.A. Labar Lab. + 8 p.100 T.A. Bail			3,30					0,80 2,00			1,30	1,35-1,55	
	Bail + 8 p.100 T.A. Bail + 15 p.100 T.A. Bail + 20 p.100 galera Bail + 15 p.100 galera + 8 p.100 T.A.	1,48	3,70	0-3,3 3,3	3,80 3,75 (3,7)		0,40- 0,30	1,20	1,17	0,355	0,452 (0,27)	0,30	0,30 0,42- (1,59) 0,32 (1,48) 0,30-1,37	
K	Téaohré TSE + 8 p.100 T.A. Labar Lab. + 8 p.100 T.A. Bail			7,70					6,80 2,00			1,30	1,35-4,27	
	Bail + 8 p.100 T.A. Bail + 15 p.100 T.A. Bail + 20 p.100 galera Bail + 15 p.100 galera + 8 p.100 T.A.	5,70	3,20	1,30-2,1 2,1	2,40 2,00 2,18 (2,4)		6,40- 5,30	2,40	4,8	(5,11)	4,50	0,7	0,70	
	Bail + 8 p.100 T.A. Bail + 15 p.100 T.A. Bail + 20 p.100 galera Bail + 15 p.100 galera + 8 p.100 T.A.	4,70										0,80 (0,80) (0,45) (0,42) (0,72)	0,85-5,91 0,30- (5,91) 0,30- (3,84) 0,30- (1,28) 0,30- (5,96) 3,20	
	Téaohré TSE + 8 p.100 T.A. Labar Lab. + 8 p.100 T.A. Bail			0,91					0,80 0,73			0,84	0,85-0,92	
Co	Bail + 8 p.100 T.A. Bail + 15 p.100 T.A. Bail + 20 p.100 galera Bail + 15 p.100 galera + 8 p.100 T.A.	2,27	2,50	0,91-1,4 0,67	0,69 0,10-0,05 0,95-0,42 (0,14)		7,50-0,65		0,41	0,73		0,55	0,50	
	Bail + 8 p.100 T.A. Bail + 15 p.100 T.A. Bail + 20 p.100 galera Bail + 15 p.100 galera + 8 p.100 T.A.	1,85										0,55 (0,51) (0,05)	0,85 (1,54- (2,24)) (2,27) 1,30-1,40- 1,31	
	Téaohré TSE + 8 p.100 T.A. Labar Lab. + 8 p.100 T.A. Bail			8,40					7,80 2,94			5,80	5,21-5,13	
	Bail + 8 p.100 T.A. Bail + 15 p.100 T.A. Bail + 20 p.100 galera Bail + 15 p.100 galera + 8 p.100 T.A.	6,67	8,40	9,00-7,4 2/3 4/4 1/3	8,00 8,00-2,64 24,00- 24,18 (8,0)		4,30-3,70	4,10	5,38	(4,65)	5,50	3,7 (5,17) (5,99) (6,44)	6,05- (6,50) 6,40 (5,93) 6,57-6,28- 6,58	
Cu	Téaohré TSE + 8 p.100 T.A. Labar Lab. + 8 p.100 T.A. Bail			8,40					20,80 22,50			18,70	18,87- 20,93	
	Bail + 8 p.100 T.A. Bail + 15 p.100 T.A. Bail + 20 p.100 galera Bail + 15 p.100 galera + 8 p.100 T.A.	6,67	8,40	9,00-7,4 2/3 4/4 1/3	8,00 8,00-2,64 24,00- 24,18 (8,0)		4,30-3,70	4,10	5,38	(4,65)	5,50	3,7 (5,17) (5,99) (6,44)	6,05- (6,50) 6,40 (5,93) 6,57-6,28- 6,58	
	Bail + 8 p.100 T.A. Bail + 15 p.100 T.A. Bail + 20 p.100 galera Bail + 15 p.100 galera + 8 p.100 T.A.	21,78	43,3	11,7-10,2 26,7 (3,17)	31,30 40,40-20 102-31,7 (3,17)		22,40- 21,10	20,30	24,40	24,93	(23,15)	20,85	18,87- 20,93 21,80- (39,12) 21,87	
	Téaohré TSE + 8 p.100 T.A. Labar Lab. + 8 p.100 T.A. Bail			30,7					140,0 100,0			121,9	141-139,2	
En	Bail + 8 p.100 T.A. Bail + 15 p.100 T.A. Bail + 20 p.100 galera Bail + 15 p.100 galera + 8 p.100 T.A.	12,2	361,3	187,2- 178,2- 176,0	14,8 236,3- 236,8 180,0 180,0 (165,8)		126,8- 116,0	176,4	175,5	(186,0)	185,9	183,4	179,3	
	Bail + 8 p.100 T.A. Bail + 15 p.100 T.A. Bail + 20 p.100 galera Bail + 15 p.100 galera + 8 p.100 T.A.	28,4										(181,2) (152,7)	141,1 219,8- (308,8) (313,8) (282,7) 273,1-276,8 273,4	
	Téaohré TSE + 8 p.100 T.A. Labar Lab. + 8 p.100 T.A. Bail			597,0					823,0 720,4			1083,3 660,5	660,5-668,9	
	Bail + 8 p.100 T.A. Bail + 15 p.100 T.A. Bail + 20 p.100 galera Bail + 15 p.100 galera + 8 p.100 T.A.	560,6	482,7	335,0- 1701,0- 676,0	627,0 1084,1- 993,1 187,0- 757,0 (42,7)		208,4- 238,0	148,0	371,5	365,0 (357,5)		425,0	364,0 640,5 (407,0) (474,5) (408,2) (408,2) (41,7) 640,5	
Ma	Téaohré TSE + 8 p.100 T.A. Labar Lab. + 8 p.100 T.A. Bail			110					140 16			15	305-326	
	Bail + 8 p.100 T.A. Bail + 15 p.100 T.A. Bail + 20 p.100 galera Bail + 15 p.100 galera + 8 p.100 T.A.	289	225	50-03- 66	180 548-45 88 74 (194)		330-105	40	140	352	(128)	218	305	
	Bail + 8 p.100 T.A. Bail + 15 p.100 T.A. Bail + 20 p.100 galera Bail + 15 p.100 galera + 8 p.100 T.A.	525										(475) 673	305 (306) 305- (306) 305- (306) 315-325- 339 1000-100- 000	
	Téaohré TSE + 8 p.100 T.A. Labar Lab. + 8 p.100 T.A. Bail			110					140 16			15	305-326	

1) = limite de carence + 4) = E + 500 g/l ou
 2) = extractions + 5) = E + 20 l de lait +
 3) = E + 250 g/l ou
 = E + 10 l de lait
 Foin de brousse : valeurs entre parenthèses ()

2.3.1 - Types de carence rencontrés

a) Le calcium

Les besoins de production ne sont généralement pas couverts. Seul l'échantillon de niébé analysé a une teneur correcte en calcium (12,28 g/kg MS).

De plus, le *Panicum maximum* K187B est plus riche en calcium que le *Brachiaria mutica*.

b) Le phosphore

Les ensilages, gousses d'acacia, niébé et *Leucaena glauca* sont pauvres en phosphore. Seul l'ensilage de maïs d'hivernage couvre les besoins d'entretien. Le *Brachiaria* de la saison sèche froide couvre également tous les besoins.

c) Le cuivre

La carence en cuivre n'est pas prononcée chez *Brachiaria mutica* qui couvre tous les besoins pendant l'hivernage et qui est en outre plus riche en cet élément que le *Panicum*.

Les autres types d'aliments analysés sont tous pauvres en cuivre. Leur teneur est généralement, inférieure au seuil de carence.

d) Le zinc

La carence est profonde. Les taux de zinc des fourrages se situent en dessous de la limite de carence. Le *Brachiaria* est notablement plus riche en zinc que le *Panicum*.

e) Le sodium

Le *Brachiaria* et les ensilages d'hivernage ont une bonne teneur en sodium. Les *Panicum*, gousses d'acacia, niébé et *Lucaena* ne couvrent pas les besoins de production.

2.2.2 - Influence de la saison

L'effet-saison sur la composition chimique du pâturage naturel de cette zone est bien mis en évidence. Les meilleurs taux en calcium, phosphore et zinc sont enregistrés pendant l'hivernage.

2.2.3 - Influence de la complémentation

Le pâturage naturel de trois stations de la zone (Tessékéré, Labpar, Doli) a été complémenté :

- Le calcium

• le tourteau d'arachide [utilisé à 8 pour cent) diminue la teneur en calcium de la ration.

• la complémentation avec du *Guiera senegalensis* (20 pour cent) par contre élève le taux de calcium

• la teneur en calcium de la ration décroît si on réduit le taux de *Guiera* à 15 pour cent pour ajouter 3 pour cent de tourteau d'arachide mais les valeurs restent toujours supérieures en moyenne à celles où le tourteau seul sert de complément.

- Le phosphore

Pour le phosphore l'inverse se produit, le tourteau d'arachide est plus riche en cet élément que le *Guiera senegalensis*.

- Les oligo-éléments

Ces deux types 3 compléments améliorent les teneurs en oligo-éléments des rations à base de paille.

2.3 - Région du Cap-Vert

Les graminées fourragères et ensilages ont été utilisées dans le contexte de la production laitière à la ferme expérimentale de Sangalkam.

Les normes de besoins des vaches laitières établies par GUEGUEN et LAMAND (1978) ont donc servi de références.

2.3.2 - Influence de la saison

La saison exerce une influence sur la composition minérale des fourrages.

- Pour le calcium et le phosphore, les teneurs des fourrages produits en saison sèche froide sont plus élevées que celles de la saison sèche chaude qui sont elles-mêmes supérieures aux teneurs de l'hivernage. C'est le phénomène de dilution : en effet pendant la saison sèche chaude, la photosynthèse est maximale, la masse végétale est donc plus importante et comme les minéraux diffusent dans tous les tissus, leur teneur devient plus faible.
- Les meilleurs taux de cuivre et sodium sont obtenus pendant l'hivernage. En particulier pour le sodium, les teneurs observées dans les échantillons issus des coupes de la saison des pluies sont les doubles de celles de la saison sèche froide et saison sèche chaude. La cause de l'élévation de ces teneurs n'est pas encore élucidée (27).
- Le zinc et les autres éléments ne font pas l'objet de remarque particulière.

2.3.3 - Influence du stade de coupe

Une évolution particulière des teneurs en minéraux avec le temps n'a pas été relevée. Cependant chez les graminées fourragères, la teneur en calcium et phosphore tend à décroître avec le vieillissement de la plante pendant l'hivernage. Les plus jeunes pousses ont en moyenne une teneur en cuivre plus élevée. Ceci confirme que les graminées récoltées tardivement sont appauvries par rapport aux coupes précoces (21).

2.4 - Région du Fleuve

Les résultats attendus permettront progressivement d'étudier les carences au niveau des rations et non des fourrages considérés individuellement.

2.4.1 - Types de carence rencontrés

a) Le calcium

Les drêches de tomate séchées et foin de *Chloris gayana* ont une bonne teneur en calcium contrairement à la paille de riz qui ne satisfait pas les besoins de production.

b) Le phosphore

Les pailles de riz sont pauvres en phosphore. Seules les drêches de tomate ont une teneur correcte en cet élément.

cl Le potassium

La paille de riz a une faible teneur en potassium. La valeur élevée (16,5 g/kg MS) pouvant résulter d'une défaillance technique pour un échantillon empêche toute interprétation.

dl Le cuivre

Les teneurs en cuivre des pailles de riz sont inférieures au seuil de carence. De plus le traitement des parcelles de tomate avec le sulfate de cuivre élève probablement la teneur en cuivre des drêches de tomate séchées.

e) Le zinc

La carence en zinc existe. Les taux sont inférieurs à la limite de carence.

fl Le sodium

Les teneurs en sodium des drêches de tomate séchées ne couvrent pas les besoins de production.

2.4.2 - Effet de la complémentation

- La complémentation des pailles de riz par de la farine basse de riz a comme avantage d'élever considérablement la teneur en phosphore de la ration.
- Le complément à base de tourteau d'arachide diminue la teneur en calcium. Il élève cependant les taux de phosphore, cuivre et zinc sans pour autant couvrir les besoins.
- Les graines de coton n'offrent aucun intérêt en matière de complémentation minérale des pailles de riz.

	I de con- centré	Paille de riz		Paille de riz + farine basse de riz		Paille de riz + tourteau d'arachide		Paille de riz + drêche de tomate	Paille de riz + Guiera senegalensis de noil	Paille de riz + graine de coton	Paille de riz + drêche de brasserie	Mélasse	Farine basse de riz	Drêche de tomate séchée	Foin de Chloris gayana
		30 I	40 I	10 I	20 I	25 %	20 %								
en g/kg MS		5,90	3,10	2,10	2,30	3,70				1,80 **				7,20	4,60
Ca		2,70-*** 1,90 **	"	"	**	"								13,00	
P		2,10 ** 1,10 *** 1,00 ***	6,50	8,20	1,70 **	3,30 *				1,90 **				4,10 4,20	2,60 **
Mg		3,30 1,50 1,80	3,90	4,50	2,20	2,30								2,50 2,60	1,90
K		2,30 ** 16,50 ? 2 10 **	13,60	1,60 **	15,00	14,80					3,62 *			8,90 8,30	17,90
en mg/kg MS			0,74	0,62	0,46	0,56				0,54				0,53 0,53	0,24
Co		0,73 0,83													
Cu		6,30 **** 4,60 ****	10,50	7,70	6,60 ****	8,50				5,80 ****				13,30 14,40	9,40 **
Zn		40,70 *** 35,50 ****	47,30 *** 40,40 ****	40,40 ****	47,50 ****	51,20 **				43,10 ****				29,20 **** 36,00 ****	23,3 ****
Mn		436,0 218,0	623	549,0	591,6	729				627				44,1 50,7	87,6
Fe		1109,0 1255,0	1106,0	839,0	1309,9	898,0				1095				584,0 787,4	662,0
Na		3410 3472								1938				567 ** 835 **	8154

- 1) < limite de carence : ****
 2) < entretien : ***
 3) < E + 250 g/j ou
 < E + 10 l de lait **
 4) < E + 500 g/j ou
 < E + 20 l de lait *

Tableau 5 : Limites de carence - Normes des besoins et seuils de toxicité des minéraux d'après LAMAND, GUEGUEN (1972 - 1978) et le Manuel d'alimentation des Ruminants domestiques en milieu tropical (IEMVT, 1977).

Eléments	Limite de carence	Apports recommandés						2/Ensilage de maïs + soufre	Seuil de toxicité	
		1/Rations classiques								
		a) Croissance (bov. de 200 kg)			b) Production (vache de 600 kg)					
en g/mg NS		Entretien	E + 250 g/j	E + 500 g/j	Entretien	E + 10 Kg lait/j	E + 20 Kg lait/j			
Ca		1,8	3,1	4,2	2,4	5,5	7,0			
P		1,2	2,80	3,7	1,8	3,5	3,7			
Mg			0,40		0,53	0,80	1,13			
K			2,4		2,4	3,40	4,40			
Na			1		0,53	0,86	1,20	Bov : 1 000 à 2 000 g/j Ov : 100 à 200 g/j		
en mg/kg MS			0,1 à 0,5 ovins caprins							
Co	0,07		0,1 à 0,5 ovins caprins						0,1	100
Cu	7		10 5 ovins - caprins						14	ovins 15 Bovins 100
Zn	45	50	50 30 à 40 ovins-caprins							500
Mn	45	40	50 20 à 30 ovins-caprins						120	1 000
Fe		40	50		60		à 150			
I	0,15		0,5 ovins-caprins			0,8		0,2 0,8	8	
Mo										?
Se	0,1		0,1 0,1 ovins-caprins			0,2		0,1	0,5	

B - Analyses biochimiques

1 - Matériel et méthodes

Des normes biochimiques concernant 12 éléments du sang de bovins sahéliens originaires de quatre grandes zones d'élevage du Sénégal ont été déterminées à partir de 20 000 analyses de sérum (12). Les minéraux dosés sont le phosphore, le calcium, le sodium, le magnésium, le cuivre et le zinc.

- Le dosage du phosphore inorganique s'effectue sur le sérum déféqué et coloré par le réactif de Misson.
- Les autres minéraux sont dosés, sur des sérums déféqués, par le spectrophotomètre d'absorption atomique,

Plus récemment, des profils biochimiques du troupeau importé de Sangalkam (Pakistanais et Montbéliard) ont été établis en vue du contrôle des principaux métabolismes (9).

2 - Zones prospectées

2.1 - Région du Ferlo

2.1.1 - Types de carence rencontrés

a) Le phosphore

Cette zone enregistre le taux moyen de phosphore sérique le plus bas (50,1 mg/l) même s'il est toujours supérieur aux normes données par E. KOLE (19) qui vont de 30 à 40 mg/l.

b) Le calcium

La calcémie moyenne est comprise dans l'intervalle des valeurs de KOLE (90 -110 mg/l) mais elle est supérieure à la valeur : 91 mg/l, norme européenne établie par DUKES.

c) Le cuivre

Le taux moyen de cuivre sérique est inférieur au seuil de carence qui est de 0,60 mg/l.

dl Le zinc

La zincémie est supérieure à la limite de carence : 0,40 mg/l donnée par MILLS et col. cités par LAMAND⁽²⁰⁾. Elle est cependant (1,46 mg/l) sensiblement égale à la norme de KOLB (1,50 mg/l).

e) Le sodium

Le taux de sodium sérique est inférieur à la valeur de KOLB.

2.1.2 - Influence de l'âge

Le taux sérique des minéraux varie avec l'âge.

La phosphorémie des jeunes est élevée ; à partir de 6 ans, elle devient inférieure à la normale.

Pour les autres éléments minéraux, la décroissance des teneurs dans le sang est nette avec l'âge.

2.1.3 - Influence du sexe

Le sexe de l'animal influe sur les teneurs sériques en minéraux, lesquelles sont significativement, plus faibles chez les femelles.

2.2 - Région de Dahra (C.R.Z.)

2.2.1 - Types de carence rencontrés

a) Le phosphore

Le taux moyen de phosphore est supérieur aux valeurs de KOLB.

b) Le calcium

La valeur se rapproche de celle proposée par DUKES.

c) Le cuivre

La cuprémie est à la limite du seuil de carence : 0,60 mg/l.

d) Le zinc

La zincémie est inférieure à la valeur de KOLR, mais elle est supérieure au seuil de carence.

e) Le sodium

La natrémie obtenue est très proche (3 185 mg/l) de la normale de KOLB (3 250 mg/l).

2.2.2 - Influence de la saison

La natrémie ne varie pas avec les saisons.

Les taux de phosphore et zinc sérique diminuent de l'hivernage à la saison sèche.

Pendant le post-hivernage, saison la plus favorable, le calcium et le cuivre augmentent dans le sang.

2.3 - Zone arachidière

2.3.1 - Types de carence rencontrés

a) Le phosphore

Le taux de phosphore (73,3 mg/l) est supérieur aux valeurs de KOLB.

b) Le calcium

La calcémie supérieure (105,4 ± 1,3 mg/l) à la norme de DUKES ne s'en rapproche notablement que pendant le post-hivernage.

c) Le cuivre

On enregistre dans cette zone la meilleure cuprémie (0,69 mg/l), en ce qui concerne les races autochtones, se situant légèrement au dessus de la limite de carence (0,60 mg/l).

d) Le zinc

La zincémie est inférieure à la norme de KOLB et supérieure au seuil de carence.

2.3.2 - Influence de l'âge

Le taux des minéraux du sang diminue avec l'âge. Pour le phosphore, les valeurs obtenues à partir de 6 ans sont inférieures aux normes européennes. Quant à la calcémie, elle diminue jusqu'à 4 - 5 ans puis se stabilise,

2.3.3 - Influence de l'espèce

Les zébus ont les meilleures teneurs en calcium, cuivre et zinc. Le meilleur taux de phosphore sérique a été relevé chez les métis, contrairement aux taurins qui ont la plus basse phosphorémie.

2.3.4 - Influence de la saison

Les taux de calcium et zinc sérique augmentent pendant l'hivernage.

La cuprémie s'élève pendant le post-hivernage.

Pendant la saison sèche, la consommation de *Guiera senegalensis* élève la phosphorémie.

2.4 - Zone de Sangalkam

2.4.1 - Types de carence rencontrés

2.4.1.1.- Sangalkam (animaux d'embouche)

a) Le phosphore

Les taux de phosphore sérique obtenus dans cette zone sont les plus élevés ($90,3 \pm 2,4$ mg/l) ^{et} dépassent considérablement les normes de KOLB (30 à 40 mg/l).

b) Le calcium

La calcémie est sensiblement égale à la norme de DUKES et fait de cette station une zone favorisée.

c) Le cuivre

Les taux sont en dessous de la limite de carence.

Tableau 6 : Dosage des éléments minéraux dans le sang des bovins : Résultats obtenus au Sénégal (1973 - 1982).

	en mg/l	Phosphore	Calcium	Magnésium	Potassium	Sodium	Cuivre	Zinc	Fer
Normes de F. KOLLÉ		30 - 40	90 * 100	18 * 32	170	3 250	0,8 * 1,1	1,50 - 1	* 1,6
Moyennes	générale	62.1 ± 0,9	102.6 ± 0.6	26,4 ± 0,3	198,2 ± 1,4	3 401 ± 15	0,60 ± 0,01	1,46 ± 0,03	1.32 ± 0,03
Régions	Ferlo n = 460	50,1 ± 1.4	102,6 ± 0,8	22,8 ± 0,4	179,0 ± 2,2	3 274 ± 15	0.55 ± 0,01	1,50 ± 0.05	1,17 ± 0,04
	Dahra (CRZ) n = 240	74.5 ± 1.4	96.5 ± 0.9	26.4 ± 0,4	184,0 ± 1.E	3 185 ± 27	0,60 ± 0,01	1,31 ± 0,03	1,59 ± 0,03
	Zone arachidière n = 800	73,3 ± 1,1	105.4 ± 1.3	28,8 ± 11.4	713.3 ± 2	3 581 ± 21	0,69 ± 0,01	1.39 ± 0,03	1,25 ± 0.04
	(embouche) n = 40	90,3 ± 2.4	90,8 ± 1,3				0,59 ± 0,02	1,04 ± 0.04	2.21 ± 0.05
	Sangalkam (lait) n = 30	94 ± 1,3	94 ± 20	22,8 ± 1,9		3 083 ± 11,3	0.97 ± 0,13	0.97 ± 0,17	2,29 ± 0.03
	MTB*		84,5 ± 1,8	25 ± 1,6		3 050 ± 37	0.89 ± 0,14	1,00 ± 0.14	
	PAK*		92,5 ± 1,5	25.7 ± 1,1	200,3 ± 3,5	3 329 ± 30	0.49 ± 0,02	2.23 ± 0.14	1.40 ± 0.09
Casamance n = 140		70,7 ± 1.6							
Saisons	Hivernage	64,9 ± 2,0	109,9 ± 1,3	29,0 ± 0,6	194,7 ± 2,5	3 499 ± 35	0,63 ± 0,02	1.41 ± 0.05	1.63 ± 0,06
Dahra 70 + (zone arachidière)	Post-hivernage	Ferlo 67	89.3 ± 2.c	25,8 ± 0,6	208,5 ± 3,0	3 487 ± 37	0,75 ± 0,02	1.30 ± 0,07	1.64 ± 0.07
	Saison sèche	50.7 ± 2,0	107,5 ± 1.4	29.5 ± 0,4	213,3 ± 2,9	3 497 ± 30	0.61 ± 0,02	1,26 ± 0,05	1.54 ± 0.05
Age	0 à 2 ans	36.7 ± 3,9	119,9 ± 3.1	31,0 ± 1,3	233,7 ± 9,1	3 743 ± 118	0.62 ± 0,04	1,39 ± 0,12	1,21 ± 0,14
Labgar 72 + (zone arachidière)	2 à 4 ans	37,1 ± 1.7	109.1 ± 1.5	30,1 ± 0,9	226,7 ± 7.1	3 607 ± 50	0,58 ± 0,02	1,31 ± 0,05	1,33 ± 0,08
	4 à 6 ans	29,2 ± 2,7	105,0 ± 2,0	31,1 ± 1.1	216,2 ± 8,8	3 525 ± 59	0,54 ± 0,02	1,29 ± 0,06	1.30 ± 0,12
	5 à 10 ans	28,8 ± 2,0	104,8 ± 1,9	30,4 ± 0,9	215,8 ± 5,7	3 548 ± 49	0.54 ± 0,02	1,25 ± 0,05	1,18 ± 0,08
	10 ans	29,2 ± 4.2	104,1 ± 3,0	29,7 ± 2.1	217,3 ± 21,6	3 544 ± 91	0.51 ± 0,03	1.21 ± 0,07	1.27 ± 0.24
Sexe (Labgar 721)	Femelles	30,6 ± 1,3	102.3 ± 1.2				0,51 ± 0,03	1.22 ± 0,04	
	Mâles	37,9 ± 2,5	107,0 ± 3,3				0,53 ± 0,05	1,21 ± 0,08	
	Castrés	39,9 ± 2,8	108,6 ± 3,3				11.53 ± 0,04	1,18 ± 0,07	
Espèce (zone arachidière 72)	Zébus	80,6 ± 2,6	114,1 ± 2.1	31,2 ± 0,9	237,6 ± 4,4	3 679 ± 43	0,68 ± 0,02	1,80 ± 0,25	1,18 ± 0,06
	Métis	81,5 ± 6,3	177.5 ± 3,1	27,8 ± 1,5	187,1 ± 5,4	3 386 ± 58	7.54 ± 0,04	1,52 ± 0,25	1,58 ± 0,13
	Taurins	66,7 ± 1,8	109,3 ± 2,9	30,2 ± 0,9	207,0 ± 4,4	3 519 ± 42	0,54 ± 0,03	1,46 ± 0,13	1,20 ± 0,07

* MTB = Montbéliard

* PAK = Pakistanais

d) Le zinc

Le taux de zinc sérique est inférieur à la norme de KOLB. De plus cette zone enregistre la plus faible zincémie.

2.4.1.2 - Elevage laitier de Sangalkam

a) Le phosphore

La phosphoremie est peu différente de la normale sénégalaise déterminée dans cette zone. Cependant elle est supérieure aux valeurs de KOLB.

b) Le calcium

Les taux obtenus en décembre et octobre se situent dans les normes de KOLB.

c) Les oligo-éléments

Aucune carence n'a été signalée, les animaux recevant une ration complétée.

C - Pédologie

Tout sol est issu d'une roche mère et contient de nombreux sels minéraux qui lui sont restitués sous forme de résidus animaux et végétaux. En effet, les végétaux poussent là où ils trouvent les éléments chimiques indispensables à leur développement.

Au Sénégal, les connaissances actuelles en géochimie et en pédochimie sont très limitées, Toutefois, la bibliographie signale des types de sols particulièrement carencés ou riches en minéraux [cf. synthèses de PERIGAUD] (29) et des documents de base telles que la carte géologique du B.R.G.M. établie au 1/500.000^e (4) et la carte pédologique du Sénégal au 1/1.000.000^e de l'ORSTOM (30) permettent d'ébaucher une carte des carences probables au Sénégal

Los sesquioxides comprennent les sols ferrugineux tropicaux très étendus dans le Ferlo et les sols ferrallitiques de la moyenne et basse-Casamance et se caractérisent par la grande mobilité du fer et manganèse.

Ils sont en outre très pauvres en oligo-éléments, inclus et "bloqués" par les oxydes de fer. En général, la richesse en fer d'un sol est incompatible avec une bonne teneur, en oligo-éléments, même si la roche-mère en est bien pourvue (29).

2.2 - Les sols hydromorphes

Leur évolution est dominée par la présence d'un excès d'eau dans le profil. L'engorgement temporaire ou permanent dont ils font l'objet, déterminent des sols minéraux à pseudogley marqués par des tâches et petites concrétions ferro-manganésiques,

Ces sols à hydromorphie temporaire existent dans les dépressions et vallées du Fleuve et du Saloum et ont la particularité suivante :

L'excès d'eau solubilise les oligo-éléments et les rend alors assimilables par la plante au moment où ces mêmes conditions du milieu sont incompatibles au bon développement du végétal. Lorsque l'eau se retire, les oligo-éléments restent de nouveau "bloqués" dans les précipités ferriques.

Ces sols sont donc susceptibles d'induire des carences.

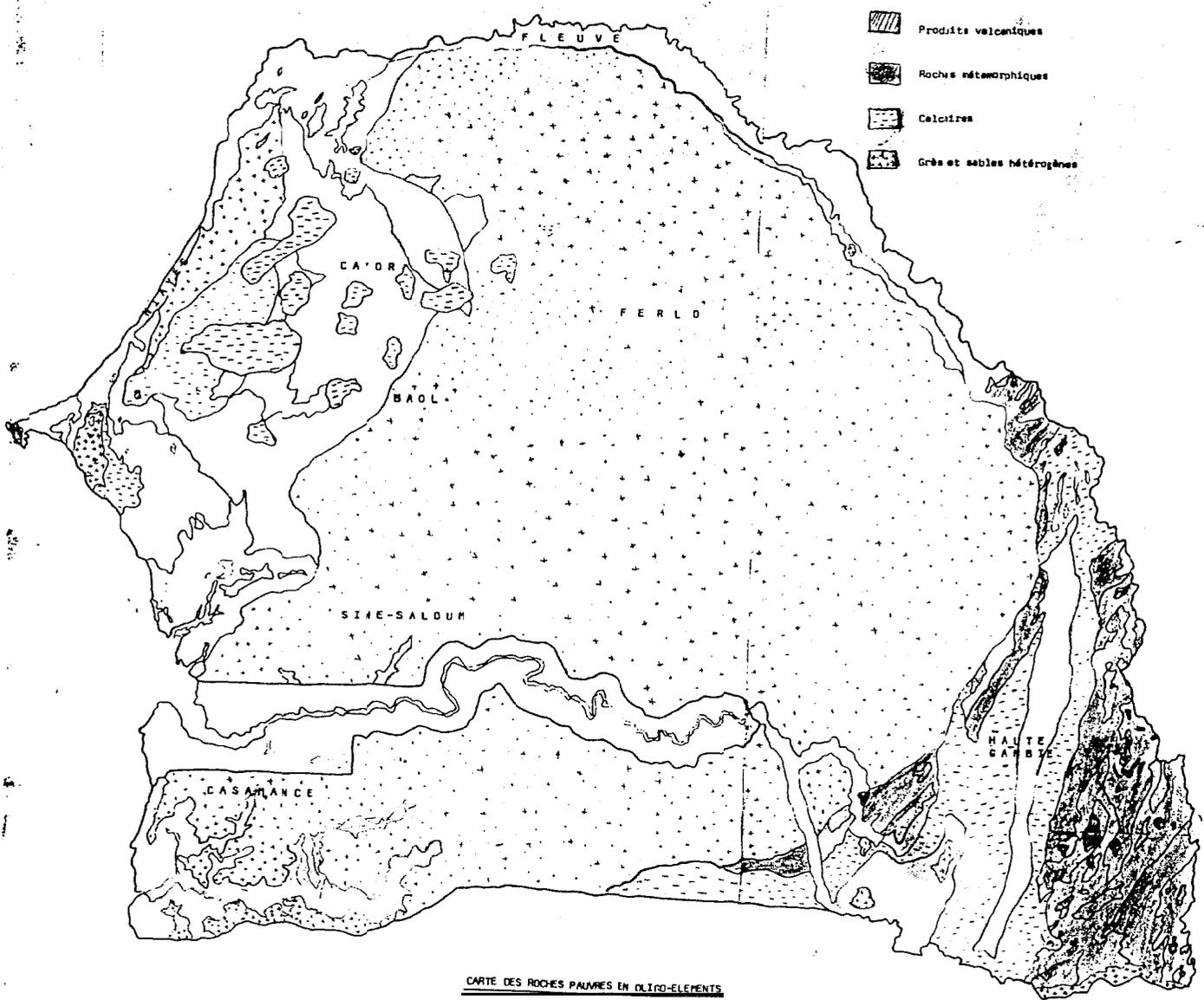
2.3 - Les sols halomorphes

Ces sols particulièrement riches en sodium se rencontrent surtout dans le delta du Sénégal et la partie Nord du Sine-Saloum.

Les alluvions fluviocollinaires argileuses qui les composent, signale-t-on, sont riches en sodium, sulfates et peuvent présenter des teneurs excessives en molybdène. Par contre, elles peuvent être à l'origine de carences secondaires en cuivre (29).

2.4 - Les sols isohumiques

Ils existent dans les régions à climat sahélien; différent des autres sols par leur teneur en matière organique faible; imputable à une minéralisation intense, et comprennent, :



CARTE DES ROCHES PAUVRES EN OLIGO-ELEMENTS

- les sols bruns riches en oligo-éléments (2g) disponibles dans le profil. Les sols bruns sur marnes, chimiquement plus riches et plus fertiles, constituent une bande au Nord-Est du pays.
- Les sols bruns rouges (bande Sud de la région du Fleuve et Nord de la zone sylvo-pastorale) ont une évolution pédologique plus poussée ; ils se sont formés sur du matériel plus sableux, ce qui laisse entrevoir leur moindre richesse en oligo-éléments par rapport aux types de sols précédemment décrits

2.5 - Les vertisols

Ils constituent un type de sol de couleur gris-noir, bien représenté dans les régions du Cap-Vert et de la Casamance, se caractérisant par l'abondance d'une argile gonflante : la montmorillonite.

Les vertisols sont riches en cations alcalino-terreux Ca et Mg 1283 et les argiles qui les composent concentrent les oligo-éléments.

II - DISCUSSIONS

A - Les analyses

1 - Los aliments

1.1 - Calcium et phosphore

a) Le calcium

Les fourrages analysés sont souvent pauvres en calcium, Seules les fanes d'arachide de la région du Sine-Saloum ont une teneur correcte en cet élément.

Les drêches de tomate séchées de la région du Fleuve ont également une bonne teneur en calcium, de même que les fanes de niébé du Cap-Vert.

Dans la région du Cap-Vert, les fourrages provenant de la zone de Sangalkam sont relativement plus riches en calcium, ensuite viennent ceux de la zone sylvo-pastorale.

Les pailles de céréales du Sine-Saloum et de la région du Fleuve sont les plus déficitaires.

b) Le phosphore

Les fourrages du pays sont tous pauvres en phosphore. Les meilleurs taux sont enregistrés avec les cultures fourragères de Sangalkam.

Les drêches de tomate séchées couvrent les besoins de croissance de l'ordre de 3,7 g/kg MS (24).

La complémentation des pailles de riz assez pauvres en phosphore avec la farine de riz réduit la teneur en calcium de la ration et élève la teneur en phosphore, ce qui accentue le déséquilibre entre l'apport de calcium et de phosphore.

Ce déséquilibre est prononcé dans la zone sylvo-pastorale.

Les fourrages du Sine-Saloum ont des teneurs en phosphore relativement basses.

Il n'est pas judicieux d'étudier séparément le calcium et le phosphore et plus précisément le rôle de leurs apports respectifs car, une fois absorbés, ces deux éléments ont des métabolismes indissociables (14).

La carence en phosphore, associée à un apport normal ou élevé de calcium, conduit à une ostéolyse et une hypercalcémie entraînant une déminéralisation osseuse responsable des fractures spontanées souvent décrites dans les symptômes classiques.

Donc ce type de carence perturbe l'utilisation osseuse du calcium absorbé et provoque alors une carence secondaire en cet élément.

De plus, les valeurs du rapport phosphocalcique Ca/P sont souvent élevées et supérieures à 6. Selon KOLB (19), un rapport Ca/P optimal doit varier de 1,2 : 1 à 1,5 : 1. Au delà de ces proportions, des troubles du métabolisme surgissent avec perturbation de l'ossification chez les animaux en croissance. Des auteurs (18 - 31) remarquent cependant qu'un rapport Ca/P très élevé est toujours atténué avant l'intestin par l'apport du phosphore salivaire.

1.2 - Le potassium

Le potassium est en général présent en abondance dans les aliments. Néanmoins, des insuffisances d'apport ont été décelées dans certains types de fourrages dont :

- les spathes de maïs du Sine-Saloum
- les pailles de riz de la région du Fleuve
- le pâturage naturel de Doli d'hivernage,

Élément intracellulaire, le potassium intervient dans la régulation de la pression osmotique de la cellule et dans la contraction musculaire. Toutefois l'organisme semble s'adapter à ^{un} défaut passager de potassium en diminuant les pertes (18). Mais le déficit d'apport prolongé est préjudiciable.

1.3 - Le cuivre

La carence en cuivre perturbe la croissance et la fécondité.

Les aliments, analysés, sont pauvres en cuivre si l'on adopte le seuil de carence de KIRCHGESSNER et GRASSMANN cités par LAMAND (20) qui varie de 7 à 8 mg/kg MS.

Les teneurs les plus basses, nettement inférieures au seuil de carence, sont obtenues avec le pâturage naturel de la zone sylvo-pastorale.

Les meilleurs taux de cuivre ont été relevés chez le *Brachiaria* d'hivernage dont les teneurs couvrent tous les besoins.

Des teneurs particulièrement élevées, avoisinant les seuils de toxicité chez le mouton 15 mg/kg MS (cf. tableau des besoins), ont été décelées dans les rafles et spathes de maïs (17,9 mg/kg MS) et les drêches de tomate séchées (13,8 mg/kg MS) et sont susceptibles de créer des accidents chez ces derniers.

Des carences secondaires peuvent apparaître par suite de l'interférence cuivre - manganèse. Il convient de doser cet élément dans nos fourrages,

Une teneur en calcium élevée peut également induire une carence secondaire en cuivre. En effet KIRCHGESSNER cité par LAMAND (21) a démontré que "l'utilisation digestive du cuivre chez les bovins baissait rapidement avec l'augmentation de la teneur en calcium de la ration. C'est ainsi que pour une ration renfermant 7 à 8 mg/kg MS de cuivre et 6 mg/kg MS de calcium, la rétention a été de 3 mg/kg MS de cuivre, soit 40 pour 100 de l'ingéré".

Il est donc possible de prévoir avec les fanes d'arachide, dont les teneurs en calcium et cuivre varient respectivement de 10,7 à 6,5 mg/kg MS et 7,9 à 4,3 mg/kg MS, une carence en cuivre beaucoup plus accentuée.

1.4 - Le zinc

Les fourrages sont tous très pauvres en zinc. Les teneurs se situent généralement en dessous de la limite de carence : 45 mg/kg MS.

Les rafles et spathes de maïs riu Sine-Saloum sont relativement plus riches en zinc (76,5 mg/kg MS).

Les foin (pailles de riz) complétés avec de la farine basse de riz ou du tourteau d'arachide ont des teneurs en zinc relativement meilleures mais elles ne couvrent pas toujours les besoins de production.

Les fourrages de la zone sylvo-pastorale sont les plus pauvres en zinc.

Il a été établi, en particulier pour le zinc, que la qualité de l'aliment influe plus que sa teneur (LAMAND, 1975). C'est ainsi que les contaminations par la terre abaisse le C.U.D. du zinc 3 des valeurs négatives malgré une augmentation de la teneur de la ration et provoque une carence secondaire en cet élément.

De même la présence dans la ration d'une quantité importante d'acide phytique et de calcium diminue fortement l'absorption du zinc chez certaines espèces (porc, poulet et rat), mais, chez les ruminants, le calcium et les phytates n'interfèrent pas avec l'absorption du zinc (22).

1.5 - Le sodium

Le sodium est quantitativement l'oligo-élément le plus important. Son insuffisance d'apport dans la ration a des répercussions préjudiciables sur les productions.

Il augmente l'appétit des animaux et donc favorise la croissance et les productions. Un apport correct en sodium accroît les quantités d'eau et d'aliment volontairement ingérées, ce qui montre l'intérêt tout particulier de son usage surtout chez les femelles laitières car la sécrétion lactée entraîne d'importantes pertes d'eau.

Les fourrages les plus déficitaires en sodium correspondent aux fanes d'arachide, spathes de maïs et pailles de mil souba du Sine-Saloum. Ensuite viennent ceux de la zone sylvo-pastorale.

Dans la région du Fleuve, les vailles de riz et foins de *Chloris gayana* ont une bonne teneur en sodium. Les drêches de tomate séchées sont pauvres en cet élément.

Les teneurs les plus élevées sont obtenues avec le *Brachiaria* d'hivernage.

L'enquête sur les teneurs en minéraux des fourrages du pays révèle :

- Les fourrages, aliments composés et sous-produits produits au Sénégal sont suffisamment pourvus en magnésium, cobalt, manganèse et fer.
- L'iode, le soufre, le molybdène, le manganèse et le sélénium n'ont pas été étudiés. Il convient de faire leur dosage. Le soufre en particulier interfère avec la digestibilité de tous les oligo-éléments (20).

- Le calcium et le phosphore sont généralement défaut, le potassium et le sodium dans certains cas,
- Il existe des risques potentiels de carence en cuivre et zinc car ces deux oligo-éléments sont présents en quantité très insuffisante dans les fourrages du pays.

Une corrélation peut être établie entre les signes cliniques, traduisant souvent une polycarence minérale, observés à la ferme expérimentale de Sangalkam, dans ses environs et dans d'autres localités du pays (25), et les résultats de cette enquête. Ainsi :

- Les boiteries, défauts d'aplomb et fractures spontanées décrits à Sangalkam et ailleurs constituent une pathologie osseuse liée au trouble du métabolisme phosphocalcique en relation avec un apport déficitaire ou déséquilibré.
- Le pica, la dyspnée, la cachexie, le poil piqué, la décoloration des poils, les défauts d'aplomb et infécondités sont des signes cliniques souvent présents qu'on peut rattacher à une carence en cuivre.
- Le poil piqué, la pelade, la dermatite et l'infécondité observés sont des signes plus spécifiques de la carence en zinc.

2 - La biochimie

2.1 - Le phosphore

Les taux moyens de phosphore sérique obtenus dans les quatre grandes zones d'élevage du Sénégal sont supérieurs aux normes de E. KOLB qui varient de 30 à 40 mg/l.

Des variations importantes de la phosphorémie sont signalées, selon l'âge, le sexe, l'espèce (11), le stress et des fluctuations diverses (31) sont également notées.

Il existe aussi une relation entre l'apport en phosphore de l'ingéré et les teneurs sanguines car la phosphorémie la plus basse a été enregistrée dans la zone sylvo-pastorale qui, en outre, compte les fourrages les plus pauvres en phosphore.

TABLEAU 7

SYMPTOMES DES CARENCES EN OLIGO-ELEMENTS CHEZ LES RUMINANTS (LAMAND, 1970)

	FER		CUIVRE		COBALT		IODE		MANGANESE		ZINC		SELENIUM	
	A*	J*	A*	J*	A*	J*	A*	J*	A*	J*	A*	J*	A*	J*
<u>DEFICIT DE CROISSANCE OU D'INGRAISSEMENT</u>		●	●	●	●	●		●	●	●	●			
CHUTE PRODUCTION DU LAIT			●		●		●				●			
<u>INAPPETENCE</u>	●		●	●	●	●	●	●			●	●		
<u>PICA</u>			●	●	●	●								
<u>CACHEXIE</u>			●	●	●	●					●	●		
<u>ANEMIE</u>	●		●	●	●	●								
<u>DEF AUT D'APLOMB</u>			●	●				☐	●	●	●	●		
FRACTURES SPONTANÉES			●	⊗										
<u>BOÏTERIE</u>			●	●					●	●	●	●		●
TROUBLES CARDIAQUES			●	●										●
<u>DYSPNEE</u>			●	●										●
DIARRHÉE			●		●	●								
<u>DECOLORATION DES POILS</u>			●	●										
<u>POILS PIQUÉS</u>			●	●	●	●		●			●	●		
PELAGE							●				●	●		
DERMITES											●	●		
GOÏTRE							●	●						
INFÉCONDITES			●		●		●		●		●			
DEFORMATION DES SABOTS											●	●		
<u>DEGENERESCENCE MUSCULAIRE</u>														●

* A Adultes J Jeunes

Dans la région de Dahra, la phosphorémie chuta de l'hivernage à la saison sèche et l'analyse des fourrages dans cette même région montre que les meilleures teneurs en phosphore sont obtenues pendant l'hivernage.

En définitive, les valeurs ou "normes" sénégalaises sont tout au plus comparées à des normes étrangères établies dans d'autres contextes, mais le seuil de carence en phosphore dans le sang n'a pas encore été établi. De plus il n'est pas encore possible d'apprécier les réserves minérales osseuses qui empêchent les fortes diminutions de concentrations plasmiques (18).

Selon GUEGUEN (1173), il existe une hiérarchie certaine et une chronologie dans l'apparition des symptômes.

Au total, les fourrages sont pauvres en phosphore, des symptômes de carence en cet élément ont été décrits (8) mais la phosphorémie ne permet pas de confirmer le diagnostic.

2.2 - Le calcium

Les calcémies sont généralement comprises dans l'intervalle des valeurs de KOLB. Selon les auteurs (11), des taux de calcium sériques voisins de la norme européenne de DUKES (91 mg/l) feraient de certaines zones des stations favorables en l'occurrence :

- la zone de Sangalkam (embouche)
- la station du CRZ de Dahra
- le bassin arachidier pendant l'hivernage.

Les remarques précédentes concernant le phosphore sont pratiquement valables pour le calcium en dehors du fait que pour le calcium, il existe un système de contrôle hormonal qui déclenche sa libération des réserves osseuses quand l'absorption intestinale est insuffisante.

2.3 - Le cuivre

Le cuivre est avec le fer nécessaire à la synthèse de l'hémoglobine et d'autres protéines héminiques. Une carence en cuivre perturbe l'hématopoïèse (anémie) et diverses voies enzymatiques dont celle qui aboutit à la production de pigments (décoloration des poils).

Il peut être dosé dans trois types de prélèvement : le sang, le foie, le poil. L'exploration enzymatique permet également de faire un diagnostic de carence en cuivre.

2.3.1 Le sang

a) Cuivre plasmatique

La cuprémie moyenne des bovins du pays est à la limite du seuil critique adonté par CLAESSENS et MARSTON et cité par LAMAND (20) qui est de 60 $\mu\text{g}/100\text{ml}$.

Dans le Ferlo, zone où les fourrages sont les plus pauvres en cuivre, les concentrations sanguines obtenues sont inférieures au seuil de carence.

Dans le bassin arachidier, la cuprémie est supérieure à la limite de carence alors que les fourrages sont insuffisamment pourvus en cet élément.

La cuprémie varie avec les facteurs externes (saison) et les facteurs liés à l'individu (état physiologique : âge, gestation ; état pathologique : parasitose, infection) (20).

b) Céruroplasmine

La céruroplasmine est une enzyme à 8 atomes de cuivre. Elle représente 80 pour 100 du cuivre circulant. Il existe une corrélation très élevée ($r = 0,8$ ou $0,9$) selon de nombreux auteurs cités par TODD (cf. LAMAND) (20) entre cette enzyme et le cuivre plasmatique.

Le diagnostic peut être fait en série par dosage automatisé.

Les valeurs habituelles vont de 80 à 120 $\mu\text{g}/100\text{ml}$. Le seuil de carence (20) est de 70 $\mu\text{g}/100\text{ml}$.

c) La monoamines oxydase

Cette enzyme évolue parallèlement à la cuprémie. Son dosage a cependant un intérêt limité (20).

2.3.2 - Le foie

a) Cuivre hépatique

Le foie est l'organe de stockage du cuivre,

BELLANGER (1) rapporte que le seuil critique se situe entre 20 et 30 $\mu\text{g/g}$ NS et qu'il y a carence certaine à 10 $\mu\text{g/g}$ MS.

La teneur en cuivre hépatique varie avec l'état d'entretien de l'individu. Elle s'accroît chez les animaux bien entretenus.

b) Cytochrome oxydase

Le dosage est plus délicat mais permet de mieux approcher les conséquences pathologiques de la carence en cuivre. Cette enzyme peut être dosée après biopsie dans le foie et dans le muscle.

Selon MILLS et col. (cité par LAMAND) (20), l'activité de la cytochrome oxydase est de :

- dans le foie : $16 \pm 2,3$ unités (mole de cytochrome C oxydé/mn/mg de protéine) chez les animaux carencés (cuprémie : 40-60 $\mu\text{g}/100$ ml)
 50 ± 4 unités chez les bovins témoins (cuprémie de 120 $\mu\text{g}/100$ ml).
- dans le muscle : $0,200 \pm 0,009$ unité chez les veaux normaux
 $0,141 \pm 0,017$ unité chez les veaux carencés.

2.3.3 - Le poil

Le poil, témoin de toute une période nutritionnelle de l'animal peut être utilisé dans le diagnostic de carence en cuivre.

Le seuil de carence est de 3 $\mu\text{g/g}$ selon ANKE cité par BELLANGER (1) qui estime en outre que le dosage du cuivre pileaire est un élément de diagnostic restrictif qui est intéressant quand on l'associe au cuivre hépatique.

En définitive, dans le diagnostic de la carence en cuivre, le dosage des réserves cuivriques du foie permet de mieux confirmer une suspicion. L'analyse plasmatique ne suffit pas. En effet, les réserves hépatiques sont mobilisées pendant longtemps pour empêcher une forte diminution des concentrations du plasma sanguin.

2.4 - Le zinc

Le zinc se trouve essentiellement dans les noyaux. Il est également abondant dans la peau, les gonades, Les îlots de LANGERHANS du pancréas et entre dans la constitution de nombreuses enzymes.

La carence se manifeste par des lésions cutanées et des troubles de la croissance.

Le diagnostic de la carence en zinc peut se faire par le dosage de cet élément dans le sang, dans certains tissus (foie, reins, ns...), dans les poils, les fécès et par l'exploration enzymatique.

2.4.1 - Le sang

31 Zinc plasmatique

La moyenne générale de la zincémie trouvée au Sénégal est de 1,32 mg/l \pm 0,03. Elle est supérieure au seuil de carence de MILLS et col., 0,4 mg/l et à celui de LAMAND (17) qui est de 70 μ g/100 ml.

Une corrélation n'est pas relevée entre les commémoratifs (fourrages sénégalais pauvres en zinc) et les résultats de l'analyse sérique. De plus le troupeau du ferlo a la plus forte zincémie.

L'interprétation de ces résultats mérite une certaine réserve, car selon LAMAND (1972), les valeurs limites entre le zinc d'un plasma normal et celui obtenu dans certains états pathologiques (baisse de zincémie) sont imprécises. De plus l'hémolyse, les défaillances techniques (par exemple, un apport de zinc par les bouchons des tubes de prélèvements) constituent d'importantes sources d'erreur et selon cet auteur "des valeurs faibles peuvent amener à une présomption de carence, alors qu'aucune conclusion ne peut être tirée de valeurs élevées".

b) La phosphatase alcaline

Elle est peu utilisable pour le diagnostic de la carence en zinc. Certes, cette enzyme diminue avec la carence mais de nombreux auteurs (LAMAND, 1972), montrent qu'elle diminue avec plusieurs facteurs : ration très riche en énergie, vaccination antibrucellique, etc...

Tableau 8 : Normes de trois paramètres biochimiques dans divers tissus (d'après LAMAND, 1975).

Élément ou enzyme	Limite de carence			Valeurs habituelles	Causes d'erreur
	Plasma (g/100 ml)	Foie µg/g MS	Poil en µg/g		
Cuivre	70	10	7		<ul style="list-style-type: none"> - Plasma ; contaminations > 150 - 300 Maladie infectieuse ou inflammation > 120 - 150 - Poil. : contamination par la terre ou cornadis galvanisés
Zinc	70		115	80 - 120	<ul style="list-style-type: none"> - Plasma : contaminations > 150 Hémolyse 150 - 600 Maladies infectieuses ou inflammation < 80 - Poil : contaminations par la terre ou cornadis galvanisés
Céruroplasmine	70			80 - 120	<ul style="list-style-type: none"> - Plasma : non sensible aux contaminations Maladies infectieuses ou inflammations > 120 - 150 - Putréfaction du plasma < 70

Ces auteurs démontrent également qu'une ration très riche en zinc ne modifie pas la phosphatase alcaline plasmatique.

c) L'anhydrase carbonique

Elle évolue proportionnellement à la zincémie (corrélation 0,8) . Son dosage a un intérêt limité dans le diagnostic de la carence en zinc,

2.4.2 - Le poil

Le dosage du zinc pileaire permet de détecter une carence en cet élément, Cependant il existe plusieurs facteurs de variation notamment la saison, la couleur du poil sur un même animal et le point de prélèvement.

Selon ANKE, le seuil de carence du poil noir de bovin est de 115 µg/g (LAMAND, 1973).

2.4.3 - Les tissus

Le zinc tissulaire n'offre pas d'intérêt pratique dans le diagnostic. Certes, une différence existe entre la teneur en zinc des tissus d'animaux sains et carencés mais elle est faible (21).

2.4.4 - Les fécès

Le dosage du zinc dans les fécès n'a pas fait l'objet d'une mise au point pour le diagnostic de la carence, L'intérêt éventuel de cette exploration découle des travaux de MILLER cité par LAMAND (1972) qui remarque que la carence augmente la digestibilité du zinc et diminue l'excrétion fécale endogène.

3 - La pédologie

3.1 - Région du Cap-Vert

Des graminées fourragères pérennes (*Panicum*, *Brachiaria*) et annuelles (mil, maïs) ont été étudiées.

Leur culture est effectuée dans la région des Niayes, dans les bas-fonds où les vertisols représentent les types de sol identifiés. Leur roche-mère est composée d'argiles, de marnes calcaires et de niveaux phosphatés.

Ce sont des vertisols à pédoclimat temporairement humide, de la famille sur marnes. Ils ont une épaisseur moyenne de 80 à 100 cm, sont chimiquement intéressants, et ont également fait l'objet d'une fertilisation. Aussi, les fourrages qu'ils donnent sont relativement plus riches en minéraux que ceux rencontrés sur d'autres types de sol, mais la part des apports minéraux dus à l'engrais ou au sol lui-même n'est pas établie.

Toutefois les besoins en calcium, phosphore et sodium ne sont pas toujours couverts. La carence en zinc surtout et éventuellement en cuivre est prononcée.

Donc, il existe des risques potentiels de carence avec les fourrages produits sur ces sols.

3.2 - Région du Sine-Ssloum

Les fourrages de la région proviennent du secteur Centre Sud de l'ISRA et intéressent les stations de Bambey, Nioro, Thyssé-Kaymor et d'autres stations non précisées.

A Bambey, les marnes calcaires et niveaux phosphatés ont donné naissance à des vertisols sur marnes.

Dans la zone de Nioro, sur les grès argileux, sables hétérogènes, calcaires et marnes phosphatés, se sont différenciés des sols ferrallitiques sur grès sablo-argileux, types pédologiques dominants dans la région.

Les fourrages issus de ces zones sont pauvres en calcium (sauf les fanes d'arachide de Bambey), phosphore, potassium (rafles et spathes de maïs), cuivre, zinc et sodium.

3.3 - Zone sylvo-pastorale

tes fourrages sont Originaires de trois stations différentes de la zone sylvo-pastorale : Labgar, Tessékéré et Doli.

Deux types de sols se sont différenciés sur les grès argileux, sables hétérogènes, calcaires et marnes :

- 1) des sols isohumiques sur sables siliceux et d'autres sur sables colluviaux souvent calcaires en profondeur (au Nord de la zone) ;
- 2) des sols ferrugineux tropicaux, type dominant.

Les fourrages étudiés dans cette zone sont assez pauvres en calcium (besoins d'entretien couverts), pauvres en sodium, phosphore et potassium (pâturage de Doli). La carence en cuivre et zinc est prononcée.

D'autre part, la littérature (29) signale que les sédiments calcaires, grès et sables sont particulièrement pauvres en cuivre et cobalt. La carence en cuivre est vérifiée, ce n'est pas le cas pour le cobalt, les fourrages ayant une bonne teneur en cet élément.

De plus, des teneurs en fer anormalement élevées n'ont pas été relevées dans les fourrages issus des sols ferrugineux tropicaux particulièrement riches en cet élément.

L'analyse chimique des eaux (importante source de sels minéraux) de forages profonds, a également été réalisée dans le Ferlo et révèle de faibles taux en phosphore dans la majorité des eaux de forages (10).

3.4 - Région du Fleuve

Le riz est cultivé dans les terres aménagées du delta du Fleuve Sénégal. La SOCAS produit la tomate.

Cons cette aire géographique, deux principaux types de sols ont évolué à partir des dépôts calcaires du Tertiaire et du Quaternaire.

argiles, marnes opyracées, calcaires → sols hydromorphes — sur alluvions argileux et niveaux phosphatés du tertiaire

calcaires lacustres du quaternaire ancien-4 sols hydromorphes / sur colluvions sable-argileux
'sur alluvions diverses

Les pailles de riz pourtant cultivées sur les sols issus de ces roches accusant un important déficit en calcium et sont également pauvres en phosphore, potassium, sodium. Les drêches de tomate ont une bonne teneur en calcium et phosphore.

La carence en cuivre et zinc domine.

Ces types de sols sont en effet signalés (28) comme pouvant induire des carences.

Cette étude sur la problématique des carences n'offre pas un caractère exhaustif. Les nombreuses données manquent et sont à compléter pour avoir une subdivision plus fine des aires géographiques de déficiences minérales.

9 - Poursuite de l'étude : projet de protocole

1 - Justification

L'élevage est une activité économique. Elle fait l'objet de spéculation dont la rentabilité dépend selon LAMAND "de l'efficacité de la transformation par l'animal des matières premières distribuées".

Les carences minérales constituent une contrainte dans la productivité du cheptel et le complément minéral coûte cher ; aussi, il importe de connaître dans quelle zone, à quel moment et avec quel type de ration, la prophylaxie apparaît nécessaire.

2 - Objectifs

Ce projet vise à situer les régions à risques potentiels de carence minérale à partir de l'enquête Sur les sols, les eaux, les fourrages et la symptomatologie.

3 - Recherches à entreprendre

3.1 - Les fourrages

Les prélèvements doivent s'effectuer sur des aires représentatives de types de sols bien définis.

- Améliorer l'échantillonnage des fourrages déjà analysés, insuffisamment représentatifs statistiquement.
- Collecter des échantillons dans les régions du Sénégal-Oriental et de la Casamance (avec l'extension du programme ABT).
 - , Prélever le pâturage naturel des zones d'élevage et les sous-produits utilisés dans l'alimentation.
- Déterminer leur teneur en minéraux majeurs et oligo-éléments.

3.2 - Le sol

- Programmer une vaste campagne de prélèvements et d'analyses des sols des différentes zones agro-pastorales du Sénégal.
- Vérifier si les résultats obtenus correspondent aux prévisions, c'est-à-dire s'il existe une corrélation entre la teneur en minéraux du sol et du fourrage.

3.3 - Les eaux

- Compléter les résultats obtenus (Ferlo) par l'analyse chimique des eaux de forages dans toutes les zones d'élevage du Sénégal.

3.4 - L'animal

Avoir le maximum de données pour confirmer le diagnostic.

- Entreprendre une enquête sur les foyers de carence (associer l'éleveur).
- Vérifier si la symptomatologie rencontrée correspond aux descriptions théoriques.
- Faire une enquête biochimique sur le troupeau suspect : effectuer des prélèvements réguliers et systématiques.
- Regrouper les commémoratifs :
 - , Etudier la ration ; déterminer sa teneur en éléments minéraux.
 - , Déterminer l'aire géographique où se trouve le troupeau.

3.5 - Résultats escomptés

- Etablir une carte de carence susceptible de constituer une base de compensatifs.
- Lever la contrainte sur les performances zootechniques.
- Limiter les pertes économiques.
- Améliorer les productions animales.

Nous ne pouvons achever ce travail sans souhaiter que le Laboratoire soit doté de l'équipement nécessaire pour le démarrage des études à savoir un spectrophotomètre d'absorption atomique, un four, des blocs de minéralisation et de la verrerie,

CONCLUSION

Les carences minérales existent au Sénégal. Elles limitent l'efficacité des rations consommées par les ruminants. Leur détection clinique est difficile, et une carte de carences est un excellent commémoratif pour leur diagnostic.

Les sols sont généralement pauvres en minéraux et l'importante quantité de fer et d'alumine qui les caractérise accentue le déficit minéral en formant des complexes insolubles inassimilables par la plante.

Parmi les minéraux majeurs, le phosphore et le calcium sont souvent présents en quantité insuffisante. Les accidents induits par une carence en potassium sont sans doute rares car très peu de fourrages en sont insuffisamment pourvus (spahes et rafles de maïs du Sine-Saloum et pailles de riz du Fleuve).

Pour ce qui concerne les oligo-éléments, le sodium présent ne satisfait pas souvent les besoins de l'animal (fourrages étudiés au Sine-Saloum et zone sylvo-pastorale), mais surtout la carence en cuivre et zinc est générale et sévère (plus particulièrement dans la zone sylvo-pastorale).

Ces quelques résultats suggèrent d'ores et déjà la nécessité d'implanter une prophylaxie systématique pour limiter les pertes et l'accent sera mis sur la saison sèche qui voit chuter la teneur en éléments minéraux de bon nombre de fourrages. En effet, la supplémentation minérale peut rétablir le troupeau dans un état physiologique normal, lui permettant de tirer profit du peu de disponible alimentaire que lui réserve cette nature secouée par des années successives de sécheresse.

Mais à l'heure actuelle, le problème est complexe. Les seuils de carence et besoins de nos races sont inconnus et il faut trouver le niveau de complémentarité qui respecterait ces besoins selon les normes (étrangères) définies par les nutritionnistes sans provoquer une surconsommation onéreuse et fâcheuse.

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

- 1 - BELLANGER (J.) - Relations entre les taux de cuivre sanguin, hépatique et pileire chez 250 bovins d'abattoir.
Rech. Vét., 1968 (1) : 127-139.
- 2 - BELLANGER (J.), PERIGAUD (S.) et LAMAND (M.) - Carences en oligo-éléments chez les ruminants en France. III - Eléments d'enquête obtenus par les analyses de fourrages.
Ann. Rech. Vét., 1973, 4 (4) : 585-598.
- 3 - BIENFET (V.), HENNAUX (A.), HENDE (V.A.), COTTENIE (A.), LCMB (F.) - Nutrition et infécondité chez les bovins.
Extr. Ann. Méd. Vét., 1965, VII, : 488-542.
- 4 - B.R.G.M. (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) - Carte géologique du Sénégal à l'échelle du 1/500.000è, 2è éd., 1962.
- 5 - BROCHART (M.) - Intérêt du dosage des minéraux dans le poil des bovins.
Communication présentée au 5ème Congrès International de Nutrition ; du 1er au 7 septembre 1960 ; Washington.
- 6 - CALVET (H.) - Les maladies nutritionnelles du bétail en Afrique noire.
Econ. Méd. An., 1971, 12, 2.
- 7 - CALVET (H.), FRIOT (D.) et GUEYE (I.S.) - Supplémentations minérales, alimentaires et pertes de poids des zébus sahéliens en saison sèche.
Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop., 1976, 29 (1) : 59-66.
- 8 - CALVET (H.), PICART (P.), DOUTRE (M.P.), CHAMBRON (J.) - Aphasphorose et botulisme au Sénégal.
Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop., 1965, 18 (5) : 249-282.
- 9 - FALL (S.T.) - Contrôle biochimique de l'état général et des principaux métabolismes du trouneau de Sangalkam.
Mémoire de confirmation, juin 1983, LNERV - DAKAR.

- 10 - FRIOT (D.) - Rapport sur l'analyse chimique des eaux de forages profonds.
Convention 20/C/66/A, 1970.
- 11 - FRIOT (D.) et CALVET (H.) - Etude complémentaire sur les carences minérales rencontrées dans les troupeaux du Nord Sénégal.
Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop., 1971, 24 (3) : 393-407.
- 12 - FRIOT (D.) et CALVET (H.) - Biochimie et élevage au Sénégal.
Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop., 1973, 26 (4) : 75a-98a.
- 13 - GITTER (M.), BOARER (C.), HOWARD (D.A.) et HEBERT (C.N.) - Blood mineral levels of cattle in Kenya.
Trop. Anim. Hlth Prod. 1975 (7), 95-104.
- 14 - GUEGUEN IL.1 - Etude de quelques facteurs nutritionnels influant sur l'accrétion osseuse et l'excrétion urinaire du calcium.
In "Physiologie comparée des échanges calciques", D. PANSU, 1973, 198 p., Sumep. Ed., 69 - Villeurbanne.
- 15 - GUEGUEN IL.3 - La variabilité de l'utilisation digestive du phosphore chez l'animal. Influence des facteurs alimentaires.
Extr. Bull. Soc. Sci. Hygiène alimentaire 1966, 54, 10 - 11 - 12; 283-292.
- 16 - GUEGUEN IL.) - Les phosphates sont chers. Evitez donc les excès de phosphore ! Extrait de "l'Elevage" n° 30, juin 1974, 41-46.
- 17 - GUEGUEN (L.) - Valeur comparée des phosphates minéraux comme sources de phosphore pour les animaux.
Ann. Zootech., 1961, 10 (3), 177-196.
- 18 - INRA - Alimentation des Ruminants, 1978, Ed. INRP Publications.
- 19 - KOLB (E.) - Physiologie des animaux domestiques.
VIGOT Frères - Editeurs, 1975.
- 30 - LAMAND (M.) - Diagnostic des carences en oligo-éléments chez l'animal.
Ann. Nutr. Alim., 1972, 26, B 379 - B 410.
- 21 - LAMAND (M.) - Le diagnostic des carences en oligo-éléments.
Extr. Point vét. "les minéraux et les vitamines", 16 et 17 octobre 1975.

- 22 - LAMAND (M.) - Maladies de carence en oligo-éléments.
Les maladies animales. Regards sur l.a Franco 1972, 261-270, Ed. SPEI,
Paris.
- 23 - LAMAND (M.), PERIGAUD (S.) et BELLANGER (J.) - Enquête sur la fréquence
et la répartition géographique des carences en oligo-éléments en France,
Cah. Méd. Vét., 1973, 42, n°4, 155-175.
- 24 - Manuel d'Alimentation des Ruminants domestiques en milieu tropical.
IEMVT, 1977.
- 25 - MBAYE (Nd.) et FRIQT (D.) - Note technique sur la supplémentation miné-
rale du bétail ; les oligo-éléments - Service de Physiologie - Nutrition
INERV, Dakar, septembre 1980.
- 26 - Mc DOWELL (L.R.), CONRAD (J.H.), LOOSLI (J.K.) et MORILLO (D.) - Results
of mineral research in Latin America.
Latin American Short Course, Gainesville, Florida, 1979.
- 27 - NDIAYE (B.) - Productivité et valeur alimentaire d'une graminée fourra-
gère : *Brachiaria mutica*.
Mémoire de fin d'études, juin 1983, E.N.S.S.A.A., Dijon.
- 28 - NDIAYE (C.) - Etude d'une graminée fourragère irriguée et fertilisée
dans la région du Cap-Vert (Sénégal) : productivité et valeur alimentaire
de *Panicum maximum*.
Mémoire de fin d'études, juin 1982, E.N.S.S.A.A., Dijon.
- 29 - PERIGAUD (S.) - Liaisons carencielles entre sols, végétaux et animaux.
Ann. Nutr. Alim., 1971, 25, B 327 - B 378.
- 30 - O.R.S.T.O.P. [Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer]
Carte pédologique du Sénégal à l'échelle du 1/1.000.000è, 1965.
- 31 - PETRA (P.), HARDEBECK (H.), SOMMER (H.) and PFEFFER (E.) - Investigations
into the effect of the feed on calcium and phosphorus contents in the
blood serum and saliva of wethers.