

UNIVERSITE DE DAKAR

ECOLE INTER-ETATS
DES SCIENCES ET MEDECINE VETERINAIRES

Année 1982

N° 23

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'ALIMENTATION
MINERALE DES BOVINS AU SENEGAL
" LES MACRO - ELEMENTS "**

THESE

Présentée et soutenue publiquement le 4 décembre 1982
devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire
(DIPLOME D'ETAT)

par

Yaya THIONGANE

né le 31 mars 1955

à Dakar (SENEGAL)

Président du Jury : M. François DIENG, Professeur à la Faculté
de Médecine et de Pharmacie de Dakar

Rapporteur : M. Ahmadou Lamine NDIAYE, Professeur à
l'E.I.S.M.V. de Dakar

Membres : M. René NDOYE, Professeur à la Faculté de
Médecine et de Pharmacie de Dakar
M. Alassane SERE, Maître de conférences à
l'E.I.S.M.V. de Dakar

I. PERSONNEL A PLEIN TEMPS :

1. PHARMACIE - TOXICOLOGIE :

N..... Professeur
François Adébayo ABIOLA..... Assistant

2. PHYSIQUE MEDICALE - CHIMIE BIOLOGIQUE :

N..... Professeur
Germain Jérôme SAWADOGO..... Assistant

3. ANATOMIE - HISTOLOGIE - EMBRYOLOGIE :

N..... Professeur
Charles Kondi AGBA..... Maître-Assistant
François LAMARQUE..... S.S.N.
Nouréni GANYOU..... Moniteur
Jean-Jacques SANZHIE-BOKALY..... Moniteur
Amadou ADAMOU..... Moniteur

4. PHYSIOLOGIE - PHARMACODYNAMIE - THERAPEUTIQUE :

Alassane SERE..... Maître de conférences
Algor THIAM..... Moniteur

5. PARASITOLOGIE - MALADIES PARASITAIRES - ZOOLOGIE :

N..... Professeur
Joseph VERCRUYSSÉ..... Assistant
Louis Joseph PANGUI..... Assistant
Sacca LAFIA..... Moniteur

6. HYGIENE ET INDUSTRIE DES DENREES D'ORIGINE ANIMALE :

N..... Professeur
Malang SEYDI..... Maître-Assistant
Peter SCHANDEVYL..... Assistant
Eugène BIADJA..... Moniteur

7. MEDECINE - ANATOMIE PATHOLOGIQUE - CLINIQUE AMBULANTE :

N..... Professeur
Roger PARENT..... Assistant
Théodore ALOGNINOUBA..... Assistant

2.- REPRODUCTION ET CHIRURGIE :

N..... Professeur
Papa El Hassan DIOP..... Maître-assistant
Jean GUILLOTON..... V.S.NI
Fidèle Molélé MBAINATINGATOLOUM..... Moniteur

9.- MICROBIOLOGIE - PATHOLOGIE GENERALE - MALADIES CONTAGIEUSES ET
LEGISLATION SANITAIRE :

N..... Professeur
Justin Ayayi AKAKPO..... Maître-Assistant
Francis FUMOUX..... Assistant
Pierre BORNAREL..... Assistant de
Recherches

10.- ZOOTECHE - ALIMENTATION - DROIT & ECONOMIE :

Ahmadou Lamine NDIAYE..... Professeur
Oumarou DAWA..... Assistant
Rémi BESSIN..... Moniteur

11.-

II.- PERSONNEL VACATAIRE :

BIOPHYSIQUE :

René NDOYE..... Maître de Conférences
Faculté de Médecine et de Pharmacie
Université de DAKAR

Alain LECOMPTE..... Chef de travaux
Faculté de Médecine et de Pharmacie
Université de DAKAR

PHARMACIE - TOXICOLOGIE :

Oumar SYLLA..... Professeur
Faculté de Médecine et de Pharmacie
Université de DAKAR

PHARMACIE - TOXICOLOGIE :

Mamadou BADIANE..... Docteur en Pharmacie

BIOCHIMIE PHARMACEUTIQUE :

Mme Elisabeth DUTRUGUE..... Maître-Assistant
Faculté de Médecine et de Pharmacie
Université de DAKAR

Amadou DIOP..... Assistant
Faculté de Médecine et de Pharmacie
Université de DAKAR

AGRONOMIE :

Simon BARRETO..... Maître de Recherches -ORSTOM

BOTANIQUE :

Guy MAYNART..... Maître-Assistant
Faculté de Médecine et de Pharmacie
Université de DAKAR

DROIT ET ECONOMIE RURALE :

Mamadou NIANG..... Chercheur à l'I.F.A.N.
Université de DAKAR

ECONOMIE GENERALE :

Oumar BERTE..... Assistant
Faculté des Sciences juridiques
et économiques
Université de DAKAR

GENETIQUE :

Jean Pierre DENIS Docteur Vétérinaire
Inspecteur Vétérinaire
L.N.E.R.V. de HANN

RATIONNEMENT :

Ndiaga MBAYE..... Docteur Vétérinaire
L.N.E.R.V. de HANN

METHODES DE REPRODUCTION :

Philippe LHOSTE Chercheur Zootechnicien
L.N.E.R.V. de HANN

AGROSTOLOGIE :

Jean VALENZA..... Docteur Vétérinaires -
Inspecteur en Chef
L.N.E.R.V. de HANN

III.- PERSONNEL EN MISSION (Prévu pour 1981 - 1982) :

ANATOMIE PATHOLOGIQUE GENERALE :

Michel MORIN..... Professeur
Faculté de Médecine Vétérinaire
Saint Hyacinthe - QUEBEC

ANATOMIE PATHOLOGIQUE SPECIALE :

Ernest TEUSCHER..... Professeur
Faculté de Médecine Vétérinaire
Saint Hyacinthe - QUEBEC

BIOCHIMIE VETERINAIRE :

François ANDRE..... Professeur
E.N.V NANTES

CHIRURGIE :

J.P. GENEVOIS..... Maître de Conférences
E.N.V. - TOULOUSE

PATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION - OBSTETRIQUE :

Jean FERNEY..... Professeur
E.N.V. - TOULOUSE

PATHOLOGIE DES EQUIDES :

Jean Louis POUCHELON..... Maître de Conférences
E.N.V. - ALFORT

PATHOLOGIE BOVINE :

Jean LECOANET..... Professeur
E.N.V.V. - NANTES

PATHOLOGIE GENERALE - MICROBIOLOGIE IMMUNOLOGIE :

Jean OUDAR..... Professeur
E.N.V - LYON

PATHOLOGIE INFECTIEUSE :

Jean CHANTAL..... Professeur
E.N.V. TOULOUSE

PARASITOLOGIE :

Jean BUSSIERAS..... Professeur
E.N.V. - ALFORT

A NOS MAITRES ET JUGES :

A Monsieur François DIENG, professeur à la Faculté de Médecine et
de Pharmacie de DAKAR.

Vous nous faites un grand honneur en acceptant la présidence
de notre Jury de thèse.

A Monsieur Ahmadou Lamine NDIAYE, professeur à l'Ecole Inter-Etats
des sciences et Médecine vétérinaires de DAKAR.

Vous avez bien voulu nous guider et nous prodiguer vos conseils
dans l'élaboration de cette thèse.

Puissent les vertus et les nobles actions que vous nous avez
enseignées éclairer notre voie.

Nous vous exprimons ici nos sentiments de reconnaissance et
de profonde admiration.

A Monsieur René NDOYE, professeur à la Faculté de Médecine et
de Pharmacie de DAKAR.

Vos multiples charges ne vous ont pas empêché de siéger
dans notre Jury.

Soyez-en remercié.

A Monsieur Alassane SERE, maître de conférences à l'Ecole Inter-Etats
des Sciences et médecine vétérinaires de DAKAR.

Nous ne saurions vous remercier assez de l'intérêt
que vous n'avez cessé de porter à notre formation
et du grand honneur que vous nous faites de juger
notre travail.

Nous vous exprimons, ici, nos sentiments de
reconnaissance et profond respect.

NOS HOMMAGES RESPECTUEUX ET TOUTE NOTRE RECONNAISSANCE.

A LA MEMOIRE DE MON PERE.

A MA MERE, A MES FRERES ET SOEURS.

à qui je dois tout.

Qu'ils trouvent ici un petit témoignage de mon affection et de ma reconnaissance pour les sacrifices qu'ils se sont imposés en espérant que plus tard je pourrai encore mieux les récompenser.

A mon grand père Kalidou Mamadou Seck et famille

A mes oncles :

Boubou THIONGANE et famille

Abou THIONGANE et famille

Moussa THIONGANE et famille.

A tous mes amis.

A la Promotion "BESSIN" de l'E.I.S.M.V. de Dakar

Au personnel de L.N.E.R.V

Au personnel du P.D.E.S.O.

Au personnel de la SO.DE.V.A

Au personnel du C.R.Z de DAHRA

Au personnel du C.R.Z. de KOLDA

au personnel de la D.S.P.A.

Au personnel du Contrôle Economique

Au personnel de l'Institut PASTEUR.

JE DEDIE CE TRAVAIL.

"Par délibération, la Faculté et l'Ecole ont décidé que les opinions émises dans les dissertations qui leur seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles n'entendent leur donner aucune approbation ni improbation".-

I N T R O D U C T I O N .

Le Sénégal, partie avancée de l'Afrique de l'Ouest, se situe entre les méridiens 11°30' à l'Est (SARAYA) et 17°30' (DAKAR) à l'Ouest et les parallèles 12°30' Sud (frontière avec la Guinée) et 16°30' au nord (Foder).

Cette situation tropicale du pays dans son ensemble, et sahélo-saharienne dans sa partie septentrionale, imprime à l'élevage sénégalais son cachet particulier.

Pour cet élevage, si par la disparition des grandes épizooties, la situation sanitaire est maîtrisée, le problème alimentaire reste entier.

Les paturages naturels constituent l'alimentation presque exclusive du cheptel sénégalais.

Ces paturages sont spécifiques des zones climatiques et de la qualité du sol. Ainsi une très longue saison sèche et une pauvreté des sols en éléments nutritifs constituent autant de facteurs défavorables à une production végétale correcte, et sont à l'origine de carences (qualitative et quantitative) qui sévissent périodiquement au niveau du troupeau.

C'est dans ce contexte que sont apparues, au début des années soixante, des enzooties de botulisme dont l'étiologie est une hypophosphorose consécutive à une déficience en phosphore des végétaux et des eaux d'abreuvement.

Depuis cette date, de nombreux travaux ont permis de déceler d'autres carences, et ont montré également l'importance des minéraux sur l'avenir économique du troupeau.

Fortes de ces résultats expérimentaux, des sociétés de développement de l'élevage se sont assignées la tâche de vulgariser ce type d'aliments en milieu pastoral. Mais cette vulgarisation ne se fait pas sans heurt.

Nous avons pu nous rendre compte de ces difficultés, au cours de notre stage de vacances 1978-79 au Sénégal oriental : "les éleveurs ont élaboré toute une stratégie de résistance pour refuser le produit, allant jusqu'à lui attribuer des mortalités et des avortements".

C'est de là que nous est venue l'idée du sujet de cette thèse, où nous essayerons d'apporter de la lumière sur le rôle des minéraux dans la nutrition et son impact possible sur les productions bovines.

Dans la première partie, nous avons rassemblé des connaissances acquises sur le rôle des minéraux, dans la Nutrition, et ensuite étudié l'importance des minéraux dans les différentes productions (viande, lait, reproduction essentiellement), de même que le problème pathologique sera abordé, et enfin nous nous intéresserons aux critères de qualité qu'on doit exiger des minéraux et les moyens permettant d'apprécier ces qualités afin de pouvoir faire le choix du supplément le plus convenable.

Dans la deuxième partie, que nous réservons aux aspects de l'alimentation minérale du cheptel sénégalais, nous essayerons d'analyser toutes les inter-relations c'est à dire en partant du sol et passant par les végétaux pour aboutir aux animaux, qui sont le baromètre de la qualité de l'alimentation. Nous nous intéresserons aussi aux actions les plus méritoires qui sont menées pour promouvoir l'alimentation minérale par l'utilisation des phosphates locaux, ressources qui abondent dans le pays ; mais au paravent nous aurons parlé des méthodes traditionnelles de supplémentation telles qu'elles nous ont apparues sur le terrain et dans la bibliographie.

Nous terminerons cette partie par la législation des aliments minéraux du bétail et des actions possibles à mener compte tenu des considérations que voilà.

Nous ne traiterons pas dans notre étude des oligo-éléments (fer, cuivre, manganèse, fode, zinc, cobalt etc...) qui sont tout aussi importants. Nous avons voulu éviter de faire une étude sommaire de cette partie d'un sujet particulièrement intéressant et dont beaucoup de données font défaut à l'heure actuelle pour l'élevage tropical africain.

Nous formulons le vœu que des études ultérieures puissent se pencher avec toute la latitude que requiert un tel sujet. Ce travail sera, nous le pensons, le complément du notre.

P R E M I E R E P A R T I E

LES MACRO-ELEMENTS DANS LA
NUTRITION ANIMALE.

CHAPITRE PREMIER.
LES MACRO-ELEMENTS DANS LA
NUTRITION ANIMALE.

I. INTRODUCTION :

Les minéraux ou cendres utilisés en nutrition animale sont des éléments chimiques indispensables à la constitution du corps et au fonctionnement de l'organisme de l'animal.

Ils sont apportés à l'animal essentiellement par les fourrages dans lesquels ils constituent, avec la matière organique, les deux composantes de la matière sèche.

Ces minéraux sont classés, en fonction de l'ordre de grandeur des besoins, en macro-éléments (en grammes par kilogramme de matière sèche) et en oligo-éléments (en milligrammes par kilogramme de matière sèche).

Les macro-éléments indispensables sont le calcium, le phosphore, le sodium, le chlore, le magnésium, le potassium et le soufre.

II. LE CALCIUM ET LE PHOSPHORE :

Ce sont les éléments minéraux les plus pondéralement représentés dans le corps à raison de 1,2 à 2 pour 100 du poids vif pour le calcium et 0,9 à 1,1 pour 100 pour le phosphore. Leur étroite relation fonctionnelle fait que nous allons les étudier ensemble.

A) METABOLISME :

1°) DIGESTION :

Avant d'être absorbés, les composés phospho-calciques doivent être solubilisés dans le tube digestif car la plupart d'entre eux sont insolubles (par exemple le carbonate de calcium).

Cette solubilisation est due à l'acide chlorhydrique qui transforme les sels de calcium (carbonates, bicarbonates, oxalates, acétates, protidates) en chlorure de calcium très soluble et les phosphates di et tricalciques en phosphates monocalciques(4).

Les sels solubles ainsi formés dans l'estomac, où le pH est acide passent dans le duodénum, à pH encore acide, où l'absorption des sels solubles est possible.

Mais au fur et à mesure de leur progression dans l'intestin grêle, les sels solubles non absorbés rencontrent un milieu de plus en plus alcalin et redonnent des sels insolubles.

La bile joue un rôle non négligeable dans la digestion des sels phospho-calciques. En effet, les phosphates de la bile libèrent de l'acide ortho-phosphorique qui transforme les sels de calcium insolubles en phosphates mono-calciques solubles. La présence de magnésium est nécessaire à cette réaction.

De même, la bile apporte les phosphatases (diastases) qui permettent la formation de phosphates mono-calciques solubles, donc absorbables.

Enfin, soulignons que les conditions optimales d'absorption sont remplies dans l'intestin quand, à un atome de phosphore correspond un atome de calcium environ, c'est à dire un rapport phospho-calcique (Ca/p) égal à 1,3 (49).

2. ABSORPTION :

2.1. Sièges :

GUEGUEN (1978)(51) situe l'essentiel de l'absorption du calcium dans la première moitié de l'intestin grêle, tandis que pour le phosphore, l'absorption chez les ruminants, se ferait principalement dans les deux derniers tiers de l'intestin grêle mais peut aussi se produire dans les estomacs.

2.2. Coefficient d'utilisation digestive (C.U.D) (52)

Il faut toujours garder à l'esprit que tout le calcium et le phosphore contenus dans la ration n'est pas absorbé, donc non utilisé par l'animal.

Ce qui conduit à distinguer deux digestibilités : apparente ou réelle. La digestibilité apparente ou coefficient d'utilisation digestive apparent s'exprime par :

$$\frac{\text{Ingéré - Fecal}}{\text{Ingéré}} \times 100$$

L'inconvénient majeur du CUD apparent est qu'il ne tient pas compte de la fraction endogène de substances minérales des fécés provenant de échanges métaboliques, et qui se retrouvent dans les fécés au même titre que les éléments minéraux non digérés de la ration.

C'est l'évaluation de cette fraction endogène par les isotopes radioactifs qui a permis de connaître la quantité du minéral qui est réellement absorbée :

Ingéré - Fécés + Fécés endogène

D'où on tire l'expressions :

$$\text{CUD réel} = \frac{\text{Ingéré} - (\text{Fécés} - \text{Fécés endogène})}{\text{Ingéré}} \times 100$$

Cette absorption est sous la dépendance de plusieurs facteurs.

2.3. Facteurs influençant l'absorption :

Les facteurs favorisant ou entravant l'absorption du calcium et du phosphore, peuvent dépendre de l'animal, du minéral utilisé ou de la ration.

2.3.1. Facteurs liés à l'animal :

Ils sont représentés par :

2.3.1.1. Espèce et Race :

Des auteurs se sont préoccupés de cet aspect de la question. En l'occurrence, FIELD (1980) qui insiste sur les variations génétiques dans le métabolisme et pense à l'existence d'une cause raciale dans les incidences des désordres associés au métabolisme minéral et dans les concentrations des minéraux dans les tissus et minéraux(42).

CALVET (1972) met en évidence sur les deux principales races du Sénégal (Zébu Gobra et Ndama) des différences dans les taux sériques des macro-éléments et retient entre autres causes une différence génétique dans l'efficacité de l'absorption(21).

2.3.1.2. Age :

Il est généralement admis que le jeune animal, ne consommant que du lait, utilise à 50 pour 100 le phosphore et le calcium, et que l'adulte, en régime varié, ne les assimile qu'avec un rendement d'environ 30 pour 100(4).

2.3.1.3. Etat du tube digestif :

L'intégrité de la muqueuse et son bon fonctionnement sont très importants, surtout chez les jeunes où les diarrhées et les infestations parasitaires ne sont pas rares. Il est fréquent de voir associés, chez un même jeune animal, diarrhée et rachitisme(71).

2.3.1.4. Divers :

Ce sont les facteurs aussi variables que l'individu, les influences hormonales etc...

En effet, deux animaux de même race et de même âge, recevant la même ration, l'un peut présenter des troubles du métabolisme alors que l'autre demeure sain. Cela peut être rattaché à des causes aussi diverses que la dentition.

En ce qui concerne les hormones, notons que l'hormone de croissance et la folliculine peuvent augmenter l'absorption du calcium, par contre la cortisone la freine(4).

De son côté, l'hormone thyroïdienne augmente les pertes fécales en calcium.

2.3.2. Facteurs liés au minéral :

Le minéral peut présenter des caractères physico-chimiques propres à influencer l'absorption dans un sens ou dans l'autre.

2.3.2.1. Position dans la table périodique :

Il semble que le calcium et le phosphore moins électro négatifs ou électropositifs accusent une absorption peu efficace et sont très influencés par la composition chimique de la ration. Contrairement au sodium, potassium et chlore, éléments fortement électronégatifs ou électropositifs (groupe 1 et 7 dans la table) qui possèdent une efficacité voisine de 100 pour 100 pour l'absorption (43).

2.3.2.2. Forme chimique et degré de polymérisation :

Ils exercent une influence importante sur la disponibilité du phosphore. En effet, on remarque que, quelle que soit l'espèce animale, les orthophosphates purs sont très bien utilisés alors que les métaphosphates et les formes polymérisées (comme les pyrophosphates) ont une valeur alimentaire très inférieure par faible digestibilité et mauvaise rétention du phosphore absorbé(40).

Thompson (1978(42), effectuant des tests sur des ovins, corrobore ce point de vue, qu'il illustre dans le tableau suivant :

../..

Tableau n°1 : Utilisation des phosphates inorganiques chez les Ovins :
influence de la forme chimique et du degré de polymérisation
sur le coefficient d'utilisation digestive (C.U.D)
(THOMPSON) 1978,(42)

P H O S P H A T E	A b s o r p t i o n	
	in vivo (pour 100)	in vitro (pour 100)
calcium ortho - $\text{Ca} (\text{H}_2 \text{P}_2\text{O}_7) \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	100	100
calcium Méta. $\text{Ca} (\text{PO}_3)_2$	70	78
calcium Pyro - $\text{Ca}_2 \text{P}_2\text{O}_7$	54	0
sodium-ortho- $\text{Na H}_2 \text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	-	107
sodium Méta. Na PO_3	97	98
sodium Pyro $\text{Na}_2 \text{H}_2 \text{P}_2\text{O}_7$	82	100

2.3.2.3. Forme cristalline(40) :

Elle influence la digestibilité du phosphore au sein des groupes ortho, Méta ou pyrophosphates ; par exemple, les différences de digestibilité par moindre solubilité de la forme anhydre observée entre les phosphates bicalciques anhydres et hydratés.

2.3.2.4. Traitements subis (50) :

Les traitements susceptibles d'influencer la digestibilité du phosphore sont essentiellement ceux de défluoration. Ces traitements thermiques, qu'on applique aux phosphates naturels pour les débarrasser du fluor, ont l'inconvénient d'entraîner des modifications des formes allotropiques du degré de polymérisation, et par voie de conséquence de baisser la disponibilité du phosphore.

En outre, soulignons que la pureté des phosphates est aussi un élément important : pureté et digestibilité vont de pair ; le fer et l'aluminium ont une influence néfaste.

2.3.3. Facteurs liés à la ration :

L'absorption du calcium et du phosphore est fortement influencée par les autres constituants de la ration.

2.3.3.1. : Teneur en calcium du régime antérieur :

Après une diète en calcium assez prolongée, l'absorption du calcium est élevée après la reprise.

Ainsi, Kunberk et col, 1961,(4) sur des travaux chez le rat, apportent une preuve directe des effets des différents niveaux d'ingestion de calcium sur l'absorption calcique intestinale : ils constatent que si la quantité de calcium ingérée est faible, l'absorption devient remarquablement efficace.

De là, nous déduisons que la quantité du calcium absorbée l'est en fonction des besoins. Ce qui n'est pas le cas pour le phosphore.

2.3.3.2. : Taux de protéides :

Un excès de protéines entraverait l'absorption du calcium et nécessiterait une supplémentation en cet élément.(49).

D'autres points de vue existent.

D'une part, on cite l'action positive des protéines phosphorées du lait sur l'absorption du calcium, ce qui les fait utiliser comme agents antirachitiques chez les jeunes enfants(71).

D'autre part, le taux de protéines serait sans action sur l'absorption du calcium ; et contrairement pour le phosphore, des taux faibles sont préjudiciables à sa digestibilité(51).

2.3.3.3. : Taux de Glucides :

FOURNIER trouve que chez le rat, le glucose, le saccharose, le maltose, l'amidon ne permettent qu'une utilisation médiocre du calcium. Par contre, l'administration, en faible quantité, de lactose, de galactose, de d ou l'xylose, de d ou l arabinose, provoque une élévation considérable des coefficients d'utilisation digestive du calcium(4).

Par ailleurs, il semble que l'excès de cellulose soit nuisible à l'utilisation du calcium. Nous pensons l'expliquer par, d'une part l'effet laxatif de la cellulose qui, en accélérant le travail intestinal, peut entraver l'absorption du calcium, et d'autre part, la digestion de la cellulose n'est jamais parfaite de sorte que le calcium ne peut être totalement libéré.

2.3.3.4. Taux de lipides :

En excès, les acides gras de haut poids moléculaire vont former avec le calcium des savons insolubles non absorbés et éliminés dans les fécés.

Selon d'autres avis, les lipides au taux normal ont peu ou pas d'action sur l'absorption du calcium, par contre à faible dose, les acides gras seraient favorables à l'utilisation du calcium(51).

2.3.3.5. Taux des acides :

Il s'agit principalement de deux acides : l'acide oxalique et l'acide phytique qui peuvent complexer le calcium ou le phosphore et engendrer des formes insolubles qui sont, cependant, peu gênantes pour les ruminants. Chez lesquels ces acides sont métabolisés, grâce aux enzymes (phytases) des micro-organismes du rumen.

2.3.3.6. Taux de sels minéraux(12) :

- Le Magnésium.

Son action est fonction du taux de calcium de la ration ; ainsi son effet est favorable pour des taux de calcium faibles, indifférent pour des taux moyens et nuisible pour des taux élevés.

- Autres.

Le fer, Baruym, strontium donnent des phosphates insolubles non absorbables. De même, les sels d'aluminium empêchent l'absorption des phosphates.

2.3.3.7. Taux de vitamines :

- Vitamines A.

De par son rôle de protection des épithéliums, elle intervient indirectement sur l'absorption phospho-calcique.

- Vitamine D.

En plus de son action primordiale sur l'absorption du calcium, la vitamine D peut augmenter la teneur intestinale en phytase, du moins chez le rat.

III. DEVENIR ET FORMES DU CALCIUM ET DU PHOSPHORE DANS L'ORGANISME :

Après avoir été absorbés au niveau de l'intestin grêle, le calcium et le phosphore sont répartis par le sang dans les différentes parties de l'organisme. Cependant cette répartition est très inégale : la majeure partie du calcium et du phosphore (90 pour 100 du calcium et 90 pour 100 du phosphore) est déposée dans le squelette (os et dents), et les os sont le siège d'échanges continuels avec le sang.

3.1. Au niveau de l'os(83) :

L'analyse chimique de l'os montre qu'il est formé d'une partie organique et d'une partie minérale. Le collagène osseux comporte une scléroprotéine et des mucopolysaccharides ; il supporte les sels minéraux qui sont présents dans les proportions suivantes : (STOLKOWSKY).

Phosphate tricalcique.....	74,40 pour 100
Carbonate de calcium.....	10,30 pour 100
Citrate de calcium.....	2,00 pour 100
Lactate de calcium.....	0,19 pour 100
Phosphate tri Magnésien.....	0,92 pour 100
Carbonate de Magnésium.....	1,02 pour 100
Phosphate disodique.....	2,40 pour 100
Complexe phospho-protéine calcique.	8,72 pour 100.

La trame protéique ferait une sorte de moule dans lequel les microcristallites de phosphate tricalcique seraient encastrés.

3.2. Au niveau des tissus mous(68) :

Le phosphore est beaucoup plus abondant que le calcium dans les tissus mous et intervient dans la majorité des réactions biochimiques, en particulier dans les transferts d'énergie, donc dans l'utilisation des lipides, glucides et protides.

Le phosphore protéique se trouve dans trois composés :

- dans les nucléoprotides qui forment la substance fondamentale des noyaux cellulaires ;
- dans les nucléotides que l'on trouve, en particulier, dans le tissu musculaire ;
- dans les paranucléines qui forment les caseines des divers laits et les vitellines du jaune d'œuf.

Le phosphore lipidique, dénommé aussi phospholipide, se trouve dans les centres nerveux et dans le sang sous forme de lécithines, céphalines, myélines etc...

Le phosphore glucidique joue un grand rôle dans la physiologie du muscle.

3.3. Au niveau du sang et des tumeurs(23) :

Par souci de clarté, nous étudierons successivement le calcium et le phosphore, bien qu'il existe d'étroites relations entre les deux formes.

3.3.1. La calcémie :

La calcémie est le taux de calcium plasmatique. Le calcium du sang se présente sous deux formes :

+ Une fraction qui est capable de diffuser à travers les parois des vaisseaux ; elle représente 60 pour 100 environ du calcium plasmatique total.

On admet que, chez le sujet normal, 55 pour 100 du calcium total est sous forme ionisée : c'est la fraction du calcium plasmatique physiologiquement active. 5 pour 100 du calcium total est diffusible, mais non ionisé, parce que combiné sous forme de citrate de calcium.

+ Une fraction non diffusible, elle représente 40 pour 100 du calcium plasmatique total. Cette fraction ne diffuse pas parce qu'elle est fixée aux protéines par une liaison réversible. Il s'établit un équilibre qui obéit à la loi d'action de masse.

Protéines de la Ca $\xrightleftharpoons{\hspace{1cm}}$ Protéines + calcium ionisé. Signalons que les protéines sériques présentent une affinité variable pour le calcium: les albumines plus que les globulines. Pour ces dernières, la fraction varie par ordre décroissant de γ , β et δ

3.3.2. Le phosphore :

Le phosphore du sang est sous des formes minérales solubles : phosphates de sodium, phosphates de potassium, phosphates de calcium etc... Ce phosphore minéral ou phosphore inorganique existe sous forme de pyrophosphates et d'orthophosphates.

- Les pyrophosphates sont des sels de l'acide pyrophosphorique de formule chimique $P_2 O_7 H_4$, et sont présents dans la partie globulaire du sang. Ce sont principalement les pyrophosphates de potassium ($P_2 O_7 K_2$), les pyrophosphates de calcium ($P_2 O_7 Ca_2$), les pyrophosphates de sodium ($P_2 O_7 Na_2$) et les pyrophosphates de magnésium ($P_2 O_7 Mg_2$).

Les orthophosphates sont les sels de l'acide orthophosphorique ($PO_4 H_3$) présents dans le plasma et sont représentés par les orthophosphates de calcium, potassium, magnésium et de sodium.

Le taux des orthophosphates du plasma constitue la phosphatémie. Elle est le paramètre le plus couramment utilisé.

La phosphorémie est le taux du phosphore sanguin total c'est à dire les orthophosphates plus les pyrophosphates.

IV. VOIES D'ELIMINATION DU CALCIUM ET DU PHOSPHORE :

La principale voie d'élimination du calcium et du phosphore est représentée par la voie fécale, avec une composante non négligeable d'origine endogène.

Pour le phosphore, il faut retenir la partie importante prise par la sécrétion salivaire. En effet, cette élimination du phosphore est plus forte que celle des autres sécrétions digestives, et de plus ce phosphore salivaire présente l'avantage, en passant par le rumen et l'intestin, d'être soumise à l'absorption intestinale.

Ainsi, la salive permet de rééquilibrer un rapport phospho-calcique en faveur du calcium et de réaliser des conditions optimales pour une bonne absorption intestinale(51).

L'excrétion intestinale du phosphore se fait dans l'intestin grêle, alors que le calcium est excrété dans le cœcum et le gros intestin.

Il faut noter cependant, la faible capacité d'excrétion intestinale du calcium qui peut être due au fait que la quantité du calcium absorbée étant toujours dictée par les besoins de l'animal, il se produit rarement de surplus

Par ailleurs, les urines sont utilisées. Des auteurs trouvent que la relation urine/Fécés varie entre 1/50 et 1/150 pour le calcium et le phosphore. Toutefois, des substances comme les sulfates de calcium et de magnésium, et l'acidité excessive du régime peuvent accroître l'excrétion urinaire du calcium et du phosphore(40).

En ce qui concerne le lait, il renferme en moyenne :

calcium = 1,25 g/Kg de lait

phosphore = 0,9 g/Kg de lait.

Ces taux sont généralement constants : une pauvreté de la ration en phosphore et en calcium affecte plutôt la quantité du lait.

Le calcium et le phosphore sont liés à un complexe caseinate de calcium associé à un phosphate de calcium.

5°) La régulation du métabolisme phosphocalcique.

Pour remplir leurs rôles, les taux de calcium et de phosphore doivent être maintenus dans des limites dites physiologiques, car leur excès ou leur déficit peut engendrer des troubles pathologiques. Pour ce faire, l'organisme dispose de moyens de régulation représentés essentiellement par des hormones.

Ces hormones, au nombre de trois, sont d'importance inégale ; d'abord le dérivé dihydroxylé de la vitamine D ; le 1,25 dihydroxycholecalciférol (1-25 DHCC) ; ensuite la seconde est l'hormone parathyroïdienne (PTH), hypercalcémiant et hypophosphatémiant ; et enfin la calcitonine (C.T) essentiellement hypocalcémiant jouerait un rôle mineur.

Ces trois hormones agissent sur des sites privilégiés : os, intestin, rein.

5.1. : La dihydroxycholecalciférol (DHCC)(71)

5.1.1. : Métabolisme :

Après son absorption intestinale, surtout dans la partie moyenne du jéjunum, ou sa synthèse dans la peau à partir du 7 dihydrocholestérol grâce aux rayons ultraviolets, la vitamine D est amenée par le sang jusqu'au foie où elle subit une première hydroxylation.

Cette hydroxylation s'effectue dans les mitochondries des hépatocytes et aboutit à la synthèse d'un métabolite intermédiaire dans la synthèse de l'hormone : le 25 hydroxycholécalférol (25 Hcc). Lié à une lipoprotéine spécifique, le 25 Hcc représente la forme circulante majeure de la vitamine D ; métabolite plus polaire que la vitamine D, il possède une action directe sur l'absorption intestinale et la résorption osseuse, supérieure à celle de la vitamine D, mais bien inférieure à celle de l'hormone (6)(24).

Au niveau du rein, du cortex rénal, le 25 Hcc est hydroxylé dans les mitochondries et donne naissance à deux dérivés, dont un seul est actif : l'hormone, le 1-25 DHcc.

5.1.2. : Action au niveau de l'intestin :

Absorbé par la cellule muqueuse de l'intestin, le 1-25 DHcc a une protéine, hautement spécifique, qui aurait pour rôle le transport de l'hormone dans le noyau.

Au niveau du noyau, la présence du 1-25 DHcc induit la synthèse d'un ARN messager qui commande la synthèse de plusieurs protéines dont la plus étudiée est la "protéine transporteuse de calcium", une autre est une ATPASE calcium sensitive, nécessaire au transport actif du calcium à la membrane villositaire des cellules intestinales et une autre, une phosphatase alcaline qui interviendrait dans l'absorption du phosphore.

En somme, l'hormone 1-25 DHcc stimule donc à la fois le transport intestinal du calcium et de celui du phosphore. De plus, il est le facteur adaptant l'absorption calcique intestinale aux besoins de l'animal.

5.1.3. : Action au niveau du rein :

Le 1-25 DHcc augmente la réabsorption tubulaire du calcium et du phosphore. Cependant le mécanisme d'action est controversé.

5.1.4. : Action au niveau de l'os :

Le 1-25 DHcc agit à la fois sur la formation et la résorption osseuses ; selon la quantité d'hormone, l'une ou l'autre prédomine. Ainsi à faible dose, l'hormone active les phosphatases alcalines intervenant dans la minéralisation.

Nous retenons donc que le 1-25 DHcc est une hormone essentielle dans le métabolisme et l'homéostasie phospho-calcique. Ainsi à dose physiologique, le 1-25 DHcc, favorisant l'absorption intestinale et la réabsorption tubulaire du calcium et du phosphore, concourt à élever la calcémie et la phosphatémie ; et au niveau du squelette, le 1-25 DHcc permet une meilleure ostéoformation et le remodelage de l'os formé.

5.2. : La parathormone (PTH).(75) :

Sécrétée par les glandes parathyroïdiennes, elle est un polypeptide de poids moléculaire 8.500 avec activité biologique due à une séquence de vingt (20) acides aminés du côté carboxyl.

5.2.1. : Action sur l'intestin :

Elle a une action indirecte sur l'intestin ; elle favorise la réabsorption du calcium et des ions phosphates par l'intermédiaire du 1-25 DHcc.

5.2.2. : Action sur le rein :

La PTH agit à la fois sur la réabsorption du calcium et sur celle du phosphore.

- réabsorption du calcium.

Elle provoque un accroissement de la réabsorption tubulaire du calcium. Bien que l'augmentation de la réabsorption du calcium soit limitée (99 pour 100 du calcium est normalement réabsorbé), il semble que ce recyclage est le premier réajustement de la calcémie.

- réabsorption du phosphore.

La PTH diminue sa réabsorption tubulaire en abaissant le seuil d'élimination des phosphates urinaires. Cette action sur la réabsorption serait associée à une augmentation de la filtration glomérulaire et une sécrétion tubulaire.

5.2.3. : Action sur l'os :

Elle active les phénomènes de résorption osseuse (BARNICOT, 1948) en stimulant d'abord l'activité des ostéocytes et des ostéoclastes et ensuite leur nombre.

Elle agit également sur la formation osseuse en diminuant leurs fonctions et leur nombre. Ce qui se traduit par la diminution de la matrice et formation d'un tissu osseux très cellulaire.(31).

En somme la PTH est une hormone hypercalcémiant ; son action est mise en jeu dès que la calcémie tend à baisser ; elle agit d'abord sur le rein en augmentant la réabsorption du calcium et sur l'intestin en favorisant l'absorption calcique et sur l'os en provoquant la libération du calcium.

On préfère l'appellation d'hormone "anti-hypercalcémiant" à celle d'hormone hypercalcémiant.

5.3. La calcitonine (C.T.) (75).

L'hormone est sécrétée par les cellules parafolliculaires ou cellules C de la thyroïde.

La C.T. est un polypéptide de 32 acides aminés et de poids moléculaire de 5.100.

5.3.1. Action sur l'intestin :

Elle diminue l'absorption intestinale du calcium, mais cependant cette action ne justifie pas l'effet hypocalcémiant de l'hormone.

5.3.2. Action sur le rein :

Elle augmenterait l'excrétion urinaire du calcium et des phosphates par un mécanisme d'action non éclairci.

5.3.3. Action sur l'os :

Le rôle physiologique de la C.T. s'exerce sur l'os par une inhibition de la résorption osseuse ostéoclasique et ostéocytaire. Ce blocage de la résorption osseuse provoque l'hypocalcémie et favorise l'hypophosphatémie.

Selon Certains (58) le nom le plus adéquat serait hormone "anti hypercalcémiant".

BARLET (1975)(5) constate que chez la brebis, la lactation et la gestation sont associées à une élévation significative de la calcitonémie, beaucoup plus intense encore dans les cas de gestations gémellaires.

L'auteur pense à une action protectrice de la calcitonine sur le squelette de la femelle contre une déminéralisation excessive au cours de la lactation et de la gestation.

B) BESOINS DES BOVINS EN CALCIUM ET EN PHOSPHORE.

L'apport en calcium et en phosphore aux animaux domestiques est une nécessité.

Pour réaliser un apport optimum, il faut connaître les besoins des animaux et la teneur des aliments en ces deux éléments.

1°) Types et ordre de grandeur des besoins(49)

On distingue deux types de besoins : besoin net et besoin alimentaire.

1.1. Besoins nets.

Ils sont théoriques et se répartissent en besoins nets d'entretien , de croissance, de gestation et de lactation.

- Besoin net d'entretien :

Il correspond à l'excrétion inévitable de calcium et de phosphore par les urines et la voie endogène fécale (GUEGUEN, 1972).

- Besoin net de croissance :

Il est beaucoup plus mal connu car il dépend du degré de minéralisation que l'on souhaite obtenir. Cette minéralisation optimale est une donnée qualitative, subjective et varie avec les auteurs.

- Besoin net de gestation :

Il n'entre en ligne de compte que pendant les trois derniers mois de gestation.

- Besoin net de lactation :

Il correspond aux taux de calcium et de phosphore du lait.

Notons qu'en général, ces valeurs théoriques, nécessaires pour le calcul des besoins des animaux, sont loin de faire l'unanimité. Les divergences existantes sont dues aux limites des connaissances sur le métabolisme phospho-calcique d'une part, et d'autre part à la diversité des méthodes d'analyse mises en œuvre.

Au titre d'exemple, nous empruntons à FIELD (A.C), 1978 le tableau suivant qui résume les diverses valeurs des besoins nets d'entretien en usage dans le monde.

Tableau n°2 : Besoins nets d'entretien des bovins en phosphore (mg/kg de PV/foin).

A. R. C. (1965)	:	12 - 28
A. R. C. (1980)	:	12
N. R. C. (1976) bovins à viande	:	17, 5
N. R. C. + (1978) bovins laitiers	:	17,5 - 14
I. N. R. A. (1978)	:	25

+ en fonction du poids.

Pour les bovins africains, de telles données font défaut.

1.2. Besoins alimentaires :

Pour estimer les besoins alimentaires, nous choisissons la méthode factorielle analytique de GUEGUEN qui consiste à multiplier les besoins nets totaux (entretien, croissance, gestation, gestation et lactation) par un facteur moyen d'utilisation digestive égal à $\frac{100}{\text{C.U.D. réel}}$.

Les coefficients d'utilisation digestive réels adoptés sont pour la production laitière de 30 pour 100 pour le calcium et 55 pour 100 pour le phosphore et pour les bovins en croissance 35 pour 100 pour le calcium et 55 pour 100 pour le phosphore (GUEGUEN, 1978)(52).

Au Sénégal, des données sur les coefficients d'utilisation digestive (C.U.D) réels n'existent pas. Les besoins en calcium et en phosphore dont nous disposons, sont des valeurs constantes et se réfèrent tous à l'unité bovin tropical (U.B.T.).

L'Unité Bovin Tropical (U.B.T) pèse 250 kilogrammes de poids vif et a des besoins évalués à 2,7 à 3,1 unités fourragères (U.F) et 130 grammes de matières azotées digestibles (M.A.D) suivant l'importance des déplacements auxquels il est soumis, et consomme 6,25 kilogrammes de matières sèches (CALVET, 1976)(23).

Ses besoins en minéraux sont de 5 grammes de calcium pour 100 kilogrammes de poids vif et 3 grammes de phosphore pour 100 kilogrammes de poids vif(15).

Sur le plan pratique, les besoins sont exprimés en grammes de calcium et de phosphore par kilogramme de ration sèche consommée.

Toutefois notons que même si cette estimation est commode en pratique, elle introduit une approximation supplémentaire due à l'estimation des quantités moyennes consommées. En effet, ces quantités varient en fonction de l'ingestibilité des fourrages, et il faut connaître ou prévoir ces quantités.

Pour les bovins africains tropicaux, les valeurs des besoins en calcium et phosphore, en fonction de la ration sèche ingérée, retenues sont de :

2 g/kg de M.S. pour le Ca.

1,2 g/kg de M.S. pour le P.

soit

0,2 pour 100 de la matière sèche pour le calcium et 0,12 pour 100 de la matière sèche pour le phosphore. Ajoutons que la valeur du rapport phospho-calcique retenu pour les bovins tropicaux se situe entre 1 et 1,7.

2°) Couverture des besoins :

La couverture des besoins en minéraux en général, en phosphore et en calcium en particulier, est essentiellement assurée par la ration constituée de ressources végétales fournies par les paturages (graminées et légumineuses) et parfois d'autres éléments nutritifs comme les sous-produits agricoles : graines de coton, tourteaux etc...

En cas de déficience de la ration en calcium ou en phosphore, on fait appel à des sources spécifiques de ces deux éléments :

2.1. La ration alimentaire :

Les teneurs en calcium et en phosphore des éléments constitutifs de la ration sont variables.

Les fourrages, surtout les légumineuses sont riches en calcium (0,12 à 0,20 pour 100 de matière sèche) et pauvres en phosphores (0,11 à 0,23 pour 100 de matière sèche), et les graminées, à l'inverse sont riches en phosphore (68).

Les grains sont riches en phosphore (0,5 à 0,9 pour 100 de Matière sèche) et pauvres en calcium (0,01 à 0,10 pour 100 de matière sèche.)

Les tourteaux sont très riches en phosphore (0,5 à 0,9 pour 100 de matière sèche) et assez pauvres en calcium (0,1 à 0,4 pour 100 de matière sèche.)

Les tubercules et les racines sont à la fois pauvres en calcium (0,025 pour 100) de matière sèche et en phosphore (0,025 pour 100 de matière sèche.)

2.2. Les sources spécifiques de calcium et de phosphore :

Leur rôle est de rééquilibrer le régime alimentaire en apportant soit du phosphore (ac. phosphorique), soit du calcium (carbonate de calcium), ou les deux à la fois (phosphates calciques).

Tableau n°3 : Les phosphates minéraux employés en alimentation animal
(GUEGUEN, 1970)(50).

Sources de phosphores	Formule	P (pour 100)	CUD moyen de P. (pour 100) chez l'adulte	Autres éléments (p.100)
Acide phosphorique	P ₀₄ H ₃	31,6	80	-
Phosphate monosodique hydraté		20,0	70 - 80	16 Na
Phosphate monosodique anhydre		25,5	70	19 Na
Phosphate disodique hydraté		9,0	70 - 80	13 Na
Phosphate disodique anhydre	P	21,8	70 - 75	32 Na
Phosphate monopotassique		22,8	70 - 80	2 ^o K
Phosphate dipotassique	P ₀₄ H K ₂	17,6	70 - 80	44 K
Phosphate mono-ammonique		27,0	70 - 80	12 N
Phosphate d'ammonique		23,0	70 - 80	21 N
Phosphate monocalcique		22 - 24	60 - 70	15 - 19 Ca
Tripoluphosphate sodique		25,0	60 - 70	31 Na
Pyrophosphate sodique		23,0	60 - 70	34 Na
Tripolyphosphate ammonique		27,0	60 - 70	20 N
Pyrophosphate ammonique		25,0	60 - 70	22 N.

(Sources de phosphore solubles dans l'eau)

Tableau n°4 : Les phosphates minéraux employés en alimentation animale
(GUEGUEN, 1972)(49)

(sources de phosphore peu solubles ou insolubles dans l'eau)

	Formule	P (pour 100)	p/100 de 250 mg de p.extrait par acide citrique à 2 %	CUD moyen de P (p.100) chez l'adulte	Autres éléments (pour 100)
Phpte mono-bicalcique	mélange	20,0	100	60 - 70	24 Ca
" triple Na, Ca, Mg	mélange	17,0	100	60 - 70	12-9-5
" bicalcique hydraté		17,5	90 - 95	60 - 65	23-24 Ca
(minéral ou précipité d'os					
Phpte bicalcique anhyde		22,0	90 - 95	60 ou L	29 Ca
silico phosphate de Na et Ca	?	18,0	80	50 - 60	32 Ca-5 Na
phosphate tricalcique pur		20,0	70	50 - 60	38 Ca
phosphate tricalcique d'os		13,15	50 - 60	50 - 55	27-33 Ca
Farine de viande osseuse	-	6 - 8	50 - 60	50 - 55	12-16 Ca
Phpte tricalcique naturel		10-17	20 - 60	20 - 50	20-34 Ca
métaphosphate de calcium		20,0	20 - 30	40 - 50	13 Ca
Phpte allimino-ferrocalcique	5	15,0	10	20	19-6-7
Pyrophosphate de calcium		24,0	10	20	31 Ca

Tableau n°5 : Sources spécifiques de calcium.
SAUVANT (7) 1975.(40).

N O M	Formule		Ca (pour 100)	Autres minéraux (pour 100)	Remarques
Carbonate de calcium	Ca Ca3	100,08	40	59,93 de Co3	bonne utilisation zootechnique em- ploi très fréquent craie : 93 p.100 Maerl : 85 p.100 7-10 p.100 des M.M de l'os
sulfate de calcium	Ca	136,17	29	70,75	augmente l'élimina- tion urinaire de P et Ca
Chlorure de calcium	Ca cl2	110,88	36,1	63,9 cl	Goût amer
Phosphates calciques	Tableaux 3 et 4				
formes organiques :					très assimilables
Citrate		-	21	-	sol: 0,1g/100 ml H2O
Gluconate		-	8,9	-	sol= 3,5g/100 ml H2O
Formiate			30,8	-	sol=16,5/100 ml H2O
Lactate		-	13,0	-	sol=10g/100 ml H2O
Acitate		-	25,3	-	sol=35 g/100 ml H2O

C) REGLES D'UTILISATION DU PHOSPHORE ET DU CALCIUM :

La couverture des besoins phospho-calciques impose un certain nombre de règles. Elles sont au nombre de quatre.

1°) Nécessité de l'apport en calcium et en phosphore.

Cette règle découle des travaux de Popenheimer et Zucker qui mirent en évidence la nécessité de cet apport en distribuant à des rats deux types de rations synthétiques.

a). 0,6 pour 100 de P et 0,01 pour 100 de Ca

b). 0,8 pour 100 de P et 0,55 pour 100 de Ca.

Ces travaux fondamentaux ont permis de constater que les deux rations entraînèrent des troubles du métabolisme phospho-calcique et que l'adjonction de carbonate de calcium pour la première ration, de phosphate de sodium et de potassium à la deuxième provoqua la guérison des troubles.

2°) Apport de calcium et de phosphore sous des formes assimilables.

Le Coefficient d'utilisation digestive (C.U.D) dépend de la forme sous laquelle le calcium et le phosphore sont apportés. Ainsi la présence chimique dans la ration de ces minéraux ne suffit pas. Il faut surtout que les formes d'apport soient biodisponibles pour être assimilables après digestion.

3°) Le rapport phospho-calcique doit être dans des limites définies.

Cette règle découle du fait que l'absorption optimale nécessite qu'à un atome de calcium corresponde un atome de phosphore au niveau de l'intestin.

Pour cela, le rapport idéal pour les ruminants, au niveau de la constitution de la ration, se situerait aux environs de 1,2. Mais pour certains auteurs, comme GUGUEN (en 1978) un excès de calcium (Ca/P = 6) ne diminue pas l'absorption du phosphore parce que ce déséquilibre est toujours atténué avant l'intestin par l'apport du phosphore salivaire.

4°) Apport de la vitamine D.

De par son rôle dans l'absorption et le métabolisme phospho-calcique, la vitamine D permet de lutter contre les carences et les déséquilibres mais son efficacité est limitée.

II. LE CHLORURE DE SODIUM. (NaCl) :

Le chlorure de sodium (NaCl) de sel commun est formé d'un atome de sodium (Na) et d'un atome de chlore (Cl), nécessaires tous les deux à la vie animale.

A) METABOLISME :

1°) Absorption.

Quelle que soit son origine (alimentaire ou salivaire) le sel est bien absorbé sur toute la longueur du tube digestif, soit entre le bonnet et le rectum (85 à 90 pour 100 du sodium alimentaire est absorbé par le tube digestif).

Il favorise la sécrétion des sucs digestifs en général, accélère le métabolisme et prévient bien des altérations du tube digestif(64).

2°) Répartition.

Le squelette contient environ 35 pour 100 du sodium de l'organisme. Le reste qui n'entre pas dans la composition des cristaux osseux, est surtout extracellulaire et donc plus uniformément réparti dans l'organisme. La localisation du chlore est semblable à celle du sodium, mais avec une proportion plus faible dans les os(83).

Enfin, notons que le sang est plus riche en sodium et en chlore qu'en n'importe quel autre composant minéral et le chlore des sécrétions gastriques (acide chlorhydrique) dérive du sang. Le plasma sanguin contient en moyenne 3 grammes par litre de sang(65)

3°) Rôles.

L'ion sodium est le cation principal des liquides extracellulaires et assure 90 pour 100 des effets osmotiques dans ces liquides.

De plus, il agit dans l'équilibre acido-basique, la transmission de l'influx nerveux etc...(43).

L'étroite relation entre le sodium et le chlore, fait de ce dernier l'anion du milieu extracellulaire (60 pour 100 des anions de ce compartiment).

../..

Selon MATRAT, 1976, l'importance physiologique du sel est illustrée par l'emploi du sérum physiologique; simple solution isotonique au plasma, contenant 9 grammes de chlorure de sodium par litre d'eau distillée, utilisée pour combattre les pertes d'eau().

4°) Excrétion.

Le sel absorbé se retrouve au niveau des sucs digestifs sécrétés par la caillette, au niveau du rein dans le tube contourné distal.(40):

La salive est très riche en sodium : 3,45 g/litre (le sodium y est sous forme de NaHCO_3) et sa concentration dépend partiellement de l'approvisionnement.

Le sodium se rencontre dans le lait à la teneur moyenne de 0,6 g par litre.

L'excrétion peut être influencée par des facteurs divers, mais nous ne retiendrons que l'inter-relation du sodium et du potassium (K).().

En effet, les sels de potassium, régissant avec le chlorure de sodium, forment du chlorure de potassium et une partie équivalente d'autres sels sodiques, qui sont éliminés, les uns et les autres, à travers les émonctoires. En conséquence, l'animal ne peut profiter qu'en partie du sel contenu dans la ration. Pour éviter cet antagonisme BOUDET, 1978 avance pour bovins tropicaux un rapport $\frac{K}{Na}$ compris entre 4 et 6.(16).

B) BESOINS.

1°) Ordre de grandeur.

Les besoins des bovins tropicaux sont évalués à cinq grammes de chlorure de sodium par 100 kg de poids vif, ce qui correspond, par kilogramme de matières sèches ingérées à 2 grammes de chlorure de sodium, soit 0,2 pour 100 des matières sèches(15).

2°) Couverture des besoins.

En règle générale, les aliments habituels, les fourrages et l'eau d'abreuvement, contiennent assez de sodium et de chlore pour satisfaire les besoins fondamentaux des animaux. Mais dans le cas particulier des vaches laitières qui, avec le lait, subissent une forte perte, le sel devient un complément nécessaire.

L'addition de sel, peut être rendue nécessaire par les autres multiples applications du sel, notamment en ce qu'il stimule l'appétit et améliore l'appétence des aliments dans lesquels il est incorporé.(65).

Il est à souligner aussi que la plupart des aliments sont plus riches en chlore qu'en sodium, comme le montre le tableau ci-après ; il y a donc intérêt, parfois, à trouver une autre source de sodium que le chlorure de sodium. On peut, par exemple, recourir à du phosphate disodique.

Tableau n°6 : Teneurs en sodium et en chlore de quelques aliments en grammes par kilogramme de matière sèche.
(Coléon , 64 , in Dictionnaire des aliments).

Aliments	Sodium (g/kg de M.S)	Chlore (g/Kg de M.S)
grains et concentrés	0,1 - 1	0,5 - 1,5
fourrages (la plupart)	1 - 2	5 - 8
lait	4	7,5
bettérides (collet et racines)	6 - 8	2 - 2,5
melasse	15	15

Il n'est pas superflu d'insister encore sur la relation entre le sodium et le potassium parce que les herbivores, qui reçoivent des aliments riches en potassium, ont des besoins plus importants en sodium.

AXELSON montre, dans le tableau suivant, que les aliments sont souvent plus riches en potassium qu'en sodium.

.../...

Tableau n°7 : Teneurs de quelques aliments en sodium et en potassium en grammes par kilogramme d'aliments (Axelson)(64).

```
=====
!           A l i m e n t s           : Sodium   : Potassium!
!-----:-----:-----!
! Foin de légumineuses                :   4,5    :   20    !
!-----:-----:-----!
! Foin de prairie                      :   3,5    :   17    !
!-----:-----:-----!
! Pomme de terre                      :   1,5    :   17    !
!-----:-----:-----!
!      Son                             :   2,0    :   12    !
!-----:-----:-----!
! Farine de soja                      :   2,5    :   15    !
!-----:-----:-----!
! Farine de poisson                   :  15 - 22 :   4 - 8 !
!-----:-----:-----!
! Farine de viande                    :  11 - 20 :   2 - 6 !
!-----:-----:-----!
=====
```

Les sources spécifiques de sodium sont nombreuses. Cependant il semble que l'on doive préférer le sel marin au sel gemme (sel minéral ou de carrière) pour les animaux domestiques.

En effet, le sel marin renferme non seulement du chlore et du sodium mais, en outre, une certaine quantité d'autres éléments minéraux tels que le magnésium, l'iode, le potassium et le brome.(65)

Tableau N°8 : sources de sodium (Na = 22,99)
SAUVANT, 1975 - (40).

N O M	Formule	P.M	Na (pour 100)	Autres (pour 100)	Remarques
Chlorure de sodium	NaCl	58,45	39,3	60,7 cl	solution 36 g/100 ml
Bicarbonate de sodium	NaHCO ₃	84,01	27,3	72,6 HCO ₃	
Sulfate de sodium	Na ₂ SO ₄	142,04	32,4	67,6 SO ₄	

C) REGULATION.

Le mécanisme de régulation du sodium est bien connu et intimement lié à celui de l'eau.

Nous retenons essentiellement les données suivantes : l'aldostérone contre carre la baisse de sodium par un mécanisme de résorption dans le tube contourné distal en augmentant l'excrétion du potassium (K). A ce phénomène, s'ajoute une baisse de l'excrétion, un échange de potassium pour le sodium se produit dans le rumen, intestin grêle et dans la salive (65).

III. LE POTASSIUM :

A.- Métabolisme et rôle :

Le taux moyen d'absorption du potassium est d'environ 90 à 100 pour 100 par les vaches laitières.

Les principaux sites de réception des ions potassium sont le jejunum et l'iléon (60 pour 100) et aussi le caecum et le gros intestin.

Les sucs digestifs intestinaux contiennent beaucoup de potassium et la sécrétion se fait au niveau des reins mais aussi dans le caecum et le gros intestin.

Le lait de vaches renferme en moyenne 1,5 g de potassium sous forme de chlorures, de carbonates et phosphates. (FARDEAU, 1979).(40).

Contrairement au sodium, le potassium existe dans l'organisme animal comme un constituant de la cellule. En effet, le potassium est le principal cation de la cellule de l'organisme et apparemment joue le même rôle dans la pression osmotique et l'équilibre acido-basique des cellules que le sodium dans les liquides extracellulaires(64).

II.- Couverture du besoin :

Les taux relativement abondants du potassium (comme du chlore) dans les aliments d'origine végétale permet de couvrir totalement les besoins. En effet, l'excès alimentaire de potassium est plus fréquent et est plus à craindre que la carence. En conséquence, on ne prévoit pas l'adjonction de sels de potassium dans les mélanges minéraux.

Pour les bovins tropicaux, les besoins en potassium ne sont pas connus.

IV. LE MAGNESIUM :

Le magnésium représente un taux de du poids total de l'organisme.

A) METABOLISME.

Le magnésium ingéré se retrouve dans le rumen à des teneurs de 2 à 25 mg/l et assure l'essentiel de la couverture des besoins des micro-organismes : l'apport salivaire est faible(67).

Les autres phénomènes, qui se produisent, sont l'absorption et la répartition dans l'organisme.

1°) Absorption :

Les mécanismes et la localisation de l'absorption du magnésium sont moins bien connus que ceux du calcium et du phosphore. Ainsi les endroits retenus comme les lieux de résorption, varient-ils avec les auteurs.

..//..

1.1. Lieux de résorption :

STEWART et MODDIE, 1956 (12) travaillant sur des veaux, avancent que le lieu de résorption intestinale est essentiellement l'intestin grêle.

GUNTHER, en 1970 (40) situe l'absorption au niveau de l'épithélium du rumen par transport actif et l'évalue entre 10 à 25 pour 100 chez la vache laitière.

Alors que GUEGUEN, en 1978(52) fait état d'absorption très forte de magnésium dans les pré-stomacs.

Enfin DURAND, en 1981 (87), fait la synthèse de résultats obtenus récemment sur moutons et veaux. Selon cet auteur, l'essentiel de l'absorption de magnésium, chez le ruminant, se localiserait avant le duodénum, plus précisément au niveau du rumen et du feuillet.

L'absorption aurait lieu principalement au niveau du rumen chez l'adulte et au niveau du feuillet chez le veau(13).

En ce qui concerne le mécanisme de transport du magnésium à travers la paroi du rumen, il s'agit d'un transport actif lié au sodium impliquant l'action d'une enzyme analogue à la N/K ATPase (67).

Toutefois, quelque soit le lieu d'absorption très forte du magnésium, il existe de nombreux facteurs pouvant influencer cette absorption.

1.2. Facteurs d'absorption :

Ils sont multiples et d'origine diverse.

1.2.1. Age de l'animal :

D'après SMITH(11), les veaux, nourris au lait complet, retiennent 39 à 45 pour 100 du magnésium jusqu'à l'âge de cinq semaines (13 à 14 pour 100 sont éliminés par les reins). Par la suite, la faculté de résorption de l'intestin amène, au cours de la croissance, un état d'hypomagnésémie. Selon l'auteur, la grande capacité d'absorption chez le veau serait due à un mécanisme supplémentaire d'absorption du magnésium.

En effet, selon lui, 40 à 70 pour 100 du magnésium, non résorbés par l'intestin, sont repris au niveau du gros intestin. Ce mécanisme ne dure-rait que quelques mois.

1.2.2. Influence de la vitamine D :

Si la vitamine D assume un rôle important dans l'absorption du calcium, il semble que son action sur la résorption du magnésium soit des plus faibles.

1.2.3. Inter-actions possibles :

1.2.3.1. Avec le calcium et le phosphore :

Il a été constaté (TUFS ; RANDOIN(4), qu'un régime riche en calcium et en phosphore augmente la gravité de l'insuffisance d'apport en magnésium.

1.2.3.2. Avec le potassium :

Le même constat, fait avec les deux éléments précédents, reste valable.

Il semble que l'excès de potassium par rapport au sodium bloque l'enzyme impliquée dans le transport du magnésium à travers la paroi du rumen.

Des auteurs montrent (in 67) effectivement sur des moutons que la valeur du rapport Na/K dans le liquide du rumen affecte l'absorption du magnésium.

Dans la pratique, ce rapport Na/K du rumen peut être bas pour plusieurs raisons :

- herbe jeune sur sols richement fertilisés en potassium ;
- salivation faible par insuffisance de parois végétales dans le régime ;
- concentration potassique de la salive élevée en raison de la sub-carence du régime en sodium.

1.2.3.3. Avec les autres produits du rumen.

Des produits formés lors de la digestion microbienne du rumen tels que : ammoniac, acides gras volatils et gaz carbonique ont une influence sur l'absorption de magnésium. Une élévation rapide de l'ammoniac décroît l'absorption de magnésium, tandis que les acides gras volatils et le gaz carbonique l'activent.

Ces deux derniers facteurs agissent respectivement par un apport énergétique nécessaire au transport membranaire et par une stimulation du flux sanguin.

Dans la pratique, l'herbe jeune conduit à une formation importante d'ammoniac du fait de l'apport élevé d'azote soluble et d'une protéosynthèse microbienne insuffisante par carence en glucides facilement fermentés-cibles.

1.2.3.4. Avec les phytates et les citrates(12).

Si les ruminants échappent à l'action des phytates grâce à des enzymes capables de libérer et de rendre disponibles les minéraux pour l'absorption, il n'en va pas de même avec les citrates.

Ce qui expliquerait l'apparition des tétanies par hypomagnésémie chez des bovins qui passent d'un régime sec à un régime d'herbe fraîche, plus riche en citrates.

1.2.3.4. Avec les sulfates :

Ces derniers ont la même action que les citrates, ils ralentissent l'absorption du magnésium.

2°) Répartition et rôle :

Bien que localisé à 70 pour 100 dans le squelette, le magnésium n'en possède pas moins des activités biologiques dynamiques.

Ainsi le magnésium est, au niveau cellulaire, l'un des cations bivalents les plus essentiels ; il participe à l'activité de très nombreuses enzymes (environ trois cent connues), entre autres celles qui utilisent l'ATP en catalysant le transfert de phosphate. (DURAND, 1981).(67).

Ce qui confère une intervention dans la croissance, dans la contraction musculaire et une certaine influence sur le système nerveux central.

Cependant, il ne semble pas exister dans l'organisme de système régulateur de l'homéostasie du magnésium.

3°) Excrétion :

Le magnésium est excrété à la fois par l'intestin et le rein avec une relation urines/fécès variant entre 1/10 et 1/30 avec un taux 1g/jour pour l'excrétion fécale.(40).

Le lait renferme des taux variables, en moyenne 0,13 gramme de magnésium par kilogramme et le colostrum en est plus pourvu.(12).

B) BESOINS EN MAGNÉSIEUM.

1°) Ordre de grandeur.

Chez les bovins tropicaux, les besoins sont estimés à 5 grammes de magnésium par 100 kilogrammes de poids vif. Ce qui correspond à 2 grammes de magnésium par kilogramme de matière sèche, soit 0,2 pour 100 de matière sèche.

Il faut tenir compte du rapport calcium. Magnésium qui doit être inférieur à 3 et 4 (BOUDET, 1970).(15)

2°) Couverture des besoins.

Le magnésium de l'organisme provient essentiellement de l'alimentation et surtout des végétaux. Dans ces derniers, il est un des constituants de la chlorophylle, dont il occupe la place que tient le fer dans les pigments hémiques.

En règle générale, le magnésium se trouve en quantité suffisante, quoique variable avec la nature des aliments.

Dans les cas possibles de déficiences, on peut faire appel au magnésium des composés minéraux.

Les formes les plus fréquemment utilisées sont le sulfate de magnésium et le carbonate de magnésium. Ce dernier est à préférer, car il n'a pas l'action purgative du sulfate.

Tableau n°9 : sources spécifiques de magnésium (Mg = 24,3)
SAUVANT (D) 1975 (35) (40).

NOM	Formule	P.M.	Mg (p. 100)	Autres minéraux (p. 100)	Remarques
Oxyde de Mg "magnésie"	Mg O	84,32	60	-	bien absorbé, n'entrave pas l'utilisation des autres minéraux
hydroxyde de Mg "magnésie"	Mg (OH)2	58,32	40	-	
Carbonate de Mg	Mg Co3	84,32	29	71 Co3	Maerl = 15 pour 100 MM de l'os = 10 pour 100 dolomie = 40 pour 100 disponibilité / Mg
Chlorure de Mg	Mg cl2 6 H2o	203,12	12	35 cl	amer, laxatif
sulfate de Mg	Mg SO4	120,38	20	79,8 04	utilisation Ca - P
sulfate de Mg hydraté	Mg O4, 7 H2o	246,48	10	39 04	utilisation Ca - P
formes organiques: citrate	formule	-	10,4		sol : 30g/100 ml
Gluconate		-	5,9		sol : 15g/100 ml
lactate		-	9,5		sol : 3,5/g 100 ml

V.- Le soufre.

Le soufre est un élément minéral majeur que GUEGUEN() place à la frontière de la nutrition minérale et de la nutrition azotée. En effet, il est apporté à l'animal par les acides aminés.

A) METABOLISME.

Sur le plan métabolique, le soufre présente une certaine originalité.

Il est apporté dans le rumen essentiellement par les protéines alimentaires et par les sulfates de la salive. Toutes les formes de soufre sont réduites à l'état de sulfure qui est utilisé préférentiellement par les bactéries pour synthétiser leurs acides aminés soufrés.

L'excédent de sulfure est absorbé proportionnellement à sa concentration dans le rumen, oxydé dans le sang et le foie en sulfate qui peut retourner au rumen par la salive ou diffuser dans l'intestin.

Le cycle sulfure-sulfate est donc semblable au cycle ammoniac-urée (Jarrige, 1978).(59).

Notons que de fortes teneurs en soufre interfèrent avec la rétention du cuivre : il se forme un sulfure de cuivre insoluble. De même, il est à craindre des interférences du soufre avec le sélénium ou le potassium.

B) BESOINS.

Généralement, l'on s'accorde à penser que les besoins des animaux en soufre sont couverts par la ration. Le seul cas où il est recommandé d'incorporer du soufre inorganique dans la ration, se produit en présence de l'azote non protéique.

Cet apport est destiné aux micro-organismes du rumen capables d'utiliser ce soufre inorganique pour la synthèse d'acides aminés tels que cystéine et méthionine.

Le rapport S/N doit varier entre 1/10 et 1/15.

Tableau n° 10 : Sources spécifiques de soufre(51).

NOM	Formule	P.M	S (pour 100)	Autres minéraux: (pour 100):	Remarques
élémentaire	S	32	100	-	Utilisation par l'animal inférieure aux sulfates
Sulfates	Mg S04	120,38	26,6	21,2 Mg	Utilisation du Ca et P excrétion du Ca et F
	K2 S04	174,26	18,4	44,9 K	
	Ca S04	136,12	23,5	29,4 Ca	
	Na S04	142,04	22,6	32,4 Na	
Sulfite de Na	Na2, 9H 20	-	13,4	19,2 Na	-

CHAPITRE II.

LES MACRO-ELEMENTS DANS LES PRODUCTIONS BOVINES.

I. PRODUCTION DE VIANDE :

En zone tropicale, une des caractéristiques essentielles est l'alternance entre une saison pluvieuse et une saison sèche, de durée variable.

La conséquence de ce phénomène sur les productions bovines en général, et de viande en particulier, est des plus nettes ; en effet il imprime à la courbe de croissance des animaux une allure particulière dite "courbe en dents de scie".

Ce phénomène plus accentué chez les zébus sahéliens, traduit l'évolution pondérale en fonction du disponible alimentaire (fourrager essentiellement), lui-même variable avec les saisons.

En saison sèche, les bovins soumis à un régime de disette pendant une période de 8 à 10 mois perdent du poids, alors qu'à la saison humide, de courte durée, les animaux jouissent d'un pâturage abondant et de qualité et tentent, par des gains de poids impressionnants, de combler le retard.

De ce fait, nous pensons qu'une approche correcte en vue d'améliorer ou d'intensifier les productions de ces animaux viserait deux buts :

- s'opposer aux pertes de poids de saison sèche ;
- améliorer les gains de poids de la saison des pluies.

1.1. LES MINERAUX ET LES GAINS DE POIDS DES ZEBUS SAHELIENS :

Nous rapportons les travaux de CALVET et col. (1972) sur l'influence de suppléments minéraux sur le zébu sénégalais de race COBRA(21).

1.1.1 Choix des animaux :

Les auteurs choisissent des zébus entiers de 3 à 5 ans d'âge élevés selon les techniques d'élevage extensif pratiquées dans le nord-sénégal (Ferlo).

L'expérimentation a duré 17 semaines et a porté sur quatre lots d'animaux présentant en début d'expérience les poids moyens suivants :

Tableau n° 11 :

	Témoins	Lot 1	Lot 2	Lot 3
Nombre	5	5	4	4
Poids (Kg)	267 \pm 27	218 \pm 23	218 \pm 23	229 \pm 32

1.1.2. Alimentation :

Les quatre lots reçoivent la même ration de base composée :

50 pour 100 de coque d'arachide mélassée à 20 pour 100.

49 pour 100 de farine de maïs

1 pour 100 d'urée

mais en quantités variables au cours des 3 périodes qui constituent la durée de l'expérimentation.

Le type de supplément minéral distribué varie avec le lot :

- le lot I est supplémenté au phosphate bicalcique (importé) sous forme de granulés de formule suivante :

- phosphate bicalcique 72 pour 100
- sel 12 pour 100
- maïs 8 pour 100
- son d'arachide 8 pour 100

cent grammes de ces granulés contiennent environ 16,8 grammes de calcium et 12,7 grammes de phosphore. On distribue journallement 50 grammes de granulés durant les deux premières périodes et 100 g pendant la dernière période.

Le lot II reçoit du phosphate alumino-ferro-calcique du Sénégal ou "polyphos" distribué en granulés de formule :

polyphos	54 pour 100
carbonate de chaux	18 pour 100
sel	8 pour 100
maïs	8 pour 100
son d'arachide	8 pour 100 (+ oligo-éléments)

cent grammes de ces granulés apportent 10,8 g de calcium et 8,13 g de phosphore. On en distribue 100 grammes pendant les deux premières périodes et 200 grammes pendant la dernière période.

Le lot III reçoit du phosphate disodique mélangé à la ration. Cent grammes de produit fournissent 8,6 grammes de phosphore et 12,8 g de sodium et il est donné en raison de 100 g pendant les deux premières périodes et 200 g pendant la dernière période.

Le tableau suivant résume le mode de distribution de la ration de base et des suppléments minéraux.

Tableau n° 12 :

1 ^{er} période (8 semaines), Ration de base : 8 Kg							
	Calcium (grammes)			Phosphore (g)			Ca/P
	R.B	S.M	Total	R.B	S.N	Total	
Témoin	17,76	0	17,76	14,32	0	14,32	1,24
Lot I	"	8,4	26,16	"	6,35	20,67	1,26
Lot II	"	10,8	28,56	"	8,13	22,45	1,27
Lot III	"	0	17,76	"	8,6	22,92	0,77
2 ^{ème} période (5 semaines), Ration de base : 10 Kg							
Témoin	22,2	0	22,2	17,9	0	17,9	1,24
lot I	"	8,4	30,6	"	6,35	24,25	1,26
lot II	"	10,8	33,0	"	8,13	26,03	1,26
lot III	"	0	22,2	"	8,16	26,5	0,83
3 ^{ème} période (4 semaines), Ration de base = 12 Kg.							
Témoin	26,64	0	26,64	21,48	0	21,48	1,24
lot I	"	16,8	43,44	"	12,7	34,18	1,27
lot II	"	21,6	48,24	"	16,26	37,78	1,27
lot III	"	0	26,24	"	17,2	38,68	0,68

Les besoins sont estimés par les auteurs à 15 grammes pour le phosphore et 18 grammes de calcium par jour.

1.1.3. Résultats :

Ils ont porté sur l'évolution pondérale et des paramètres sanguins des différents macro éléments.

En ce qui concerne l'évolution des poids, la comparaison statistique met en évidence une différence significative entre l'ensemble des lots traités et le lot témoin.

Parmi les lots supplémentés eux-mêmes existent des différences, ainsi le phosphate bicalcique offre les meilleurs résultats. (voir planche)

D'autres auteurs se sont intéressés à la question.

JOYCE et BRUNSWICK (Cité par MATRAT) utilisent uniquement le sel à raison de 40 grammes par jour chez des veaux de race Angus. Ils constatent une augmentation du gain moyen quotidien de 48 pour 100 à l'âge de cinq mois et de 15 pour 100 pour les animaux âgés d'un an.

De même pour les poids des carcasses, l'amélioration a été respectivement de 30 pour 100 et 22 pour 100. (65).

1.2. LES MINERAUX ET LES PERTES DE POIDS DES BOVINS TROPICAUX EN SAISON SECHE.

Essai de LABGAR (1976)(22). Cet essai s'est déroulé à LABGAR (Ferlo) situé dans la partie septentrionale du pays. Zone sahélienne du Sénégal, elle englobe plus de la moitié du cheptel bovin national.

Cette particularité a fait de cette zone, et à juste titre, la plus privilégiée dans les efforts de développement de l'élevage. Ainsi, il y a longtemps déjà, des actions notables ont été entreprises en vue de résoudre le problème de l'eau. De nombreux forages profonds permirent d'assurer un abreuvement toute l'année durant.

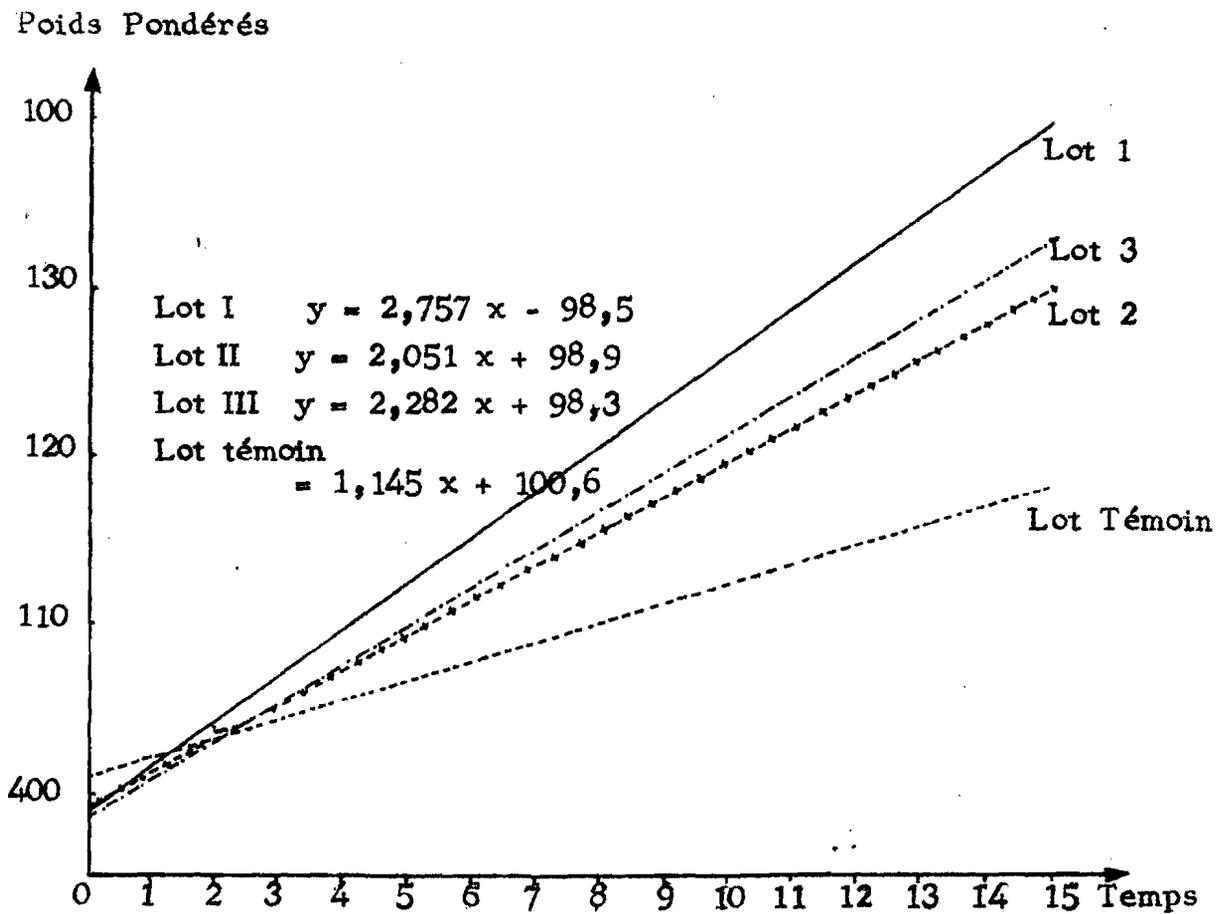
Une des conséquences, les plus immédiates, fut la réduction des amplitudes de déplacements des troupeaux autrefois transhumants.

Cette relative sédentarisation entraîna une uniformisation de l'alimentation, une surcharge des pâturages juxta les forages et leur dégradation, qui engendrèrent l'apparition de polycarences alimentaires, surtout minérales.

Ces polycarences en phosphore, calcium et cuivre aboutirent à des enzooties de batulisme.

FIGURE 1

Droites de régression des poids moyens pondérés pour chaque lot.



d'après CALVET, 1976

Lot 1 = phosphate bicalcique

Lot 2 = phosphate alumino-ferrocalcique

Lot 3 = phosphate disodique

Lot Témoin : pas de supplément minéral.

Le présent essai mené par CALVET et coll. avait pour but d'évaluer l'impact des suppléments minéraux sur le comportement pondéral des bovins en période habituellement de carence : saison sèche.

1.2.1. Déroulement de l'essai :

Les animaux utilisés sont des zébus COBRA de diverses classes d'âge :

- D = 6 mois à 2 ans
- E = 2 à 4 ans
- F = 4 à 6 ans
- G = 6 à 10 ans
- H = supérieur à 10 ans.

Chaque campement d'éleveurs retenu est assujéti à un type de traitement particulier de janvier à juin (saison sèche). Les traitements proposés sont une supplémentation minérale et une supplémentation protéique.

La supplémentation minérale consiste en la distribution de l'une des trois sources de phosphates :

- phosphate bicalcique
- polyphos (phosphate alumino-calcique)
- phosphate monosodique soluble incorporé dans l'eau de boisson (1 g/litre).

La supplémentation protéique comprend :

- tourteau d'arachide (200 g par unité bovin tropical)
- tourteau d'arachide et des granulés bicalciques, de l'urée contenue dans des pierres à lécher importées.

1.2.2. Résultats :

Ils portent sur l'évolution pondérale des lots traités, comparée à celle des témoins.

1.2.2.1 Evolution chez les témoins :

Dans l'ensemble, les témoins ont subi une perte de poids équivalente à 11,3 pour 100 avec pour les différentes classes d'âge : D (3,3 pour 100); E (10,5 pour 100) ; F (14,8 pour 100) ; G (15,6 pour 100) et H (8 pour 100).

On note que l'amaigrissement est plus net chez les animaux de la classe G : 6 à 10 ans comptant la majorité des reproducteurs. Autrement dit ce sont les adultes qui paient le tribut le plus lourd de la disette de la saison sèche.

1.2.2.2. Evolution chez les traités :

Les variations de poids observées entre la première (février) et la dernière pesée (juin), et portant sur 849 têtes, montrent que les divers traitements ont eu un effet net. L'effectif traité a perdu 20 kilogrammes de moins que les témoins.

L'influence des divers suppléments sur le facteur "diminution des pertes" est donnée par les valeurs de F issues des comparaisons des groupes.

tourteau d'arachide	F = 23,6
supplémentation minérale	F = 16,8
phosphate monosodique	F = 9,8
tourteau + pierre à lécher à l'urée	F = 9,6

selon les auteurs, une analyse statistique plus poussée, portant sur la valeur relative de chaque produit, fait ressortir des effets comparables de la supplémentation minérale à ceux de la supplémentation azotée (F = 1,25 non significatif).

1.2.3.-. Conclusion :

Forts de ces observations, les auteurs tirent les conclusions suivantes :

- la supplémentation minérale contribue de façon manifeste à diminuer les pertes de poids survenant habituellement en saison sèche, sur les troupeaux sahéliens.

- le phosphate bicalcique s'est révélé supérieur au polyphos (phosphate alumino-calcique).

D'autres auteurs ont abouti aux mêmes conclusions.

Au Brésil, LOPES, en 1978,(27) emploie divers types de suppléments minéraux et affirme que ces derniers peuvent réduire d'une part les pertes de poids en saison sèche, et d'autre part accroître les gains de poids obtenus en saison des pluies.

Tableau n°13 : Influence des suppléments minéraux sur la croissance de Bovins. (g/animal/jour).(27)

Supplément minéral	: saison humide	: saison sèche	: saison sèche + saison humide
Sel ordinaire (NaCl)	: 236	: - 130	: 53
NaCl + phosphore (P)	: 267	: - 86	: 90
NaCl + P + cobalt (Co)	:	:	:
+ cuivre (Cu) + 10 - de (I)	: 280	: - 5	: 137
NaCl + P + Co + Cu + I + zinc	:	:	:
'zu) + Fer (Fe) + manganèse	:	:	:
(Mg)	: 274	: - 49	: 112

Le lot, recevant le NaCl seul, peut être considéré comme témoin dans la mesure où traditionnellement la pratique d'une supplémentation en chlorure de sodium est une notion acquise chez la plupart des éleveurs.

Par ailleurs, WALKER, 1957 (27) (cité par LOOSLI, 1981) au Zimbabwe ex Rhodésie, étudie les effets du sel et des protéines sur la croissance, pendant la saison sèche, de bouvillons de race locale et pesant en moyenne 131 kg.

Il constitue trois groupes :

- Groupe 1 = Témoin
- Groupe 2 = 28 g de sel
- Groupe 3 = sel + 0,68 kg de tourteau d'arachide.

A la fin, il note que les animaux des 2 lots supplémentés mettent cinq années pour atteindre le poids de 500 Kg alors que les témoins nécessitent une année de plus.

Tableau n° 14 : Evolution pondérale des 3 lots (27)

ANNEE et SAISON	Poids vif (fin de saison) en Kg.		
	Témoins	28 g de sel	tourteaux sel
1952 (début)	132	131	131
1953	humide	197	220
	sèche	204	232
1954	humide	297	322
	sèche	286	313
1955	humide	371	422
	sèche	356	397
1956 abattage	424	501	516
GAIN TOTAL	292	370	386

1.3. ASPECTS ECONOMIQUES DE L'INFLUENCE DES SUPPLEMENTS MINERAUX SUR LE COMPORTEMENT PONDERAL DES BOVINS TROPICAUX :

La capacité de la supplémentation minérale à réduire les pertes de poids de saison sèche et à accroître les gains de poids en saison des pluies, se traduit par un gain de poids annuel global plus important. La régularisation de la production de viande, qui en découle, n'est pas sans conséquence économique.

CALVET (1976)(22), évaluant les aspects économiques de la supplémentation minérale sur les pertes de poids en saison sèche, estime que la perte de poids moyenne pour l'ensemble du troupeau non traité (Témoin) est de

500

400

300

200

100

- x — témoins (non supplémentés)
- - - sel ordinaire
- . - . tourteau + sel

courbes pondérales de bovins tropicaux
soumis à 3 types de régimes alimentaires
(LOOSLI, 1978)

SH

SS

SH

SS

SH

SS

Abattage

1952

1953

1954

1955

1956

→

31,7 kg \pm 9,8 par animal. Par contre pour l'ensemble des sujets traités, elle n'est plus que de 12,7 \pm 1,6 kg par animal.

Ainsi l'amaigrissement évité par la supplémentation minérale est de 20 kg de poids vif représentant une valeur marchande de 1.000 F. CFA.

Les frais occasionnés par la supplémentation sont en moyenne de 3 francs CFA par animal et par jour, soit un total de 360 pour les quatre mois de supplémentation minérale.

La valeur ajoutée par animal est donc de 640 francs CFA, ce qui, transposé à l'effectif des bovins du ferlo évalué à 1 million de têtes en 1976, correspond à un bénéfice potentiel de 640 millions de francs CFA.

Par ailleurs, TORCANO (L), ALUAREZ (A), MELGAREJO (F.S) (54) (cité par l'IEMVT) ont effectué des travaux en Argentine, dans la région humide de Chaco, intitulés "sept alternatives de production de viande bovine". Ces travaux ont été poursuivis dans différentes exploitations de 1.200 à 2.200 hectares (ha) en employant dans chaque expérience le maximum d'animaux.

A) élevage naisseur et extensif

se caractérise par la vente des animaux au sevrage et avec répartition en 2 lots :

- 1°) sans supplémentation
- 2°) avec supplémentation.

B) élevage naisseur et reélevage extensif.

- 1°) sans supplémentation
- 2°) avec supplémentation après sevrage avec ration + pâturage de sorgho.

C) Elevage - Reélevage et finition.

- 1°) supplémentation minérale pour les vaches - embouche intensive de bœufs (vente à quatre ans).

- 2°) sans supplémentation minérale des vaches :

- a) finition des bœufs sur paturage de sorgho (vente à 3 ans)
- b) embouche extensive des bœufs (vente à quatre ans).

Les alternatives A, B, C sont comparées à une exploitation témoin C2b qui correspond à un type d'élevage sahélien. Le tableau suivant résume les comptes d'exploitation obtenus dans chacune des formules.

A la lumière de ce tableau, on constate que ces résultats chiffrés aboutissent à des conclusions semblables à celles de LABGAR : la valeur ajoutée existe et elle devient plus importante lorsque la supplémentation minérale intervient. Dans les cas où d'autres suppléments sont utilisés la valeur ajoutée est moindre.

		: Elevage naisseur : Elevage et réélevage : Elevage d'embouche en extensif						
		: (vente male au sevrage):		: (vente males à 10 mois):		: (vente male à 3- 4 ans)		
Sept alternatives		A1.	A2.	B1.	B2.	C1	C2a	C2B
(Unités de surface 2.500 ha)		sans sup- plémenta- tion minérale	avec sup- plémenta- tion minérale	sans sup- plémenta- tion	supplémen- tation pro- téique + sorgho	avec S.M vente à 4 ans	sans S.M finition au sorgho (vente à 3 ans	Témoins vente à 4 ans
Structure du troupeau	: vaches	: 440	: 440	: 440	: 440	: 260	: 340	: 300
	: élevés 1-2 ans	: 110	: 154	: 110	: 110	: 91	: 85	: 75
	: génisses 2-3 ans	: 110	: 85	: 110	: 110	: 91	: 85	: 75
	: mâles 1-2 ans	: -	: -	: -	: -	: 91	: 85	: 75
	: mâles 2-3 ans	: -	: -	: -	: -	: 91	: 85	: 75
	: Bœufs 3-4 ans	: -	: -	: -	: -	: 91	: 85	: 75
	: Veaux -	: 220	: 308	: 220	: 220	: 182	: 170	: 150
	: Taureaux -	: 30	: 30	: 30	: 30	: 15	: 20	: 15
: Total (veaux exclus):		690	712	690	690	730	700	690
Ventes	: vaches	: 88	: 88	: 88	: 88	: 52	: 68	: 60
	: génisses 2-3 ans	: -	: 60	: -	: -	: 39	: -	: -
	: mâles : 1 ans	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -
	: mâles : 2-3 ans	: -	: -	: -	: -	: -	: -	: -
	: bœufs : 3 - 4 ans	: -	: -	: -	: -	: -	: 85	: -
	: veaux	: 110	: 154	: 110	: 110	: -	: -	: 75
: taureaux	: 6	: 6	: 6	: 6	: 3	: 4	: 8	
: Total des ventes		204	314	204	204	185	157	138
Produc- tion	: Kg/ha	: 19,3	: 29,8	: 21,4	: 23,3	: 26	: 22,9	: 20,1
	: Poids Total Vendu (Kg) :	: 48.160	: 73.680	: 53.600	: 58.180	: 65.160	: 57.200	: 50.400

Sept alternatives (Unités de surface	Elevage Naïsseur (vente mâles au sevrage)		Elevage et réélevage (vente mâles à 10 mois)		Elevage d'embouche en extensif (vente mâle à 3-4 ans)		
	A1.	A2	B1	B2	C1	C2a	C2b
	sans sup- plémenta- tion minérale	avec sup- plémenta- tion minérale	sans sup- plémenta- tion	supplémen- tation protéique + sorho	avec S.M vente à 4 ans	sans S.M finition au sorgho (vente à 3 ans	Témoins vente à 4 ans
Valeur nette de la production par ha (en pesos)	733 /ha	1.300	823	878	1.036	858	774
Valeur ajoutée par ha (en pesos)	- 41 /ha	+ 525	+49	+ 104	+ 262	+ 84	-

TORCANO et coll.(54)

II. PRODUCTION LAITIÈRE :

Au Sénégal, l'on s'accorde à penser que la production de lait des races locales est médiocre, toutefois, il faut déplorer l'absence de travaux précis dans ce domaine.

CALVET (1976) constate que "les veaux allaités par des vaches, recevant une supplémentation minérale, ont des poids supérieurs à des témoins sous des femelles non supplémentées". Selon l'auteur, ce fait ne s'explique que par un accroissement de la production de lait des femelles supplémentées.

Des auteurs comme, ROGERS et coll (1981)(27) emploie le chlorure de sodium ; STANLEY et coll. en 1972(65) utilisent du bicarbonate de sodium, et WOHLT fait appel à divers composés minéraux, mais aucun d'eux ne rencontre une augmentation de la production occasionnée par les minéraux. Par contre, ils trouvent souvent des modifications qualitatives telles que le taux butyreux, l'extrait sec etc...

Donc il nous semble que l'influence des minéraux sur la production laitière d'une vache est peu nette, du moins chez des animaux non carencés.

III. REPRODUCTION :

3.1. EFFETS SUR LA FECONDITE :

L'importance économique et zooteknique de la fécondité est évidente, puisque celle ci conditionne la production de veaux, seul revenu des races à viande, et la production du lait par jour de présence (WOLTER, 1973).

Parmi les minéraux susceptibles d'influencer la reproduction, la littérature permet de constater que le plus d'attention a été porté au phosphore surtout et dans un moindre degré au calcium.

En effet, déjà en 1934, THEILER et GREEN(89) puis HIGNETT et coll. en 1950 ont établi le rôle primordial d'un élément comme le phosphore sur la fécondité de la vache.

Nous tenterons d'étudier quelques paramètres et d'établir leur relation avec l'alimentation minérale.

3.1.1. Taux de fécondité :

Il s'exprime, par le rapport entre le nombre de veaux nés dans l'année et le nombre de femelles en âge de se reproduire, exprimé en pour cent.

On peut retenir pour l'Afrique tropicale les taux suivants :

zébus sahéliens en élevage traditionnel :	66 pour 100
taurins en élevage traditionnel :	70 pour 100
ranch d'élevage :	80 "
centre d'élevage :	90 et + pour 100.

Au Sénégal, avec la supplémentation portant sur les effets des minéraux sur le croit des bovins sahéliens, CALVET n'en remarque pas moins que : "les éleveurs étaient surpris, après 5 mois de supplémentation, par le nombre de femelles pleines(21).

En Amérique latine, CONRAD, (1976) (27) rapporte (Tableau n°) les effets bénéfiques de suppléments minéraux sur la fécondité de bovins de six pays : Bolivie, Brésil, Colombie, Panama, Pérou et Uruguay.

Tableau n° 16 : Effets des suppléments minéraux sur l'amélioration du taux de velage en Amérique latine. CONRAD (1976).

P A Y S		Témoins (NaCl)	Compléments minéraux	supplé- mentés
BOLIVIE		67,5	Farine d'os	80,8
BRESIL	1	55,0	Farine d'os	77,0
	2	49,0	Farine d'os	72,0
	3	25,6	Farine d'os	47,3
COLOMBIE		50,0	mélange complet de sels minéraux	84,0
PANAMA	1	62,2	bicalcique + su- per phosphate tri-	68,8
	2	42,0	ple farine d'os	80,0
PEROU		25,0	phosphate bicalci- que + sulfate de cuivre	75,0
URUGUAY	1	48,0	Farine d'os	64,0
	2	86,9	Farine d'os	96,4

3.1.2. Age au premier velage :

Il est non négligeable : un velage précoce allonge la vie productive de la femelle.

Chez les femelles GOBRA, vivant en brousse, le premier velage est obtenu entre 4 à 5 ans d'âge ; 66 pour 100 ont velé à 4 ans et 89 pour 100 à 5 ans. Au Centre de Recherches Zootechniques de Dara, il se situe à environ 45 mois d'âge (3 ans, 9 mois).

Chez les femelles Ndama, il est estimé à 4 ans et 1/2 dans le milieu traditionnel contre 1.294,15 jours ou 43 mois en station.

CONRAD (1976) constate que les génisses, supplémentées en minéraux, atteignent le poids de reproduction quatre mois plus tôt que les génisses ne recevant pas les minéraux.

3.1.3. Intervalle entre les velages :

Bien qu'englobant plusieurs phénomènes successifs (durée de l'intervalle entre velage et première saillie fécondante ; durée de la gestation) il constitue un critère important par la reproductivité et la longévité moyenne.

La longévité moyenne se détermine par le nombre moyen de velages effectués pendant la durée de la carrière de reproductivité de l'ensemble des femelles d'un troupeau.

Il varie non seulement en fonction des races mais aussi en fonction des conditions alimentaires. Ainsi on trouve :

- pour la race GOBRA

- en station : 473 ± 8 jours (15 mois 1/2)
- en élevage traditionnel : 18 à 28 mois selon les conditions alimentaires ;

- Pour la race NDAMA :

- en station : 547,73 à 441,000 jours environ 18 mois
- en élevage traditionnel : 27 mois.

BLACK et coll. (1943), sur les bovins du sud Texan, carencés en phosphore ; obtinrent, en distribuant divers compléments, (Tableau n°17), entre autres améliorations, une réduction de l'intervalle entre les velages. Cette réduction se traduit par un pourcentage de vaches ayant velé deux fois en deux années de traités (73 pour 100) supérieur à celui des Témoins (30,4 pour 100).

De même, REYNOLD, en 1953 (Tableau n°18) aboutit à des conclusions semblables (26).

Tableau n° 17 : Influence des minéraux sur la reproduction (intervalle entre les velages) par BLACK et coll., 1943.(25)

	: Groupe I		: Groupe II		: Groupe III		: Groupe IV	
	: sans supplément		: Farine d'os		: phosphate di-		: farine d'os	
	:		:		: sodique		:	
	: 1939	: 1940	: 1939	: 1940	: 1939	: 1940	: 1939	: 1940
Nombre de vaches	: 25	: 23	: 25	: 24	: 24	: 23	: 25	: 22
Nombre de veaux nés	: 22	: 9	: 25	: 16	: 22	: 18	: 23	: 18
Nombre de veaux sevrés	: 19	: 9	: 23	: 14	: 21	: 18	: 22	: 18
pourcentage de veaux nés	: 88	: 39,1	: 100	: 66,7	: 91,7	: 78,3	: 92	: 81,8
pourcentage de veaux sevrés	: 76	: 39,1	: 92	: 58,3	: 87,5	: 78,3	: 88	: 81,8
Poids moyens des veaux sevrés (Lb)	: 421	: 429	: 486	: 503	: 513	: 501	: 460	: 503
Poids moyens des vaches au sevrage	: 701	: 832	: 878	: 885	: 864	: 889	: 859	: 884
Pourcentage de vaches ayant velé velé deux fois	:	: 30,4	:	: 58,3	:	: 78,3	:	: 81,8
Coût du supplément par veaux sevrés	:	: 0	:	: 3,81	:	: 4,36	:	: 3,80
Bénéfice net par veau du au supplément	:	: 0	:	: 5,91	:	: 6,55	:	: 4,89

..//..

Tableau 18 : Effet du phosphore sur la production de veaux au Texas
(REYNOLDS et COLL., 1953 (26)).

	: Groupe I. : Témoins	: Groupe II. : poudre d'os	: Groupe III. : phosphate : disodique	: Groupe IV. : fertilisant
Poids des veaux au sevrage (Lb)	: 489	: 535	: 542	: 552
Nombre de jour entre deux naissances	: 459	: 365	: 367	: 364
Poids des veaux sevrés par acre (Lb)	: 21	: 31	: 33	: 47
Taux de veaux sevrés (pourcentage)	: 64	: 88	: 92	: 96

3.1.4. Involution utérine :

La période d'involution utérine constitue une partie de la "période de service" qui est l'intervalle compris entre la parturition et la nouvelle fécondation (34).

Elle est constante et dure chez le zébu COBRA : 150 jours soit 5 mois.

WARD et coll., 1971, cités par WOLTER(87), constatent qu'un supplément de cent grammes de calcium associés à 300.000 UI de vitamine D₃, des vaches fraîchement velées, recevant déjà cent grammes de calcium par ailleurs, avance l'involution utérine de 8 jours, le premier œstrus post-partum de 16 jours et la fécondation de 37 jours en moyenne, mais la fertilité proprement dite (nombre d'inséminations par fécondation) reste inchangée.

3.1.5. Sex, Ratio .

C'est le rapport entre les veaux mâles et femelles nés dans un troupeau pendant une période donnée.

STOLKOWSKI et LEFEVRE, 1980(83) à la suite de travaux récents, souscrivent à l'opinion que la vitamine D₃ où l'un de ses métabolites actifs, ou l'ion Ca⁺⁺, sinon les deux, facteurs peuvent interférer avec la fécondation chez les mammifères et avoir un impact sur la sex-ratio.

En effet, ils sont parvenus à augmenter le nombre de femelles dans la descendance de bovins du DOUBS (département français).

Pour cela, ils ont injecté en une seule fois une dose de 5-10 UI de vitamine D₃ et 200 mg de vitamine E dans la première moitié du cycle précédant l'insémination.

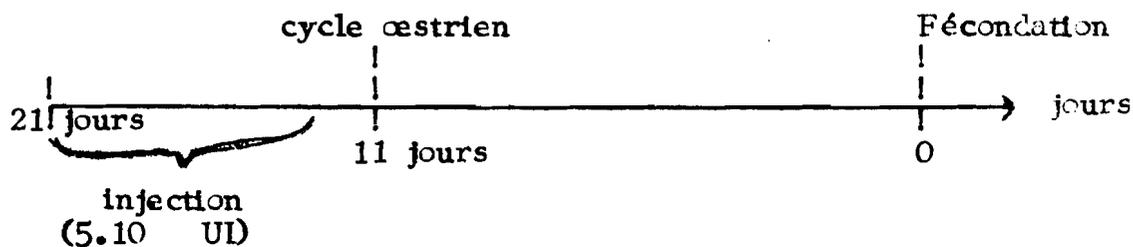
Tableau n° 19 : Résultats des essais du département de Doubs : injection aux vaches de vitamines en une seule fois (5.10 UI D₃)

		1973 - 1974			1977 - 1979			
		Vitamine A, P ₃ , E			Vitamines D ₃ , E			
traités	blancs	23 fermes 961 naissances	531	1,24	15 fermes 960 naissances	515	1,15	
	Total des naissances	77	2 ² 49	0,57	73	30 43	0,70	
	Intervalle injection - insémination	11j		15 28	0,53		21 37	0,53
		12 j		11 21	0,52		17 32	0,53
		12 j		16 24	0,66		13 11	1,1 ²
					Faux traités			

STOLKOWSKI et Coll.(1980)(83)

LEGENDES (Tableau n)19) :

- blancs : animaux n'ayant été l'objet d'aucun traitement (vitamines)
- faux traités : animaux ayant reçu l'injection hors des délais requis.
- schéma des injections :



../..

3.1.6) Taux d'insémination première féconde.

C'est un paramètre relativement nouveau qui a vu le jour avec l'avènement et la vulgarisation de l'insémination artificielle.

Chez les bovins, il se définit comme le rapport entre le nombre de non retours en chaleurs de 60 à 90 jours sur le nombre de vaches ayant reçu une première insémination, multiplié par 100.

Toutefois, il est admis (MAULEON) que le test de non retour, pour juger si une vache est pleine, comporte les pourcentages d'erreurs suivants :

Non retour	Pourcentage d'
25 j	25 pour 100
40 j	15 pour 100
60 j	8 pour 100
90 j	2 pour 100.

MORROW (1969)() (cité par WOLTER), au cours d'une expérimentation avec des génisses recevant une ration de base constituée de foin de luzerne et pauvre en phosphore, fait remonter le taux de conception à 90 jours de 67 à 76 pour 100 et abaisse le nombre d'inséminations de 3,7 à 1,3 par fécondation, en employant du phosphate bicalcique en libre service.

3.2. ROLE DANS L'INFECONDITE DES BOVINS :

Fonction de luxe, la reproduction est la première touchée par toute erreur alimentaire quelle qu'elle soit, comme elle est la dernière à subir les effets d'une correction adéquate. (WOLTER, 1973)(87).

3.2.1. Phosphore :

En raison de la pauvreté courante des fourrages en phosphore, ce dernier est le plus souvent impliqué dans les problèmes d'infécondité.

WOLTER (1973) constate que lors d'une subcarence progressive, la fécondité peut être affectée en dehors de tout autre signe d'hypophosphorose.

Au début, les chaleurs restent régulières, d'intensité normale mais la fécondation est difficile, peut être par défaut d'ovulation, puis les chaleurs

deviennent plus espacées et plus discrètes, ensuite s'installe une anaphrodisie plus ou moins prolongée.

FERRANDO (1957) (47) (cité par GOURARI) entreprit d'améliorer la teneur en phosphore des fourrages pour lutter contre l'infécondité avec des résultats satisfaisants.

Selon BERTRAND et DES CHANEL (1976)(87), le phosphore a une action sur la sécrétion d'hormone gonadotrope folliculinisante. Donc une carence en phosphore agit sur le complexe hypothalamo-hypophysaire en provoquant une pseudo hypophysectomie.

3.2.2. Calcium :

Il aurait une action moins directe, par conséquent sa carence semble modifier assez peu la fécondité.

On note cependant, l'effet négatif d'une surcharge alimentaire qui peut occasionner une carence conditionnée en oligo-éléments tels que le manganèse et l'iode (Bien fet, 1965)(8).

3.2.3. Autres macro-éléments :

Leur action spécifique n'a pas été prouvée.

IV. PATHOLOGIE :

4.1. OSTEOPATHIES CHIMIO DYPOTROPHIQUES :

4.1.1. Rachitisme et ostéomalacie :

Ce sont deux maladies qui ne diffèrent que par l'âge des sujets atteints.

Selon BRION et PAGOT (1955)(17), le rachitisme est une ostéopathie chimiodypotrophique malacique, caractérisée par une insuffisance de minéralisation de la substance pré-osseuse au cours de la croissance.

L'ostéomalacie est une ostéopathie chimiodystrophique malacique, caractérisée par un déficit de minéralisation des os à l'âge adulte, c'est à dire après la disparition du cartilage de conjugaison.

..//..

Ces deux affections sont dues à un dysfonctionnement du métabolisme phospho-calcique résultant d'une déficience d'apport, d'absorption, ou de fixation de ces deux éléments (calcium et phosphore).

4.1.2. Ostéoporose :

C'est une atrophie osseuse liée à une baisse d'activité des ostéoblastes et intéresse beaucoup plus les os spongieux que les os haversiens.

Les modifications de calcémie et de phosphorémie sont de faible amplitude, à côté d'une hypoprotéïnémie sensible.

Cependant, des auteurs font état souvent d'une carence en phosphore dans l'étiologie de cette affection.

4. NEVROSES :

Ce sont des maladies caractérisées par des troubles mineurs de psychisme sans lésions décelables et dont le substrat est humoral.

4.2.1. Pathogénie générale (12) :

Les névroses s'expliquent par des anomalies de l'excitabilité neuro-musculaire qui est le seuil d'excitation de la fibre musculaire par l'influx nerveux.

Cette excitabilité neuro-musculaire dépend d'un équilibre ionique donné par la formule de LOEBS.

$$\frac{(K^+) \times (Na^+)}{(Ca^{++}) \times (Mg^{++})}$$

Parmi ces cations, il est à noter que le potassium et le sodium ont des rôles secondaires et que l'essentiel est assuré par le calcium et le magnésium. Toutefois le calcium (sous sa forme ionisée) serait quatre fois plus actif que le magnésium.

4.2.2. Névroses vitulaires :

Il s'agit de maladies liées à la parturition et à la lactation, caractérisées par des troubles fonctionnels (nerveux et sensitifs) et des modifications des éléments responsables de l'excitabilité neuro-musculaire.

BOLIGNINI(12) décrit plusieurs formes de la fièvre vitulaire :

a) une forme parétique et paralytique : le sujet titube, chancelle et tombe paralysé.

Cette forme est associée à l'hypocalcémie et à de l'hypermagnésémie.

b) une forme comateuse.
forme de piétinement, de cubitus, coma.

On trouve une hypocalcémie et une magnésémie normales.

c) une forme tétanique.
se traduit, par des crampes, de l'hyper-esthésie, de l'excitation, des convulsions. On note alors de l'hypocalcémie et de l'hypomagnésémie.

4.2.3. Névroses non vitulaires :

Elles ne sont pas liées forcément à la parturition et la lactation. Selon leur condition d'apparition, on distingue :

a) tétanie d'herbage.
se traduit par des troubles tétaniformes apparaissant pendant les premiers temps de la mise au paturage, dus à des facteurs nombreux dont les plus importants sont l'hypocalcémie et l'hypomagnésémie :

En région tropicale, l'affection sévit surtout chez les jeunes bovins qui vont subir pour la première fois la saison des pluies. En effet, le passage du régime sec à celui d'herbe verte est déterminant (BRION et PAGOT (1955) (17).

b) Tétanie de voyage.
Elle apparaît chez les vaches, qui après un séjour au pâturage, sont astreintes à un long voyage.

Elle serait consécutive à une hypomagnésémie.

D'autres formes tétaniques existent mais leur pathogénie est mal connue.

4.3. DEFENSES DE L'ORGANISME :

L'intégrité de la barrière naturelle contre les agressions (parasitaires ou microbiennes) exige une alimentation équilibrée.

En Guyane, HIDIROGLOU et coll.(1960) (in55) ont signalé que les strongyloses et des ascaridioses sont massives chez des animaux carencés en phosphore et qu'elles sont beaucoup moins importantes chez les sujets supplémentés.

FERRANDO et coll.(1960) réussirent à faire disparaître la paratuberculose par une fumure phosphatée adéquate.(47).

Selon FOUQUET et DE LAUNY, l'aphosphorose provoquerait une modification de terrain qui ferait passer la bacille de Johne du stade saprophyte au stade virulent et résistant à toute thérapeutique.

Au Sénégal, CALVET et col.(1965)(19) aboutissent à la conclusion que les bovins du ferlo contractent le botulisme à la suite de sarco-phagie et d'ostéophalgie dues au pica, rapporté à l'hypophosphorose.

Par ailleurs, POLLET (R) propose les injections de calcium et de phosphore pour la prévention de la rétropulsion et le renversement du vagin. (72).

C H A P I T R E III.

FACTEURS D'EFFICACITE D'UNE SUPPLEMENTATION
MINERALE.

N

Connaissant l'importance des minéraux sur les productions animales, il nous faut maintenant envisager de cerner les qualités permettant à ces divers minéraux de répondre le mieux aux exigences zootechniques, ensuite établir les moyens d'appréciation de ces qualités afin d'aboutir au choix du composé minéral le plus adapté.

I. VALEUR ALIMENTAIRE DES MACRO-ELEMENTS :

Elle est essentiellement basée sur la détermination de la digestibilité.

1.1. Le calcium : (50).

L'absorption du calcium par l'animal varie de 20 à 50 pour 100 en moyenne.

Le calcium du carbonate, quelle que soit son origine, est bien utilisé, de plus ces sources sont peu onéreuses.

L'efficacité du calcium des phosphates calciques varie dans le même sens que celle du phosphore (décroit du mono au tri) mais est assez bonne en général.

Les sels organiques du calcium sont bien utilisés dans l'ensemble et le Coefficient d'utilisation digestive (CUD) du calcium fourni augmente dans l'ordre suivant : formiate, acétate, tartrate, fumarate et lactate de calcium

L'emploi du sulfate de calcium permet de disposer d'un calcium dont l'absorption est bonne, et du soufre dont l'apport est indispensable dans certains régimes alimentaires de ruminants. Malheureusement, l'élimination urinaire du calcium, en général faible chez les ruminants, est accrue par l'ingestion du sulfate de calcium.

1.2. Le phosphore :

Le problème du choix de la source de phosphore est d'autant plus complexe que les sources de phosphore sont nombreuses, que le coefficient d'utilisation réelle (CUDr) du phosphore peut varier de 80 à moins de 20 pour 100 selon les formes et que, surtout le phosphore est l'élément le plus coûteux.

Tous les phosphates solubles dans l'eau sont bien absorbés, à savoir un coefficient d'utilisation réelle (CUDr) > 60 pour 100. Il est séduisant d'employer les phosphates sodiques car ils dispensent de l'incorporation de chlorure de sodium dans la ration par la présence de sodium dans leur molécule. Ces sources sont les plus chères.

Les phosphates peu solubles ou insolubles dans l'eau sont de valeur nutritionnelle très variable. Ainsi le groupe de tête avec de 60 à 70 pour 100 renferme le phosphate bicalcique anhydre ou hydraté, le phosphate mono ou bicalcique, le phosphate triple de Na, Ca et Mg.

A une échelle plus basse se situent l'hydroxyapatite de la farine d'os, le silico phosphate de calcium et de sodium et certains phosphates tricalciques naturels (fluoro-apatites) défluorés, avec un coefficient d'utilisation réelle (CUDr) de 50 à 60 pour 100.

D'autres, comme le phosphate alumino-ferro-calcique, occupent le bas de l'échelle avec un coefficient d'utilisation réelle (CUDr) moyen du phosphore inférieur à 20 pour 100(52). D'autres considérations sont aussi à prendre en compte :

a) le phosphore d'origine organique (fourrages, farine d'os etc...) n'est pas plus assimilable que le phosphore d'origine minérale. Le phosphore phytique et les oxalates de calcium contribuent dans une certaine mesure, à réduire la digestibilité.

b) Les phosphates bruts sont mal assimilés ; la pureté du phosphate va de pair avec son efficacité biologique. Ainsi les phosphates bicalciques naturels ou les phosphates alumino-ferro-magnésiens renferment d'autres minéraux pouvant interférer avec l'absorption des oligo-éléments.

c) L'apport de l'acide phosphorique en diminuant la vitesse de résorption de l'ammoniaque dans le rumen, atténue la toxicité de l'urée.

Le choix de la matière première pour le phosphore doit donc être judicieux.

1.3. Le magnésium :

La valeur alimentaire est du même ordre pour le carbonate, l'oxyde (magnésie), ou le sulfate, alors que la dolomie (mélange de carbonate de calcium et du bicarbonate de magnésium) est d'utilisation moins bonne.

Notons l'intérêt du sulfate de magnésium mono hydraté pour l'apport simultané du soufre et du magnésium ; mais comme le sulfate de calcium, la même remarque prévaut quant à la possibilité d'augmenter l'excrétion urinaire du calcium.

1.4. Le sodium :

Il est totalement absorbé quelle que soit la source.

1.5. Le soufre :

La condition particulière en alimentation des ruminants, qui rend nécessaire l'emploi du soufre, est l'incorporation d'azote non protéique dans la ration.

Bien que son efficacité soit moindre pour l'utilisation de l'azote non protéique que le soufre du sulfate de sodium, le soufre élémentaire peut être employé(49).

Il semblerait que l'apport du sodium et du soufre pour les besoins en croissance sous la forme de sulfite de sodium qui, outre la propriété de diminuer la formation du méthane dans le rumen, favoriserait la production d'acide propionique aux dépens de l'acide acétique(64)

II. MOYENS D'APPRECIATION DE LA VALEUR ALIMENTAIRE DES MACRO-ELEMENTS : "CAS DES PHOSPHATES" :

Les raisons qui nous ont poussées à choisir ici les phosphates sont multiples :

..//..

D'abord, le phosphore demeure le principal minéral limitant de la plupart des régimes des ruminants. En effet, les fourrages classiques, quelle que soit leur fertilisation, ne permettent pas de couvrir plus des deux tiers des besoins d'une bonne laitière (GUEGUEN, 1978)(52).

Ensuite, le phosphore est déterminant dans l'efficacité et le coût du complément minéral.

Aussi avons-nous envisagé l'étude des moyens d'appréciation de la valeur alimentaire du phosphate au niveau de l'animal, et surtout par des méthodes physico-chimiques simples permettant d'évaluer rapidement et de contrôler la qualité des phosphates.

1°) Méthodes in vivo :

Elles sont nombreuses et souvent fort^{et}s complexes, et de surcroît sont souvent l'apanage de laboratoires spécialisés/dotés de matériels plus ou moins sophistiqués.

Elles ne sont pas d'un intérêt pratique et se révèlent trop onéreuses.

2°) Méthodes in vitro :

Le but essentiel de ces méthodes est d'arriver à établir une bonne relation entre les résultats obtenus au laboratoire et ceux obtenus sur les animaux.

Nous avons noté au début, que l'absorption du calcium et du phosphore exige leur solubilisation préalable ; ceci est réalisé par les variations du pH, entre autres moyens, que subissent les aliments depuis leur entrée dans l'estomac jusqu'à leur élimination par les fécès.

Les expérimentateurs ont tenté de produire ce phénomène en plaçant les minéraux étudiés dans des solutions de pH variables.

2.1. Solubilité dans l'eau :

Nous savons déjà que la solubilité dans l'eau n'est pas une condition nécessaire à la bonne utilisation d'un sel minéral par l'animal. Toutefois en règle générale, tous les phosphates solubles dans l'eau sont de bonnes sources de phosphore pour les animaux(50).

2.2. Extraction par le citrate d'ammonium : (50)

Cette méthode est employée pour le dosage des phosphates dans les engrais, c'est pourquoi avait-on tenté de l'adopter pour les phosphates alimentaires. Déjà pour les engrais la validité de la méthode est controversée.

En ce qui concerne les phosphates alimentaires, cette méthode permet une extraction de 100 pour 100 pour le phosphate bicalcique alors qu'elle ne dépasse pas 10 pour 100 pour les phosphates tricalciques et l'hydroxyapatite de la poudre d'os et elle est nulle pour certains fluoro-apatites, pourtant bien assimilés par les animaux.

Les citrates alcalins extraient 70 à 80 pour 100 du phosphore du phosphate alumino-calcique pratiquement non assimilé par les animaux. Ce qui constitue une grave anomalie.

De même la valeur d'extraction obtenue pour le métaphosphate de calcium (faiblement utilisé par les animaux) est aussi élevée que celle obtenue avec l'orthophosphate de sodium avec les citrates neutres.

En conséquence, l'inconvénient de ces citrates neutres est qu'il surestime la valeur de certains phosphates naturels ayant subi un traitement thermique et contenant du métaphosphate de calcium.

2.3. Solubilité dans l'acide chlorhydrique dilué :

Plusieurs auteurs ont essayé de classer les phosphates en fonction de leur solubilité dans l'acide chlorhydrique à 0,4 pour 100 ou à 0,25 pour 100.

Les conditions d'acidité sont ainsi assez proches de celles de l'estomac des animaux et la classification obtenue est plus valable que celle fournie par le citrate d'ammonium neutre ou alcalin.

Les phosphates insolubles dans l'acide chlorhydrique dilué sont en général de mauvaises sources de phosphore pour les animaux.

Il y a cependant, au moins, une exception importante puisque le pyrophosphate de calcium, totalement inassimilable, est extrait à 97 pour 100 par de l'acide chlorhydrique à 0,4 pour 100.

..//..

2.4. Extraction par l'acide citrique à 2 pour 100 :

L'acide citrique à 2 pour 100 donne, pour la majorité des sources de phosphore, des résultats de solubilité reflétant assez bien les coefficients d'utilisation digestive réelle (CUDr) obtenus sur les animaux (Tableau n°20).

Les anomalies signalées avec les autres solvants comme le métaphosphate de calcium (citrates d'ammonium neutre) et le pyrophosphate de calcium (acide chlorhydrique dilué) ne sont pas obtenues avec l'acide citrique à 2 pour 100.

Tableau n°20 : Comparaison entre les valeurs des taux d'extraction du P par l'acide citrique à 2 pour 100 et celles des coefficients d'utilisation réelle (CUDr) sur les animaux. (GUEGUEN, 1972)(49)

	: Pourcentage : extrait de : 1 g. de P dans : 100 cm ³	: Fourcentage : extrait de : 250 mg de P : dans 100 cm ³	: CUDr : moyens : de P.	!
! phosphate mono calcique	: 100	: 100	: 60 - 70	!
! phosphate triple Na, Ca, Mg	: 100	: 100	: 60 - 70	!
! phosphates bicalciques	: 95 - 100	: 90 - 95	: 60 - 65	!
! silicophosphates de Ca et Na	: 90	: 80	: 50 - 60	!
! phosphate tricalcique Pur	: 70	: 60	: 50 - 60	!
! Farine d'os	: 85	: 50 - 60	: 50 - 60	!
! phosphates tricalciques natu- ! rels défluorés (apatites)	: : 30 - 60	: : 20 - 60	: : 20 - 50	! !
! Métaphosphate de Ca	: 60	: 20 - 30	: 30 - 40	!
! Pyrophosphate de Ca	: 20	: 10	: 20	!
! phosphate alumino-calcique	: 10	: 8	: 20	!
!	:	:	:	!

III. FACTEURS D'APPETABILITE DES COMPLEMENTS MINERAUX :

Pour distribuer un complément minéral pendant toute l'année, il ne suffit pas de choisir le type de complément minéral avec de bonnes matières premières, et de connaître la quantité à distribuer, mais il faut encore arriver à le faire consommer aux animaux.

Cela nous amène à aborder les problèmes de l'appétence des aînés qui constituent souvent un handicap en libre service.

En effet, il n'est pas exact de dire que les animaux sont eux mêmes capables de régler instinctivement leurs consommations de sels minéraux sur leurs besoins, la quantité de complément minéral ingéré spontanément est beaucoup plus fonction du goût que du besoin.

Ainsi les facteurs pouvant influencer les niveaux de consommation sont nombreux et peuvent être liés soit à l'animal, soit à l'alimentation.

3.1. Appétit spécifique(14) :

3.1.1. Définition :

C'est l'aptitude d'une espèce animale à choisir parmi les divers aliments mis à sa disposition celui ou ceux qui conviennent le mieux à ses besoins pour l'ensemble des éléments indispensables, et à en consommer une quantité suffisante pour prévenir toute carence (BOUCHET, 1981).

3.1.2. Appétit spécifique pour le sodium :

Son existence est indubitable ; des auteurs attribuent d'ailleurs la survie de nombreuses espèces animales sauvages à cette attirance particulière (MATRAT, 1976). (65).

Pour les herbivores, les risques de carence en sodium sont grands. Cet appétit spécifique constitue un moyen efficace d'assurer l'approvisionnement en cet élément.

Des auteurs tels que SLY et Bell. (1979)(81) sur des veaux, DENTON (1969)(), TANG et FALK (1971) sur des rats, se sont intéressés à la question.

En règle générale, ils souscrivent tous à l'idée que la régulation de l'appétit spécifique ne soit pas directement liée au taux plasmatique de sodium (DENTON 1969) mais par contre dépende de la concentration intracellulaire de sodium dans les cellules nerveuses de l'hypothalamus. (84)

3.1.3. Appétit spécifique pour le calcium :

Il a été décelé chez le rat (COPPOCK, 1970) (), chez la poule pondeuse (MOUGIN et SAUVEUR, 1975) (). Mais chez les ruminants, les travaux de COPPER et col., 1962, sur des génisses et MULLER et col., 1977, sur des vaches en lactation, ne font état que d'une vague tendance, bien insuffisante pour assurer une alimentation satisfaisante en calcium.

3.1.4. Appétit spécifique pour le phosphore :

On avait pensé à l'existence d'un appétit spécifique chez des animaux carencés en phosphore parce qu'ils présentaient du pica.

Mais COPPOCK et col., 1976, MULLER et col., 1977, infirment l'existence de cet appétit spécifique. (29), (14).

3.1.5. Appétit spécifique pour le soufre :

Il n'a pas été prouvé chez les ruminants.

3.1.6. Appétit spécifique pour le chlore :

COPPOCK et Al, 1979 concluent à l'existence possible d'un appétit spécifique pour le chlore. (30).

3.2. Rôle des sens : (14, 13).

3.2.1. Influence des sels utilisés :

a) Phosphore :

Divers constats ont été faits :

Des vaches laitières auraient préféré le phosphate monosodique au phosphate disodique (BOUCHET 81) et des vaches allaitantes ont choisi le mélange à partie égale de farine d'os et de sel contre le mélange de tripolyphosphate de sodium et phosphate bicalcique.

b) Le magnésium :

Le sulfate ou le chlorure serait cause d'inappétance ().

3.2.2. Réponse au goût salé :

Il semble que l'influence du sel sur la consommation du complément minéral mette en jeu à la fois l'appétit spécifique et la réponse des animaux au goût salé.

Alors il s'établit un équilibre entre l'attraction et la répulsion (MATRAT, 1976(65)).

3.2.3. Influence du support organique :

FRYE et coll.(1977)(in. 14) usent de composés minéraux riches en magnésium :

Composé A : oxyde de Mg plus sel à partie égale ;

Composé B : oxyde de Mg plus sel ou tourteau de coton
ou mélasse séchée
ou farine d'os.

Ils trouvent que le composé mélassé est le plus consommé (46,3 g/vache/jour) suivi par le produit avec tourteau (13,3) et le composé A (2,4).

3.2.4. Influence de la présentation :

Les niveaux de consommation sont largement influencés par l'accessibilité du composé minéral et la régularité du réapprovisionnement des distributeurs.

Les composés en granulés sont en général mieux consommés que les pierres à lécher.

En conclusion, les multiples facteurs font que, si la distribution des composés minéraux en libre service est simple, il faut toujours craindre une sur ou sous-consommation.

IV. CHOIX DE COMPLEMENT MINERAL :

Il est l'aboutissement de la première partie de notre étude, et doit tenir compte de la plupart des considérations que nous avons déjà développées.

En somme, les principaux problèmes que posent le choix du composé minéral sont :

- 4.1. assimilation du phosphore et calcium ;
- 4.2. teneurs comparées du calcium et du phosphore ;
- 4.3. action possible sur la conservation des vitamines ;
- 4.4. présentation et support organique ;
- 4.5. innocuité ;
- 4.6. prix de revient.

..//..

4.1. Assimilation du phosphore et du calcium :

Elle s'apprécie par la digestibilité réelle du calcium et de phosphore ; pour ce dernier, nous avons vu que l'extraction par l'acide citrique à 2 pour 100 est un bon critère d'appréciation.

4.2. Teneurs comparées en calcium et en phosphore :

Le rôle principal du complément minéral est de rééquilibrer les régimes en calcium et en phosphore.

En effet, les régimes apportent des minéraux (macro et micro-éléments), en plus des U.F, des M.A.D, des vitamines etc...

Cet apport, calculé à partir de la composition et des quantités de matières ingérées journalièrement, permet de juger de l'opportunité d'une supplémentation minérale.

Au cas où la supplémentation est jugée nécessaire, le déficit à combler sera la différence entre les besoins théoriques journaliers en Ca et P et les apports minéraux de la ration distribuée.

A titre d'exemple, nous proposons une formulation d'un complément moyen. Les besoins ont été volontairement grossis (bovins européens) :

- Estimation du déficit en calcium et en phosphore.

a) Apport supposé de la ration

P = 1 g/Kg de M.S.

Ca = 3 g/Kg de M.S.

b) Besoins des animaux :

P = 3,5 g/Kg de M.S

Ca = 5,5 g/Kg de M.S

c) définit.

pour une ingestion de 6 kilogrammes de matières sèches :

en P : 6 - 21 = - 15 g

en Ca : 18 - 33 = - 15 g.

Le complément minéral doit apporter 15 g de phosphore et 15 g de calcium.

Choisissons arbitrairement le phosphate bicalcique que nous savons de bonne digestibilité et renfermant environ 17,5 pour 100 de phosphore et 25 pour 100 de calcium. On tire la quantité de phosphate qu'il faut pour combler les 15 g de phosphore :

$$\frac{15 \text{ g} \times 100}{17,5} \quad 85 \text{ g de phosphate bicalcique}$$

Nous pouvons ajouter : 14 g de NaCl pour l'appétabilité du composé et 1 g de magnésie.

Rappelons que le potassium et le chlore sont couverts par la ration et le soufre n'est ajouté qu'à des cas particuliers.

Dans la pratique nous proposerons une distribution de 60 à 100 g par jour selon le format et la production.

En définitive le composé minéral est de formule :

phosphate bicalcique : 85 pour 100

chlorure de sodium : 14 pour 100

magnésie : 1 pour 100.

A ce composé minéral, il est nécessaire d'ajouter des oligo-minéraux dont la formulation est fort complexe (Tableau n°21).

Tableau n°21 : Type de composés minéraux en fonction de la ration de base chez la vache laitière. GUEGUEN, 1978(52).

	: grami- nées et au moins 30 % de céréales	: maïs ensilé seul avec un peu de grami- nées	: grami- nées Bettéra- ves maïs ensilé et 20 % de légumi- neuses	: toute la ration avec moins de 30 % de lé- gumi- neuses cruci- fères	: Légumi- neuses ou cruci- fères	: Pul- pes Betté- raves	
type de C.M (- Ca) (pour 100)	: 5 - 25	:	:	:	:	:	
Taux d'incorporation du en dans la matière poche ingérée	:	:	:	:	:	:	
Exemples des C.M (pour 100)	! p. mono Ca	: -	: -	: -	: 20	: 50	: -
	! p. bicalcique	: 32	: 53	: -	: 40	: -	: -
	! p. mono bicalcique	: -	: -	: 68	: -	: -	: -
	! tripolyp.sodique	: -	: -	: -	: 27	: 40	: 26
	! p. ammoniques	: -	: -	: -	: -	: -	: 70
	! carbonate de Ca	: 47	: 20	: -	: -	: -	: -
	! chlorure de Na	: 17	: 20	: 18	: -	: -	: -
	! magnésie anhydre	: 4	: 5	: 10	: 8	: 6	: -
	! sulfate de zinc	: 1	: 1	: 2	: 3	: 2	: 2,50
	! protosyde de Mg	: 0,15	: 0,20	: 0,50	: 0,70	: 0,60	: 0,20
! sulfate de cuivre	: 0,15	: 0,20	: 0,40	: 0,50	: 0,50	: 0,50	
! sulfate de cobalt	: 0,01	: 0,01	: 0,01	: 0,02	: 0,03	: 0,02	
! iodate de Co	: 0,01	: 0,01	: 0,02	: 0,03	: 0,04	: 0,02	
! vitamine AUI/100 Kg	: 10 M	: 10 M	: 20 M	: 25 M	: 25 M	: 15 M	
! vitamine D3 "	: 2,5M	: 2,5 M	: 5 M	: 7 M	: 7 M	: 4 M	
! vitamine E "	: 20.000	: 20.000	: 30.000	: 40.000	: 50.000	: 20000	
!	:	:	:	:	:	:	

4.3. Action possible sur la conservation des vitamines :

La plupart des composés minéraux présents sur le marché sont vitaminés.

Si l'apport de toutes les vitamines (hydro solubles et liposolubles) peut être utile chez les monogastriques, l'incorporation des vitamines du groupe B pour les ruminants s'avère parfaitement inutile. La synthèse microbienne au niveau du rumen assure un apport satisfaisant.

Il faut cependant que l'incorporation des vitamines se fasse sans heurt. En particulier, la vitamine A peut être détruite au contact de certains phosphates, en absence de certaines précautions.

4.4. Innocuité :

En réalité, elle doit être la première condition que doit remplir le composé minéral.

Le problème le plus classiquement évoqué, en ce qui concerne la toxicité des matières minérales, est celui du Fluor des phosphates.

Au Sénégal, la législation pose comme impropres à la vente pour l'alimentation du bétail, "des phosphates minéraux vendus en l'état aux éleveurs, renfermant une teneur en Fluor supérieure à 0,30 pour 100 de la matière sèche" (Décret 74-1003 - article 14, 3°) du

Récemment, Mac DOWELL et coll., (1978) ont mis l'accent sur de nouveaux éléments toxiques dans des sources de phosphore .

Tableau n° 22 : Autres éléments toxiques des phosphates.(63)

Elément toxique source de P	Al (p100)	Pb (ppm)	As (ppm)	Hg (ppm)	Cd (ppm)
Phosphate de fluoriné	: 0,86	: 2	: < 1	: 8	: -
Phosphate bicalcique	: 0,82	: 4	: 5	: 6	: -
Phosphate bicalcique	: 0,34	: 2	: 3	: 12	: -

4.5. Présentation et support organique :

Ils ne sont pas à négliger puisqu'ils peuvent influencer les niveaux de consommation des animaux, et par voie de conséquence agir sur les effets induits par les minéraux.

CALVET (1976) trouve que le polyphos en granulés est plus efficace, alors que pour le phosphate bicalcique, la pierre à lécher est préférable.(22).

Des supports tels que mélasse, tourteaux, son, suffisamment appréciés pour inciter à la consommation, ne doivent pas être en reste, surtout pour les suppléments en poudre.

Rappelons que la consommation dépend surtout du goût. Ce goût a de multiples composantes comme le montre MORAUD-FEHR (1980)(43).

Tableau n° 23 : Tolérance et sensibilité des espèces de ruminants aux principales composantes du goût.

Composantes du goût	:	:	classement des espèces
sucré	: sensibilité	:	bv > cp > ov
salé (NaCl)	: sensibilité	:	bv > cap > ov
salé (NaCl)	: tolérance	:	ov - cap > bv
Acide (CH ₃ CoOH)	: sensibilité	:	bv > cap > ov
Acide (CH ₃ CoOH)	: tolérance	:	cap - ov > bv
Amère (quinine, Hcl)	: sensibilité	:	cap > ov - bv
Amère (quinine, Hcl)	: tolérance	:	cap > ov - bv

4.6. Le prix de revient :

Si les phosphates minéraux naturels ont l'inconvénient de contenir du fluor au point d'en interdire leur emploi, par contre ils ont l'avantage d'être bien moins coûteux. Ce dernier critère doit pousser à chercher les voies et moyens d'utilisation des phosphates naturels (le Sénégal en a produit 1,879 million de tonne en 1974) dans la mesure où la santé publique reste préservée.

La consommation des composés minéraux est liée à la régularité de l'approvisionnement des mangeoires.

La composition du composé doit être stable et identique à celle révélée par l'analyse de contrôle éventuelle.

DEUXIEME PARTIE

ASPECTS DE L'ALIMENTATION MINERALE

AU SENEGAL.

CHAPITRE I.

BASES DE L'ALIMENTATION MINERALE AU SENEGAL.

La satisfaction des besoins des animaux en minéraux est liée à la présence de ces éléments dans les végétaux, et surtout dans le sol.

I. MINERAUX DANS LE SOL :

La quantité de minéraux, présente dans le sol, dépend de la nature du sol et d'autres facteurs multiples susceptibles de bloquer ou de favoriser l'absorption de ces minéraux par les plantes.

1.1. Types de sol : (46).

Ils sont nombreux et variables.

1.1.1. Sols minéraux bruts :

Ce sont les sols dits squelettiques à cause de leur faible épaisseur et sont souvent sur des cuirasses ferrugineuses ou latéritiques. La matière organique peut y être riche mais est non décomposée.

1.1.2. Sols isohumiques :

Ils sont caractéristiques du sahel (200 à 500 mm de pluie) et subissent une faible altération. On distingue :

- sols bruns subarides :

avec une teneur en matière organique faible (moins de 1 pour 100), un pH voisin de la neutralité, un complexe absorbant riche en ions calcium et une individualisation importante des sesquioxydes de fer (70-75 pour 100).

- sols bruns-rouge subarides :

se caractérisent par une teneur en matière organique très faible (0,5 pour 100), un pH neutre ou faiblement acide et un complexe absorbant moins riche en bases.

1.1.3. Sols à sesquioxydes :

sont caractéristiques de la zone soudanienne avec une individualisation du fer et du manganèse à cause de la composition rapide de la matière organique. Selon le lessivage, on distingue :

- sols ferrugineux tropicaux non lessivés sont les sols "Dior" avec texture sableuse responsable d'une pauvreté en colloïdes minéraux. Ils sont particulièrement pauvres en phosphore. La teneur de la matière organique est très faible (0,20 à 0,35 pour 100) et le pH légèrement acide.

- sols ferrugineux tropicaux lessivés sont également pauvres en matière organique.

1.1.4. Sols ferralitiques :

Ce sont les sols forestiers. Mais dans les conditions de déséquilibres bioclimatiques actuelles, ils ont tendance à évoluer vers les sols ferrugineux tropicaux.

1.1.5. Vertisols :

Ce sont des sols argileux marqués par l'alternance de saison humide (argiles gonflantes) et saison sèche (argiles déséchées et crevassées).

1.1.6. Sols halomorphes :

Ils contiennent au moins 0,2 pour 100 de sels sodiques. Parfois il existe des sols à alcalis, à pH basique.

1.1.7. Sols hydromorphes :

Ce sont des sols qui évoluent sous l'action d'un excès d'eau au moins une période de l'année. Cet excès, venant de la nappe ou d'un engorgement, crée des conditions réductrices avec asphyxie de la végétation et séquestration de fer ferreux.

1.2. Facteurs de variation des teneurs en minéraux :

Dans le sol, la teneur totale en minéraux est peu significative du point de vue relation plante-sol. Ainsi a-t-on pris l'habitude de ne doser que les minéraux susceptibles de participer à l'alimentation des plantes, autrement dit les minéraux disponibles. Cependant cette disponibilité dépend de plusieurs facteurs comme :

1.2.1. Le pH :

Le pH, quoi que variable, est une notion importante parce qu'il permet de caractériser le sol chimiquement, mais aussi parce qu'il peut provoquer, par la formation de complexes, des modifications de l'absorption des minéraux.

Selon BARRETO, la basicité ou l'acidité d'un sol tropical est de :

pH 5	sol très acide
5 pH 6	sol acide
6 pH 6,7	sol faiblement acide
6,7 pH 7,3	sol neutre
7,3 pH 8,5	sol basique
pH 8,5	sol très basique

selon le pH, les sols tropicaux se classent de la sorte :

sol sulfate acide	pH : 2-5
sol ferralitique	pH : 4-6
sols ferrugineux tropicaux	pH : 5,5-6,5
sols rouges tropicaux	pH : 6,5-6,8
sols subarides	pH : 6,5-8
sols halomorphes salins	pH : 7-7,5
sols halomorphes à alcalis	pH : 8-10.

Au vu de ces données, on remarque la fréquente acidité des sols tropicaux, ce qui n'est pas sans conséquence sur le comportement des minéraux.

En effet, si le pH tombe au dessous de 6,5, il se forme des phosphates de fer et d'alumine qui représentent des formes insolubles donc inutilisables par les végétaux.

1.2.2. La matière organique :

Elle a un rôle très important, puisque la teneur des plantes en phosphore dépend de la présence simultanée d'acide phosphorique et d'azote placés à leur disposition.

1.2.3. Equilibre entre les ions :

Nous avons déjà noté un antagonisme possible entre les éléments comme le fer, l'aluminium et le phosphore à pH bas.

La conséquence d'un tel phénomène est qu'un élément, se trouvant dans le sol en quantité suffisante pour satisfaire les besoins des plantes, peut être inhibé ou bloqué sous une forme inaccessible par la présence d'un autre élément entrant en compétition.

A titre d'exemple des inter actions ioniques au niveau du sol, nous proposons le tableau suivant.

Tableau n°24 : Principales interactions entre les éléments minéraux du sol.
(RICHET, 1970). (in 13).

		élément en qualité élevée ou en excés												
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cr	Na	B	Mn	Cu	Mo
action sur	Fe	:	:	x	:	:	:	:	:	:	:	:	:	(1)
	Mn	:	x	:	x	:	⊙	:	:	:	:	:	:	o
	Cu	:	:	:	x	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	Zn	:	x	(2)	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	Mo	:	o	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
		:	(4)	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	

antagonisme (1) à pH décroissant

Précipitation (2) à pH croissant

x blocage (3) avec

o inhibition (4) en sol acide

En somme, une acidité fréquente, une teneur en matière organique modeste, la présence d'ions susceptibles de réagir entre eux, peuvent expliquer en partie la pauvreté de nos sols en minéraux disponibles pour les plantes.

1. 2.4. Prélèvement par les plantes :

La pauvreté de nos sols peut être due à la dépossession des éléments minéraux nutritifs, soit par l'érosion, soit par le prélèvement des plantes.

En ce qui concerne l'érosion, CALVET, 1976 explique la pauvreté des sols tropicaux par l'absence d'une couche imperméable proche de la surface et susceptible d'empêcher l'entraînement des métaux et des métalloïdes par les eaux d'infiltration(23).

De même, les prélèvements des sels minéraux par les plantes sont à prendre en considération, et l'absence d'une fumure compensatrice entraîne un épuisement des réserves d'année en année.

BOUDET, 1978(16) avance que la composition du fourrage produit avec les temps de croissance favorable à l'alimentation du bétail et l'évaluation de la matière sèche récoltable permettent d'estimer les exportations effectuées par le pâturage utilisé :

- $N(kj\ hel\ dahl) \times M.S/ha =$ Exportation d'azote
- $K_{20} \times M.S/ha =$ exportation de potasse
- $P_2\ 05 \times M.S/ha =$ exportation de phosphore.

L'estimation de ces exportations donne une indication théorique des besoins en fumure, qui seront probablement nécessaires au maintien de la productivité du pâturage.

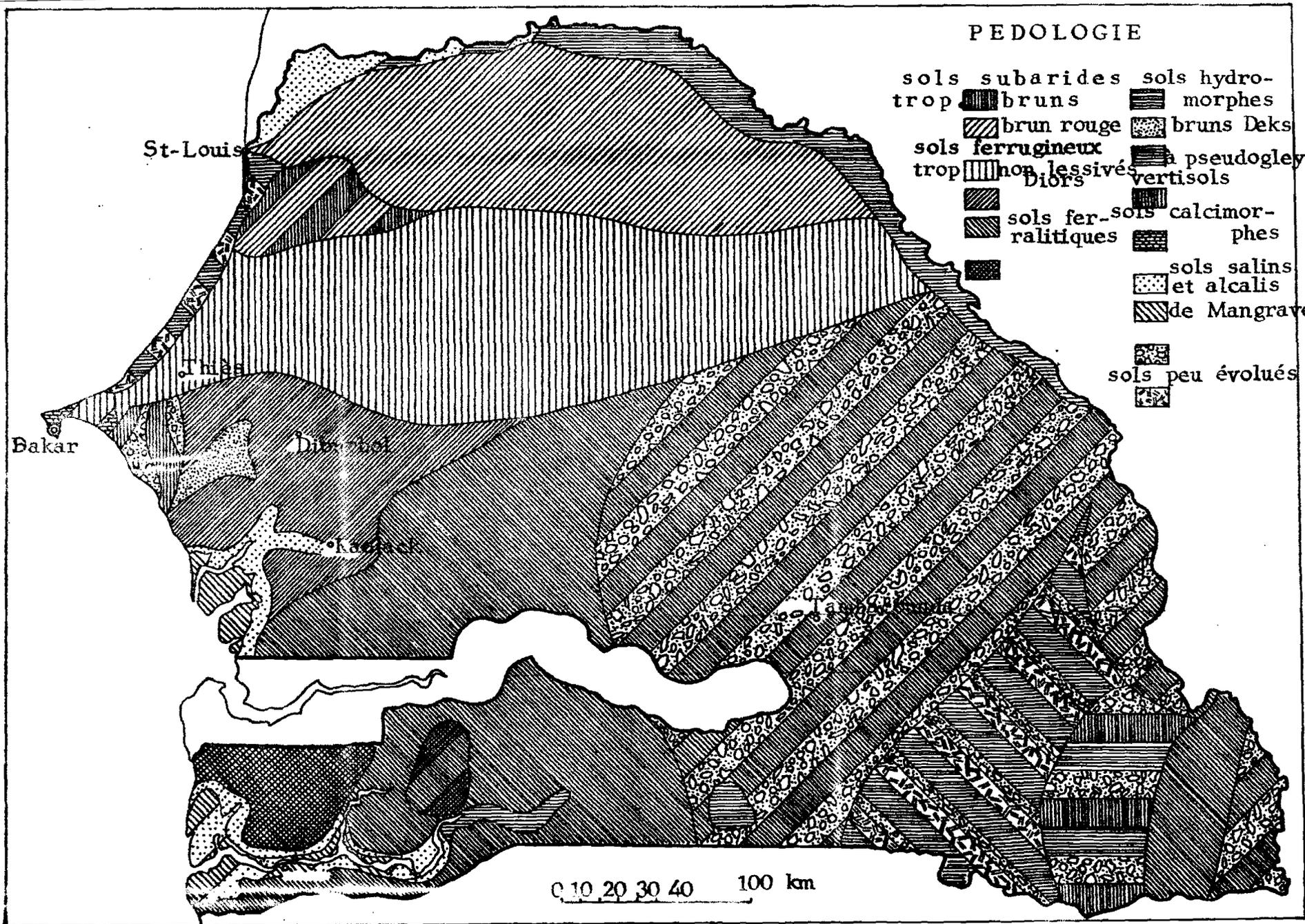
1.2.5. Classification des sols en fonction des teneurs en phosphore :

Le phosphore est un des éléments dont la carence est couramment rencontrée dans nos sols. Les seuils dits de carence varient souvent selon les méthodes de dosage, mais GERVY en 1970 (cité par GOURARI) avance la classification suivante :(47).

1°) un sol peut être considéré comme riche quand la quantité de $P_2\ 05$ dite assimilable qu'il contient dépasse 0,3 pour 1000 de terre sèche.

2°) un sol est dite moyen lorsque la teneur en $P_2\ 05$ est comprise entre 0,15 et 0,3 pour 1000.

3°) un sol est dit pauvre avec une teneur en $P_2\ 05$ assimilable inférieure à 0,15 pour 1000



I. MINÉRAUX DANS LES VÉGÉTAUX :

L'intérêt de la présence de minéraux dans les végétaux est indiscutable : dans les conditions naturelles d'élevage, l'essentiel des besoins des bovins est assuré par les pâturages. Ainsi dans les régions où les végétaux sont peu pourvus en ces éléments, les animaux connaissent-ils des carences minérales

Nous évoquerons ici les principaux facteurs de variation des teneurs en minéraux des plantes et une classification des fourrages selon leur teneur en calcium et en phosphore.

2.1. Facteurs de variation :

2.1.1. Espèce botanique :

Nous l'avons déjà dit, selon l'espèce végétale, le taux de minéraux varie.

Rappelons qu'au niveau du fourrage, les légumineuses sont riches en calcium et pauvres en phosphore, contrairement aux graminées qui sont riches en phosphore et déficientes en calcium.

De même, au niveau des sous-produits agro-industriels et agricoles, cette variation est présente.

Tableau :25. sous-produits disponibles au Sénégal. MONGODIN (B)
et TACHER, 1979 (69)

Aliments	Ca (g/kg M.S)	P (g/Kg de MS)
<u>grains et issues de céréales</u>	:	:
Maïs	0,33	3,61
sorgho	0,33	3,85
mil	0,43	3,59
son de mil	0,75	4,76
son de sorgho	0,55	5,09
son de maïs	0,34	6,43
graines de maïs	2,88	8,41
dreches sèches	2,94	5,01
gluten "45-60"	1,52	3,27
<u>sous produits de rizerie</u>	:	:
sons	0,75	6,26
balles	1,10	0,55
farine de cône	1,08	13,09
fines brisures	0,33	3,65
brisures moyennes et grosses	0,22	1,94
<u>sous produits de canne à sucre</u>	:	:
Méclasse	10,72	0,68
bagasse	0,36	0,34
<u>Pailles de céréales</u>	:	:
riz	2,58	0,33
maïs	5,55	1,24
sorgho	4,78	1,03
<u>Pailles de légumineuses ou fanes</u>	:	:
arachide	14,13	2,07
niébé	15,11	3,24
<u>Tourteaux d'arachide</u>	:	:
tourteaux ex peller	0,97	6,41
tourteau pression à froid	1,32	5,63
tourteau artisanal	0,85	5,86
	:	:

Aliments	Ca (g/Kg M.S)	P (g/Kg de MS)
<u>Autres sous produits de l'arachide</u>		
coque	2,14	0,53
sons gras	1,74	2,17
<u>sous produits du coton</u>		
tourteau	1,92	12,17
coque	0,97	0,75
graines	1,62	5,51
<u>Autres tourteaux</u>		
palmiste	3,06	7,43
béref	1,33	10,75
soja	2,37	7,67

Sources : d'après MONGODIN (69) et TACHER, 1979.

2.1.2. Stade de développement :

Il est communément admis que les taux d'un élément comme le phosphore varient dans tous les organes de la plante avec le stade de développement. Les taux diminuent avec le vieillissement de la plante et la perte pourrait atteindre 46 pour 100 au début de l'inflorescence. Un stade optimum doit être recherché.

2.1.3. Conditions climatiques :

L'aphosphorose est l'apanage des pays secs. Au Sénégal, ce constat se vérifie par la présence et la persistance de cette affection dans sa partie sahélienne, liée sans aucun doute au phénomène de sécheresse.

Il semble que la sécheresse diminue la disponibilité du P₂O₅ du sol et entraîne de ce fait une diminution importante de la teneur en phosphore de la plante.

2.1.4. Conditions de récolte :

La relative richesse des feuilles et graines en éléments tel que le phosphore doit obliger à veiller aux conditions de récolte du foin.

2. 2. Classification des foins en fonction des taux de calcium et de P.

Pour l'appréciation courante de la valeur minérale d'un aliment, il n'est tenu compte que des teneurs en calcium et en phosphore. En se basant sur ces éléments, MARCELLO(64) classe les foins :

a) Acide phosphorique :

Acide phosphorique (pour 100)	Phosphore (pour 100) Points :
0,65 et plus	0,24 et plus 10
0,61 et 0,64	0,266-0,283 8
0,57 - 0,60	0,249 - 0,265 6
0,58 - 0,56	0,231 - 0,248 4
0,49 - 0,52	0,214 - 0,230 2
0,45 - 0,48	0,196 - 0,213 0
0,41 - 0,44	0,179 - 0,195 - 2
0,37 - 0,40	0,161 - 0,178 - 4
0,33 - 0,36	0,144 - 0,160 - 6

b) oxyde de calcium :

Oxyde de Ca (pour 100)	Calcium (pour 100) Points :
1,26 - 1,30 et plus	0,900 - 0,934 et plus 5
1,21 - 1, 25	0,865 - 0,899 4
1,16 - 1,20	0,829 - 0,864 3
1,11 - 1,15	0,793 - 0,828 2
1,06 - 1,10	0,758 - 0,792 1
1,01 - 1,05	0,722 - 0,757 0
0,96 - 1,00	0,686 - 0,721 - 1
0,91 - 0,95	0,650 - 0,685 - 2
0,86 - 0,90	0,615 - 0,649 - 3
0,81 - 0,85	0,579 - 0,614 - 4
0,76 - 0,80	0,543 - 0,578 - 5
0,71 - 0,75	0,507 - 0,542 - 6
0,66 - 0,70	0,472 - 0,506 - 7
0,61 - 0,65	0,436 - 0,471 - 8

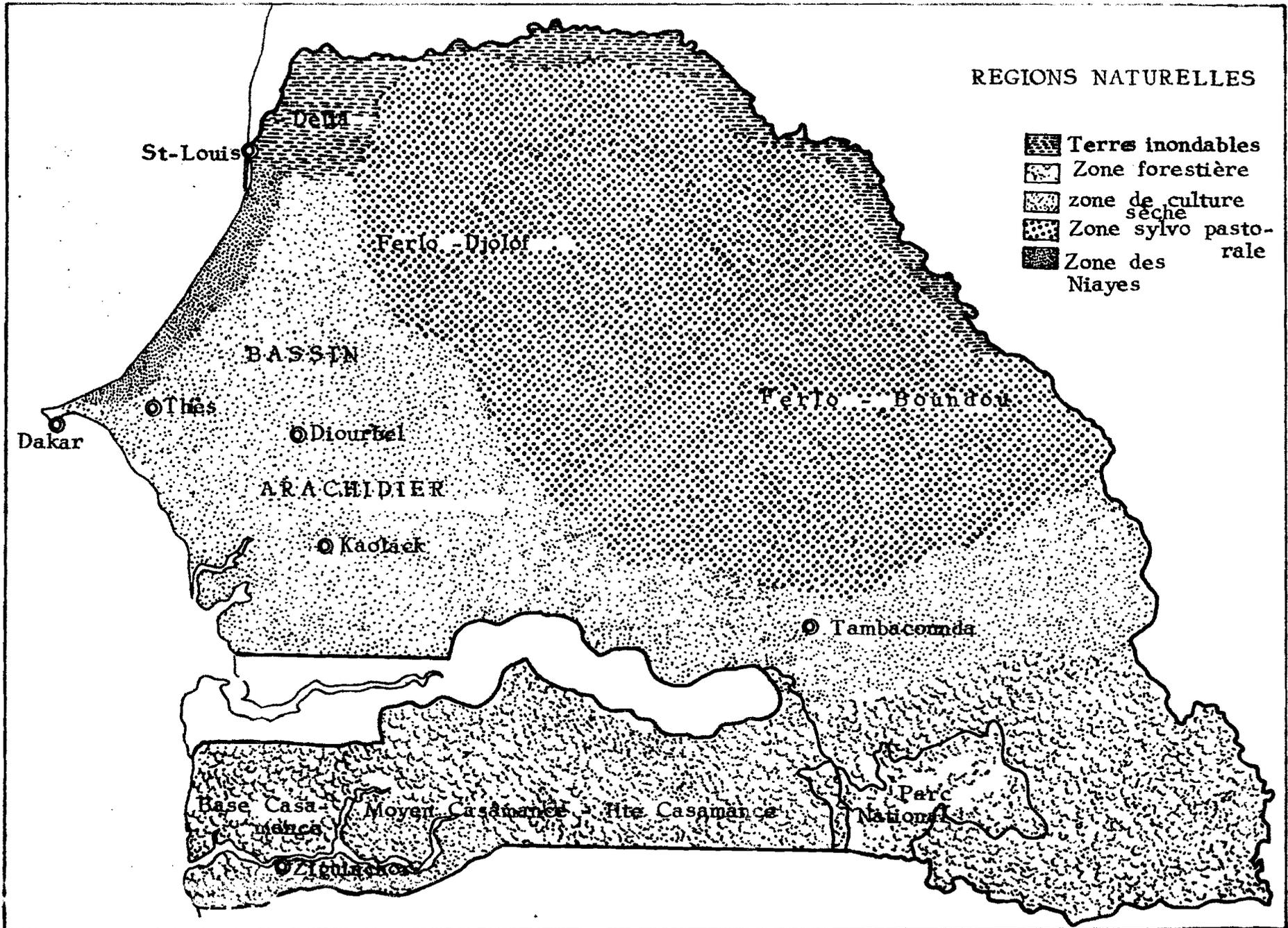
Des auteurs affirment que des taux de 0,3 pour 100 de phosphore écartent tout risque de sous-nutrition. Mais à cause des multiples facteurs de variation, il nous semble difficile d'obtenir des fourrages aux taux de 0,30 pour 100. D'ailleurs, on a observé une absence de carence chez des animaux élevés sur des pâturages avec des taux de phosphore plus faibles.

Tableau n°25 : taux de carence en phosphore des fourrages dans le monde.
(8) et (20)

AUTEURS	Pays	Années	taux de P; des prairies avec symptômes d'hye-phosphorose (pour 100 de M.S)	taux de P des Prairies sans troubles
Theiler et col.	af. Sud	1927	0,13	-
Du Toit et col.	-	1932	0,13	0,19
Henry et col.	U.S.A	1938	0,09	0,23
Black et col.	U.S.A	1943	0,13	-
Svanberg et col.	Scand	1944	0,14	0,22
Mitchel	U.S.A	1947	0,12	-
Dunlop	Ecosse	1947	0,16	-
Shecly et col.	Islande	1948	0,17	-
Curry	"	1949	0,21 - 0,25	-
Rose et col.	Australie	1963	-	0,30
Calvet	Sénégal	1965	Ferlo (saison sèche	Casamance
			0,105	-

REGIONS NATURELLES

-  Terres inondables
-  Zone forestière
-  zone de culture sèche
-  Zone sylvo pastorale
-  Zone des Niayes



C H A P I T R E II. :

CARENCES MINÉRALES AU SENEGAL.

LES CARENCES MINÉRALES DES BOVINS AU SENEGAL :

A l'heure actuelle, les carences minérales dont l'existence est dûment prouvée, intéressent le calcium, le phosphore et le cuivre. Ces carences se rencontrent essentiellement dans le ferlo, en saison sèche, et se manifestent par des symptômes de pica et d'ostéo-malacie.

L'analyse des taux sanguins des divers macro-éléments a été déterminante dans la découverte de ces affections.

Avant d'aborder les symptômes, nous allons étudier quelques caractères des taux sanguins des macro-éléments et leur intérêt pour le diagnostic de la carence.

I. Caractéristiques du profil biochimique des bovins sénégalais(44).

1.1. La calcémie :

Elle est en moyenne de $102,6 \pm 0,6$ mg/l et est influencée par la race, l'âge et le sexe du bovin.

Notons que la calcémie chez les jeunes est supérieure à celle des adultes.

1.2. La phosphatémie :

Sa valeur moyenne est de $62,1 \pm 0,9$ mg/litre.

Il est à remarquer que la phosphatémie de la Ndama est plus faible que celle du zébu ; et que celle des femelles est inférieure à celles des mâles.

1.3. La natrémie :

Chez les bovins sénégalais, le taux du sodium sanguin atteint la valeur de 3.401 mg/litre ± 15 et décroît avec l'âge.

1.4. La kaliémie :

La moyenne des bovins du Sénégal se situe à 198,2 mg par litre. Elle décroît également avec l'âge, et toutes les races ont des taux significativement différents.

1.5. La magnésémie :

La norme sénégalaise est de $26,4 \pm 0,3$ mg/l et ne varie ni avec l'âge ni avec la race.

L'intérêt de ces moyennes réside dans le fait qu'elles ont permis de confirmer la carence en calcium et, en phosphore dans la région où sévissent des enzooties de botulisme.

En effet, CALVET (1965(19) trouve pour le phosphore une différence significative entre les taux du ferlo en saison sèche et en saison humide d'une part, et d'autre part entre celle du ferlo et la casamance.

Pour le calcium, il constate une différence significative entre les taux de Ferlo en saison sèche et en saison humide, mais pas de différence entre le ferlo et la casamance.

Il conclut à l'existence d'une carence en phosphore et en calcium en saison sèche.

Tableau n° 26 : Taux sériques des macro-éléments chez les Bovins du Ferlo et de Casamance.

ELEMENTS	F E R L O		
	saison sèche (mg/D)	saison humide (mg/D)	Casamance saison sèche (mg/D)
Phosphore	$49,4 \pm 12,3$	$64,3 \pm 5,6$	$71,5 \pm 4,7$
Calcium	$88,4 \pm 8,8$	$102,2 \pm 5,5$	$92,5 \pm 1,7$
Magnésium	$22,3 \pm 1,84$	$23,1 \pm 2,0$	$25,7 \pm 3,9$
Sodium	3.257 ± 151	3.131 ± 54	3.326 ± 95
Potassium	$180,1 \pm 17,2$	$173,4 \pm 10,8$	$192,3 \pm 10,4$

CALVET (1965)(19)

Par ailleurs, l'étude comparative avec les taux des bovins sud-américains nous a permis de constater qu'aussi bien pour les normes alimentaires que les seuils de carences, les valeurs sont semblables.

Tableau n°27 : Valeurs des taux alimentaires et des niveaux biochimiques de carence chez les bovins africains et de l'amérique latine. (27) et (15)

Eléments	Taux recommandé :	Taux recommandé :	Taux de carence chez les Bovins		
	dans les ali-ments (Mac Dawel) 1981 (pour 100 de MS) (Amérique Latine): (23)	dans les ali-ments (Boudet, 1970) (pour 100 MS) (Afrique) (12)	tissus ana-lysés	taux de carence (Amér. latine) : mg/100 (Mac Dowel (1))	taux de carence (Sénégal) : mg/100 ml (Calvet)
Ca	0,18 - 0,60	0,20	Plasma	8	8,84
Mg	-	0,20	sérum	1 - 2	-
			urine	2 - 10	-
P	0,18 - 0,43	0,12	Plasma	4,5	4,94
K	0,60 - 0,80	-		-	-
Na	0,10	0,08	salive	100-200	-
S	0,10	-	-	-	-

II. Les carences proprement dites :

Si l'analyse biochimique du sang a mis en évidence un déséquilibre phospho-calcique, les seuls symptômes observés chez les bovins sont ceux de l'ostéo malacie.

2.1. ostéomalacie. (2, 17, 19, 23) .

C'est une affection chronique à évolution lente, liée à un déséquilibre phospho-calcique dû surtout à une carence en phosphore.

Sa symptomatologie est bien connue et se déroule en trois phases :

2.1.1. Phase de début :

Elle est plus ou moins insidieuse et peut se traduire par une modification de l'appétit, du pica et une déviation de certaines parties du corps, en particulier du rachis.

Au bout d'un certain temps, des signes peuvent révéler une douleur esseuse : ce sont un piétinement et une certaine raideur des mouvements. Sur le plan génital, on signale parfois une absence de chaleur. A ce stade, l'état général n'est pas atteint bien que les poils soient hérissés et ternes.

2.1.2. Phase d'état :

Elle se manifeste quand il y a aggravation du processus. Elle est véritablement dominée par des troubles locomoteurs, en association avec des troubles tendineux et capsulaires comme l'accrochement de la rotule, luxation coxofémorale, et aussi des fractures spontanées lors de mouvements violents.

On note parfois de l'hémoglobinurie.

L'animal présente alors un dos voûté, une tête portée basse, et une démarche lente, précautionneuse et douloureuse.

2.1.3. Phase finale :

Il s'agit d'un ramolissement des os de la tête, du bassin et de l'épaule entraînant une déformation de la vache et une baisse de la production laitière.

Les animaux sont alors dans l'impossibilité de se relever et couchés au sol, évoluent vers la misère physiologique ou vers une rémission provisoire s'ils sont l'objet de soins particuliers.

2.2. Le Pica :

Le pica, manifestation de l'appétit dépravé, pousse les animaux à ingérer avec prédilection des substances non alimentaires. Il est fréquemment observé dans les troupeaux sahéliens.

Au Sénégal, dans le ferlo, "cette aberration du goût est tellement commune que les éleveurs la considèrent comme naturelle chez les animaux" (CALVET, 1976) (22).

Il peut être considéré comme une manifestation de carence que vient souvent aggraver un état plus ou moins névrotique.

Parmi les éléments susceptibles de l'engendrer, on cite entre autres : la carence en sodium, phosphore, protéines, cuivre, fer, ou cobalt. Cependant la carence en phosphore est la cause la plus fréquente du pica et plus particulièrement de l'ostéophagie.

THEILER et GREEN (1934) ont étudié en détail le phénomène de pica(85). Selon eux, le pica présente deux caractéristiques :

- l'ostéophagie : les animaux mangent de préférence les os et les débris de cadavres rencontrés dans les pâturages ;
- l'allotriophagie : s'ils ne trouvent pas d'os, ils mangent des objets tels que cuirs, sacs, cendres, papier, bois etc...

Ils notent également des variations, dans le degré de manifestation du pica, qui dépendent du degré de déficience du sol en phosphore : une préférence des animaux pour les os légers et secs indique un degré léger d'aphosphorose, pour les os pourris un degré d'ostéophagie et d'aphosphorose avancé.

D'autres facteurs peuvent influencer le degré de manifestation du pica :

- les vaches laitières sont atteintes par le pica au plus haut degré. S'il n'apparaît pas au cours de la gestation, il se manifeste à coup sûr après le velage.

- De même, l'âge des animaux joue un rôle important dans l'apparition du pica : les génisses et les bœufs présentent des signes facilement, alors que les veaux sous leur mère restent réfractaires, le pica apparaissant après le sevrage, s'il y a carence.

- Enfin, le pica sous forme d'ostéophagie s'observe dans les pays où les bovins vivent en permanence sur les pâturages. Dans les pays à élevage en stabulation, le pica s'exprime par l'allotriophagie dans les cas graves et dans les cas légers par la léchomanie : les animaux léchant les murs, les mangeoires, les barbelés, les troncs d'arbre, leurs congénères etc...

Les conséquences du Pica sont nombreuses, citons la réticulite traumatique par corps étrangers ; les hémorragies internes, les occlusions intestinales ; et surtout au ferlo, les enzooties de babulisme, en saison sèche, suite à des ingestions de fragments d'os ou de cadavres botuliques.

CH A P I T R E III. :

TYPES D'ALIMENTATION MINERALE AU SENEGAL.

Les dangers résultant de la carence font de la distribution des sels minéraux une nécessité pour l'amélioration de l'élevage. Cette distribution se fait selon des modalités variables avec le mode d'élevage.

1) En élevage traditionnel :

1.1. Elevage transhumant :

Il est pratiqué par les peulhs possédant des bovins de race COBRA, dans la région sylvo-pastorale et dans la région du fleuve, soit une superficie de 75.000 Km².

Les peulhs, dont on connaît l'attachement au bétail, sont conscients des besoins des animaux en minéraux. C'est pourquoi la plupart des grandes transhumances passent par un lieu de cure salée où les troupeaux séjournent de 3 à 5 jours.

Au Sénégal, cette pratique de supplémentation minérale existe dans la zone sylvo pastorale, où la transhumance, comme mode d'élevage, prédomine encore de nos jours.

Selon BOUDET, 1978(16) cette cure salée doit correspondre à une tradition établie à la suite d'observations des troupeaux léchant le sol légèrement enrichi en minéraux solubles.

Selon le même auteur, la terre distribuée aux animaux est prélevée dans un horizon sous jacent, profond de 50 cm environ, protégé par un horizon supérieur souvent gravillonnaire, sur un glacis colluvial de mare temporaire, et alimenté par le ruissellement superficiel des collines voisines. Il en résulte une accumulation de sels minéraux par évaporation de la nappe.

BOUDET (1978) qualifie la terre de prélevée, de pH de 7 à 8, de terre sodique et magnésienne. A l'analyse, il trouve les compositions suivantes.(16)

Tableau n°28 : Composition minérale d'une cure salée (BOUDET) (1978)(16)
au Mali.

COMPOSITION	Localités du Mali	
	Drougamma	Karoussa
Macro-éléments		
(pour 100 de terre sèche)		
calcium	1,95	0,79
phosphore	0,023	0,012
potassium	1,73	0,44
magnésium	1,14	0,19
sodium	0,67	0,57
chlorures	0,047	0,183
sulfates	2,76	2,69
Micro-éléments		
(g/Kg de terre sèche)		
Cuivre	39	29
Cobalt	25	2
Zinc	95	29
Manganèse	463	114

On constate alors que la consommation d'un kilogramme de terre procure 6 à 7 grammes de sodium correspondant aux besoins de quelques jours, ce qui est insuffisant pour combler les déficits saisonniers.

Cette pratique de la cure salée ne semble pas justifiée pour combler le déficit des paturages en éléments minéraux, mais elle aurait un effet purgatif et assurerait un certain déparasitage. Nous pensons alors qu'elle devrait être remplacée par la distribution de pierres à lécher dans un élevage extensif amélioré, toutefois en ne perdant pas de vue que la limitation de la transhumance peut accroître les risques de carence.

Au Sénégal, GOMEZ situe l'emplacement de ces terres natronées à Yang Yang et Mbeulekhé.(46).

1.2. Elevage sédentaire :

C'est l'élevage conduit par les agro-pasteurs de la zone soudanienne. Il se rencontre généralement au niveau du bassin arachidier, du Sénégal Oriental, de la Casamance et du Cap-Vert.

Ce mode d'élevage concerne deux races essentiellement : le Ndama et le Djakoré.

Le bovin Ndama est un animal de petite taille et trypanotolérant.

Le Djakoré est le métis Zébu-Ndama et se trouve dans la zone tampon entre les aires de dispersion des deux principales races, notamment au Sine Saloum, et plus précisément au niveau de l'isohyète 900 mm.

. Le "Mondé" :

C'est une forme de supplémentation minérale, pratiquée par les peulhs de la Casamance et consistant en une distribution d'un mélange, presque à partie égale, de sel et de diverses plantes.

Ce mélange est distribué aux animaux dans des abreuvoirs qui sont de simples trous, soit des trous entourés de rameaux de *Holarrhena africana* et sont aménagés à même le sol, près de la mare d'abreuvement.

Les animaux subissent cette cure à trois reprises au cours de l'hivernage, fin juin, mi septembre et fin octobre.

Le nombre d'abreuvoirs qui doit être impair, est fonction de la taille du troupeau. Le rapport animaux/trou idéal est 3/1 pour des abreuvoirs de taille moyenne c'est à dire 60 cm de diamètre sur 20 à 25 cm de profondeur. Ce rapport vise à éviter les excès de consommation de sel ou de bagarres entre les animaux.

On estime pour 50 bovins le mélange peut contenir 15 kilogrammes de sel et une Calebasse contenant les plantes pilées. Le tout est délayé dans de l'eau jusqu'au ras du trou. A cela, on ajoute du charbon de bois, ou de la cendre d'arbre brûlé par la foudre, et de la poudre du marabout du village.

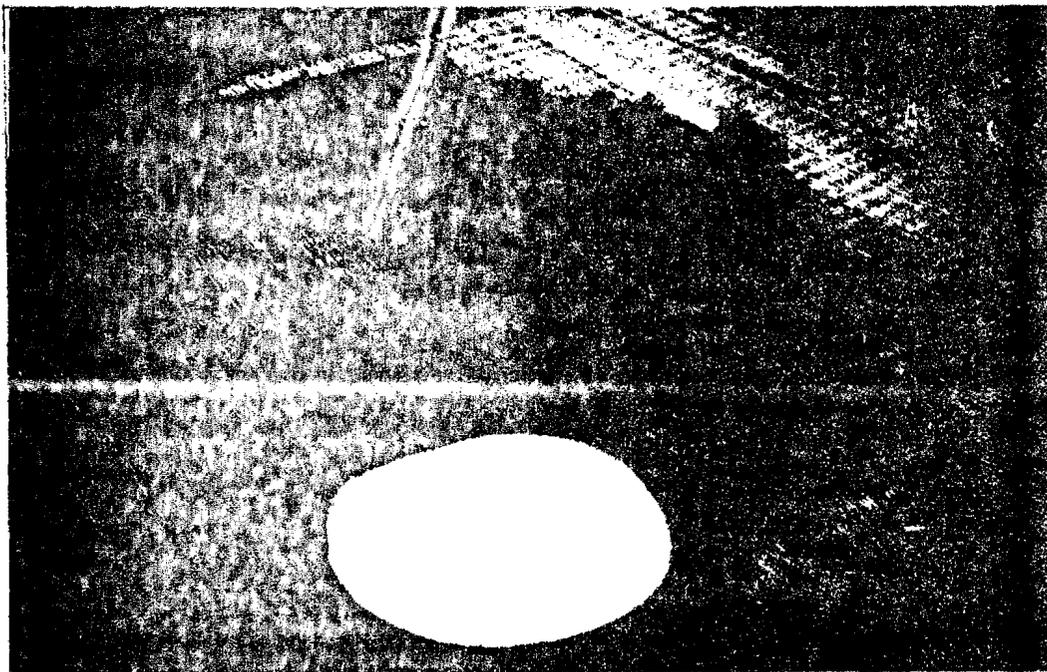


PHOTO N° 1 : Les constituants du "Mondé":
- en haut : plantes pilées.
- en bas : sel.



PHOTO N° 2 : Abreuvoir, creusé à même le sol, reçoit le mélange (plantes-sel) délayé dans de l'eau.



PHOTOS N°3 et N°4 ; Vues d'animaux au "Mondé"



Notons que chez les peulhs Djakhankés où les survivances animistes sont plus tenaces, le monde est tout un rituel.

Le mondé serait une sorte de fortifiant à la fois dépuratif astringent et légèrement anthelminthique, qui peut avoir un effet déparasitant non négligeable.

II. En élevage encadré :

Depuis les travaux de CALVET (1965, 1972, 1976) qui ont bien mis en évidence l'effet bénéfique de la supplémentation minérale sur le croit et la perte de poids des zébus sahéliens, des sociétés de développement de l'élevage ont inclus les suppléments minéraux dans leurs thèmes de vulgarisation.

2.1. Le projet de développement de l'élevage au Sénégal Oriental :

(P.D.E.S.O) a son siège à Tambacounda(38).

Il gère une population animale d'environ 120.000 têtes de bovins, 60.000 ovins et caprins sur une superficie de près de 1.300.000 hectares, située au nord de la voie ferrée Dakar-Kidira(38).

La faiblesse des surfaces cultivées et jachères (4 pour 100 du terroir du projet) et la rareté des hommes (4 habitants du Km²) permettent d'envisager de solides perspectives de développement de l'élevage dans cette zone.

Afin d'atteindre les objectifs qu'ils se sont fixés et qui se résument en une augmentation de la productivité du cheptel, les responsables du projet ont retenu parmi les moyens à mettre en œuvre la vulgarisation de suppléments minéraux.

Ainsi des tentatives de fabrication de compléments minéraux sur place ont été menées.

En 1977, le thème vulgarisé consistait à calciner des os de cadavres et résidus domestiques et à les mélanger à du sel de cuisine. Ce thème fut abandonné rapidement à cause de l'impossibilité de contrôler la production.

En 1978-79, un mélange de 1/3 de phosphate bicalcique plus 1/3 de sel et sulfate de cuivre à compléter par l'éleveur par 1/3 de poudre d'os a été produit pour une quantité de six tonnes livrée en sacs de 15 kg vendus à 250 francs aux éleveurs. Le facteur qui limita ce système, fut l'incorporation de la poudre d'os. Les os devenaient rares en brousse et la calcination des os est un travail fastidieux.

Enfin, en 1979-80, le handicap est surmonté par la récupération d'un tonnage important de tourteau d'arachide de l'opération sauvetage du bétail (O.S.B.) et a permis de réaliser diverses formules de complément minéralo-protidique.

Il a été également testé des pierres à lécher, mais seule la formule dite A s'est révélée intéressante :

Poudre d'os	31 kg	soit 40,26 pour 100
sel marin	11 "	soit 14,29 pour 100
ciment	12 "	soit 15,58 pour 100
eau	23 "	soit 29,37 pour 100
iodure de K	50 ml	traces
olivitasol+	8 g	traces.

Parmi les avantages procurés par ces pierres à lécher, il y a la suppression des problèmes de condictionnement et l'absence de risques d'ingestion de matières plastiques non digestibles.

De l'avis des responsables du projet, la satisfaction était nette chez les éleveurs réceptifs et qui ont accepté les thèmes proposés.

2.2. La Société de développement et de vulgarisation agricoles (SODEVA) intervient dans le bassin arachidier. (78)

L'introduction de la traction bovine dans la culture de l'arachide est à l'origine de la création du département vétérinaire, qui a récemment élargi des compétences à l'embouche bovine et ovine.

..//..

+ Olivitasol est un complexe vitaminé avec oligo-éléments.

Mais la fabrication de suppléments minéraux est toute récente et est stimulée par l'installation d'une petite fabrique.

Des prélèvements, que nous avons ramenés de Kaolack, ont été analysés au laboratoire.

Tableau N°28 : analyse des C.M de SODEVA :

ECHANTILLONS	A	B	C	D	E
Matières sèches (g/Kg de produit)	991	993	991	991	993
Matières minérales (g/Kg de M.S)	953	973	956	976	960
I.C (g/Kg de M.S)	68	64	75	86	72
Calcium (g/Kg M.S)	176,4	144,9	156,1	59,30	55,00
Phosphore (g/Kg M.S)	79,72	58,90	64,90	59,30	55,00

2.3. Autres sociétés :

Elles font appel à des suppléments minéraux importés ou fabriqués par les industries de la place.

C H A P I T R E IV. :

LEGISLATION DES ALIMENTS.

MINERAUX AU SENEGAL.

Elle a pour but de réglementer les transactions entre le fabricant d'aliment et l'éleveur.

L. Les fabriques d'aliments : (78)

Un certain nombre de fabriques d'aliments existent au Sénégal.

1.1. Société sénégalaise d'engrais et de produits chimiques (SSEPC) :
Cette unité produit des aliments composés pour bovins, ovins et volailles, chevaux et porcs.

En 1980, en ce qui concerne les minéraux, elle a utilisé les matières premières suivantes :

coquillages broyés : 30 tonnes par mois
polyfos : 10 tonnes par mois
phosphate bicalcique alimentaire (importé) : 10 tonnes par mois
urée alimentaire (importée) : 25 tonnes par mois
sel : 12 tonnes par mois et complément minéral et
vitaminique d'importation.

Les sous produits utilisés vont du son de blé à la coque d'arachide.

L'objectif de la société est de parvenir à utiliser tous les sous-produits agricoles et agro-industriels disponibles sur place.

1.2. Société de développement et de vulgarisation agricoles (SO.DE.VA) :
Elle a une petite unité de fabrique d'aliments à Kaolack (Kahone).
En fait, il n'y a qu'un petit broyeur et le reste des opérations est manuel.
Elle fabrique surtout pour les besoins de la vulgarisation. un complément herbivore. et un supplément minéral.

Les matières premières utilisées sont :

- phosphate bicalcique de thiès
- poudre d'os calcinée
- sel
- tourteau de fabrication locale.

1.3. Moulins SENTENAC :

Cette minoterie qui est en même temps une fabrique d'aliments de bétail, produit environ 12.000 tonnes d'aliments par an dont une partie est exportée vers le Gabon et la Mauritanie.

La part des ventes d'aliments destinée aux bovins est de 5 pour 100.

1.4. Agrocap Filfil et élevage KASSAK :

Ces fabricants ne commercialisent pas leur production mais fabriquent pour leurs propres exploitations.

En somme, les unités de fabriques dignes de ce nom sont au nombre de deux : S.S.E.P.C et les Moulins SENTENAC et exportent la plupart de leur production vers les pays limitrophes.

L'explication de ce phénomène serait le prix trop élevé de ces aliments pour l'éleveur sénégalais.

Pour pallier à cette situation, la Direction de la Santé et des productions animales (D.S.P.A) propose la décentralisation des unités de fabriques d'aliments pour mieux valoriser certains résidus de récolte.

II) Réglementation :

Le Sénégal, comme tout pays souverain, se doit de se doter d'une législation des aliments destinés à l'homme et aux animaux dont les buts essentiels sont de protéger le consommateur contre les produits alimentaires dont la nature et l'état de salubrité peuvent porter préjudice à sa santé et d'assurer la moralité des transactions commerciales.

2.1. Historique :

Dans son analyse des textes législatifs sénégalais concernant l'utilisation des aliments du bétail, BAKHAYOKHO retient trois périodes(3).

2.1.1. Avant 1966 :

Cette période est marquée par la colonisation et s'est traduite par une législation qui favorisait le développement et l'exportation vers la métropole des produits de qualité. Elle s'inscrivait donc bien dans les motivations fondamentales de la colonisation.

Le texte fondamental de cette période est le décret du 7 mai 1935 portant règlement d'administration publique pour l'application en Afrique Occidentale française de la loi du 1er août 1905 sur la répression des fraudes dans la vente des marchandises et les falsifications des denrées alimentaires et des produits agricoles.

2.1.2. De 1966 à 1970 :

Elle est caractérisée par une simple transcription des textes coloniaux.

Ainsi apparaît la loi 65-25 du 4 mars 1965 sur les prix et les infractions à la législation économique qui abroge (article 69) les dispositions de la loi du 14 mars 1942.

La loi 66-48 du 25 mai 1966, relative au contrôle des produits alimentaires et à la répression, qui est, de l'avis des responsables du contrôle économique, la référence en matière de législation alimentaire au Sénégal, n'est qu'une simple transcription de la loi du 1er août 1905. Cette loi 66-48 maintient par son article 24 la plupart des dispositions de la première période.

Cette loi 66-48 a eu trois décrets d'application.

2.1.3. De 1971 à nos jours :

Cette période est véritablement le début de la législation sénégalaise en matière de contrôle des produits alimentaires destinés au bétail, et doit être porté à l'actif du Comité national de la production animale créée en 1973.

Le texte législatif majeur, au cours de cette période, est le décret 74-1003 du 30 octobre 1974 relatif à la nomenclature et au commerce des aliments pour animaux. Il est aussi le premier texte sénégalais faisant explicitement cas des substances minérales.

Notons aussi que ce texte a été rédigé après la sécheresse meurtrière de 1972-73 et de ce fait traduit une réelle volonté des responsables de l'élevage de développer l'usage des sous produits dans l'alimentation animale.

2.2. Réglementation des matières minérales :

2.2.1. Définition :

Elle figure dans le décret 74-1003 du 30 octobre 1974 "sont dits produits d'origine "minérale" les divers sels minéraux et leurs composés destinés à l'alimentation des animaux d'élevage".

2.2.2. Autorisation de vente :

Annoncée à l'article 1 de la loi 66-48 du 27 mai 1966, il faut attendre le décret 68-507 du 7 mai 1968 qui précise que le Ministre chargé du commerce est l'autorité administrative habilitée à délivrer cette autorisation sous les conditions suivantes.

"L'autorisation ne peut-être donnée qu'après dépôt au service de la répression des fraudes et analyse de quatre échantillons. Témoins comportant l'indication de la composition du produit, de son prix de revient et du nom et de l'adresse du fabricant" (article 2 du décret 68-507 du 7 mai 1968).

2.2.3. Produits importés :

Les conditions fixant l'octroi et le retrait de l'autorisation de vente de ces produits, qui représentent de loin la majorité des produits minéraux en vente sur le marché sénégalais, découlent de l'article 5 de la loi 66-48 du 27 mai 1966. Selon cet article "l'autorisation pourra être accordée selon une procédure simplifiée aux produits importés, lorsqu'ils sont en vente dans leur pays d'origine, que leur contrôle y est assuré dans les conditions de droit et de faits jugées satisfaisantes par les autorités sénégalaises.

2.2.4. Etiquetage :

Les normes concernant l'étiquetage des produits pour l'alimentation minérale sont prévues et mentionnées dans les textes suivants :

- loi 66-48 du 27 mai 1966 à son article 14 au 4ème alinéa ;
- décret 68-507 du 7 mai 1968, à son article 6 déclare :

"Les récipients ou emballages renfermant des produits destinés à l'alimentation humaine ou animale... doivent porter de façon permanente, soit par étiquette, soit..., les mentions suivantes :

- Nom et adresse du fabricant (ou raison sociale).

En ce qui concerne seulement les produits destinés aux animaux :

- l'indication de produit entrant dans leur composition ;
- les taux garantis de matières protéiques, matières grasses, cellulose, vitamines et minéraux, ainsi que le mode d'emploi.

2.2.5. Teneurs maximales de Fluor :

Ce minéral considéré comme indésirable par la législation est cité au décret 74-1003 du 30 octobre 1974, à son article 14 :

"sont considérés comme impropres à la consommation des animaux :

"- les phosphates minéraux vendus en l'état aux éleveurs, renfermant une teneur en fluor supérieure à 0,30 pour 100 de la matière sèche.

"- les composés minéraux contenant plus de 0,30 pour 100 de fluor par rapport à la matière sèche, s'ils sont destinés aux animaux des espèces bovine et ovine."

C H A P I T R E V . :

ACTIONS A MENER.

I. ACTIONS AU NIVEAU DU SOL :

L'étroite relation existant entre le sol, la plante, l'animal, fait qu'une carence constatée au niveau de la plante, ou l'animal peut s'expliquer par une déficience du sol.

Quand l'existence d'une carence minérale dans les sols d'une région est reconnue, il faut prendre des mesures correctives.

Dans le choix du remède le plus économique et le plus pratique, nous avons envisagé la fertilisation du sol. Nous essayerons de montrer les effets de ces engrais sur le sol d'abord, les végétaux ensuite, sur l'animal enfin.

1.1. Effets sur le sol :

Le but premier de l'engrais est de rétablir le déséquilibre constaté au niveau du sol.

Nous nous baserons sur l'exemple de l'espèce arborée : *Acacia al-bida* (famille des mimosacées) ou cade en woloff. Au Sénégal, cet arbre est communément utilisé. Cet arbre, en perdant ses feuilles en début de la saison des pluies, a la réputation de fertiliser les sols sous son couvert. Il a une forte influence sur les caractéristiques organiques et une influence moindre, quoique nette, sur les éléments minéraux des sols. Ce qui se traduit par les effets suivants selon BOUDET, 1978(16).

- un accroissement des éléments minéraux dans la solution du sol.
- une capacité d'humus légèrement supérieure
- des taux de saturation et de pH plus élevés.
- le $P_2 O_5$ total qui subit une augmentation de 0,02 pour 100, ce qui est considérable quand on sait que les teneurs jugées excellentes sont à 0,3 pour 1000 d'acide phosphorique.
- le $P_2 O_5$ assimilable, de même, connaît une variation positive de l'ordre de 12 ppm.

Toujours BOUDET, mais cette fois, citant GIFFARD et PELISSIER, avance que l'amélioration due à *Acacia albida* correspondrait à une fumure à l'hectare de :-50 à 60 tonnes de fumier artificiel, c'est-à-dire 300 kilogrammes d'azote organique.

50 kilogrammes de chlorure de potassium soit 24 kilogrammes de potassium (K).

- 80 kilogrammes de phosphate bicalcique soit 31 kilogrammes de P_2O_5 soluble et 25 kilogrammes de calcium.

- 125 kilogrammes de dolomie soit 15 kilogrammes de magnésium et 25 kilogrammes de calcium.

1.2. Effets sur les plantes.

Les effets des engrais sur les plantes peuvent porter aussi bien sur la composition chimique que sur la composition botanique.

1.2.1. Composition chimique :

a) sur la matière sèche.

BOUDET, 1978 rapporte des résultats d'essais de fumure minérale effectués à Séfa, sous préfecture de Diendé, (Casamance) sur de petites parcelles expérimentales. La fumure est implantée au début du mois de juin et consiste en un apport de :

200 kilogrammes/ha de phosphate bicalcique

150 kilogrammes/ha de chlorure d'ammoniaque.

Les parcelles ont reçu ensuite en couverture 200 kilogrammes par hectare de sulfate d'ammoniaque après chaque coupe. Les résultats par ces essais ont été :

- Pour les graminées :

La production va de 4,5 tonnes de matières sèches (M.S) (ou 25,5 tonnes de matières vertes) pour les moins intéressantes à 12 tonnes de matières sèches (M.S) (soit 49 tonnes de matières vertes) pour les graminées les plus productives en trois coupes espacées d'un mois, de juillet à septembre.

- Pour les Légumineuses :

La production obtenue varie de 4 tonnes de matières sèches (soit 30 tonnes de matières vertes) à 8 tonnes de matières sèches (soit 44 tonnes de matières vertes) en un nombre de coupes allant de 1 à 2 au cours de la saison des pluies.

b) Composition minérale des plantes :

En règle générale, nous pouvons dire que tous les éléments contenus dans les engrais voient leur taux augmenter dans les plantes, si des conditions correctes d'épandage sont observées.

b.1.) engrais azotés :

Ils peuvent, au maximum augmenter la teneur en phosphore du fourrage de 5 pour 100 (cf. graphique) ou la diminuer de 10 pour 100. Cette amplitude est un peu plus importante pour le magnésium, nettement plus forte pour le calcium et le potassium, très marquée pour les oligo-éléments, et extrêmement élevée pour le sodium (multipliée par 4).

b.2.) engrais phosphatés :

On classe les engrais phosphatés (BARICAULT en 1960) en :

+ engrais naturels, essentiellement représentés par les phosphates naturels (ceux de Tafba par exemple) dont la teneur en P_2O_5 (sous forme de phosphate tricalcique) varie de 26 à 34 pour 100 (4).

+ engrais industriels qui sont :

- superphosphates, formés de sulfate de calcium, de phosphates mono-di-tricalciques, de citrate d'ammoniaque, d'acide phosphorique libre à l'état de traces, d'oxyde de fer, de fluor, de silice, de matières organiques.

- scories, contenant 14 à 21 pour 100 de P_2O_5 , 45 à 55 pour 100 de chaux libre et combinée, 13 à 21 pour 100 d'oxyde de fer, 4 à 5 pour 100 de magnésium, 4 à 5 pour 100 de manganèse, 5 à 7 pour 100 de silice.

Au niveau des végétaux, ces engrais phosphatés augmentent les teneurs en phosphore de 50 pour 100 au maximum. Ils ne jouent pas sur les autres macro-éléments - toutefois, il faut noter qu'ils interfèrent avec la manganèse et surtout le Molybdène.

b.3. Engrais potassiques :

Ils peuvent plus que doubler les teneurs des fourrages en potassium, et permettre une amélioration ou une chute des taux de calcium, de magnésium et diviser par 3 ou 4 ceux de sodium.

b.4) Engrais magnésiens :

S'ils baissent le potassium, ils n'augmentent pas beaucoup la teneur en magnésium des fourrages.

1.2.2. Composition botanique des paturages :

Cette influence se traduit pour les engrais phosphatés par la prédominance d'espèces phosphophiles. (80)

ALCROFT, 1958, cité par BIENFET, trouve avec des engrais riches en phosphore la prédominance nette de graminées grasses (61 à 91,0 pour 100) dans une flore qui était carencée en phosphore avant l'épandage (8, 9).

1.3. Effets sur les animaux :

Ces effets sont variables avec le type d'engrais.

1.3.1. Engrais phosphatés :

Ils améliorent la fécondité des vaches et assurent une meilleure résistance à la paratuberculose. Ils sont, par contre, sans effet sur la fièvre vitulaire.

On note par ailleurs que, si pour des bovins à l'engrais et des vaches laitières de faible production (moins de 100 litres par lactation) des fourrages moyennement fertilisés suffisent à couvrir les besoins ; il est par contre recommandé pour les fortes laitières, une supplémentation minérale, quel que soit le degré de fertilisation.

1.3.2. engrais azotés :

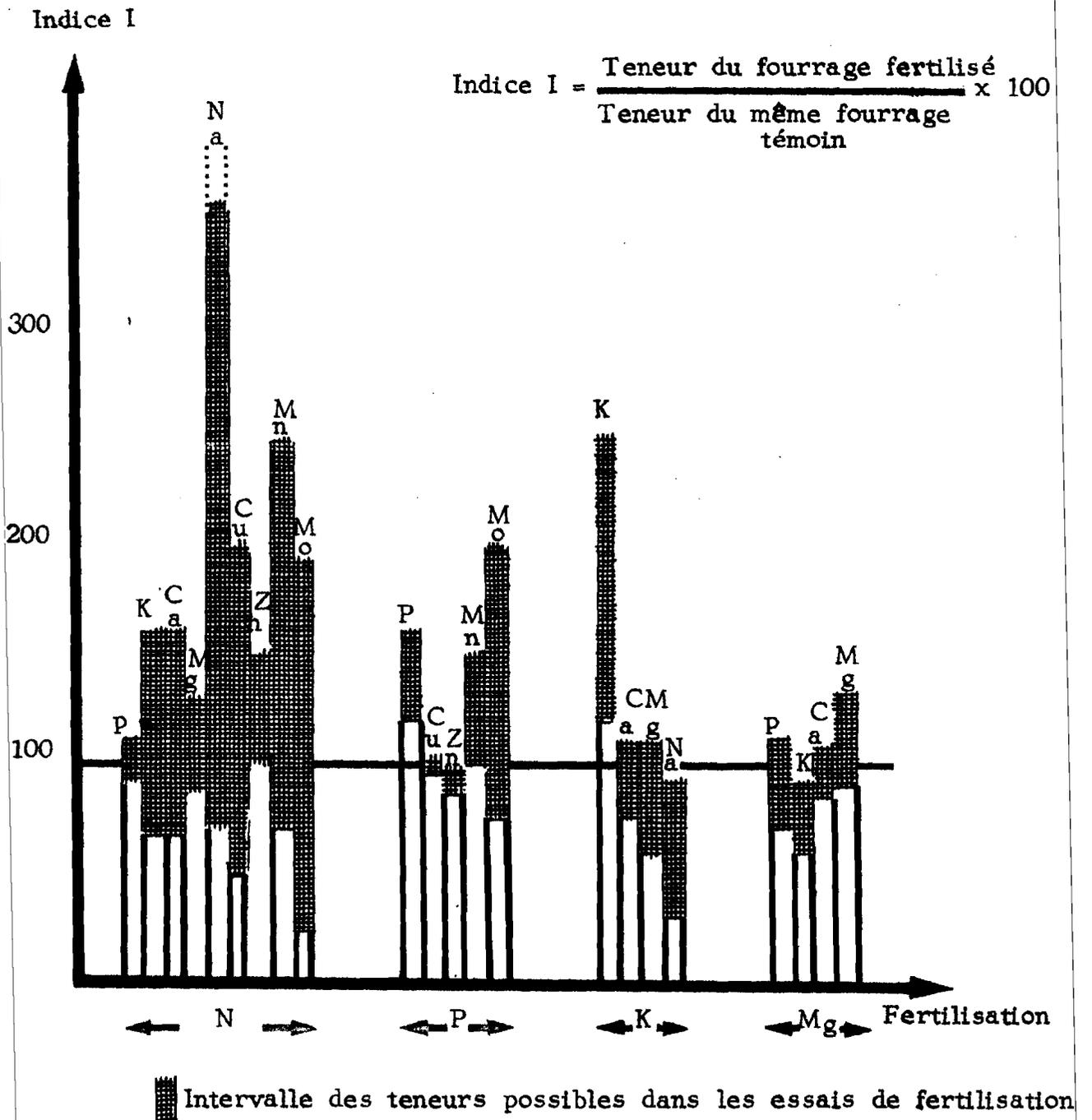
En cas d'emploi, il semble qu'ils diminuent les taux de fécondité. Ils entraîneraient un appauvrissement des fourrages en l'élément qui est insuffisant dans le sol comme le calcium, magnésium, sodium, etc...

1.3.3. engrais potassiques :

A forte dose, ils seraient, avec les engrais azotés, à l'origine de la tétanie d'herbage. Le potassium déprime alors le taux de magnésium dans les derniers stades de développement de la plante.

GRAPHIQUE

Effet de la fertilisation sur la composition minérale des fourrages



L'apport d'amendements magnésiens est peu efficace. Les besoins de sodium ne sont pas souvent couverts par les végétaux à cause des variations de taux selon les espèces de plantes et des antagonistes comme le potassium (K) ; toutefois la fumure azotée, en l'absence de potassium, améliore les taux sodiques des plantes.

En somme, les multiples interactions constatées à l'application des amendements montrent que, même si des analyses chimiques pour déterminer les éléments déficients sont nécessaires, une bonne connaissance agronomique doit soutenir chaque action.

Par ailleurs, quelle que soit l'intensité de la fertilisation, la grande variabilité des besoins des animaux rend presque toujours la supplémentation minérale nécessaire.

II. ACTION AU NIVEAU DES ANIMAUX :

Il s'agit, dans ce cas, de l'action directe sur les animaux. Elle consiste à distribuer aux animaux des suppléments minéraux de nature variable. L'efficacité de ces suppléments peut s'apprécier par les modifications des profils biochimiques qu'ils engendrent.

2.1. Types de suppléments minéraux : (40, 25, 33, 65).

En règle générale, on en distingue trois groupes :

2.1.1. Les suppléments minéraux solides :

Ce sont les formes les plus utilisées au Sénégal et elles se répartissent en diverses catégories :

Poudres

Bouchons et briquettes

Pierres à lècher ou blocs à lècher

a) Les poudres :

Elles ont des modes de distribution divers mais ont l'avantage de permettre une consommation régulière des minéraux pendant toute l'année, pour tous les animaux.

Toutefois, nous pouvons retenir deux types de distribution :

a.1.) distribution séparée de la ration :

La poudre est alors donnée en quantité voulue par l'animal. Cette méthode s'avère simple surtout chez la vache laitière car elle peut se concevoir au moment de la traite. Cependant, pour augmenter l'appétence, parfois faible de ces poudres, il serait sage de les mélanger à des aliments comme la farine, la mélasse, le tourteau. Cela permet, en même temps, un apport en protéines et en énergie.

L'inconvénient majeur de ce mode de distribution est la sur ou sous consommation lorsqu'on ne procède pas à une distribution individuelle.

a.2.) Distribution avec la ration :

Dans ce cas, le complément minéral est mélangé à la ration quand il s'agit d'aliments comme les sons, ou bien la ration est saupoudrée du complément minéral.

Pour cette dernière éventualité, il est recommandé d'avoir une ration humide pour une meilleure consommation et éviter le gaspillage.

Dans le cas par exemple d'ensilage, on peut chaque fois saupoudrer le front d'attaque avant le prélèvement.

b) Bouchons, briquettes, granulés :

Ils s'obtiennent en diluant les minéraux dans un support apprécié par les animaux tels que mélasse, tourteaux, farines puis le mélange est comprimé en bouchons ou en briquettes, qui peuvent être distribués selon les deux modes déjà envisagés avec les poudres.

c) Les pierres à lécher :

Ce sont des blocs essentiellement composés de sel (Na-Cl) auxquels il est possible d'ajouter à la fabrication du calcium et du phosphore, ainsi que des oligo-éléments.

Ils sont employés en libre service, si bien que leur efficacité dépend de la variabilité individuelle des niveaux de consommation. Nous avons déjà vu, qu'excepté le chlorure de sodium, aucun n'autre macro-élément ne peut prétendre à un appétit spécifique.

Ajoutons aussi, que les animaux entravés semblent consommer plus de minéraux que les animaux au pâturage.

2.1.2. Les compléments minéraux liquides : (53)

Hormis leur aspect liquide, les compléments minéraux liquides ont la plupart du temps des caractéristiques diverses.

En rationnement des animaux domestiques, cet aspect liquide fait que l'évaluation de la composition optimale du composé minéral liquide doit tenir compte du déficit minéral de la ration et de la quantité moyenne liquide consommée par les animaux.

a) Modes de présentation :

GUEGUEN (1979) distingue trois modes de présentation :

a.1.) solutions minérales vraies, obtenues à partir de sels minéraux solubles et permettent un apport correct en phosphore mais sont pauvres en calcium.

a.2.) pseudo-solutions :

Ce ne sont pas de véritables solutions, mais des liquides visqueux et parfois pâteux. Elles sont obtenues grâce à des sels minéraux miscibles à l'eau.

Elles permettent des concentrations élevées de phosphore.

a.3.) suspensions minérales :

On les obtient en introduisant des sels minéraux peu solubles ou insolubles dans un support organique liquide (mélasse, lactosérum, etc...).

b) Avantages et inconvénients :

- Avantages :

Les compléments minéraux liquides permettent une distribution plus facile, soit dans l'eau de boisson, soit en libre service, et leur consommation ne pose pas en général de problème d'inappétence. L'absorption intestinale est souvent meilleure sous forme liquide, soit parce que les sels sont solubles dans l'eau, soit parce que l'acidité favorise leur disponibilité.

De plus, un apport régulier dans le rumen, de minéraux sous forme soluble, constitue un moyen d'assurer une nutrition minérale idoine des micro-organismes et un rendement maximum du rumen.

- Inconvénients :

D'abord l'acidité et les propriétés corrosives de certains liquides peuvent gêner la distribution.

Ensuite, les précipitations possibles, surtout avec les composés riches en calcium, obligent à veiller constamment à l'homogénéisation.

Enfin, le coût de la complémentation minérale sous forme liquide est inévitablement plus élevé que pour les composés minéraux solides.

2.1.3. Les composés minéraux injectables : (40, 18).

.....
sont d'utilisation thérapeutique, comme par exemple le traitement des carences minérales déclarées. Dans ce cas, l'usage des formes dites "Retard" nous semble plus indiqué. Cependant, il faut préférer l'apport journalier par voie buccale : il permet de couvrir les besoins des micro-organismes du rumen.

2.2. Critères d'un bon complément minéral :

Nous devons cet inventaire des qualités d'un bon supplément minéral pour des bovins élevés dans des conditions tropicales d'élevage extensif à Mac DOWELL et coll. 1979. (27).

2.2.1. Le composé minéral final doit contenir au minimum 6 à 8 pour 100 de phosphore. Dans les zones où les teneurs des fourrages sont de moins de 0,20 pour 100, les suppléments minéraux de 8 à 10 pour 100 sont préférables.

2.2.2. Le rapport phospho-calcique (Ca/p) ne doit pas être supérieur à 2.

2.2.3. Le composé minéral doit apporter une proportion significative c'est-à-dire 50 pour 100 des besoins en oligo-éléments : Cobalt, cuivre, Iode, Manganèse, et zinc. Dans les régions où des carences sont connues, il faut apporter 100 pour 100 des oligo-éléments spécifiques.

Notons que la preuve de la carence en cuivre est établie au Ferlo en saison des pluies.

2. 2.4. Le composé minéral doit être constitué de sels minéraux de haute qualité et biologiquement disponibles. De plus, il doit renfermer un minimum d'éléments toxiques.

2. 2.5. Le composé minéral doit être formulé pour être suffisamment appétable pour permettre une consommation adéquate en relation avec les besoins.

2. 2.6. Le composé minéral doit être fabriqué par un fabricant réputé par les garanties de contrôle de qualité précisées sur l'étiquette.

III. ACTIONS AU NIVEAU DE LA LEGISLATION :

La législation sénégalaise des aliments du bétail, telle qu'elle se présente à l'heure actuelle, ne permet en réalité aucun contrôle véritable.

En ce qui concerne les points déjà soulevés, nous faisons les remarques suivantes :

3.1. La définition des produits minéraux :

Il nous apparaît trop simpliste et ne donne aucune idée sur la valeur nutritive de ces produits.

- L'établissement des normes aurait résolu l'essentiel des problèmes que pose la législation. En effet cette absence de normes rend le contrôle impossible.

Nous nous associons à la remarque qui veut que le défaut de normes favorise la contestation des résultats d'analyse éventuelle ; et qu'au niveau des analyses, les méthodes à employer sont laissées au bon vouloir des laboratoires qui, par conséquent, ne font que des analyses de routine.

3.2. Le contrôle des produits importés :

Nous avons constaté que les composés minéraux importés en vente au Sénégal, provenaient pour l'essentiel de France et sur aucune des étiquettes, il n'a été fait mention de la solubilité citrique des phosphates pourtant exigée dans ce pays.

3.3. La modification des teneurs maximales en fluor autorisées :

Les teneurs maximales en fluor des phosphates actuellement autorisées par la Législation sénégalaise sont copiées sur celles en vigueur en France. Ces teneurs limitent l'utilisation des phosphates naturels au Sénégal : leur teneur en fluor est 2,5 pour 100 en moyenne contre 0,3 pour 100 autorisé.

Pourtant, SERRES et coll. contestent une action négative qu'aurait le fluor sur la fertilité, la croissance et la production laitière des bovins. De même, il remet en cause les répercussions de la fluorose animale sur la santé publique dans la mesure où le Fluor se concentre chez les animaux au niveau du squelette et des dents, alors que les muscles, les viscères et le lait n'en contiennent pratiquement pas. A partir de^{ces} considérations, l'auteur pour corriger à faible coût, les carences phospho-calciques périodiques, fait des distributions discontinues de phosphates naturels (3,5 pour 100 de Fluor) et obtient des résultats satisfaisants.(79)

Une législation plus adaptée peut nous permettre, par l'emploi des phosphates naturels, sous certaines conditions (durée de distribution etc...), de résoudre les principales carences minérales très préjudiciables à l'amélioration du cheptel.

CONCLUSIONS GENERALES :

Le problème des minéraux, calcium et phosphore, est d'une importante primordiale dans l'alimentation des animaux de l'espèce bovine en raison d'une part des besoins énormes tant en lactation qu'en croissance qu'exigent les vaches et les jeunes et d'autre^{part}/des multiples facteurs pouvant contribuer à entraver la satisfaction de ces besoins.

En zone tropicale sèche, une insuffisance qualitative et quantitative de l'apport nuit à l'état de santé et au rendement des productions du cheptel.

Un lessivage intense, aggravé par une quasi-absence de mesures de protection, provoque l'appauvrissement progressif des sols. Cette pauvreté du sol en éléments minéraux se répercute sur les teneurs des végétaux, et enfin de compte sur le bovin dont la vie, parfois la survie dépend presque exclusivement du potentiel fourrager.

Pour y remédier, une action globale et concertée à tous les niveaux de la relation sol-plante-animal doit être envisagée.

Au niveau des sols, des amendements appropriés auront l'avantage de relever sensiblement les teneurs des plantes. Au niveau de ces dernières, on veillera aux méthodes d'exploitation, de récolte et de conservation pour y maintenir les minéraux à des taux acceptables.

Chez les bovins sénégalais, la carence phosphorée est la plus à redouter. La solution la plus immédiate consistera à administrer des sels minéraux.

Il a été prouvé qu'une alimentation phospho-calcique satisfaisante permet d'enrayer les enzooties de botulisme qui sévissent depuis plus de vingt ans au ferlo, et atténue sensiblement les effets néfastes du parasitisme gastro-intestinal.

En effet, conçue pour rééquilibrer la ration de base en éléments minéraux, cette supplémentation minérale s'est révélée être plus efficace que les suppléments en tourteaux d'arachide de coût plus élevé par ailleurs.

Les suppléments minéraux réduisent les pertes de poids en saison sèche et augmentent les gains de poids de la saison des pluies, contribuant alors à procurer un gain de poids global annuel plus élevé.

Les effets des minéraux sur les paramètres de reproduction sont des plus heureux ; ils raccourcissent l'âge au premier velage, augmentent le nombre de veaux produits et allongent la vie reproductrice de la femelle.

Toutefois, chez la vache laitière, il est à souligner que le complément minéral doit être distribué tous les jours et durant toute l'année bien que cet apport ne donne pas de conséquences bénéfiques spectaculaires : la vache laitière doit recevoir un complément minéral "non pas pour qu'elle produise tant de litres de lait mais parce qu'elle produit tant de litres de lait".

Les méthodes traditionnelles d'alimentation minérale nous semblent peu efficaces. Il faut leur préférer un apport régulier de suppléments minéraux dans le cadre d'un élevage extensif amélioré.

Comme les industries offrent une gamme assez large de produits, le choix du complément minéral devrait se faire selon les critères suivants :

1°) Le complément minéral doit être constitué de sels minéraux de haute qualité qui fournissent des formes disponibles et assimilables de chaque élément.

2°) Les apports complémentaires doivent être fonction de la composition de la ration de base.

3°) Dans les régions où des carences spécifiques sont connues, le complément minéral doit apporter la totalité des éléments absents.

4°) Le rapport phospho-calcique doit être respecté.

5°) L'appétence du produit est toujours à rechercher car elle permet une consommation en relation avec les besoins.

6°) Le prix, qui dépend surtout de la source de phosphore, doit être étudié.

7°) le mode de présentation doit être adapté aux conditions d'élevage.

8°) Le composé minéral doit être utilisé de sorte qu'il ne puisse nuire à l'état de santé du bovin ni porter atteinte à la santé publique par la présence d'éléments toxiques.

9°) Le composé minéral doit être produit par un fabricant réputé par les garanties de contrôle de qualité précisées sur l'étiquette.

Pour illustrer l'efficacité de cet apport, il suffit de rappeler qu'en distribuant en moyenne cent grammes de phosphate bicalcique à des bovins de la zone sylvo-pastorale, on est parvenu à éviter une perte de poids de vingt kilogrammes par tête pour seulement quatre mois de supplémentation en saison sèche. Ce gain théorique rapporté à l'ensemble du cheptel du ferlo représenterait un gain de poids de vingt mille tonnes.

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

1. ABDELKRIM (B) :
Influences des déséquilibres nutritionnels sur la reproduction.
Thèse Médecine Vétérinaire - Lyon 1965 N°2.
2. ALLMAN (R.T) et HAMILTON (T.S.) :
Carences alimentaires du bétail
F.A.O, Rome, novembre 1955, 117 p.
3. BAKHAYOKO (M) :
Etude de la législation en matière d'alimentation du bétail au Sénégal
Thèse Médecine Vétérinaire, Dakar, 1977, n°7.
4. BARICAULT (B.A) :
Le calcium et le phosphore dans l'alimentation des animaux domestiques.
Thèse Médecine Vétérinaire - Toulouse 1960, n°40.
5. BARLET (J.P.) :
Rôle physiologique de la calcitonine pendant la lactation et la gestation.
Journal de physiologie, Paris, 1975, 71 : 125 A.
6. BARTON (B.A), CARSTAIRS (J.A), JORGENSEN (N.A) et DE LUCA (H.F):
Efficacy of 24, 25 dihydrovitamin D to prevent parturient paresis in dairy cow.
American Dairy Science Association suppl n°1. 1981,
Volume 64 : p.156.
7. BELL (F.R) et Coll. :
The temporary effect on sodium appetite of rapid restoration of body sodium in sodium depleted calves.
Journal de physiologie, 1979, 292 : 59-60.
8. BIENFET (V), HENNAUX (A), VANDEN HENDE (A), COTTENIE (A),
LOMBA (F), CHAUVAUX (G) et BINOT (H) :
Nutrition et infécondité chez les bovins.
An. Med. Vet, 1965, 7 : 483-542.

9. BIENFET (J.M), LAMBOT (O),
Alimentation et production de viande bovine.
An. Med. Vet, 1965, 1 : 50 - 87.

10. BIENFET (V.), BINOT (A) et LOMBA (F) :
L'infécondité "nutritionnelle" des bovins en prairie : Méthode d'étude
et premier résultat.
An. Med. Vet, 1969, 7 : 397-418.

11. BOMPY (M) :
Contribution à l'étude et à la détermination du taux de magnésium
sérique chez les bovins.
Thèse Médecine vétérinaire, Lyon, 1957, N° 22.

12. BOLOGNINI (M) :
Du magnésium en pathologie bovine.
Thèse Médecine Vétérinaire Lyon, 1968, n° 3.

13. BOUCHET (J.P) :
La complémentation minérale des vaches laitières au pâturage :
une nécessité.
Revue élev. ov cap. Avril 1981, 105.

14. BOUCHET (J.F) :
Appétabilité et niveaux de consommation des suppléments minéraux.
Les industries de l'alimentation animale.
Janvier et février 1981 n°s 339-340.

15. BOUDET (G) :
Pâturages naturels de haute et moyenne Casamance. I.. E.M.V.C.
Etude agrostologique n° 27 ; Mai 1970.

16. BOUDET (G) :
Manuel pour les pâturages tropicaux et les cultures fourragères.
I.E.M.V.T.
3ème édition. Paris. Ministère de la Coopération 1978- 252 p.

17. BRION (A) et PAGOT (J) :

Les carences minérales du bétail dans leurs rapports avec
les pathologie animale 1955 ; texte dactylographié, 161 pages.

18. BUCHET (P) :

Contribution à l'étude de la toxicité du chlorure et du gluconate
de calcium injectable chez la chèvre domestique.

Thèse Med. vét. Lyon 1958, n° 18.

19. CALVET (H), PICART (P), DOUTRE (M) et CHAMBRON (J) :

Aphosphorose et Botulisme au Sénégal.

Revue élit. Md. Vet. pays trop. 1965, 18 (3) : 249-282.

20. CALVET (H) et FRIOT (D) :

Etude complémentaire sur les carences minérales rencontrées
dans les troupeaux du Nord-Sénégal.

Rev. élev. Méd. Vét. Pays trop. 1971, 24 (3) : 393-407.

21. CALVET (H), FRIOT (D) et CHAMBRON (J) :

Influence des suppléments minérales sur le croît et sur certains
témoins biochimiques du métabolisme minéral chez des bovins tropicaux.

Rev. élev. Méd. Vét. pays trop. 1972, 25 (3) : 397-408.

22. CALVET (H), FRIOT (D) et GUEYE (I.S) :

Supplémentations minérales, alimentaires et pertes de poids des
zébus sahéliens en saison sèche.

Rev. Méd. vet. pays trop. 1976, 29 (1) : 59 - 66.

23. CALVET (H) :

Les maladies nutritionnelles du bétail en Afrique noire.

Lab. nat. élev. Rech. Vét. Dakar, rapport 1976.

24. CARSTAIRS (J.A), TREUTE LAAR (M.K), JORGENSEN (N.A)
et DE LUCA (H.F) :

Potential use of a combination of 1,25 dihydroxy vitamin D3 and
12 hydroxy vitamin D3 as a milk fever preventive.

An. Dairy? Scienc. Assoc.

Suppl. 1, 1981 (64) : 157.

25. CHICO (C.F), SHULTZ (T.A), RIOS (J), PLASSE (D) et BURGERA :
Alimentation libre en sel de bouillons sur pâturage sous conditions tropicales.
Rev. élev. Méd. Vét. pays trop. 1971, 24 (4) : 700.
26. CONRAD (J.H) :
Phosphorus supplementation for increasing reproduction in cattle.
Presented at the ruminant livestock production system seminar,
GEORGETOWN, Guyana march.1, 1976.
27. CONRAD (J.H), MAC DOUWELL (L.R) and LOOSLI (J.K) :
Mineral deficiencies and toxicities for grazing ruminants in the tropics.
Presented at international symposium animal production in the tropics,
University of Gezira, Wad Medani, Sudan February 21-25, 1971.
28. COURCEL (B) :
Constantes biochimiques sanguines de la vache laitière.
Thèse Méd. Vét. Lyon, 1972, n°78.
29. COPPOCK (C.E), EVERETT (R.W) and BELYEA (R.L) :
Effect of low calcium or low phosphorus diet on free choice
consumption of dicalcium phosphate by lactating Cows.
Journ. Dairy Science. 1976, 59 : 571 - 580.
30. COPPOCK (C.E), AGUIRRE (R.A), CHASE (L.E), MAC DOWELL (R.E),
FETTMAN (M.J) et WOODS (M.E) :
Effect of a low chloride diet on lactating holstem cows.
Journ. Dairy Science, 1979, 62 (5) : 723-731.
31. CRETON (B.B) :
Contribution à l'étude du métabolisme phospho-calcique du chien.
Thèse Médecine Vétérinaire Alfort 1976 n°76.
32. DEHOVE (R.A) :
La réglementation des produits alimentaires et non alimentaires :
répression des fraudes et contrôle de qualité.
6ème édition, Paris : Commerce Éditions, 1967.

33. DEMARQUILLY (C) :
Appétabilité et emploi de falveurs dans les aliments des ruminants.
Bul. Tech. cent. Rech.zoot. et vét de Theix, 1981(45) : 11-14.
34. DENIS (J.P) et THIONGANE (P.D) :
Caractéristiques de la reproduction chez le zébu étudiées au Centre
de recherches zootechniques de DAHRA-DJOLOFF.
Rev. élev. Méd. Vét. pays trop. 1973, 26 (4) : 49a - 60 a.
35. DENIS (J.P) :
L'intervalle entre les velages chez le zébu peulh COBRA du Sénégal.
Rev. élev. Méd. Vét. pays trop. 1971, 24 (4) : 635-647.
36. DENTON (D.A) :
Salt appetite
Nutr. Abst. Rev, 1969, 3 : 1043-1049.
37. DERIVAUX (J) :
Physiopathologie de la reproduction et de l'insémination artificielle
des animaux domestiques.
1 vol, Vigot frères, 1958, Paris.
38. DIA (P.D) :
Etude pour la fabrication par le PDESO de complément minéral
vitaminisé et d'aliments pour le bétail et les volailles.
Prof. dév. élev. au Sénégal.-orient.,
rapport Mai 1980.
39. DU BOUCLARD (C) :
Composition normale du sang en éléments minéraux dans l'espèce bovine.
Thèse Méd. vét. Lyon 1967 n°47.
40. FARDEAU (J.H) :
Les compléments minéraux chez la vache laitière.
Thèse Médecine vétérinaire, Toulouse, 1979, n°80.

41. FERRANDO (R) :

Alimentation et stérilité schweizer archiv. fin Tierheilkunde
Fasc. 12, vol. 110, 1968 : 625-643.

42. FIELD (A.C) :

Some problems in determining dietary allowances of macro-elements
for ruminants.

Presented at the 4th annual international mineral conference
J January 14, St Petersburg beach, Florida, 1968.

43. FIELD (A.C) :

Informations needs in mineral nutrition of ruminants.

Presented at the florida nutrition conference, January 15, 1961,
university of florida, GAINESVILLE, Fl, 32611.

44. FRIOT (D) et CALVET (H) :

Biochimie et élevage au Sénégal,

VIII^e Journées médicales, Dakar, Sénégal, du 9 au 14 avril 1973.

Rev. elev. Méd. Vét. pays trop. 1973, 26 (4) : 75-98.

45. FRIOT (D) :

Rapport sur l'analyse chimique des eaux des forages profonds

Lab. nat. élev et Rech. Vet. Dakar

Rapport 1970.

46. GOMEZ (S.O) :

La transhumance au Sénégal.

Thèse Médecine vétérinaire Dakar, 1979, n°9.

47. GOURARI (N) :

Aphosphorose des bovins : contribution à l'étude de son étiologie
et de ses conséquences économiques et pathologiques.

Thèse Médecine vétérinaire Lyon, 1975, n°14.

48. GOURDIN (A) :

Législation en vigueur concernant l'adjonction de substances chimiques
et biologiques aux aliments du bétail.

Thèse Médecine vétérinaire, Lyon, 1963, n°15.

49. GUEGUEN (L) :

L'alimentation minérale des bovins.

Rev. élev. Bov. 1972, 305 : 57-65.

50. GUEGUEN (L) :

Les critères de qualité nutritionnelle des compléments minéraux en alimentation animale.

Bul. Soc. Scientf. hyg. alimentation, Assoc. franç. Tech. alim. animale, Assoc. franç. zoot. 1970, 53, n°7, 8, 9.

51. GUEGUEN (L) :

Utilisation métabolique et digestive des principaux éléments minéraux.

Le point vétérinaire, 1975, 1, 86-98.

52. GUEGUEN (L) :

Alimentation des ruminants : les macro-éléments.

I.N.R.A, 1978, éditions I.N.R.A publication, Route de Saint Cyr.

53. GUEGUEN (L) :

Les composés minéraux liquides.

Dossiers de l'élevage, 1979, 3 (3) : 27-35.

54. GUEYE (I.S), FRIOT (D) et CALVET (H) :

Valorisation du cheptel bovin. zone sylvo-pastorale de la république du Sénégal.

Rapport définitif concernant les résultats obtenus au Centre de Prévulgarisation de supplémentations minérales.

Direction de la Santé et des Productions animales du Sénégal, 1974.

55. HIDIROGLOU (M), PREVOST (R), TOURATIER (M) :

Le phosphore et le calcium dans les herbes des savanes de Kourou (Guyane). La phosphatémie et la calcémie chez les bovides.

Conséquences de l'aphosphorose.

Rec. Méd. Vét. 1960, 136 : 161-187.

56. HIDIROGLOU (M), WILLIAMS (C.J) an HACKETT (A.J) :
Plasma levels of some minerals during the estrons cycles of ewes.
Ann. dairy. Science Assoc.
supplt.1, 1981, 64 : 155.
57. HOVE (K), HORST (R.L) and LITLEDIKE (E.T) :
1 (OH) D3 and 1,25 (OH)2 D3 administration to cows : a comparison
of per-osal and intra-musculae treatment.
ann dairy Science Assoc. supplt 1, 1981 64 : 120.
58. JACQUOT (R), LE BARS (H), SIMMONNET (H) et LE ROY (A.M) :
Nutrition animale
Nouvelle encyclopédie agricole.
Volume III, éditeurs : J.B. Baillière et Fils 1964, 2179 pages.
59. JARRICE (R) :
Alimentation des ruminants : digestion
INRA, 1978, éditions INRA, Paris, 78000. Versailles.
60. KICHURA (T.S), HORST (R.C) BEITEL (D.C) and LITLEDIKE (E.T) :
Relation Ships between dictary calcium and phosphorus, in vitamine D
metabolism, and incident of Parturient paresis in diary cows.
Ann. dairy Science Assoc. supplt. N°1, 1981, 64 : 121.
61. LAMAND (D), RIVIERE (R) et DEMARQUILLY (C) :
Amélioration de l'alimentation du bétail au Sénégal.
Mission d'appui technique 27 Nov.-9 Déc. 1978.
Santé et productions animales (direction).
62. MAC DOWELL (L.R), CONRAD (J.H), LOOSLI (J.K) et DAVID (M) :
Results of minerals reserch in latin america.
1979, latin american short comse, GAINESVILLE, Florida.
63. MAC DOWELL (L.R) et CONRAD (J.H) :
Importance des sels minéraux oligo-dynamiques dans la natrition
animale.
Rev. Mondiale de zoot. 1978, 12 : 84-93.

64. MARCELLO (P) :
Dictionnaire des aliments pour les animaux .
edagricole bologna, 1965.
65. MATRAT (M) :
N'oubliez pas le sel, ni les oligo-éléments.
Rev. élevage, 1976, 57 : 35-39.
66. MBODJI (M) :
Divers procédés de traitement des fourrages et de pailles en vue
d'accroître la digestibilité et la valeur nutritive.
Cent. nation. Rech. Agronom. Bambey, juillet 1977.
67. MICHELLE (D) :
Métabolisme minéral.
Bull. Tech. Cent. rech. zoot. vét. Theix.
INRA, 1981, 46 : 67-72.
68. MONAVON (L) :
Variations de la phosphatémie en fonction de l'apport en phosphore
chez la vache laitière.
Thèse Médecine vétérinaire Lyon, 1964, n°4.
69. MONGODIN (B) et TACHER (G) :
Les sous-produits agro-industriel utilisables dans l'alimentation
animale au Sénégal.
Ministère de la coopération française - I.E.M.V.T. 1972.
70. MULLET (L.D), SCHAFFER (L.V), HAM (L.C) et OWENS (M.J) :
Cafeteria style free-choice mineral feeder for lactating dairy cows.
Journ. dairy Science 1977, 60 (10) : 1574-1582.
71. NOIRIT (M.A) :
Contribution à l'étude de la calcémie chez le porc.
Thèse Médecine vétérinaire Lyon 1970, n°15.

72. POLLET (R) :
Contribution à l'étude des renversements vaginaires chez la vache.
Thèse Méd. Vét. Lyon 1962, n°12.
73. RIPPSTEIN (G) :
Récolte, conservation et utilisation des fourrages dans les régions
intertropicales.
Notes de synthèse n°9 octobre 1977.
Just. élev. Méd. vet. pays trop.
74. ROGERS (J.A), DAVIS (C.L) et CLARK (J.H) :
Effet of supplementation of mineral salts in the ration of dairy cows
ou milk production, nutrient utilisation and runien paramètres.
An.Dairy. Scien. Assoc. 1981 (64) : 118.
75. RUKEBUSH (Y) :
Pharmacologie, Physiologie, Thérapeutiques animales.
2ème édition, Paris, Maloine, 1981, 611 pages.
- 76.SAFWAT (A), et BARKLET (J.P) :
Influence d'un apport important de potassium chez des génisses
d'élevage .
Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 1981 (43) : 31-32.
77. SALANSON (A) :
Contribution à l'étude de la phosphoremie et de la calcémie chez
les bovins à l'état normal et pathologique.
Thèse Médecine vétérinaire, Toulouse, 1959, n°7.
78. Santé et Productions animales (direction).
étude sectorielle sur l'élevage sénégalais (situation et
perspectives)
Dakar, D.S.P.A, février 1982.
79. SERRES (H) et BERTAUDIÈRE (L) :
Essais de distributions discontinues de phosphates naturels dans
l'alimentation des bovins tropicaux.
Rev. élev. Méd. Vét. pays trop. 1979, 32 (4) : 391-399.

80. SIDIBE (M) :

Contribution à l'étude du phosphore dans le cadre de l'amélioration des pâturages naturels sahéliens.

Thèse de doctorat de Biologie, 1978 Centre pédagogique supérieur, Bamako (Mali).

81. SLY (J), and BELL (F.R) :

Experimental analysis of the seeking behaviour observed in the ruminants, when they are sodium deficient.

physiol. Behav. 1979, 22 : 499-505.

82. SOMMERFELD (J.L), HORST (R.L), LITLEDIKE (E.T), BETZ (D.C) and NAPOLI (J.L).

Metabolism of orally administered (H3) vitamin D2 and (H3) vitamin D3 by dairy calves.

An. dairy scienc. Assoc. 1981 (64) : 122.

83. STOLKOWSKI (J) et LEFEVRE (M) :

Augmentation du nombre de femelles dans la descendance de vaches traitées par la vitamine D3 :

- calcium ovarien et vitamine D3 chez la rate
- fécondation chez la rate et chez la vache.

Bull. soc. vet. Prat. de France Juillet 1980, 64 (7) : 523-544.

84. TANG (M) and FALK (J.L) :

temporary pentoneal sequestration of Nacl and persistant Nacl appetite
physiol Behav, 1979, 22 : 595-597.

85. THEILER (A) et GREEN (H.H) :

Les dystrophies osseuses des animaux domestiques.

off. internat. des epizooties, 1934, 99 pages.

86. WOLTER (R) :

Rapport entre la solubilité citrique des composés du phosphore et de l'assimilabilité du phosphore.

Rev. Méd. Vet, 1976, 127 : 163-165.

87. WOLTER (R) :

Alimentation et fécondité de la vache

Rev. Med. Vet. 1973 ; 123 (3) : 297-321.

TESTS LEGISLATIFS CONSULTES :

I°.- LOIS :

Loi aveline" du 3 février 1940 tendant à réglementer le commerce des produits destinés à l'alimentation des animaux. J.O.F. du 6 février 1940.

Loi 65-25 du 4 mars 1965 sur les prix et les infractions à la législation économique. J.O.R.S N°3735 du 3 avril 1965.

Loi N°66-48 du 27 mai 1966 portant sur le contrôle des produits alimentaires et à la répression des fraudes. J.O.R.S. N°3829 du 25 juin 1966.

II° - DECRETS :

Décret 67-1240 du 15 novembre 1967 fixant la composition de la Commission de contrôle des produits alimentaires. Direction du Contrôle économique.

Décret 68-507 du 7 mai 1968 réglementant le contrôle des produits destinés à l'alimentation humaine ou animale. J.O.R.S. N°3962 du 25 mai 1968.

Décret 68-508 du 7 mai 1968 fixant les conditions de recherche et de constatation des infractions à la loi 66-48 du 27 mai 1966.

Décret 74-1003 du 30 octobre 1974 relatif à la nomenclature et au commerce des aliments pour animaux d'élevage. J.O.R.S. N°4394 du 14 décembre 1974.

T A B L E D E S M A T I E R E S

Pages :

PREMIERE PARTIE :

IMPORTANCE DES MACROELEMENTS DANS LA NUTRITION ET LES PRODUCTIONS ANIMALES

CHAPITRE I. : Les macro-éléments dans la nutrition animale.....

I. INTRODUCTION :

II. LE CALCIUM ET LE PHOSPHORE.....

A) Métabolisme :

1. Digestion :

2. Absorption :

3. Devenir et formes dans l'organisme :

4. Voies d'élimination :

5. Régulation du métabolisme.....

B) Besoins en calcium et en phosphore.....

1. Types et ordre de grandeur.....

2. Couverture des besoins.....

C) Règles d'utilisation phospho-calcique.....

III. LE CHLORURE DE SODIUM :

A) Métabolisme.....

B) Besoins.....

1. Ordre de grandeur :

2. Couverture.....

C) REGULATION :

IV. LE POTASSIUM :

A) Métabolisme et rôle.....

B) Besoins.....

V. LE MAGNESIUM :

- A) Métabolisme.....
- B) Besoins.....
 - 1. ordre de grandeur.....
 - 2. Couverture des besoins.....

VI. LE SOUFRE :

- A) Métabolisme.....
- B) Besoins.....

CHAPITRE II. : Les macro-éléments dans les productions bovines.

I. Production de viande.....

- 1. 1. Les minéraux et les gains de poids des zébus sahéliens.....
- 1. 2. Les minéraux et les pertes de poids.....
- 1. 3. Aspects économique de l'influence des suppléments minéraux sur le comportement pondéral des zébus tropicaux.....

II. Production laitière :

III. Reproduction.....

- 3. 1. Effets sur la fécondité.....
 - 3.1.1. taux de fécondité.....
 - 3.1.2. Age au 1er velage.....
 - 3.1.3. Intervalle entre les velages.....
 - 3.1.4. Involution interne.....
 - 3.1.5. Sexe ratio.....
 - 3.1.6. Taux d'insémination première période.....

3. 2. Rôle dans l'infécondité des bovins.....

IV. Pathologie.....

- 4. 1. Ostéopathies chimio-dipstrophiques.....
 - 4.1.1. - Rachitisme et ostéomalomie.....

- 4.1.2. Ostéoporose.....
- 4. 2. Nevroses.....
 - Pathogénie générale.....
- 4. 3. Dépenses de l'organisme.....

CHAPITRE III. : Facteurs d'efficacité d'une supplémentation
minérale.....

I. VALEUR ALIMENTAIRES DES MACRO-ELEMENTS.....

- 1. 1. le calcium.....
- 1. 2. le phosphore.....
- 1. 3. le magnésium.....
- 1. 4. le sodium.....
- 1. 5. le soufre.....

II. Moyens d'appréciation de la valeur alimentaire.....

- "Cas des phosphates".....
 - 2. 1. méthodes in vivo.....
 - 2. 2. méthodes in vitro.....

III. Facteurs d'appétabilité des compléments minéraux.....

- 3. 1. Appétit spécifique.....
- 3. 2. Rôle des sels.....

IV. Choix de complément minéral.....

DEUXIEME PARTIE : ASPECTS DE L'ALIMENTATION
MINERALE AU SENEGAL :.....

CHAPITRE I. : Bases de l'alimentation minérale au Sénégal.....

I. Minéraux dans le sol.....

- 1. 1. types de sols.....
- 1. 2. Facteurs de variation des minéraux dans le sol...

II. Minéraux dans les végétaux.....

- 2. 1. Facteurs de variation.....
- 2. 2. Classification des végétaux en fonction des taux de calcium et de phosphore.....

CHAPITRE II. : Carences minérales des bovins du Sénégal.....

- I. Caractéristiques du profil bio chimique des bovins sénégalais.....
- II. Carences proprement dites.....
 - ostéomalacie.....
 - pica.....

CHAPITRE III. : Types d'alimentation minérale au Sénégal.....

- I. En élevage traditionnel.....
 - 1.1. transhumant (cure salée).....
 - sédémentalre (Mondé).....
- II. En élevage encadré.....
 - 2.1. P.D.E.SO.....
 - 2.2. SO.DE.VA.....
 - 2.3. Autres.....

CHAPITRE IV. : Législation des aliments.....

- I. Les fabriques d'aliments.....
 - 1.1. S.S.E.P.C.....
 - 1.2. SO.DE.VA.....
 - 1.3. Moulins SENTENAC.....
 - 1.4. FILFILI.....
- II. Réglementation.....
 - 2.1. - historique.....
 - 2.2. - Réglementation des matières minérales.....

CHAPITRE V. : Action à mener.....

- I. Actions au niveau du sol.....
 - 1.1. effets sur le sol.....
 - 1.2. effets sur la plante.....
 - 1.3. effets sur les animaux.....

II. Action au niveau des animaux.....

2.1. types de suppléments minéraux.....

2.2. critères d'un bon complément.....

III.

III. Actions au niveau de la législation.....

CONCLUSIONS :

VU :
LE DIRECTEUR
de l'Ecole Inter-Etats
des Sciences et Médecine
Vétérinaires

LE CANDIDAT

LE PROFESSEUR RESPONSABLE
de l'Ecole Inter-Etats des Sciences
et Médecine Vétérinaires.

VU :
LE DOYEN
de la Faculté de Médecine
et de Pharmacie

LE PRESIDENT DU JURY.

VU et permis d'imprimer.....

DAKAR, le

LE RECTEUR : PRESIDENT DU CONSEIL PROVISOIRE DE L'UNIVERSITE
DE DAKAR.

SERMENT DES VETERINAIRES DIPLOMES DE DAKAR.

"Fidèlement attaché aux directives de Claude BOURGELAT, fondateur de l'Enseignement vétérinaire dans le monde, je promets et je jure devant mes maîtres et mes aînés :

- D'avoir en tous moments et en tous lieux le souci de la dignité et de l'honneur de la profession vétérinaire.
- D'observer en toutes circonstances les principes de correction et de droiture fixés par le code déontologique de mon pays.
- De prouver par ma conduite, ma conviction, que la fortune consiste moins dans le bien que l'on a, que dans celui que l'on peut faire.
- De ne point mettre à trop haut prix le savoir que je dois à la générosité de ma patrie et à la sollicitude de tous ceux qui m'ont permis de réaliser ma vocation.

QUE TOUTE CONFIANCE ME SOIT RETIREE S'IL ADVIENNE QUE JE
ME PARJURE".