

UNIVERSITE DE DAKAR

ECOLE INTER-ETAT DES SCIENCES ET MEDECINE VETERINAIRES

(E. I. S. M. V.)

ANNEE 1985

N° 21



**“UTILISATION DES PHOSPHATES NATURELS  
DANS L’ALIMENTATION DES BOVINS TROPICAUX”  
Cas du Sénégal**

THESE

présentée et soutenue publiquement le 18 décembre 1985  
devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie de DAKAR  
pour obtenir le grade de DOCTEUR VETERINAIRE  
(DIPLOME D’ETAT)

par

Vacque NDIAYE

né le 3 décembre 1957 à BIGNONA (SENEGAL)

Président du Jury : Monsieur François DIENG,  
Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar  
Rapporteur : Monsieur Ahmadou Lamine NDIAYE,  
Professeur à l’E.I.S.M.V.  
Membres : Monsieur Alassane SERRE,  
Professeur à l’E.I.S.M.V.  
Monsieur Mounirou CISS,  
Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar  
Directeur de Thèse : Monsieur Ndiaga MBAYE, Chercheur au L.N.E.R.V.

LISTE DU PERSONNEL ENSEIGNANT POUR  
L'ANNE UNIVERSITAIRE 1984 - 1985

-----

I. PERSONNEL A PLEIN TEMPS

1. - ANATOMIE-HISTOLOGIE-EMBRYOLOGIE

Charles Kondi AGBA..... Maître de Conférences  
Mme Marie Rose ROMAND..... Assistante de Recherches  
Charles BIMENYIMANA..... Moniteur  
Kokouba K. AKOH..... Moniteur

2. - CHIRURGIE - REPRODUCTION

Papa El Hassan DIOP..... Maître-Assistant  
Eric HUMBERT..... Assistant  
Boukassim SALIFOU..... Moniteur

3. - ECONOMIE - GESTION

N..... Professeur

4. - HYGIENE ET INDUSTRIE DES DENREES ALIMENTAIRES D'ORIGINE ANIMALE (HIDAOA)

Malang SEYDI..... Maître-Assistant  
Serge LAPLANCHE..... Assistant  
Haïlemariam MEKONEN..... Moniteur

5. - MICROBIOLOGIE-IMMUNOLOGIE-PATHOLOGIE INFECTIEUSE

Justin Avayi AKAKPO..... Maître de Conférences  
Pierre SARRADIN..... Assistant  
Pierre BORNAREL..... Assistant de Recherches  
Bassirou MOHAMADOU..... Moniteur

6. - PARASITOLOGIE-MALADIES PARASITAIRES- ZOOLOGIE

Louis Joseph PANGUI..... Maître-Assistant  
Jean BELOT..... Assistant  
Baba KAMARA..... Moniteur

7. - PATHOLOGIE MEDICALE-ANATOMIE PATHOLOGIQUE ET CLINIQUE AMBULANTE

Théodore ALOGNINOUBA..... Maître-Assistant  
Roger PARENT..... Maître-Assistant  
Ousmane TRAORE..... Moniteur

8. - PHARMACIE-TOXICOLOGIE

François Adébayo ABIOLA..... Maître-Assistant  
Mme Laétitia KOUDANDE née YEMADJE..... Monitrice

9. - PHYSIOLOGIE-THERAPEUTIQUE-PHARMACODYNAMIE

Alassane SERE..... Professeur  
Moussa ASSANE..... Maître-Assistant  
Mamadou PARE..... Moniteur

10. - PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES

Germain Jérôme SAWADOGO..... Maître-Assistant

11. - ZOOTECHE-ALIMENTATION

Ahmadou Lamine NDIAYE..... Professeur  
Abassa KODJO..... Assistant  
Ngobi Orou GOUNOU..... Moniteur

CERTIFICAT PREPARATOIRE AUX ETUDES VETERINAIRES (CPEV)

Bouna Alboury DIOP..... Moniteur

II. PERSONNEL VACATAIRE

BIOPHYSIQUE

René NDOYE..... Professeur  
Faculté de Médecine et  
Pharmacie  
UNIVERSITE DE DAKAR

Alain LECOMTE..... Maître-Assistant  
Faculté des Lettres et  
Sciences Humaines  
UNIVERSITE DE DAKAR

BIOCLIMATOLOGIE

Paul NDIAYE..... Maître-Assistant  
Faculté des Lettres et  
Sciences Humaines  
UNIVERSITE DE DAKAR

BOTANIQUE

Guy MAYNART..... Maître de Conférences  
Faculté de Médecine et  
de Pharmacie  
UNIVERSITE DE DAKAR

ECONOMIE GENERALE

Oumar BERTE..... Assistant  
Faculté des Sciences  
Juridiques et Economiques  
UNIVERSITE DE DAKAR

RATIONNEMENT

Ndiaga MBAYE..... Docteur Vétérinaire  
L.N.E.R.V.  
DAKAR/HANN

AGROSTOLOGIE

Khassoum DIEYE..... Docteur Vétérinaire  
L.N.E.R.V.  
DAKAR/HANN

AGRO-PEDOLOGIE

Mamadou KHOUMA..... Ingénieur Agronome  
O.M.V.G.  
DAKAR

III. PERSONNEL EN MISSION (prévu pour 1984-1985)

ANATOMIE PATHOLOGIQUE

A. L. PARODI..... Professeur  
E.N.V. - ALFORT

PARASITOLOGIE

Ph. DORCHIES..... Professeur  
E.N.V. - TOULOUSE

CHIMIE BIOLOGIQUE ET MEDICALE

J.P. BRAUN..... Professeur  
E.N.V. - TOULOUSE

CHIRURGIE

A. CAZIEUX..... Professeur  
E.N.V. - TOULOUSE

PATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION - OBSTETRIQUE

Daniel TAINURIER..... Professeur  
E.N.V. - NANTES

DENREOLOGIE

Jacques ROZIER..... Professeur  
E.N.V. - ALFORT

PATHOLOGIE BOVINE

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

PATHOLOGIE GENERALE - IMMUNOLOGIE

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

PHARMACIE - TOXICOLOGIE

Lofti El BAHRI..... Maître de Conférences Agrégé  
E.N.V. - SIDI-THABET  
TUNISIE

ZOOTECNIE-ALIMENTATION

Yawo E. AMEGEE..... Maître-Assistant  
Ecole d'Agronomie  
UNIVERSITE DU BENIN TOGO

JE DEDIE CE TRAVAIL.....

- A La Mémoire de mon père

Très tôt arraché à mon affection

- A ma mère

A qui je dois tout. Puisse ce travail être le fruit de tes énormes sacrifices. Trouve ici, le témoignage d'une profonde affection.

- A ma grand-mère Adjaratou Yaye Diabou FAYE.

- A mon oncle KAMARA KALILOU et famille

Soyez assuré de ma profonde gratitude et de ma reconnaissance pour m'avoir encadré durant toute ma carrière universitaire.

- A mon oncle François Antoine GOMIS et famille

En témoignage de ma reconnaissance, de mon amitié, toi qui a tout mis en oeuvre pour me donner une éducation exemplaire. Puisse ce travail t'honorer.

- A ma tante Khady WELLE

- A mon beau-frère Serigne Fallilou GUEYE

Pour toute l'aide et pour tout le soutien que vous m'avez apporté. Sincères reconnaissances.

- A la mémoire de Yacine NDIAYE.

- A mes oncles Ibrahima CISSE, Samba DIALLO, Bassirou GOMIS.

- A mes tantes.

- A mes frères et **soeurs** : Pape, Odette, Guilane, Bamba, Amadou, Basse, Omar, Bouba, Awa, Ousmane, Ngoné, Ndèye.

- A mes cousins et cousines.

- A mes neveux et nièces

Infini attachement.

- A Gorgui Wally DIOUF et famille

- Au Docteur Mohamed DIEDHIOU

Pour m'avoir encadré au cours de ma scolarité.

- A mes anciens maîtres
- A mes amis avec qui j'ai grandi
- A la mémoire de Assane DIAGNE
- A mes amis et camarades de promotion
- A tous mes aînés de la profession
- A tout le personnel du projet de Crévetti Culture de Basse Casamance
- A tout le personnel de la direction de la pêche
- A tout le personnel de l'EISMV de Dakar
- A tout le personnel du LNERV
- A tout le personnel du CRZ de Dahra-Djoloff
- A tout le personnel de la SONEES
- A tout le personnel de la CSP Taïba
- A tout le personnel de la SSP THIES
- A tous ceux qui ont oeuvré à l'élaboration de ce travail :

Doctdur K.P. ABASSA

Docteur Ibrahima DIALLO

Hubert GUERIN LNERV

Racine S. SOW CRZ Dahra

Dominique FRIOT LNERV

Amangoné NDOYE LNERV

Alphonse FAYE LNERV

Docteur Maïmouna CISSE LNERV

Docteur Safiètou FALL LNERV

Ibrahima LY LNERV

William GOUDIABY LNERV

Massamba DIOP LNERV

Hermann MABUDU et Oumar BOUGALEB LNERV

Mme DIOUF EISMV

I. SAGNA, DEM, B. DIOP, O. FAYE,

A. NGOMA - CRZ Dahra

- A mes origines gambiennes
- A ma patrie, le SENEGAL

## 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 de présider notre jury de thèse. Votre disponibilité permanente nous a profondément marqué.

- A Monsieur Ahmadou Lamine NDIAYE

Professeur à l'EISMV de Dakar

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

La compétence et le dynamisme avec lesquels vous vous acquittez de votre double responsabilité de professeur titulaire de chaire et Directeur de l'EISMV, imposent le respect.

Profonds sentiments d'admiration et de gratitude.

- A Monsieur Alassane SERRE

Professeur à l'EISMV 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 en acceptant de juger notre travail. Nous vous exprimons, ici, nos sentiments de reconnaissance et de profond respect.

- A Monsieur Mounirou CISS

Professeur à la Faculté de Médecine et Pharmacie de Dakar

Vous avez accepté avec un amical empressement de juger notre travail.

Nous vous exprimons notre gratitude pour l'accueil que vous nous avez toujours réservé.

Trouvez ici l'expression de nos remerciements pour les marques de sympathie que vous nous avez manifestées.

- A notre Directeur de thèse

Dr. Ndiaga MBAYE, Chercheur au LNERV

Vous avez inspiré et guidé ce travail.

En vous côtoyant, nous avons apprécié votre dynamisme et votre humanisme.

Trouvez ici, l'expression de notre profonde gratitude.

"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".

INTRODUCTION

-----

Le Sénégal se situe entre les méridiens 11° 30 à l'Est (SARAYA) et 17° 30 à l'Ouest (DAKAR) ; et les parallèles 12° 30 Sud (frontière de la GUINEE) et 16° 30 au Nord (PODOR).

Cette situation du pays (tropicale dans son ensemble et sahélienne dans sa partie septentrionale) donne à l'élevage un cachet particulier. Malgré une très longue saison sèche et une pluviométrie déficitaire (104 mm d'eau en 1983 contre 209 en 1981-82) (68), la partie Nord du pays reste une grande zone d'élevage où sont concentrés les deux tiers du cheptel national (1 million de têtes) (67). Ces troupeaux sont exploités selon un mode extensif.

La pauvreté des pâturages fait subir aux animaux, une sous-alimentation surtout au cours de la deuxième période de la saison sèche. Le déficit fourrager chronique et une sécheresse persistante rendent de plus en plus difficile sinon impossible, la satisfaction des besoins alimentaires du bétail. Dans ces conditions, même si la situation sanitaire est maîtrisée (disparition des grandes épizooties), il est utopique de parler de développement de l'élevage, dans une zone où le bétail doit d'abord survivre. Cet état de subsistance a des répercussions très graves sur la carrière de l'animal. C'est dans ce contexte, que sont apparues vers les années soixante, des enzooties de botulisme dont l'étiologie est une hypophosphorose, consécutive à une carence en phosphore, des végétaux et des eaux. Depuis cette date, de nombreux travaux ont été consacrés à l'étude d'autres carences (énergie, matières minérales, matières azotées, vitamines). Les corrections en énergie et en matières azotées sont sans aucun doute, les plus efficaces mais leur coût en élevage extensif peut les rendre non économiques.

A DAKAR, CALVET, FRIOT et GUEYE (10) ont montré qu'une complémentation phosphatée pourrait être en fonction de son coût, la plus conseillée en élevage traditionnel.

Au Sénégal, on trouve des gisements de phosphates dont la base est le phosphate tricalcique et le phosphate aluminoferreux, capables d'apporter en plus du phosphore et du calcium, de nombreux oligo-éléments, indispensables au bon fonctionnement de l'organisme (29). Selon GUEGUEN (34), leur coefficient d'utilisation digestive va de 20 à 50 p 100.

Malheureusement, ces phosphates naturels contiennent du fluor, à des taux élevés (>0,3%) (71), fluor pouvant à forte dose, provoquer des lésions de fluorose. C'est pour contourner cette pathologie, que SERRES et BERTAUDIÈRE (59) ont proposé une distribution discontinue, capable de permettre une élimination du fluor par l'organisme.

Ainsi, notre étude porte sur l'utilisation en saison sèche, de phosphates naturels pour une complémentation des bovins vivant en extensif. Nous avons choisi la période où les animaux commencent à perdre du poids (février à juin).

Les travaux sont menés au Laboratoire National de l'Elevage et de Recherches Vétérinaires et au Centre de Recherches Zootechniques de Dahra-Dioloff. Ces essais d'utilisation des phosphates naturels entrent dans le cadre d'un programme de recherches commun à l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles et à l'Ecole Inter Etat des Sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar. Les phosphates que nous utilisons sont naturels, n'ayant subi aucun traitement pouvant augmenter leur coût.

Dans une première partie bibliographique, nous ferons le point sur quelques généralités à savoir :

- L'importance des phosphates dans l'économie du Sénégal,
- Le rôle des phosphates en alimentation animale où nous faisons quelques rappels sur la physiologie phosphocalcique,
- Puis, nous soulèverons quelques problèmes d'intoxications liés à l'utilisation des phosphates naturels surtout à l'heure où le développement des industries chimiques au Sénégal pose de sérieux problèmes de pollution.

Dans une seconde partie, qui est expérimentale, des travaux d'analyse effectués au laboratoire seront décrits. Les résultats des essais de distribution de ces phosphates naturels seront ensuite donnés et analysés.

PREMIERE PARTIE

---

GENERALITES

---

## CHAPITRE I - IMPORTANCE DES PHOSPHATES DANS L'ECONOMIE DU SENEGAL

### I. INTRODUCTION

Avec une production annuelle de près de deux millions de tonnes, les phosphates constituent aujourd'hui, la première ressource nationale. L'importance de cette industrie minière dans l'économie du Sénégal devient de plus en plus marquée, surtout avec le recul de la production arachidière, affectée par une pluviométrie déficitaire.

### II. HISTORIQUE ET REPARTITION GEOGRAPHIQUE

C'est au début du siècle, lors de la percée du chemin de fer, Dakar-Niger, que des géologues du service géologique de l'A.O.F. (Afrique Occidentale Française), furent attirés par des roches phosphatées. A la suite des travaux de recherches effectués en 1930, la compagnie Pechiney entreprend en 1943, l'étude des phosphates d'alumine du plateau de Thiès. Elle découvre d'importantes réserves à Pallo.

En 1951, 12.000 tonnes de phosphates d'alumine et 4.000 tonnes de phosphates de chaux furent exploitées. La même année, le gisement de phosphate de chaux de Taïba est découvert.

En 1955, le phospal est fabriqué pour la première fois par la Société Sénégalaise des Phosphates de Thiès.

En 1957, est créée la compagnie sénégalaise des phosphates de Taïba, le gouvernement du Sénégal étant actionnaire à 6 p 100. La production annuelle de la C.S.P.T. atteint 600.000 tonnes en 1959.

En 1960, les premiers concentrés furent produits, ainsi, Taïba exporta pour la première fois. De 1974 à 1975, les capacités d'exploitation de la société sénégalaise des phosphates de Thiès furent augmentées.

En 1975, l'Etat sénégalais rachète 50 p 100 des actions à Taïba. Des recherches ont été faites dans d'autres régions du Sénégal.

C'est ainsi qu'en :

- 1965-66, la zone Sud du lac de Guiers et la vallée du fleuve Sénégal furent prospectées par des géologues du Bureau de Recherche Géologique et Minière (B.R.G.M.). Les résultats suivants en découlent :

- \* Existence d'indices dans la zone Sud du lac de Guiers,
- \* Mise à jour d'un gisement de très bonne qualité et peu profond dans la zone du fleuve Sénégal. Ce gisement retient beaucoup l'attention car, ce phosphate peut être utilisé directement en agriculture (13).

- Au niveau de la zone de Kolda et de Vélingara, des dépôts intéressants ont été signalés.

- Découverte d'un gisement au Sénégal Oriental (région de Tambacounda) mais se situant dans une structure géologique complexe. Depuis 1975, les usines de phosphates ne cessent d'accroître leur capacité de production et de nouveaux gisements sont découverts autour de ceux qui sont déjà exploités.

### III. PRODUCTION

Deux types de phosphates sont produits au Sénégal :

- Le phosphate de chaux (Taïba et Thiès),
- Le phosphate d'alumine (Thiès).

L'extraction du minerai s'effectue selon le processus suivant :

- Le décapage : le recouvrement, constitué de terre ou de minerai pauvre, est repoussé sur des zones stériles ou déjà épuisées.

- L'abattage : selon la dureté du terrain, il se fait soit au bulldozer, soit à l'explosif (cas le plus fréquent).

- Le concassage : le minerai est débarrassé de ses impuretés (silice, argile, etc...).

- L'enrichissement : il diffère selon l'origine du minerai :

\* Phosphates de Thiès

Après concassage, le minerai est enrichi par un criblage éliminant les particules de silice et d'argile puis chassé par tranches granulométriques. Il est ensuite stocké puis repris pour subir un traitement thermique à 550° C (CLINKER), suivi d'un broyage fin. Le produit final obtenu est dénommé phospal. Il est utilisé comme engrais. Par ce même procédé, en traitant un minerai suffisamment pauvre en fluor, on obtient un phosphate pour alimentation animale, commercialisé sous le nom de polyphos.

\* Phosphates de Taïba

Après broyage, le minerai fin (moins de 2 mm) est dirigé vers de petits bassins pour y subir la flottation. Elle se fait dans des cuves d'eau, contenant de la matière grasse. Le phosphore est ainsi fixé par la matière grasse et les impuretés entraînées vers le fond. Le concentré est séché puis stocké, avant d'être acheminé vers Dakar pour l'exportation.

Deux types de phosphates sont ainsi produits au Sénégal. Le tableau I donne les quantités annuelles disponibles.

Les productions varient annuellement. Elles dépendent de la demande extérieure et des cours mondiaux de phosphates.

#### IV. COMMERCIALISATION ET PROBLEMES

La vente du phosphate est strictement dépendante de la qualité du produit et de la fluctuation des prix dans le marché.

##### IV.1 - Qualité du produit

C'est la teneur en acide phosphorique qui détermine la qualité du phosphate. Pour le minerai de Thiès, sa forte teneur en alumine, son utilisation comme engrais et dans l'alimentation animale, font que la demande augmente d'année en année.

SOCIETE	SUBSTANCE	P R O D U C T I O N S (TONNES)					
		1979	1980	1981	1982	1983	Prévisions 1984
Société Sénégalaise des phosphates de Thiès (Sénégal)	Phosphate d'alumine naturel	184.884	224.141	199.218	280.000	251.000	270.000
	Phosphate d'alumine enrichi	78.361	131.838	105.537	136.130	144.000	160.000
	Phosphates de chaux	127.718	137.447	86.090	62.400	100.000	100.000
Compagnie Sénégalaise des Phosphates de Taïba (Sénégal)	Phosphate de chaux	1.523.000	1.289.000	1.792.000	1.840.000	1.213.000	1.264.000

TABLEAU N° I

PRODUCTION DE PHOSPHATES AU SENEGAL

SOURCE : Direction des mines et de la Géologie  
Rapport d'activités de 1976 à 1982

#### IV.2 - La demande extérieure

Le tableau II donne les quantités vendues.:

Une grande partie du phosphate produit est exportée. La vente intérieure augmente avec la naissance des industries chimiques qui peuvent absorber 15 p 100 de la production annuelle.

#### IV.3 - Fluctuation des prix

La fluctuation des prix dépend de la quantité de phosphates produits dans le marché mondial. L'industrie connaît la concurrence au niveau international. Cependant, les ventes ne cessent d'augmenter et le marché s'élargit surtout avec le phosphate d'alumine de Thiès, seul gisement alumino-calcaïque en Afrique.

### V. PLACE DE L'INDUSTRIE DU PHOSPHATE DANS L'ÉCONOMIE DU SÉNÉGAL

L'industrie du phosphate joue un très grand rôle dans l'économie nationale, d'une part, en raison de l'importance des investissements et, d'autre part en raison des effets multiplicateurs qu'ont les mines sur les chemins de fer (par le transport du minerai), sur la SENELEC (société sénégalaise de distribution d'énergie électrique) qui leur fournit près de 80 p 100 de leur production haute tension.

Il faut noter aussi que les entreprises de phosphates achètent beaucoup auprès des maisons de commerce de la place et surtout, elles créent des emplois notamment de cadres en matière d'extraction des mines.

L'évacuation du minerai par les installations du Port de Dakar apporte également des sommes non négligeables au trésor sénégalais. Dans le domaine social, des écoles, des hopitaux et des cités ont été construits. La création de routes a permis le désenclavement de plusieurs zones.

Il y a donc un ensemble d'effets induits qui résultent de l'implantation des industries de phosphates qui sont d'un grand apport dans l'économie du Sénégal.

TABLEAU N° II

COMMERCIALISATION DES PHOSPHATES DU SENEGAL

MINERAI	ANNEE	QUANTITES EXPORTEES (TONNES)	DESTINATION	SENEGAL
PHOSPHATES DE THIES (SENEGAL)	1979	174.743	FRANCE	
	1980	189.255	ANGLETERRE	
	1981	163.566	BELGIQUE	
	1982	206.000	CHINE	210.000
	1983	202.000	ESPAGNE	173.000
	1984	215.000	COTE D'IVOIRE	215.000
	PHOSPHATES DE TAIBA (SENEGAL)	1979	1.501.534	FRANCE
1980		1.251.975	THAILANDE ANGLETERRE	37.468
1981		1.065.859	JAPON HOLLANDE	42.969
1982		1.136.516	ALLEMAGNE GRECE	48.304
1983		1.224.106	FINLANDE ITALIE	62.893
1984		907.822	AUSTRALIE INDE	207.245

SOURCE : Direction des mines et de la Géologie  
Rapport d'activités de 1976 à 1982

## CHAPITRE II. - ROLE DES PHOSPHATES DANS L'ALIMENTATION ANIMALE

Les phosphates contiennent du calcium, du phosphore et de nombreux oligo éléments nécessaires en alimentation animale. Nous nous limitons à l'étude des rôles du phosphore et du calcium, les autres éléments pouvant faire l'objet d'une recherche ultérieure.

### I. QUELQUES RAPPELS DE PHYSIOLOGIE ET DE NUTRITION

Les minéraux utilisés en nutrition sont des éléments indispensables à la constitution du corps et au fonctionnement de l'organisme. 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. Ils sont classés en macro-éléments et en oligo-éléments.

Les macro-éléments indispensables, objet de notre étude, sont le phosphore (P) et le calcium (Ca).

#### I.1 - Formes du phosphore et du calcium dans l'organisme

Le phosphore se trouve sous des formes variées dans l'organisme (33) : la forme minérale insoluble, le phosphore organique et la forme minérale soluble.

##### I.1.1 - La forme minérale insoluble

Le phosphore insoluble se trouve principalement sous forme de phosphate tricalcique qui représente 87 p 100 des matières minérales de l'os.

##### I.1.2 - Le phosphore organique

Le phosphore organique se trouve dans les tissus mous. Il est constitué par le phosphore protidique, le phosphore lipidique et le phosphore glucidique. Ces formes sont très importantes et méritent une étude plus élargie.

##### - Le phosphore protidique

Le phosphore protidique se trouve dans trois composés importants :

- \* les nucléoprotides,

- \* le tissu musculaire,
- \* les caseïnes des divers laits et vitellines du jaune d'oeuf.

#### - Le phosphore lipidique

Les phospholipides se trouvent dans les cellules des centres nerveux et dans le sang sous forme de lecithines, de myelines<sup>4</sup>/céphalines, etc...

#### - Le phosphore glucidique

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

#### I.1.3 - La forme minérale soluble

C'est dans le sang et les humeurs que l'on retrouve le phosphore sous la forme minérale soluble. Ce phosphore inorganique se présente sous les formes de pyrophosphates et d'orthophosphates.

#### - Les pyrophosphates

Les pyrophosphates sont des sels de l'acide pyrophosphorique ( $P_2O_7H_4$ ). Ils sont présents dans la partie globulaire du sang. On distingue :

- \* les pyrophosphates de potassium,
- \* les pyrophosphates de calcium,
- \* les pyrophosphates de magnésium,
- \* les pyrophosphates de sodium.

#### - Les orthophosphates

Les orthophosphates sont des sels de l'acide orthophosphorique ( $PO_4H_3$ ). Ils sont présents dans le plasma. Ce sont :

- \* les orthophosphates de calcium,
- \* les orthophosphates de potassium,
- \* les orthophosphates de magnésium,
- \* les orthophosphates de sodium.

La phosphatémie représente le taux d'orthophosphate dans le plasma. Quant à la phosphorémie, elle désigne le taux de phosphore sanguin.

Le calcium est concentré dans le squelette et les dents où il se combine au phosphore (phosphate tricalcique), au gaz carbonique (carbonate de calcium), forme soluble dans le sang. On le trouve dans le lait sous forme de phosphocaseinate de calcium.

La calcémie désigne la concentration sanguine en calcium.

Au Sénégal, FRIOT et CALVET donnent quelques résultats de dosage du phosphore et du calcium sanguin.

TABLEAU N° III

VARIATIONS DE LA PHOSPHOREMIE ET DE LA CALCEMIE EN FONCTION DE LA ZONE

REGIONS	PHOSPHATEMIE MG/L DE SERUM	CALCEMIE MG/L DE SERUM
FERLO	50,1	102,6
CASAMANCE	70,7	92,5
CRZ DAHRA	74,5	96,5
BASSIN ARACHIDIER	73,3	105,4
SANGALKAM (Patûrage)	60,7	99,8
SANGALKAM (Embauche)	90,3	90,8

SOURCE : Friot et Calvet, 1973

TABLEAU N° IV

INFLUENCE DE LA SAISON (FERLO)

SAISON	PHOSPHATEMIE MG/L DE SERUM	CALCEMIE MG/L DE SERUM
HIVERNAGE	64,9	109,9
SAISON SECHE	50,7	107,5

SOURCE : Friot et Calvet, 1973

Signalons que la littérature cite des taux moyens représentés dans le tableau suivant :

TABLEAU N° V

VALEURS NORMALES DE LA CALCEMIE, DE LA PHOSPHATEMIE ET DE LA PHOSPHOREMIE

S/C LA VACHE

CALCEMIE MG/L DE PLASMA	PHOSPHATEMIE MG/L DE PLASMA	PHOSPHOREMIE MG/L DE SANG
90 à 110	50 à 60 (31)	350 à 450 (31)

SOURCE : Gourari, 1975

## I.2 - Les carences phosphocalciques et leurs conséquences pathologiques

La plupart des animaux sont sensibles aux carences phosphocalciques. Le tableau VI donne une classification des différentes espèces en fonction de leur degré de sensibilité.

TABLEAU N° VI

### SENSIBILITE CROISSANTE DES DIFFERENTES ESPECES AUX CARENCES PHOSPHOCALCIQUES

CALCIUM	:	PHOSPHORE
CHEVRE	:	POULE PONDEUSE
RAT	:	POULET
HOMME	:	CHEVAL
VACHE LAITIERE	:	PORC
BOEUF	:	MOUTON
PORC	:	BOEUF
CHEVAL	:	VACHE LAITIERE
POULET	:	HOMME
POULE PONDEUSE	:	RAT - CHEVRE 1-
	:	

Le manque de phosphore et de calcium est à l'origine de l'apparition de troubles osseux et de troubles névrotiques.

### I.2.1 - Troubles osseux

#### I.2.1.1 - Le rachitisme

Le rachitisme est un trouble de la minéralisation, survenant chez le jeune mammifère après sevrage. Surtout fréquent dans les deux premières années de la vie, il apparaît comme une polycarence où le phosphore, le calcium et le groupe vitaminique D jouent les principaux rôles.

#### I.2.1.2 - L'ostéomalacie

L'ostéomalacie est une affection des animaux adultes atteignant essentiellement les femelles en gestation ou en lactation. Cette pathologie se rencontre surtout chez la vache, la truie et parfois chez la chienne.

L'affection se manifeste d'abord par des troubles locomoteurs, les animaux malades traînant en queue de troupeau avec une marche lente et douloureuse. Cette maladie se traduit par une déminéralisation très poussée où le tissu osseux est remplacé par un tissu ostéoïde. À ce stade, on note une perte de résistance des os qui peuvent présenter des fractures au moindre choc. Les animaux sont le plus souvent en décubitus, évoluant vers la misère physiologique, ou vers une rémission provisoire, s'ils font l'objet de soins particuliers.

L'ostéomalacie est provoquée par une carence en phosphore et en calcium.

#### I.2.1.3 - L'ostéoporose

L'ostéoporose est consécutive à une grande activité des ostéoclastes, entraînant une destruction importante du tissu osseux et une élévation de la calcémie. Ces troubles sont aggravés par une carence en protéine. Cette maladie se traduit par une asthénie, une déformation des os longs, une friabilité des os, un agrandissement du canal médullaire et des oedèmes douloureux au niveau des zones articulaires.

#### I.2.1.4 - L'ostéofibrose

Elle résulte d'une déminéralisation suivie d'une prolifération de la substance fondamentale de l'os. Elle est surtout fréquente chez le cheval et le porc.

La maladie se traduit par un gonflement de la tête chez le cheval, par des boiteries et des déformations osseuses.

Cette affection est due à une hyperparathyroïdie, consécutive à un déséquilibre du rapport phosphocalcique ou à un excès d'apport de phosphore.

### I.2.2 - Les troubles névrotiques

#### I.2.2.1 - Le pica

Le pica est une dépravation du goût qui conduit les animaux à ingérer des substances non alimentaires (cadavres, fragments de bois, morceaux d'os, corps étrangers divers).

Ceci conduit les animaux à contracter certaines maladies comme le botulisme (6), (8). Il semble que cette maladie résulte de la déficience en plusieurs éléments qui sont : le sodium, le phosphore, les protéines, le cuivre, le fer et le cobalt (8). L'hypophosphorose est un facteur très important dans l'étiologie du Pica.

#### I.2.2.2 - Les névroses vitulaires

Les névroses vitulaires surviennent au cours de la reproduction affectant les vaches, les truies, les brebis, les chiennes et les juments. Ces troubles sont le plus souvent, caractérisés par des tétanies, une parésie (parésie vitulaire) et un coma (coma vitulaire) chez la vache et les petits ruminants ; des tétanies et une éclampsie chez la chienne et la jument.

Cette pathologie est le plus souvent due à un déséquilibre phosphocalcique où l'hypocalcémie est dominante.

L'apport du phosphore et du calcium revêt ainsi, un grand intérêt dans la prophylaxie de ces troubles. Une telle opération nécessite une connaissance des besoins des animaux.

### I.3 - Les besoins phosphocalciques et leur couverture

#### I.3.1 - Les besoins en phosphore et en calcium des animaux

Les besoins se répartissent en besoin d'entretien et en besoin de production.

##### I.3.1.1 - Besoin d'entretien

Le renouvellement constant de la substance osseuse et les pertes endogènes obligatoires créent ce besoin qu'il est nécessaire de satisfaire régulièrement (51).

##### I.3.1.2 - Besoin de production

La production laitière, la gestation, la croissance, la ponte augmentent considérablement les besoins des animaux.

Les besoins de croissance sont mal connus et dépendent du degré de minéralisation qui varie selon les auteurs.

Les besoins de gestation n'entrent en ligne de compte que pendant les trois derniers mois de la gestation.

Quant aux besoins de lactation, ils sont en relation avec les taux de calcium et de phosphore du lait.

Le mode d'expression des besoins varie selon les auteurs. Les tableaux suivants illustrent ces besoins chez les bovins.

TABLEAU N° VII

BESOINS EN PHOSPHORE EN FONCTION DU POIDS DE L'ANIMAL

POIDS ( kg )	BESOINS EN g/j
100	7,3 à 10,1
200	9,8 à 11,2
300	12,3 à 14,6
400	13,4 à 23,7

SOURCE : Gourari, 1975

TABLEAU N° VIII

BESOINS EN PHOSPHORE ET EN CALCIUM DE LA VACHE LAITIERE

	BESOINS EN GRAMMES PAR JOUR	
	CALCIUM	PHOSPHORE
ENTRETIEN	37	27
+ 5 KG LAIT	57	35
+ 10 KG LAIT	78	45
+ 15 KG LAIT	100	54
+ 20 KG LAIT	120	62
+ 25 KG LAIT	140	71
+ 30 KG LAIT	160	79
+ 35 KG LAIT	180	87

SOURCE : Gourari, 1975

Au Sénégal, des données précises sur les besoins des animaux n'existent pas. Les valeurs dont nous disposons concernent uniquement les bovins et se réfèrent à l'unité bovin tropical (U.B.T.) (51).

L'U.B.T. pèse 250 kilogrammes de poids vif et a des besoins évalués entre 2,7 et 3,1 unités fourragères (U.F.) et 180 grammes de matière azotée digestible (M.A.D.), suivant l'importance des déplacements auxquels il est soumis.

L'U.B.T. consomme 6,25 kilogrammes de matières sèches ; ses besoins journaliers en minéraux sont estimés à :

- 5 g de calcium pour 100 kilogrammes de poids vif,
- 3 g de phosphore pour 100 kilogrammes de poids vif.

La connaissance des besoins permet d'apporter du calcium et du phosphore et d'éviter les excès car, selon CALVET (7), "les phosphates sont chers ; il faut éviter les excès de phosphore".

### I.3.2 - La couverture des besoins phospho-calciques

La couverture des besoins phospho-calciques demande le respect de certaines règles dans l'apport des minéraux dont les différentes sources seront étudiées.

#### I.3.2.1 - Règles générales d'apport

Les règles d'apport sont au nombre de quatre :

##### 1. Nécessité d'apport de calcium et de phosphore

Cette règle découle des travaux de POPENHEIMER et ZUEKER, cités par THIONGANE (60). Ces auteurs ont mis en évidence la nécessité de cet apport en distribuant à des rats, deux types de ration :

- 0,6 p 100 de P et 0,018 p 100 de Ca,
- 0,087 p 100 de P et 0,55 p 100 de Ca.

Ces travaux ont montré que ces deux types de ration entraînent l'apparition de troubles du métabolisme phospho-calcique. L'adjonction de carbonate de calcium à la première ration et de phosphate de sodium ou de potassium à la deuxième, conduit à la guérison des troubles.

---

2. Le phosphore et le calcium doivent être apportés sous une forme assimilable

Le phosphore et le calcium doivent être apportés sous des formes assimilables. La solubilité joue un rôle important dans l'utilisation digestive (C.U.D.) et l'assimilation de ces substances.

Ainsi, la présence chimique de ces minéraux dans la ration ne suffit pas. Il faut surtout que les formes d'apport soient bio-disponibles pour être assimilables après digestion.

3. Respecter le rapport  $\frac{\text{calcium}}{\text{phosphore}}$

Le phosphore et le calcium, pour être assimilables doivent se trouver dans des proportions données appelées le rapport phospho-calcique (14), (34). Ce rapport est déterminé pour chaque espèce, comme l'indique le tableau 9 .

Pour GUEGUEN (37), un excès de calcium chez les bovins ( $\frac{\text{Ca}}{\text{P}} = 6$ ) ne diminue pas l'absorption de phosphore, ce déséquilibre étant toujours atténué avant l'intestin, par l'apport de 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.

1.3.2.2 - Sources de phosphore et de calcium

Il existe deux sources essentielles de calcium et de phosphore pour la satisfaction des besoins des animaux : les sources endogènes et les sources exogènes.

1. Les sources endogènes

Les sources endogènes sont représentées par les quantités de phosphore et de calcium mobilisés sous l'effet de la parathormone.

TABLEAU N° IX

RAPPORT PHOSPHO-CALCIQUE RECOMMANDE POUR DIFFERENTES ESPECES

ESPECES	$\frac{CA}{P}$
CAPRINS	0,75 à 1,2
OVINS	0,75 à 1,2
BOVINS	1,3 à 1,4
PORC	1,6
CHEVAUX	1,6 à 1,8
POULET DE CHAIR	1,8 à 2
POULE PONDEUSE	2,5 à 3

## 2. Les sources exogènes

La source exogène est la plus importante, car elle permet de reconstituer les réserves endogènes. Elle a deux composantes :

### a. - L'eau et la ration alimentaire

Les eaux d'abreuvement peuvent contenir des quantités non négligeables de calcium et de phosphore. Cependant, CALVET (6) a montré que la quantité de phosphore dans l'eau diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la surface. Les fourrages, surtout les légumineuses, sont riches en calcium et pauvres en phosphore (6).

Les grains sont riches en phosphore et pauvres en calcium. Les tourteaux sont très riches en phosphore et assez riches en calcium. Les tubercules et les racines sont à la fois pauvres en phosphore et en calcium (7).

### b. - Les sources spécifiques de phosphore et calcium

#### - En élevage traditionnel

##### \* la cure salée

La cure salée est une forme de complémentation minérale pratiquée au Sénégal dans la zone sylvo-pastorale où la transhumance domine encore de nos jours. Les éleveurs, conscients des besoins des animaux en minéraux, passent par un lieu de cure salée où les troupeaux séjournent deux ou trois jours, léchant ces sols riches en minéraux (calcium, phosphore, sodium, potassium, magnésium, chlorures, sulfates et de nombreux oligo-éléments).

##### \* le mondé

Le mondé est une forme de supplémentation minérale pratiquée en Casamance et au Sénégal Oriental. Il consiste en une distribution d'un mélange de sels, de bois morts et de diverses plantes. Il se fait dans des abreuvoirs. Cette supplémentation est utilisée en élevage bovin sédentaire.

- En élevage encadré

Les sources sont représentées par les compléments minéraux qui peuvent être d'origines diverses. Leur rôle est de rééquilibrer le régime alimentaire, en apportant soit du phosphore, soit du calcium, soit les deux à la fois. Les tableaux X, XI et XII donnent les teneurs de quelques sources de phosphore et de calcium entrant dans la composition des condiments minéraux.

I.4 - Le métabolisme phospho-calcique

I.4.1 - La digestibilité du phosphore et du calcium

Le phosphore et le calcium contenus dans les aliments et les condiments minéraux ne sont pas entièrement utilisés par l'animal. On distingue une digestibilité apparente et une digestibilité réelle (60). Le coefficient d'utilisation digestive apparent ou digestibilité apparente s'exprime par :

$$\text{CUD apparent} = \frac{\text{Ingéré} - \text{Fécal}}{\text{Ingéré}} \times 100$$

L'inconvénient majeur du coefficient d'utilisation digestive apparent est qu'il ne tient pas compte de la fraction endogène de substances minérales des fécès, provenant des échanges métaboliques et qui se retrouvent dans les fécès au même titre que les éléments minéraux non digérés de la ration. C'est l'évaluation de cette fraction endogène par les isotopes radio-actifs qui a permis de connaître la quantité du minéral réellement absorbée qui est égale à :

$$\text{Ingéré} - (\text{Fécès} - \text{Fécès endogènes})$$

D'où l'expression du coefficient d'utilisation digestive réel :

$$\text{CUD réel} : \frac{\text{Ingéré} - (\text{Fécès} - \text{Fécès endogènes})}{\text{Ingéré}} \times 100$$

TABLEAU N° X

LES PHOSPHATES MINERAUX EMPLOYES EN ALIMENTATION ANIMALE  
(SOURCE DE P SOLUBLE DANS L'EAU)

SOURCE DE PHOSPHORE	TENEUR EN P P 100	CUD MOYEN DU P (P 100) s/c Bov. adultes	AUTRES ELEMENTS (P 100)
Acide phosphorique	31,6	80	-
Phosphate monosodique hydraté	20,0	70 - 80	Na = 16
Phosphate m. anhydre	25,5	70	Na = 19
Phosphate dissodique hydraté	9,0	70 - 80	Na = 13
Phosphate d. anhydre	21,3	70 - 75	Na = 32
Phosphate monopotassique	22,8	70 - 80	K = 28
Phosphate dipotassique	17,6	70 - 80	K = 44
Phosphate mono ammonique	27,0	70 - 80	N = 12
Phosphate diammonique	23,0	70 - 80	N = 21
Phosphate mono calcique	22 - 24	60 - 70	Ca = 15 à 19
Tripolyphosphate sodique	25,0	60 - 70	Na = 31
Tripolyphosphate ammonique	27,0	60 - 70	Na = 20
Pyrophosphate sodique	23,0	60 - 70	N = 34
Pyrophosphate ammonique	25,0	60 - 70	N = 22

SOURCE : Gueguen, 1961

TABLEAU N° X1

LES PHOSPHATÉS MINÉRAUX EMPLOYÉS EN ALIMENTATION ANIMALE

(SOURCE DE P PEU SOLUBLE OU INSOLUBLE DANS L'EAU)

SOURCE DE PHOSPHORE	TENEUR EN P P 100	CUD MOYEN DU P (P 100)	AUTRES ELEMENTS (P 100)
Phosphate mono-bicalcique	20,0	60 à 70	Ca = 24
Phosphate triple de Na, Ca, Mg	17,0	60 à 70	Na = 12 Ca = 9, Mg = 5
Phosphate bicalcique hydraté (minéral ou précipité d'os)	17,5	60 à 65	Ca = 23 à 24
Phosphate bicalcique anhydre	22,0	60	Ca = 29
Silicophosphate de Na et Ca	18,0	50 à 60	Ca = 32 Na = 5
Phosphate tricalcique pur	20,0	50 à 60	Ca = 38
Phosphate tricalcique d'os	13,15	50 à 55	Ca = 27 à 33
Farine de viande osseuse	6 à 8	50 à 55	Ca = 12 à 16
Phosphate tricalcique naturel	10 à 17	20 à 50	Ca = 20 à 34
Métaphosphate de calcium	20,0	40 à 50	Ca = 13
Phosphate alumino-ferro-calcique	15,0	20	Al = 19 Fe = 6, Ca = 7
Pyrophosphate de sodium	24,0	20	Ca = 31

SOURCE : Gueguen, 1961

TABLEAU N° XII

SOURCES SPECIFIQUES DE CALCIUM

SOURCE DE Ca	TENEUR EN Ca P 100	REMARQUES
Carbonate de calcium (CaCO <sub>3</sub> )	40	Bonne utilisation zootech- nique, emploi très fréquent
Sulfate de calcium	29	Augmente l'élimination urinaire de P et de Ca
Chlorure de calcium	36,1	Goût amer
PHOSPHATES CALCIQUES		
Forme organique		
Citrate	21	Très assimilable
Gluconate	8,9	Très assimilable
Formiate	30,8	Très assimilable
Lactate	13,0	Très assimilable
Acétate	25,3	Très assimilable

SOURCE : Thiongane, 1982

La valeur de la digestibilité réelle dépend de l'espèce, de la race, de l'âge de l'animal. Elle dépend aussi de la solubilité du phosphate (34). Ainsi, les phosphates sodiques et potassiques très solubles sont bien digérés et absorbés. Certaines formes de phosphates moins solubles comme le phosphate d'alumine ne sont pas bien digérés.

#### 1.4.2 - L'absorption et le devenir du phosphore et du calcium dans l'organisme

##### 1.4.2.1 - L'absorption du calcium et du phosphore

Selon CUEGUEN (36), l'absorption du calcium se fait dans la première moitié de l'intestin grêle tandis que celle du phosphore se ferait dans les deux derniers tiers, mais aussi, dans les estomacs. Cette localisation serait due, selon Jean BLAIN, cite par GOURARI (33), à la phosphatase alcaline particulièrement abondante à ces niveaux.

L'absorption phospho-calcaïque est dépendante du coefficient d'utilisation digestive, de la race, de l'espèce, de l'âge et de l'état du tube digestif (35). D'autres constituants de la ration peuvent fortement influencer sur l'absorption : glucoses, protéides, lipides, acides, vitamines, etc... Les traitements subis par les minéraux pour les débarrasser du fluor (traitements thermiques), ont l'inconvénient de diminuer la digestibilité du phosphore (55).

##### 1.4.2.2 - Le devenir du calcium et du phosphore absorbés

Après l'absorption, le calcium et le phosphore sont transportés par le sang, dans les différentes parties de l'organisme.

#### 1. Au niveau de l'os

La majeure partie du calcium et du phosphore (99 p 100 du calcium et 99 p 100 du phosphore) est déposée dans le squelette et les dents. Pour que ce calcium et ce phosphore absorbés soient fixes, il faut que le rapport calcium absorbé soit sensiblement égal à deux (36).

phosphore absorbé

GUEGUEN a insisté sur l'importance de la simultanéité d'apport de ces deux éléments ; des expériences ayant montré qu'un apport alterne entraînait une mauvaise fixation du calcium au niveau de l'os.

## 2. Au niveau du tissu mou (60)

Le phosphore est beaucoup plus abondant que le calcium au niveau des tissus mous. Il intervient dans la plupart des réactions biochimiques et dans les phénomènes de transfert d'énergie.

## 3. Au niveau du sang

La calcémie est la teneur du sang en calcium. Les éléments figurés du sang étant pauvres en calcium, la calcémie représente donc le taux de calcium plasmatique. Elle est fonction des différentes espèces.

La phosphorémie est la teneur totale du sang en phosphore. La phosphatémie représente le taux de phosphore dans le plasma.

### 1.4.2.3 - L'élimination du calcium et du phosphore

La principale voie d'élimination du calcium et du phosphore est fécale. L'urine excrète une quantité importante de phosphore si la phosphatémie dépasse les valeurs normales. Pour le phosphore, il existe une élimination salivaire importante (60).

La voie mammaire représente chez la vache laitière, une importante voie d'excrétion du phosphore endogène (28).

### 1.4.2.4 - La régulation du métabolisme phospho-calcique

Les taux de calcium et de phosphore doivent être maintenus dans des limites physiologiques car leur excès ou leur déficit peut engendrer des troubles. Pour ce faire, deux types de régulation sont retenus : la régulation hormonale et la régulation alimentaire.

## 1. La régulation hormonale

Les hormones qui interviennent dans la régulation du métabolisme phospho-calcique sont au nombre de trois : la dihydrocholécalférol, la parathormone et la calcitonine.

### - la dihydrocholécalférol

La dihydrocholécalférol est synthétisée par hydroxylation de la vitamine D au niveau du foie et du rein. Ces dérivés dihydroxyles commandent la synthèse de la protéine, la protéine de Wasserman active dans l'absorption du calcium. Le mode d'action de la vitamine D est résumé dans le schéma n° I.

### - rôle de la parathormone (P.T.H.)

La parathormone est sécrétée par les glandes parathyroïdes. Elle a une action sur l'intestin et favorise la réabsorption du calcium. Au niveau des reins, la PTH règle la phosphatémie en fixant le seuil d'élimination rénale de phosphore. L'excès de PTH entraîne une augmentation de l'excrétion urinaire des phosphates. Au niveau de l'os, la PTH stimule l'activité des ostéocytes et des ostéoclastes. Ces différents rôles sont regroupés dans le schéma n° II.

### - rôle de la calcitonine

Cette hormone est sécrétée par les cellules "C" de la glande thyroïde. Elle agit au niveau de l'intestin en diminuant l'absorption intestinale de calcium. Cependant, cette action ne justifie pas l'effet hypocalcémiant de l'hormone.

La calcitonine augmenterait l'excrétion urinaire de calcium et de phosphore. Au niveau de l'os, l'hormone agit par une inhibition de l'action des ostéoclastes et des ostéocytes. Ce blocage de la résorption osseuse favorise l'hypophosphatémie et l'hypocalcémie.

Le schéma n° III regroupe ces différents rôles.

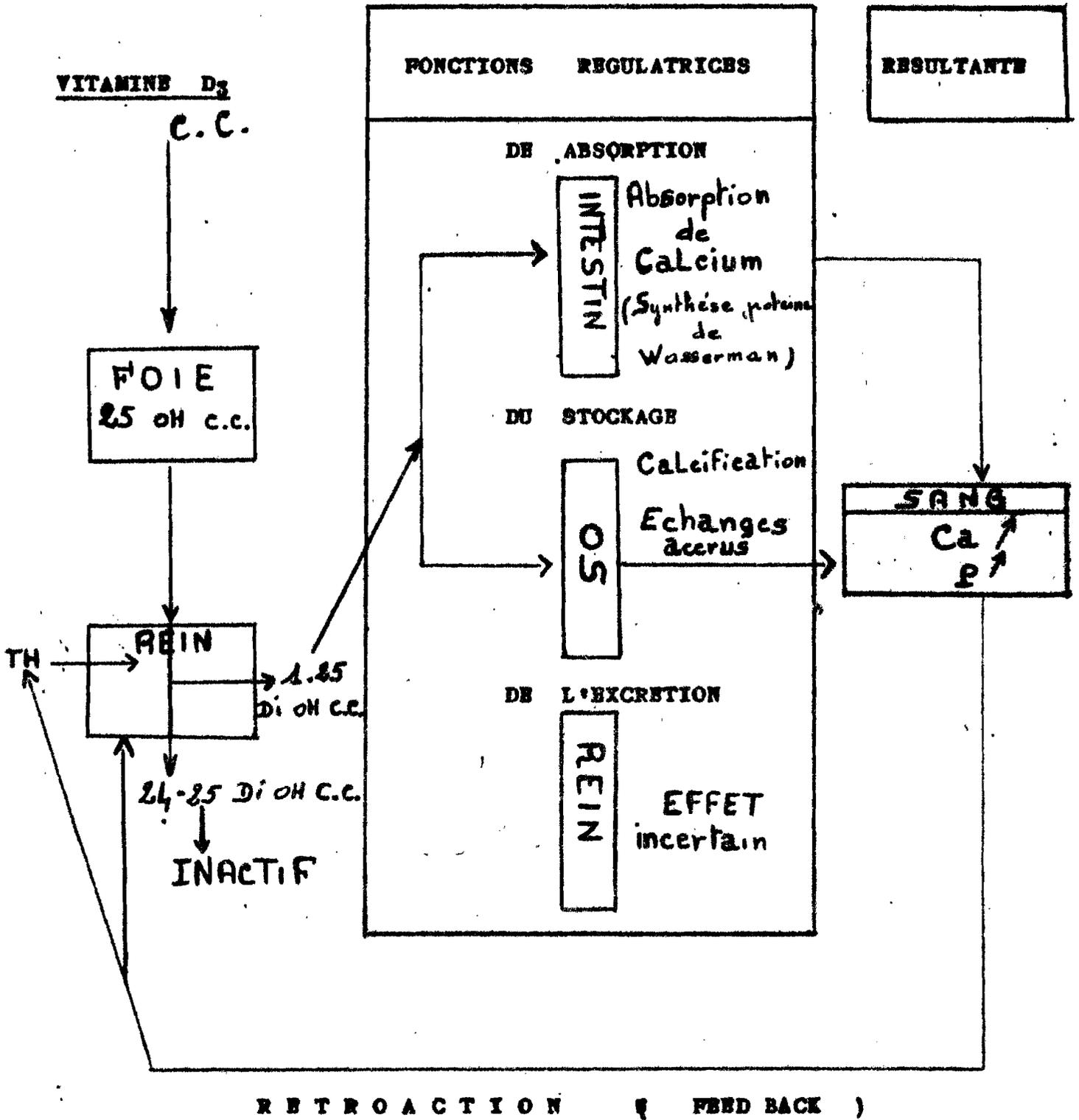
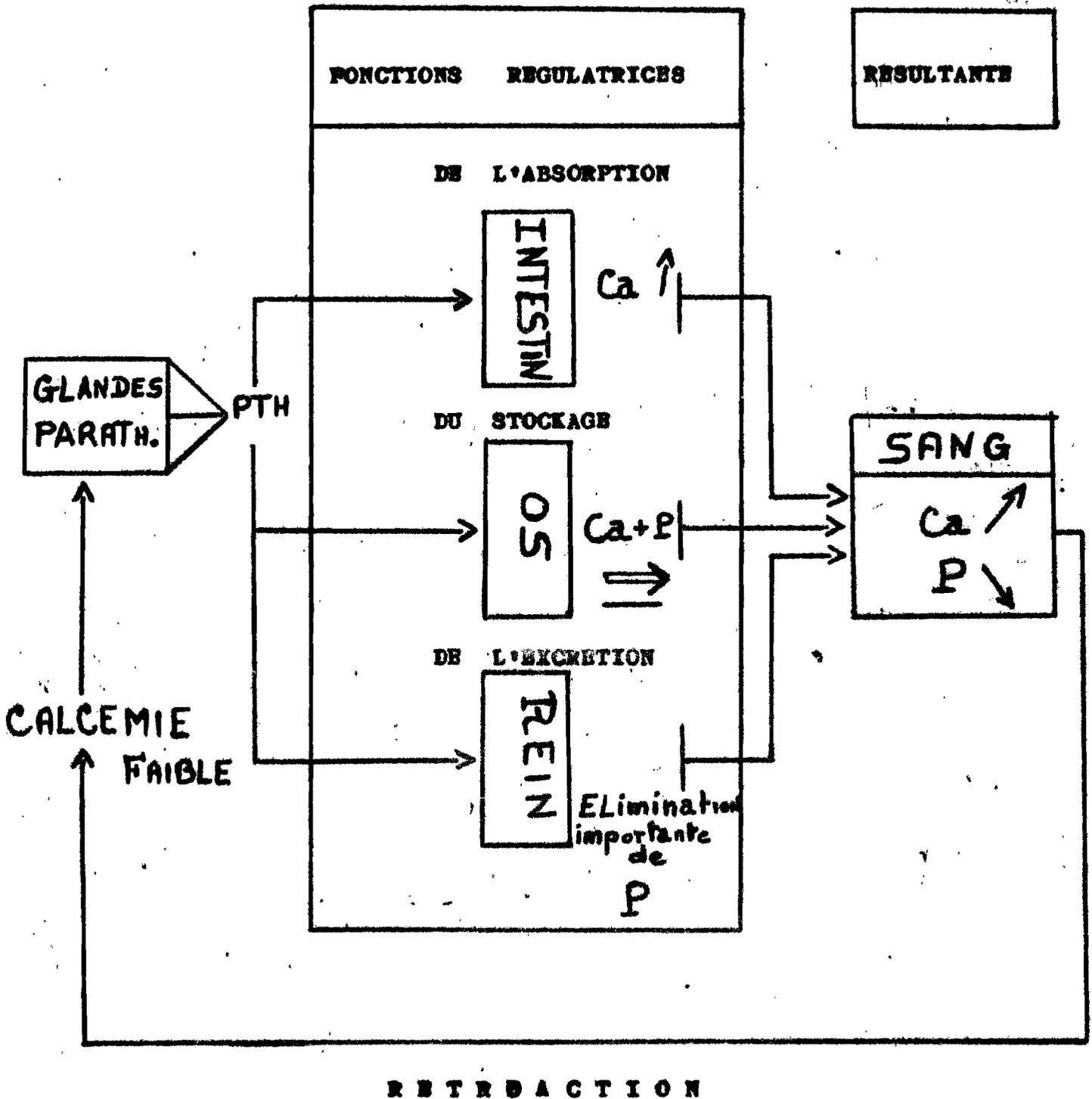
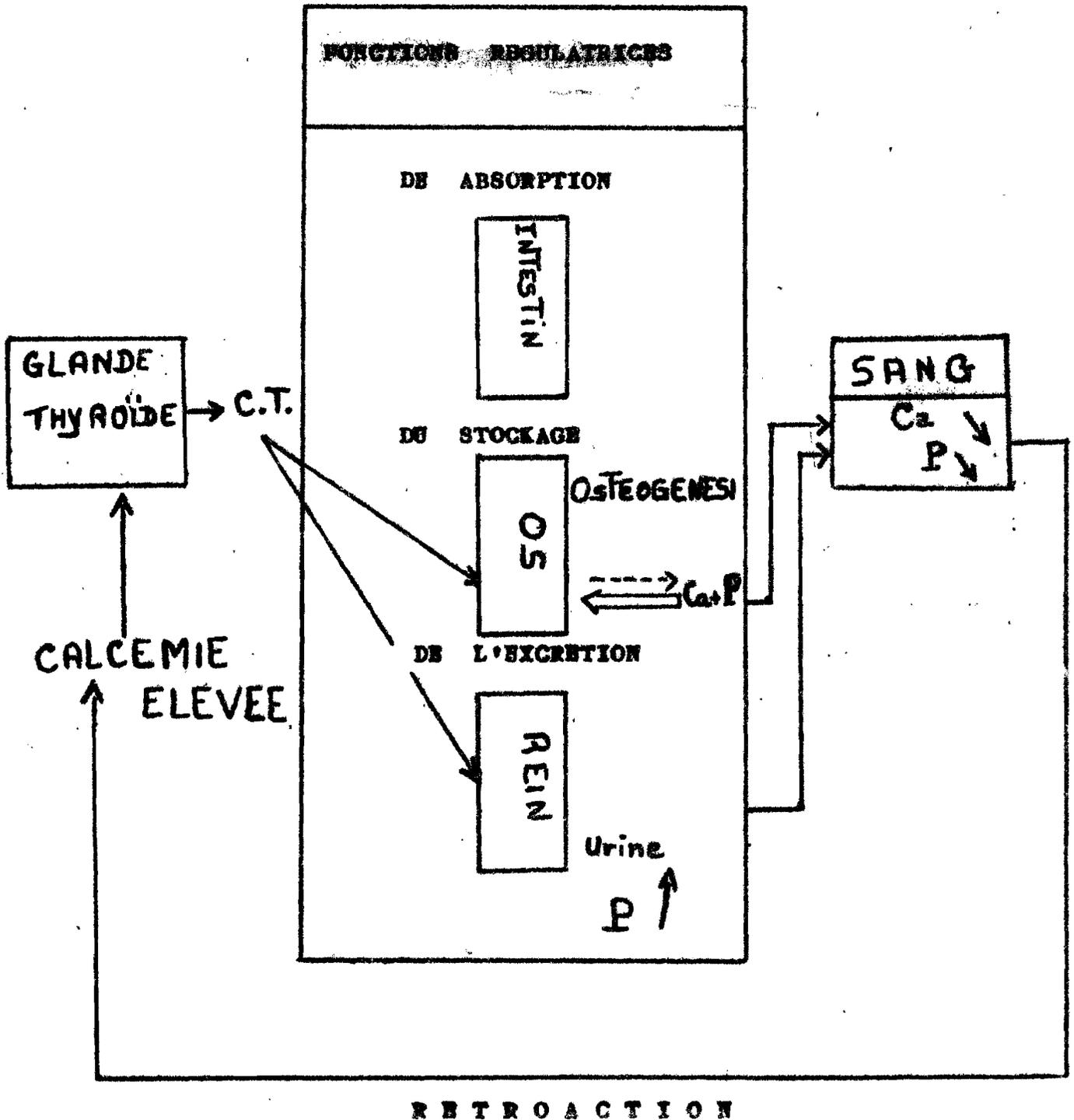


Schéma II :

ROLE DE LA PARATHORMONE



Source : Larvor, 1975



Le tableau n° XIII résume ces mécanismes régulateurs

	CALCIUM SANGUIN	PHOSPHORE SANGUIN	PHOSPHORE URINAIRE
PARATHORMONE	Augmente	Diminue	Augmente
CALCITONINE	Diminue	Diminue	Augmente
	Antagonisme	SYNERGIE	

## 2. La régulation alimentaire

De nombreux auteurs ont montré qu'une alimentation riche en phosphore et en calcium augmente la phosphorémie et éventuellement la calcémie (9), (58). L'équilibre phospho-calcique doit être respecté pour une bonne absorption du calcium (35). Les teneurs en minéraux des différents condiments doivent être satisfaisantes. Ceci a amené HEMINGWAY à faire l'étude critique de nombreux condiments minéraux (42).

Au Sénégal, des composés minéraux, pour la plupart d'importation, ont été proposés (22) et jugés satisfaisants. Cependant, leur coût élevé limite leur vulgarisation d'où la nécessité de penser à d'autres sources de minéraux moins coûteuses et aussi efficaces.

## II. LA PLACE DES PHOSPHATES DANS LES PRODUCTIONS ANIMALES

L'étude est limitée aux productions bovines, les recherches les plus importantes étant réalisées sur cette espèce.

## II.1 - La production bovine

En zone tropicale, la saison sèche fait subir aux animaux des pertes de poids liées à la pauvreté des pâturages durant cette période. En effet, la courbe de croissance des bovins a une allure particulière dite en "dent de scie". Ce phénomène est lié à la baisse du disponible fourrager.

En saison des pluies par contre, les animaux jouissant de pâturages abondants, font une croissance compensatrice. L'utilisation de l'alimentation phospho-calcique vise deux buts :

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

### II.1.1 - Les minéraux et les gains de poids

Les travaux de Calvet et collaborateurs ont permis de constater l'amélioration des gains de poids des bovins grâce à un apport excédentaire de sels minéraux (9). Leur âge variait entre quatre et cinq ans. Ces résultats confirment ceux de GUEGUEN (L) et MATHIEU (M) (39), (38) qui ont étudié l'utilisation des minéraux dans la ration par le veau.

Récemment, des travaux faits au CRZ de Dahra (27) ont montré l'efficacité d'une alimentation phospho-calcique, sur les gains de poids des animaux. Ces mêmes auteurs ont envisagé l'utilisation de phosphates moins coûteux pour une complémentation plus économique (24).

### II.1.2 - Les minéraux et les pertes de poids

Les résultats des travaux du centre de pré vulgarisation de supplémentation minérale de LABGAR (41) ont montré que les chutes de poids des animaux non complémentés durant la saison sèche pouvaient atteindre 30 kilogrammes de poids vif. Un apport de minéraux éviterait l'amaigrissement de 20 kg. DIALLO et collaborateurs (23), (25) ont confirmé ces résultats.

Ainsi, une complémentation minérale doit être retenue en saison sèche où les chutes de poids des animaux constituent des pertes énormes pour l'éleveur.

## II.2 - La production de lait

De nombreux auteurs (28), (72) ont montré l'effet d'une complémentation phospho-calcique sur l'augmentation de la production laitière. Cet effet augmente les besoins en phosphore et en calcium, de la vache laitière.

A Sangalkam (Sénégal), des expérimentations menées par le Laboratoire Nationale d'Elevage et de Recherches Vétérinaires (53) ont montré qu'une supplémentation minérale protidique, associée à une complémentation énergétique en saison sèche pouvait relever le niveau de la production laitière. L'influence des minéraux sur la production laitière est très nette.

## II.3 - La reproduction

Parmi les minéraux susceptibles d'influencer la reproduction, le phosphore et le calcium sont les plus importants.

En effet, le rôle de la déficience en phosphore dans l'étiologie de l'infécondité chez la vache a été souligné par GOURARI (33). C'est ainsi que FERRANDO (R), cité par ce même auteur entreprit d'améliorer la teneur des fourrages en phosphore, pour lutter contre cette pathologie.

CONRAD (J.H.) (16), rapporte les effets bénéfiques des suppléments minéraux sur la fécondité des bovins en BOLIVIE, BRESIL, COLOMBIE, PANAMA, PEROU, URUGUAY. Dans la zone sylvopastorale (Sénégal) (9) "les éleveurs furent surpris après 5 mois de supplémentation, par le nombre de femelles pleines". Des travaux plus récents entrepris au CRZ de Dahra (23), (25) ont confirmé l'effet positif de la complémentation phospho-calcique sur la reproduction.

Ces différents exemples illustrent l'intérêt d'une complémentation phospho-calcique dans les productions bovines. Au Sénégal, il faut déplorer l'insuffisance de travaux réalisés dans ce sens. Cette situation nous amène à insister sur les carences observées en zone sylvopastorale.

### III. ETIOLOGIE DES CARENCES OBSERVEES DANS LA ZONE SYLOPASTORALE

#### III.1 - Présentation de la zone sylvopastorale

La zone sylvopastorale ou Ferlo est une vaste plaine située dans la partie nord du Sénégal. Elle est limitée à l'Ouest par le littoral atlantique, au Nord et à l'Est par le fleuve Sénégal ; au Sud, au contact de la zone arachidière, la limite est imprécise, se situant approximativement au niveau d'une ligne oblique débutant à l'Ouest vers le 15ème parallèle pour s'infléchir à l'Est vers le 14ème.

Le climat est de type sahélo-soudanien. Il se caractérise par des températures généralement élevées pouvant atteindre 40 degrés au milieu de la saison sèche. Les précipitations sont faibles et débutent généralement en Août pour disparaître à la fin du mois de Septembre. Ces dernières années, les pluies sont interrompues par une sécheresse néfaste à la végétation.

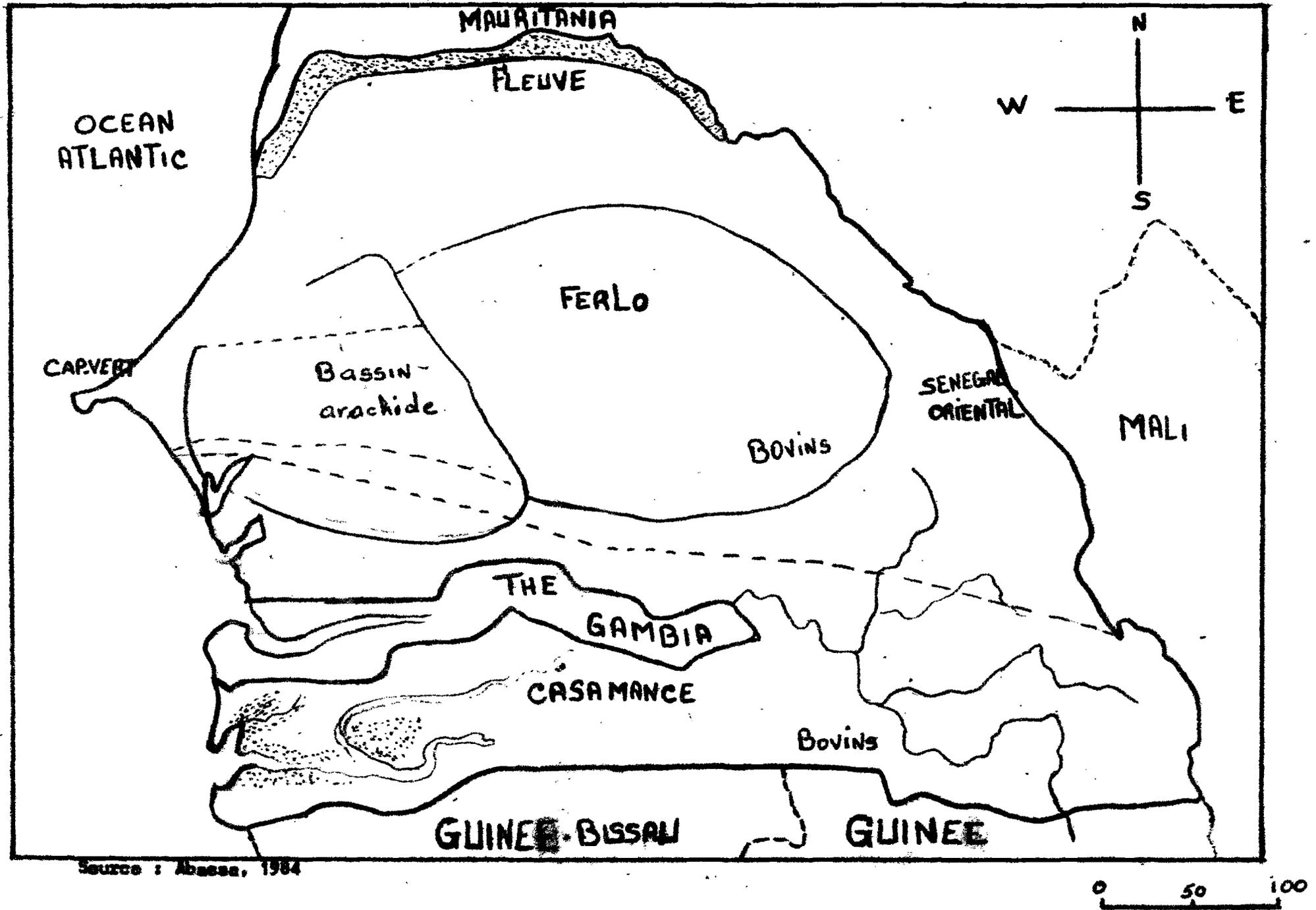
La vocation économique de cette région est essentiellement pastorale. On estime, en effet, dans cette zone les 2/3 du cheptel (bovin, ovin et caprin) du Sénégal (67).

Les Peulhs constituent le groupe ethnique dominant. Comme dans toutes les zones présahariennes, l'eau constitue le facteur limitant des peuplements. Ainsi, le mode d'élevage est dominé par la nécessité de la transhumance, à la recherche de mares, mais aussi de pâturages naturels. Actuellement, les aménagements hydrauliques importants amènent les éleveurs à se fixer autour des forages.

Cette sédentarisation a pour conséquence, la disparition progressive des pâturages autour des points d'eau. Ces transformations du milieu naturel jouent un rôle certain dans l'apparition des troubles nutritionnels.

Cette zone pastorale est représentée dans le schéma n° IV.

Schema IV : LOCALISATION DE LA ZONE SYLVO PASTORALE .



Source : Abassa, 1984

### III.2 - Situation alimentaire du bétail

Le pâturage naturel constitue l'alimentation exclusive du bétail. Il est constitué de végétation herbacée à laquelle s'ajoutent, occasionnellement, le feuillage de certains arbustes et les gousses d'acacia.

La longue saison sèche transforme les foins d'hivernage, en paille peu digeste et pauvre en éléments nutritifs. La mauvaise qualité de cette herbe est à l'origine d'une importante pathologie nutritionnelle, dominée par une carence en protéine, énergie, minéraux.

L'analyse bromatologique d'herbes de pâturage récoltées à Dahra a permis de constater une pauvreté de cette herbe en phosphore et calcium durant toute l'année. Les résultats de ces analyses sont regroupés dans le tableau n° XIV.

À la pauvreté des fourrages en phosphore, s'ajoute celle des eaux de forage (8). Cependant, l'amélioration obtenue par une supplémentation des troupeaux a permis de confirmer ces carences phospho-calciques et surtout, de montrer leur responsabilité dans l'apparition de certaines pathologies. Cette supplémentation doit être économique. Ainsi, l'utilisation de minéraux peu coûteux s'avère nécessaire.

Pourtant, le Sénégal produit des phosphates naturels qui peuvent apporter une solution au problème qui nous préoccupe. Cependant, ces minerais revêtent quelques particularités dont dépendent leur utilisation en alimentation animale.

TABLEAU N° XIV

ANALYSE MINERALE DES FOURRAGES RECOLTES A DAHRA

	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT	SEPT.	OCT.	NOV.
( Matières sèches en g par kg	950	940	933	881	934	946	955	-	931
( Phosphore en g par kg	0,70	0,90	-	1,13	2,94	-	0,80	0,62	0,49
( Calcium en g par kg	4,24	-	4,37	3,15	6,32	-	3,49	5,01	3,74

SOURCE : CRZ Dahra, rapport annuel, 1983

CHAPITRE III - PARTICULARITES DES PHOSPHATES DU SENEGAL EN RAPPORT  
AVEC LEUR UTILISATION DANS L'ALIMENTATION ANIMALE

Nous abordons ce chapitre en donnant la composition des différents types de phosphates produits au Sénégal. Quelques problèmes toxicologiques posés par ces minerais seront ensuite soulevés.

I. LA COMPOSITION DES PHOSPHATES DU SENEGAL

Les tableaux XV, XVI, XVII, montrent que les phosphates du Sénégal sont riches en phosphore et en calcium. Les taux d'oligo-éléments qu'ils contiennent, peuvent couvrir les besoins des animaux.

Ces microéléments ayant fait l'objet de plusieurs études sont indispensables à l'organisme (6), (16), (29), (30), (49).

La forte teneur en fluor des phosphates de Taïba et de Matam pourrait limiter leur utilisation en alimentation animale. Quant au phosphate de Thiès, de teneur plus faible, sa richesse en aluminium (antagoniste du fluor) (50), (73) pourrait éliminer tout risque d'intoxication. Cet aspect toxicologique fera l'objet d'une étude détaillée.

I.2 - Quelques problèmes toxicologiques posés par l'utilisation des  
phosphates naturels en alimentation animale

Nous limiterons notre étude à la toxicité du fluor des phosphates. Cependant, d'autres éléments (fer, aluminium, cadmium, etc...) peuvent être toxiques s'ils sont en excès dans la ration. Il y a deux types d'intoxications par le fluor : l'intoxication aiguë et l'intoxication chronique.

TABLEAU N° XV

COMPOSITION CHIMIQUE DES PHOSPHATES DE TAIBA

COMPOSITION CHIMIQUE	SYMBOLE	TENEUR EN P 100 DE MATIERE BRUTE
Anhydride phosphorique	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	37,6
Chlore	cl	0,02
Fluor	F	2,7
Chaux	CaO	51,49
Anhydride carbonique	CO <sub>2</sub>	1,80
Oxyde de fer	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,95
Oxyde d'aluminium	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,75
Titane	TiO <sub>2</sub>	0,02
Magnésie	MgO	0,10
Soude	Na <sub>2</sub> O	0,20
Potasse	K <sub>2</sub> O	0,07
Silice	SiO <sub>2</sub>	2,66
Eau + matières organiques	-	1,65
Oxygène du chlore + fluor	-	1,34
Non dosé	-	0,33

SOURCE : Dosage après enrichissement par la CSPT, 1982

TABLEAU N° XVI

PHOSPHATES DE THIES

COMPOSITION CHIMIQUE	SYMBOLE	TENEUR EN P 100
Acide phosphorique	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	29,5
Alumine	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30,5
Chaux	Ca O	9
Oxyde de fer	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10
Silice	Si O <sub>2</sub>	2,5
Titane	Ti O <sub>2</sub>	1,5
Fluor	F	0,8
Eau de constitution	-	15,5
Divers	-	0,7

SOURCE : Dosage effectué sur le minerai séché à 110°  
par la SSPT, 1975

TABLEAU N° XVII

PHOSPHATES DE MATAN

COMPOSITION CHIMIQUE	SYMBOLE	TENEUR
Phosphore	P	12,82 %
Calcium	Ca	35 56 %
Magnésium	Mg	0,36 %
Potassium	K	0,07 %
Sodium	Na	0,17 %
Fer	Fe	0,83 %
Aluminium	Al	1,58 %
Silice	Si	5,17%
Manganèse	Mn	245 PPM
Zinc	Zn	63 PPM
Cuivre	Cu	11 PPM
Nickel	Ni	142 PPM
Cobalt	Co	26 PPM
Chlore	Cl	165 PPM
Azote	N	0,08 %
Souffre	S	0,20 %
Carbone	C	0,90 %
Gaz Carbonique	CO <sub>3</sub>	3,72 %
Fluor	F	2,5 %

SOURCE : Cissé (L), 1983

Dosages effectués à MONTPELLIER

### I.2.1 - L'intoxication aiguë

L'intoxication fluorée aiguë est très grave. Elle est mortelle (la mortalité dépasse 50%). Le temps de latence est court. Cette pathologie survient après l'ingestion d'une dose massive de fluor et se manifeste par des troubles digestifs, nerveux, cardio-vasculaires. La dose mortelle chez l'homme est de 2 à 10 grammes de fluorure de sodium.

### I.2.2 - L'intoxication chronique

L'intoxication chronique apparaît à la suite d'ingestion répétée d'aliments riches en fluor ou à la suite d'inhalations quotidiennes de quelques dérivés du fluor (fluorose industrielle).

Connue depuis très longtemps sous le nom de fluorose, elle affecte le plus souvent les animaux vivant dans les régions phosphatières. Cette forme fera l'objet d'une étude détaillée chez les bovins.

#### I.2.2.1 - La fluorose bovine

##### A. Définition

La fluorose est due à l'ingestion de quantités importantes de fluor pendant une longue durée. La plupart des espèces sont sensibles mais les ruminants sont plus réceptifs (41).

Elle se manifeste par des symptômes généraux divers mais surtout par des troubles du métabolisme phospho-calcaïque qui se traduisent par des manifestations osseuses et dentaires. Les malades évoluent lentement vers un état cachectique et peuvent mourir s'ils ne sont pas abattus à temps.

##### B. Synonymie

Le nom de fluorose fut donné par BARTOLUCCI en 1912. Au Maroc, cette maladie est connue sous le nom de DARMOUS. C'est la maladie de VELU et SPEDER, la cachexie fluorique, le gaddur en Islande, le mottled teeth aux Etats-Unis, denti scritti en Italie, dientes veteados en Argentine, la maladie de l'usine en France parce qu'elle sévit autour des usines d'aluminium (2).

## C. L'étiologie de la fluorose bovine

### 1.- L'élément toxique

Des travaux pour déterminer l'agent responsable du DARMOUS, ont été conduits aussi bien au Maroc que dans d'autres pays. Dès le début du siècle, de nombreux auteurs ont signalé les effets nocifs des phosphates naturels sur le squelette et la reproduction (58).

Toutes ces observations ont amené VELU (44) à envisager l'hypothèse de la toxicité du minerai. C'est ainsi qu'il a essayé et réussi à reproduire la fluorose chez les rats puis chez les ovins par ingestion de phosphates naturels.

La similitude des manifestations du DARMOUS et celles observées lors de la fluorose industrielle (57) a dirigé les travaux dans le sens d'une étiologie fluorique. Le DARMOUS apparaît donc comme une intoxication par le fluor d'origine phosphatière.

### 2.- Le fluor

Le fluor est un métalloïde de poids moléculaire 19. Sa densité est de 1,265. Il se présente sous forme de gaz jaune-verdâtre. Il est d'odeur irritante et est dangereux à respirer. C'est un élément à réactivité chimique élevée. On le trouve dans la nature sous forme combinée. Il constitue 0,032 p 100 de l'écorce terrestre et appartient au septième groupe dans la classification de MENDELEIV. Il existe surtout sous la forme de fluore de calcium, de fluorapatite de cryolithe.

Il est utilisé dans la fabrication de certains insecticides, raticides. Le fluor est aussi utilisé comme antiseptique et dans la lutte contre les caries dentaires.

#### - Le cycle du fluor dans l'organisme

##### - L'absorption

La principale voie d'absorption est digestive. Elle commence au niveau des estomacs mais, c'est surtout dans les intestins où elle est la plus importante. Elle est rapide pour les dérivés fluorés solubles. Par contre, elle est lente et incomplète pour les dérivés peu solubles du fait de la présence de

certaines éléments tels que l'aluminium, le calcium et le magnésium qui se combinent au fluor pour donner des composés peu résorbables.

La voie respiratoire joue un rôle non négligeable dans la fluorose industrielle. Selon GODFRAIN (32), ce type d'affection a été à l'origine de l'identification de la fluorose humaine dans certaines régions d'Afrique du Nord et en Iran.

Une fois absorbé, le fluor est transporté par les sérum albumines. Le fluor ainsi véhiculé, s'accumule en grande partie dans l'organisme, le reste étant éliminé.

#### .- L'accumulation du fluor

90 à 95 p 100 du fluor retenu par l'organisme se trouve dans le squelette et les dents (44). Cette richesse en fluor des tissus durs résulte de l'affinité de cet élément pour le calcium et le phosphate calcique de l'os, avec lesquels il forme des molécules complexes de fluoro apatite.

#### .- Les os

Dans un premier temps, le fluor se dépose à la surface du cristal par des moyens d'échanges ioniques. Ce n'est que dans un deuxième temps, qu'il s'incorpore dans le cristal.

Selon SERRES et coll., la teneur en fluor d'un os normal peut atteindre 3 000 ppm (parties par million). Ces teneurs peuvent aller jusqu'à 20 000 ppm lors de fluorose avancée.

#### .- Les dents

Le fluor s'accumule dans la dent pendant sa formation. Ceci a été constaté par MOURAD (1) à la suite d'observations faites chez l'homme dans les régions de Kaolack et de Diourbel (Sénégal) (52).

#### .- Les organes mous

Les organes mous ne retiennent que des quantités très faibles de fluor. Ceci devrait rassurer les consommateurs des zones où sévit la fluorose,

qui pourraient penser à une toxicité éventuelle d'animaux ayant ingérés d'énormes quantités de fluor. Le tableau XVIII nous donne la teneur normale des différents tissus.

### 3.- L'élimination du fluor

L'élimination urinaire du fluor est la plus importante (44). Selon CROMBET (M) (19), elle est maximale huit jours après l'arrêt de l'ingestion. 33 à 60 p 100 du fluor ingéré chez les animaux adultes se trouvent dans les urines (44). La rétention osseuse du fluor étant élevée chez le jeune, celui-ci élimine moins cet élément que l'adulte (62). Ce fait est à rapprocher avec l'intensité accrue du métabolisme osseux lors de la croissance. Les fèces et la sueur constituent des voies accessoires lors de l'élimination du fluor.

#### - L'origine des fluoroses

Selon leur origine, on classe les fluoroses en trois groupes : les fluoroses industrielles, hydriques et telluriques.

##### 1.- Les fluoroses industrielles

Les fluoroses industrielles résultent de la pollution de l'environnement par les produits fluorés émanant de certaines usines utilisant des matières premières riches en cet oligo-élément (2). Ces usines, très nombreuses dans les pays développés mais les principales sont celles préparant l'aluminium par électrolyse d'oxyde d'aluminium, et celles utilisant les phosphates naturels pour la préparation de superphosphates et d'acide phosphorique.

##### 2.- Les fluoroses hydriques

Les fluoroses hydriques sont consécutives à la consommation d'eaux riches en fluor. Au Sénégal, ce problème n'est pas inconnu car des études réalisées par PANKA (P) et coll. (54) ont montré que la richesse des eaux en fluor est déterminante dans l'apparition de la fluorose dentaire dans la région de Kaolack.

TABLEAU N° XVIII

TENEURS EN FLUOR DES DIFFERENTS TISSUS CHEZ L'ANIMAL NORMAL

TISSUS	TENEURS (en ppm)
SQUELETTE	400 à 1200 (44) (59)
DENTS	500 à 800 (62)
ORGANES	0,7 à 3 (44)
SANG	≤ 0,20 à 0,30 (19) (52)
URINE	2 à 8 (21) (63)
LAIT	0,1 à 0,2 (44)

Pour ces mêmes auteurs :

- le taux normal de fluor dans les eaux est inférieur ou égal à 1 milligramme par litre,
- le taux pathologique est égal ou supérieur à 1,5 milligramme par litre.

### 3.- Les fluoroses telluriques /

Les fluoroses telluriques sévissent autour des volcans et des mines de phosphates. Les plus connues sont le DARMOUS en Afrique du Nord et le GADDUR en Islande.

Nous ne retiendrons dans cette étude que les fluoroses qui risquent de sévir chez les bovins au Sénégal c'est-à-dire le "DARMOUS" et celles qui se développent autour des usines d'acide phosphorique.

#### - Les facteurs de variation de la fluorose

La réaction des animaux à l'ingestion du fluor varie avec des facteurs intrinsèques et extrinsèques.

#### 1.- Les facteurs intrinsèques

##### \* la race

L'activité métabolique des laitières fait penser à leur grande sensibilité par rapport aux races à viande.

##### \* l'âge

Les jeunes sont plus sensibles que les adultes. L'activité toxique du fluor est maximale chez les jeunes et les conséquences plus graves.

##### \* l'individu

Comme dans toutes les affections, il existe pour la fluorose, des variations individuelles; Les facteurs héréditaires seraient en partie responsables.

\* l'espèce

Les ruminants sont les plus exposés à la fluorose en raison de la nature de leur régime alimentaire. Selon ALLCROFT et BURNS, cités par ZOUAGUI (62), l'ordre de sensibilité des espèces est le suivant : Bovins, Ovins, Caprins, Equins, Porcins, Volailles.

2.- Les facteurs extrinsèques

\* le taux de fluor dans la ration

Si la teneur du fluor est élevée dans la ration pendant une longue durée, la fluorose apparaît chez les animaux. Les manifestations sont d'autant plus graves que les quantités ingérées sont importantes.

\* la solubilité du dérivé fluoré

La toxicité est fonction de la solubilité du dérivé fluoré dans l'eau. Ainsi, le fluorure de sodium (soluble) est deux fois plus toxique que celui de calcium à quantité de fluor égale (50).

\* les facteurs hygiéniques

Une ration non équilibrée surtout en ce qui concerne le rapport phospho-calcique prédispose l'animal à la fluorose (57). La protection des animaux contre les vapeurs fluoriques émises par les usines baisse considérablement les risques de fluorose. Le stress et les maladies intercurrentes prédisposent les animaux à la fluorose, du fait de la baisse de résistance de l'organisme qu'ils entraînent.

- La dose maximale admissible (DMA)

DERIVAUX (21) fixe cette DMA à 1 mg par kg de poids vif et par jour. Pour ZUNDEL (63), cette dose pourrait atteindre 2 mg par kg de poids vif par jour. CHOMIENNE (12) en étudiant les phosphates naturels admet jusqu'à 3 mg par kg et par jour dans la ration des bovins. Lorsque ces doses sont dépassées, des manifestations apparaissent quelques temps après le début de l'ingestion du fluor.

#### D. Les symptômes et lésions de la fluorose

La fluorose se manifeste quelques temps après le début de l'ingestion du fluor. Ce temps de latence varie en fonction de la quantité ingérée. Cette intoxication se manifeste par des accidents osseux, dentaires, une baisse des productions, etc...

##### 1.- Les manifestations dentaires de la fluorose

Les signes dentaires sont les plus simples à mettre en évidence chez un animal atteint de fluorose (50).

Les dents deviennent crayeuses, rugueuses au toucher, présentant de petites cavités à fond marron ou noir. La fluorose est caractérisée par une chute prématurée des dents aussi bien chez l'homme que chez les animaux (52).

L'action toxique du fluor ne se manifeste sur la dent que pendant son développement. Le tableau XIX donne l'âge à laquelle les incisives sont sensibles chez les bovins.

Ainsi, un animal intoxiqué après l'âge d'éruption des dents ne manifestera pas les symptômes dentaires de la fluorose.

##### 2.- Les manifestations osseuses de la fluorose

La fluorose osseuse peut se manifester sous deux formes opposées : l'ostéopétrose et l'ostéoporose.

###### - l'ostéopétrose

L'ostéopétrose est une hypercalcification osseuse, caractérisée à la radiographie par une densification de l'os, qui devient dur mais fragile.

###### - l'ostéoporose

L'ostéoporose est une décalcification de l'os. Il devient friable, cassant d'où les fractures spontanées (19). A cela, s'ajoutent des hypertrophies osseuses de surface. Le calcium libéré, va imprégner le tissu conjonctif ou musculaire donnant ainsi, des productions osseuses anarchiques.

(Les très faibles doses conduiraient à l'ostéopétrose ; les doses plus fortes à l'ostéoporose entraînant une modification importante de l'état général de l'animal.

TABLEAU N° XIX

AGE D'ERUPTION DES INCISIVES ET AGE AUQUEL ELLES SONT PLUS SENSIBLES

TYPES D'INCISIVES	AGE D'ERUPTION (MOIS)	AGE AUQUEL LES DENTS SONT PLUS SENSIBLES (MOIS)
PINCES	18 à 24	6 à 15
1ère MITOYENNES	24 à 36	12 à 21
2ème MITOYENNES	36	24 à 27
COINS	36 à 48	24 à 36

SOURCE : (44), (62)

Ces manifestations osseuses sont plus tardives que les premières. Tous les animaux peuvent présenter des signes osseux, même ceux ayant échappé à la fluorose dentaire.

### 3.- Les autres manifestations

#### - les boiteries

La boiterie est le premier symptôme qui attire l'attention de l'éleveur. Elle serait probablement due à l'ossification des tendons et des articulations.

#### - la polyurie

Elle serait due à une irritation rénale (45) et serait en relation avec le rôle important que joue cet organe dans l'élimination du fluor.

#### - la cachexie

L'appétit de l'animal diminue, un état de sous nutrition s'installe. L'amaigrissement est progressif et spectaculaire. Cette cachexie peut devenir irréversible si le traitement ne se fait pas tôt. A ce stade, les productions de l'animal sont affectées, la croissance des jeunes animaux ralentit parfois même, s'arrête.

### E. La pathogénie de la fluorose

La pathogénie est le mécanisme intime d'action du fluor sur différents organes et tissus de l'organisme.

#### 1.- Au niveau de la dent

Le fluor remplace les radicaux hydroxyles (OH-) de la dent. L'action toxique sur les améloblastes entraîne la formation d'une matrice anormale, ce qui a pour conséquence, une minéralisation défectueuse et irrégulière de la dent

Cette hypoplasie serait due à la dégénérescence des améloblastes, entraînant ainsi, l'arrêt du développement des prismes de l'émail perturbant alors la formation d'un émail normal (52).

## 2.- Au niveau de l'os

Le fluor remplace les radicaux hydroxyles de l'os pour donner la fluoro apatite. Pour de nombreux auteurs (62), il en résulte une stimulation de l'activité des ostéoclastes et des ostéoblastes prédisposant les tendons et les structures péri-articulaires, à la minéralisation. Il y a alors formation d'exostoses accompagnées ou non de résorption osseuse au niveau de certaines zones.

On explique parfois, ces néo-formations osseuses comme un phénomène de compensation et de renforcement des zones où il y a eu résorption osseuse. Cette explication ne semble pas satisfaisante.

Ainsi, à concentration élevée, le fluor exerce une action stimulante sur les ostéoblastes avec formation d'exostoses au niveau du périoste et apparition d'ostéoporose. A concentration très faible, il se développe une ostéosclérose.

## 3.- Au niveau du rein

Le fluor exerce une action lésionnelle plus ou moins prononcée au niveau des cellules tubulaires (45). Ces troubles peuvent être à l'origine d'une néphrite chronique et d'une augmentation de la diurèse.

## F. Le diagnostic de la fluorose

Le diagnostic est basé sur un ensemble de données épidémiologiques, cliniques, lésionnelles et de laboratoires.

### 1.- Diagnostic épidémiologique

Au Sénégal, il a été constaté que seul l'homme est atteint de fluorose dans les régions de Kaolack, Diourbel et Thiès (50). Il faut cependant déplorer l'absence de travaux précis dans ce domaine, chez les animaux.

En Afrique du Nord et ailleurs, les animaux vivant ou ayant vécu dans les régions phosphatières ou autour des usines de traitement de phosphates et d'aluminium sont atteints de DARMOUS.

Ainsi, les données épidémiologiques permettent d'orienter le diagnostic.

## 2.- Diagnostic clinique et lésionnel

Le diagnostic clinique est basé sur la mise en évidence des manifestations de la fluorose. Les exostoses et les boiteries n'étant pas constants, les modifications dentaires constituent souvent le seul élément clinique pour le diagnostic de cette maladie. Encore, faut-il qu'elles existent, c'est-à-dire que le développement des dents de remplacement ait lieu en zone polluée.

## 3.- Le diagnostic au laboratoire

Le dosage du fluor dans les aliments, dans l'eau de boisson ne constitue qu'un élément de suspicion. Lorsque le taux de fluor dépasse une certaine limite (voir tableau) l'apparition des lésions dentaires est inévitable. Cependant, les taux sanguins, urinaires et surtout osseux permettent d'établir le diagnostic de l'ingestion excessive de fluor. MILHAUD et GODFRAIN ont proposé le tableau XX.

## C. Evolution et traitement de la fluorose

### 1.- L'évolution de la fluorose

Comme toutes les affections chroniques, la fluorose évolue lentement. Il y a d'abord une diminution de l'appétit entraînant un amaigrissement de plus en plus important de l'animal pour arriver à un état cachectique. Chez les jeunes, la croissance s'arrête à partir d'un certain moment.

### 2.- Le traitement de la fluorose

Il n'y a pas de traitement proprement dit. Il est conseillé de mettre à profit, l'affinité du fluor pour le calcium en injectant du gluconate de calcium. L'utilisation de l'alumine est susceptible de diminuer l'absorption intestinale de fluor réduisant ainsi, sa toxicité (44).

PROMAYRAT (57) propose un traitement hygiénique en apportant du phosphore dans l'alimentation. Cet auteur conseille l'utilisation de polyphos (14% phosphore, 7% calcium, 18% alumine). Un traitement homéopathique a été envisagé (12) mais n'a pas fait l'objet d'études poussées.

TABLEAU N° XX

DOSAGE DU FLUOR DANS L'URINE, LE SANG ET LE LAIT

RECHERCHE DU NIVEAU DE SECURITE DU FLUOR DANS L'ALIMENTATION

	Fluor dans l'urine en ppm	F dans le lait en ppm	F dans le sang en ppm
Conditions normales	2,27 à 6,03	jusqu'à 0,12	jusqu'à 0,30
Sans effets préjudiciables	3,78 à 11,29	jusqu'à 0,12	jusqu'à 0,30
Limite	8,04 à 14,78	0,08 à 0,15	0,15 à 0,40
Fluorose modérée	10,54 à 20,9	0,15 à 0,25	0,30 à 0,50

SOURCE : Milhaud (G) et Godfrain (JC), 1975

Dans les conditions normales, le taux de fluor sanguin de 0,30 est pour certains très élevé. C'est ainsi que CROMBET le fixe entre 0,18 et 0,20 (19).

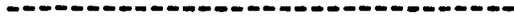
Finalement, la conduite à tenir devant un animal malade c'est son retrait dans la zone polluée. Si l'intoxication est avancée, il faut l'abattre. Cette étude a permis de connaître la fluorose et les conséquences qu'elle entraîne. Malgré la gravité de l'intoxication, certains auteurs proposent l'utilisation d'aliments riches en fluor.

### I.3 - Quelques essais d'utilisation de phosphates naturels pour l'alimentation bovine

SERRES et BERTAUDIÈRE (59) envisagent l'utilisation des phosphates naturels du Togo (3% de fluor) pour la complémentation phospho-calcique des bovins au Tchad. Les résultats issus de leurs travaux ont permis aux chercheurs du Laboratoire National d'Élevage et de Recherches Vétérinaires de Dakar, d'élaborer un programme proposant "l'utilisation discontinue des phosphates de Taïba pour une complémentation des bovins du Ferlo" (64).

Récemment, DIALLO et coll. (24) ont élaboré un protocole expérimental dans lequel les trois types de phosphates produits au Sénégal seront utilisés dans la fabrication de blocs urée-mélasse, pour la complémentation minérale et azotée des génisses GOBRA. Ces expériences cherchent à définir l'effet du fluor à long terme.

DEUXIEME CHAPITRE



EXPERIMENTATIONS



## INTRODUCTION

La deuxième partie de ce travail est consacrée à l'expérimentation, c'est-à-dire aux essais d'utilisation de phosphates produits au Sénégal dans l'alimentation bovine, afin de proposer un mode de distribution efficace et économique.

Une analyse chimique précèdera l'étude des effets des différents phosphates après quatre mois de distribution quotidienne, durant la période sèche. Ces travaux sont menés au Laboratoire National d'Elevage et de Recherches Vétérinaires et au Centre de Recherches Zootechniques de Dahra Dioloff.

### I. TRAVAUX MENES AU LABORATOIRE

Les différents échantillons de phosphates sont dosés au Laboratoire National d'Elevage et de Recherches Vétérinaires, avec la collaboration du service d'alimentation-nutrition. Ces travaux ont permis de déterminer la teneur en phosphore, calcium et fluor. Ces mêmes éléments sont recherchés dans le sérum des animaux qui ont reçu du phosphate.

En même temps, des échantillons sont envoyés au Bureau de Recherche Géologique et Minière (B.R.G.M.) et à l'Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaires des pays tropicaux (I.E.M.V.T) en France pour une confirmation de nos résultats et pour des tests de solubilité dans l'acide citrique des différents échantillons de phosphates produits au Sénégal.

#### I.1 - Matériel et méthodes

##### I.1.1 - Dosage du calcium dans les phosphates

###### 1.- Principe

Après minéralisation du produit, on précipite le calcium sous forme d'oxalate de calcium. Après séparation et lavage du précipité, on dose l'acide oxalique formé en milieu sulfurique, au moyen d'une liqueur titrée de permanganate de potassium.

## 2.- Appareillage

- Capsules en silice,
- Bain-marie,
- Etuve,
- Four à calcination,
- Erlenmeyer, fioles jaugées (1000 cm<sup>3</sup>), pipettes.

## 3.- Réactifs

Les réactifs utilisés sont les suivants :

- Solution saturée à froid d'oxalate d'ammonium (environ 6 p 100),
- Solution d'acide formique à 20 p 100,
- Solution d'acide sulfurique à 20 p 100,
- Eau ammoniacale saturée d'oxalate de calcium,
- Permanganate de potassium N/10,
- Acides nitriques et chlorhydriques concentrés.

## 4.- Mode opératoire

Pour chaque échantillon de phosphate, on pèse deux grammes dans de petites capsules en silice. Les capsules sont passées à l'étuve (105 à 110° C) durant 24 heures. On procède ensuite, à une deuxième pesée qui permet de déterminer la matière sèche. Les capsules sont ensuite replacées dans un four à calcination (550° C).

Après 24 h, elles sont retirées et placées au bain-marie. On passe ensuite à l'attaque (5 ml d'acide chlorhydrique, puis 5 ml d'acide nitrique). Laisser évaporer à sec puis ajouter 20 ml d'acide chlorhydrique concentré. Filtrer ensuite dans des fioles de 1000 ml (1 litre). Compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée. Une prise d'essai de 1 ml est effectuée et placée dans des erlenmeyers. Ajouter 50 à 100 ml d'eau distillée puis mettre quelques gouttes de rouge méthyl à 20%, d'ammoniaque à 20 p 100 et d'acide formique à 20 p 100.

Après quelques minutes d'ébullition, ajouter 10 ml d'oxalate d'ammonium. Laisser bouillir 3 à 5 minutes, puis laisser refroidir. Filtrer avec des filtres sans cendre.

Laver plusieurs fois avec de l'eau distillée, puis de l'ammoniaque à 10%. Remettre les entonnoirs sur les erlenmeyers d'origine, puis percer le filtre pour entraîner le précipité dans l'erlenmeyer. Laver avec de l'acide sulfurique chaud à 20 p 100 (25 à 30 ml). Ajouter de l'eau distillée dans les erlenmeyers après avoir enlevé les entonnoirs. Chauffer légèrement. Ajouter une pincée de sulfate de manganèse, puis verser goutte à goutte la solution titrée de permanganate de potassium jusqu'à la coloration rose persistante. La quantité de permanganate versée correspond à une certaine concentration en calcium. Les données sont traitées à l'ordinateur.

### I.1.2 - Dosage du phosphore dans les phosphates et dans le sérum sanguin

#### I.1.2.1 - Dans les phosphates (dosage colorimétrique)

##### 1.- Principe

Après minéralisation du produit, on combine le phosphore sous forme d'un complexe jaune, le phospho-vanadomolybdate d'ammonium (réaction de Misson). L'intensité de la coloration obtenue est proportionnelle à la quantité de phosphore se trouvant dans la solution.

##### 2.- Appareillage

- Capsules en silice,
- Four à calcination,
- Bain de sable,
- Spectrophotomètre Beckman-Modèle 24 et 25,
- Erlenmeyers, fioles de 1000 ml, pipettes, etc...

##### 3.- Réactifs

Les réactifs utilisés sont les suivants :

- Une solution de phosphate monopotassique contenant 1000 microgrammes de phosphore par millilitre. Dissoudre 4,34 g  $\text{P}_2\text{O}_5$  préalablement séché à l'étuve, dans un litre d'eau.

- Une solution de molybdate d'ammonium à 10 p 100. Dissoudre 100 g de molybdate d'ammonium dans de l'eau chaude et y ajouter 10 ml de  $\text{NH}_4\text{OH}$  pour assurer la conservation. Compléter à un litre avec de l'eau distillée.

- Une solution de métavanadate d'ammonium. Dissoudre à chaud, 2,35 g de métavanadate d'ammonium dans 400 ml d'eau. Ajouter lentement et en agitant, 7 ml de  $\text{HNO}_3$  ( $d = 1,38$ ). Compléter à un litre avec de l'eau distillée. Cette solution se conserve indéfiniment.

- Réactif nitrovanado-molybdique :

- 
- \* molybdate d'ammonium à 10 p 100 : 200 ml,
- \* solution de vanadate : 200 ml,
- \*  $\text{HNO}_3$  ( $D = 1,33$ ) : 192 ml.

Compléter à un litre avec de l'eau distillée ; cette solution se conserve au moins un an.

#### 4.- Le mode opératoire

##### - Minéralisation

Peser exactement 1 g de phosphates et mettre à l'étuve pour déterminer la matière sèche.

Calciner au four à  $550^\circ \text{C}$  jusqu'à obtention de cendres (environ 6 heures).

##### - Préparation de la solution

Prendre le résidu de la calcination par 5 ml d'acide chlorhydrique pur concentré et évaporer jusqu'à sec au bain de sable pour insolubiliser la silice.

Dissoudre le résidu dans 5 ml d'acide nitrique à 10 p 100 et faire bouillir durant 5 minutes au bain de sable sans aller à sec.

Filtrer sur papier sans cendre dans un ballon de un litre.

Laver à l'eau chaude.

Laisser refroidir.

Compléter à 1000 ml.

### - Dosage du phosphore

Dans des tubes à essai, ajouter :

- \* 10 ml de la solution à analyser,
- \* 10 ml de la solution nitrovanadomolybdique,
- \* homogénéiser et attendre au moins un quart d'heure,
- \* mesurer l'intensité de la coloration au spectrophotomètre à 430 m $\mu$  en comparant à un essai à blanc obtenu par l'addition de 10 ml de réactif à 10 ml d'eau.

Tracer la courbe étalon à l'aide de solutions contenant 5, 10, 20, 30 et 40 microgrammes de phosphore par ml (préparés à partir de la solution mère à 1000 Mg par ml) en ajoutant 10 ml de réactif à 10 ml de chacune des solutions étalons.

Toutes ces données introduites à l'ordinateur nous donnent la teneur en phosphore de la solution.

#### I.1.2.2 - Dans le sérum sanguin (méthode colorimétrique de BRIGGS)

##### 1.- Principe

Les orthophosphates donnent avec le réactif nitrovanadomolybdique de Misson, un complexe fortement coloré en jaune. La lecture spectrométrique à 420 manomètres permet un dosage très sensible du phosphore sérique.

##### 2.- Appareillage

- Tubes à essai de 50 ml,
- Tubes à centrifugation,
- Centrifugeuse,
- Spectrophotomètre BECKMAN - Modèle 24 et 25.

##### 3.- Reactif

Voir dosage colorimétrique du phosphore dans les phosphates.

##### 4.- Le mode opératoire

Après avoir prélevé le sang dans les tubes à essai, laisser reposer une à deux heures, puis centrifuger. Récupérer le sérum.

Faire une prise d'essai de un à deux millilitres. Ajouter de l'acide trichloracétique. Centrifuger à nouveau. Récupérer le surnageant. Faire une prise d'essai de 1 ml dans des tubes à essai ; ajouter le réactif de Misson. La lecture se faisant à 420 permet d'avoir la densité optique de la solution. Les données traitées à l'ordinateur donnent les teneurs en phosphore des différentes solutions.

### I.1.3 - Dosage du fluor

#### I.1.3.1 - Dans les phosphates (méthode colorimétrique)

##### 1.- Principe

Le fluorure peut être extrait de la solution, dans le cas où les substances interférentes ne peuvent être éliminées au cours du dosage direct. Le fluorure est séparé des autres parties constituantes de l'échantillon, par distillation, soit sous forme d'acide fluoro-silicique, soit sous forme d'acide fluorhydrique d'une solution acide, à point d'ébullition supérieure. L'adjonction de réactif donne une coloration proportionnelle à la concentration de la solution en fluorure.

##### 2.- Matériel

- Ballon de un litre,
- Becher,
- Tubes à essai,
- Réchaud.

##### 3.- Réactifs

- Alizarine sulfonate de sodium : 50 mg,
- Solution tampon de chlorure de Zirconium,
- Mélanger les deux solutions dans 250 ml d'eau distillée.

##### 4.- Le mode opératoire

Prélever 200 mg de phosphate. Introduire ce produit dans un ballon contenant 300 ml d'eau et 200 ml d'acide sulfurique concentré . Laisser bouillir à 160° C pendant 45 minutes environ.

L'acide fluorhydrique évaporée est recueillie dans un bécher. Ajouter 50 ml de soude. Transvaser la solution dans une fiole, puis compléter à 200 ml avec de l'eau distillée. Faire une prise d'essai de 10 ml dans un tube à essai, laisser reposer pendant 45 minutes, puis lire par comparaison visuelle, avec des solutions étalons, de concentration connue.

#### I.1.3.2 - Dans le sérum sanguin

Ce dosage utilise une technique ionométrique à l'aide de l'électrode spécifique de type Orion, Modèle 409. On fait une prise d'essai de 5 ml dans des béchers en plastique. Ajouter ensuite, 5 ml de Tissab pour stabiliser la solution. La lecture est directe.

#### I.2 - Les phosphates utilisés

Les trois types de phosphates produits au Sénégal ont été utilisés. Il s'agit des phosphates de Taïba, de Thiès et de Matam.

#### I.3 - Résultats

##### I.3.1 - Phosphore - Calcium - Fluor

50 échantillons de chaque phosphate sont dosés par la méthode précédemment citée. Les résultats sont regroupés dans le tableau XXI.

##### I.3.2 - Test de solubilité

Les tests de solubilité dans l'acide citrique sont effectués à l'IEMVT. Les résultats issus de ces tests sont regroupés dans le tableau XXII.

#### I.4 - Discussions

On note une très bonne concordance des résultats des dosages effectués dans trois laboratoires différents.

TABLEAU N° XXI

TENEURS EN P 100 DE MATIERES SECHES DES PHOSPHATES DU SENEGAL (P, Ca, F)

		L.N.E.R.V.	I.E.M.V.T.	B.R.G.M. DAKAR
PHOSPHATES DE TAIBA	P	15	13,91	15
	Ca	30	30,48	30
	F	-	-	3,5
PHOSPHATES DE THIES	P	14	13	14
	Ca	7	6	6,66
	F	-	-	0,7
PHOSPHATES DE MATAM	P	7	7,16	7
	Ca	32	31,24	31
	F	-	-	2,5

Les dosages au L.N.E.R.V. et au B.R.G.M. ont été effectués par nous-mêmes.

TABLEAU N° XYII

RESULTATS DES TESTS DE SOLUBILITE DANS L'ACIDE CITRIQUE DES PHOSPHATES  
DU SENEGAL

PHOSPHATE	SOLUBILITE EN P 100 DANS L'ACIDE CITRIQUE
TAIBA	44,96
THIES	32
MATAM	55,08

Ces tests sont effectués à l'Institut d'Élevage et de  
Médecine Vétérinaires des pays tropicaux

Le phosphate de Thiès, pauvre en calcium, présente l'inconvénient de donner un rapport phospho-calcique faible, peu favorable à l'absorption de phosphore.

Quant au phosphate de Matam, pauvre en phosphore et riche en calcium, il doit pouvoir, en mélange avec celui de Thiès, donner des résultats satisfaisant pour la complémentation minérale.

Le phosphate de Taïba a l'avantage de donner un rapport phospho-calcique satisfaisant ( 2). Cependant, le taux de fluor élevé (10 fois le taux règlementaire) est inquiétant.

Les résultats des tests de solubilité laissent prévoir une faible digestibilité du phosphate de Thiès. Les résultats de ces tests sont représentés dans un schéma proposé par GUEGUEN (schéma IV).

Le phosphate de Matam paraît intéressant par rapport aux autres sources de phosphore peu solubles. Quant au phosphate de Thiès, malgré sa faible digestibilité, il est pourtant utilisé en alimentation animale sous le nom de polyphos.

## II. ESSAIS DE DISTRIBUTION DES PHOSPHATES

### II.1 - Matériel et méthodes

#### II.1.1 - Les animaux

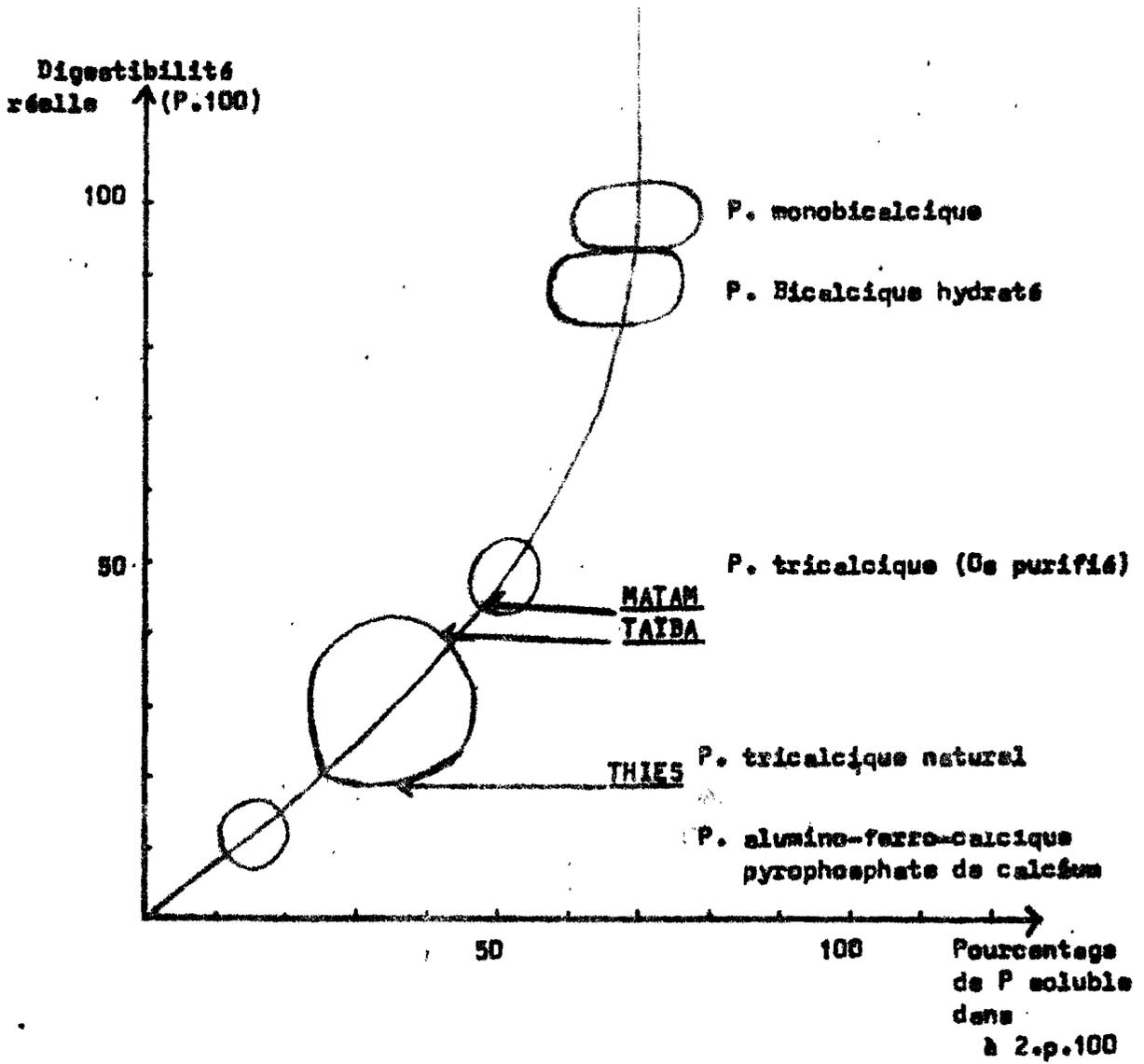
Les animaux sont des taurillons de race Gobra, âgés de 17 mois en moyenne. Seule, l'uniformité pondérale n'a pu être obtenue. Ils sont déparasités avant le début de l'expérience. Leur régime alimentaire est le plus proche possible de celui des troupeaux vivant en extensif : foin de pâturage, gousse et feuilles d'acacia, etc...

Les travaux portent sur 31 animaux :

- 10 animaux recevant le phosphate de Taïba,
- 10 animaux recevant le phosphate de Thiès,
- 11 animaux témoins.

Schéma IV :

RELATION ENTRE DIGESTIBILITE REELLE ET SOLUBILITE CITRIQUE  
DES SOURCES DE PHOSPHATE PEU SOLUBLES.



Source : GUEGUEN, 1975

Chaque animal porte au niveau de la cuisse un numéro correspondant à l'ordre qu'il occupe au centre de Dahra.

### II.1.2 - Les phosphates utilisés

Le phosphate de Matam est éliminé en raison de sa teneur en fluor comprise entre celle de Taïba (3,5 p 100) et celle de Thiès (0,7 p 100). La distribution quotidienne est de 50 grammes, soit environ 7 g de phosphore, 15 g de calcium et 1,75 g de fluor pour le phosphate de Taïba ; 0,35 g de fluor, 3,5 g de calcium et 7 g de phosphore pour le phosphate de Thiès.

### II.2 - Le protocole expérimental

Les animaux sont parqués dans trois enclos différents. Les lots recevant du phosphate de Taïba et de Thiès portent une corde et sont attachés tous les matins pour recevoir la dose quotidienne de phosphate, mélangé à un peu de son de mil (une pincée). Leurs cornes sont peintes respectivement en vert et en rouge.

Au début de l'expérimentation, il était prévu trois mois d'administration. Mais la distribution a été prolongée jusqu'à la tombée des premières pluies en raison de la non-apparition des lésions de fluorose. La distribution a duré 130 jours et les contrôles expérimentaux ont été les suivants :

- Pesées tous les 15 jours, pour suivre l'évolution pondérale des animaux,
- Examen de l'état clinique des animaux :
  - exploration des os canons, des côtes, des mandibules,
  - \* détection de boiteries et autres troubles.
- Examen des dents et surveillance de l'apparition des lésions dentaires, notées selon la convention indiquée par MILHAUD et GODFRAIN :
  - \* 0 = dents normales,
  - \* 1 = effet douteux,
  - \* 2 = effet léger, opacification légère de l'émail,

- \* 3 = effet modéré : opacification forte de l'émail, crayeux et strié,
- \* 4 = effet marqué, émail crayeux, érodé, portant de petites tâches brunes,
- \* 5 = effet excessif : larges érosions de l'émail, grandes tâches noires, usure excessive de la dent,
- \* 9 = dents de lait.

Les explorations ont eu lieu au début, au milieu et à la fin de l'expérience.

- Dosage du fluor et du phosphore sérique au début, au milieu et à la fin de la distribution. Un dernier prélèvement sera effectué à la fin de l'hivernage. Les prélèvements sont effectués sur cinq animaux de chaque lot.

## II.3 - Résultats et discussions

### II.3.1 - Evolution pondérale

Le tableau XXIII nous montre l'évolution du poids des différents lots durant toute la période de distribution (du 15 février au 25 juin) et en fin d'hivernage. Nous considérons quatre périodes durant cette expérimentation :

- de la 1ère à la 3ème pesée,
- de la 3ème à la 8ème pesée,
- de la 8ème à la 10ème pesée (arrêt de la distribution),
- à la fin de l'hivernage.

Le tableau XXIV permet de comparer les variations de poids moyen de chaque lot par période.

#### II.3.1.1 - Première période : 19 février - 19 mars

Les animaux des lots de Thiès et Taïba connaissent des pertes de poids au cours de cette période. L'effet du phosphate est peut-être masqué par le stress dû à la contention au cours des premières semaines.

TABLEAU N° XXIII

EVOLUTION PONDERALE DES ANIMAUX

PESEES LOTS	1 15 FEVRIER	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 30 SEPT.
THIES	$\bar{X} = 211,9$ $\sigma = 31$	$\bar{X} = 208,6$ $\sigma = 35$	$\bar{X} = 209,9$ $\sigma = 35$	$\bar{X} = 208,6$ $\sigma = 33,7$	$\bar{X} = 214,3$ $\sigma = 35,7$	$\bar{X} = 210,5$ $\sigma = 31,6$	$\bar{X} = 215,2$ $\sigma = 30$	$\bar{X} = 214,2$ $\sigma = 26,8$	$\bar{X} = 215,3$ $\sigma = 31,7$	$\bar{X} = 212,2$ $\sigma = 28$	$\bar{X} = 282,11$ $\sigma = 29$
TAIBA	$\bar{X} = 184,7$ $\sigma = 35$	$\bar{X} = 180,3$ $\sigma = 36$	$\bar{X} = 188,5$ $\sigma = 37$	$\bar{X} = 186$ $\sigma = 33,6$	$\bar{X} = 192,8$ $\sigma = 35$	$\bar{X} = 190,1$ $\sigma = 33$	$\bar{X} = 192,2$ $\sigma = 33$	$\bar{X} = 192,7$ $\sigma = 31$	$\bar{X} = 178,2$ $\sigma = 33$	$\bar{X} = 186,2$ $\sigma = 30,2$	$\bar{X} = 249,4$ $\sigma = 32$
TEMOIN	$\bar{X} = 224,3$ $\sigma = 31,3$	$\bar{X} = 231,4$ $\sigma = 33,4$	$\bar{X} = 230,1$ $\sigma = 30,5$	$\bar{X} = 230$ $\sigma = 32,3$	$\bar{X} = 234$ $\sigma = 33$	$\bar{X} = 224,6$ $\sigma = 35$	$\bar{X} = 230,2$ $\sigma = 30,4$	$\bar{X} = 234,9$ $\sigma = 28,4$	$\bar{X} = 230,9$ $\sigma = 26,7$	$\bar{X} = 225,1$ $\sigma = 27,1$	$\bar{X} = 278,7$ $\sigma = 27,8$

↑  
Début distribution

↑  
Arrêt distribution

$\bar{X}$  = moyenne du lot

$\sigma$  = écart type par rapport à la moyenne

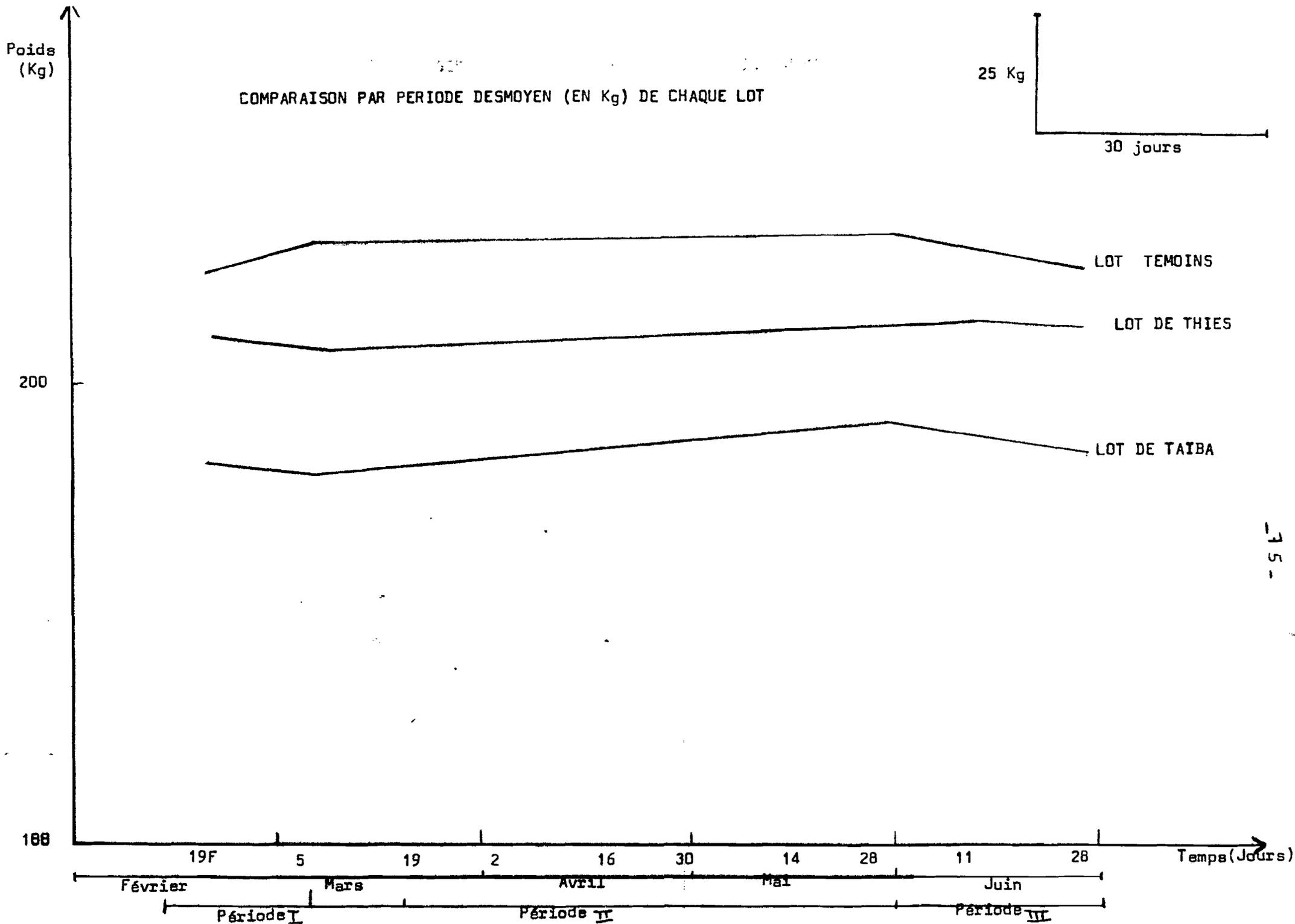


TABLEAU N° XXIV

COMPARAISON DES VARIATIONS DE POIDS MOYEN DE CHAQUE LOT PAR PERIODE

PERIODES VARIATIONS DES POIDS MOYENS (kg)	PERIODE I 19 FEV. - 19 MARS	PERIODE II 19 MARS - 28 MAI	PERIODE III 28 MAI - 28 JUIN	PERIODE IV 28 JUIN - 30 SEPT.
LOT THIES	- 2	+ 4,3	- 2	69,91
LOT TAIBA	+ 3,8	+ 4,2	- 6,5	63,2
LOT TEMOIN	+ 5,72	+ 4,8	- 9,8	53,6

#### II.3.1.2 - Deuxième période : 19 mars - 28 mai

Cette période se situe dans la deuxième partie de la saison sèche. Les animaux gagnent du poids. Ces gains sont sensiblement les mêmes pour tous les lots. L'examen visuel montre des animaux en bon état général.

#### II.3.1.3 - Troisième période

Des pertes de poids sont observées dans l'ensemble des lots. Cette période marque la fin de la saison sèche. Ces pertes sont prévisibles, les animaux subissant la crise de juin (23). Ces chutes de poids sont plus marquées par le lot témoin.

Nous pensons que le phosphate a eu un effet sur ces pertes de poids obligatoires, les animaux des lots de Taïba et Thiès ayant mieux résisté à cette crise.

#### II.3.1.4 - Quatrième période

C'est le début de l'hivernage, l'herbe de pâturage est abondante. Les animaux ne reçoivent plus du phosphate.

Vers la fin de l'hivernage, les animaux ont gagné du poids. Ces gains sont dus à la croissance compensatrice en saison des pluies.

Les lots de Thiès et de Taïba ont enregistré des gains supérieurs au lot témoin.

La non uniformité des poids des animaux, l'allure en "dent de scie" de la croissance des bovins excluent toute possibilité d'analyse statistique.

#### II.3.2 - Evolution de la phosphatémie

Le tableau XXV donne les résultats du dosage du phosphore inorganique dans le sérum sanguin.

La distribution de phosphates a entraîné une élévation de la phosphatémie, située nettement au-dessus de celle des témoins. Ce taux a baissé avec l'arrêt de la distribution pour le lot de Thiès mais il est resté au-dessus de celui des témoins.

TABLEAU N° XXV

EVOLUTION DE LA PHOSPHATEMIE

	ANIMAUX	PHOSPHATEMIE EN MG PAR LITRE			
		15 FEV.	02 AV.	06 JUIN	30 SEPT.
LOT THIES	6580	70,06	85,39	102,83	65,30
	6501	78,06	92,06	100,60	83,3
	6520	84,54	83,89	92,74	73,00
	6545	69,84	112,46	69,84	83,50
	6541	59,18	92,62	81,81	76,46
	Moyenne	72,34	93,48	89,56	76,31
	LOT TAIBA	6559	80,26	85,03	82,76
6573		59,86	90,70	82,50	99,20
6575		82,76	77,09	67,57	81,14
6594		55,78	114,73	107,9	92,30
6548		63,76	77,8	75,16	104,11
Moyenne		68,48	89,07	83,18	88,40
LOT TEMOIN		6529	-	73,01	58,95
	6579	66,14	58,95	65,30	94,60
	6516	59,14	70,51	64,20	76,00
	6509/B	68,44	67,75	64,96	111,62
	6588	46,48	71,65	72,33	71,50
	Moyenne	60,05	68,39	65,15	71,90

### II.3.3 - Evolution de la fluorémie

L'administration de phosphates entraîne une élévation sensible de la fluorémie.

Le lot de Thiès (0,27 ppm en moyenne) présente une fluorémie élevée par rapport à celle des témoins (0,16 ppm au maximum), mais reste tolérable.

Quant au phosphate de Taïba (0,60 ppm au maximum), il entraîne une fluorémie très élevée. C'est dans ce lot que quelques lésions dentaires ont été observées (chez deux animaux).

L'arrêt de la distribution de phosphate entraînerait selon CROMBET, une forte élimination de l'excès de fluor. Ainsi, les dosages réalisés en fin d'hivernage (3 mois après l'arrêt de l'administration) ont montré une baisse très importante de la fluorémie (0,20 ppm en moyenne) chez les animaux recevant du phosphate de Taïba.

Pour les animaux de Thiès, la fluorémie est restée basse. L'arrêt de la distribution entraîne l'élimination de l'excès de fluor dans le sang.

Le tableau XXVI illustre ces observations.

### II.3.4.- Examen de l'état clinique des animaux

Les animaux sont en bon état général, aucune lésion osseuse n'est décelée. Quelques cas de diarrhée ont été signalés. Leur origine reste indéterminée. Deux animaux du lot témoin ont souffert de troubles locomoteurs, survenus à la suite de chute pendant les prélèvements de sang. Un autre animal du lot témoin a été abattu à la suite de fracture, lors de l'exploration des os.

### II.3.5 - Etude des lésions dentaires

Les animaux sont jeunes, la plupart n'ont pas de dents adultes. Sur certains qui les ont, on a vu apparaître, au cours de la distribution, des colorations brunes au niveau des incisives. Ces colorations intéressent la partie inférieure des deux pinces adultes.

Le fait que ces lésions soient apparues chez les animaux recevant du phosphate de Taïba (3,5 p 100 de fluor), nous fait penser à la fluorose. Cependant, leur apparition sur les pinces (rarement atteintes) et la non uniformité de la coloration à la dent entière font penser à des dépôts d'origine alimentaire.

Les photos I et II montrent ces lésions.



Figure 1. A person holding a large, textured object.

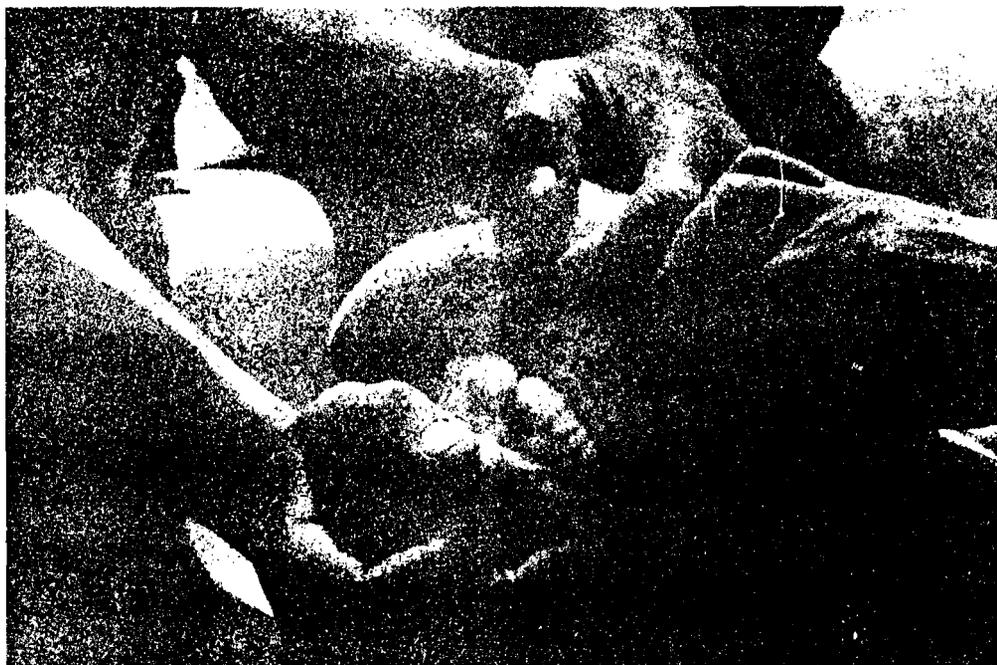


Figure 2. A person holding a large, textured object.

TABLEAU N° XXVI

EVOLUTION DE LA FLUOREMIE

-ANIMAUX	FLUOREMIE EN PPM (PARTIE PAR MILLION OU MG PAR LITRE)				
	15 FEV.	02 AVRIL	06 JUIN	30 SEPT.	
LOT THIES	6580	0,18	0,14	0,18	0,12
	6501	0,14	0,40	0,19	0,10
	6520	0,14	0,32	0,48	0,10
	6545	0,14	0,12	0,17	0,10
	6541	0,15	0,38	0,34	0,10
	Moyenne	0,15	0,26	0,27	0,10
LOT TAIBA	6559	0,13	0,32	0,48	0,34
	6573	0,42	0,44	0,60	0,31
	6575	0,10	0,40	0,48	0,13
	6594	0,13	0,42	0,38	0,11
	6548	0,16	0,13	0,36	0,13
	Moyenne	0,18	0,34	0,46	0,20
LOT TEMOIN	6529	-	0,30	0,12	0,20
	6579	0,16	0,15	0,14	0,10
	6516	0,16	0,12	0,12	0,10
	6509/B	0,15	0,12	0,13	0,11
	6588	0,13	0,13	0,16	0,11
	Moyenne	0,15	0,16	0,13	0,12

### II.3.6 - Conclusion

La distribution des phosphates de Taïba et de Thiès pendant la deuxième période de la saison sèche, entraîne une élévation sensible de la phosphatémie, située nettement au-dessus des témoins et de la fluorémie.

Un arrêt de la distribution s'accompagne d'une diminution de l'excès de fluor dans le sang.  
Le rôle important des phosphates naturels dans l'alimentation a été souligné par plusieurs auteurs. A cela, s'ajoute leur coût peu élevé qui rend cette complémentation très économique.

Le tableau XXVII nous donne les prix de quelques minéraux utilisés en alimentation animale.

TABLEAU N° XXVII

PRIX DES DIFFERENTS CONDIMENTS MINERAUX UTILISES AU SENEGAL POUR  
L'ALIMENTATION ANIMALE

PRODUIT	PRIX (CFA) PAR KG
Carbonate de calcium	60
Phosphate bicalcique	180
Poudre d'os (SERAS)	45
C.M.V. (SANDERS)	75
Phosphate de Taïba	15 à 20
Phosphate de Thiès	autour de 15

## CONCLUSION GENERALE

La rareté des fourrages et leur faible teneur minéraux font que les animaux souffrent une grande partie de l'année, d'une sous nutrition minérale particulièrement en saison sèche. Les carences en phosphore occupent une place importante dans cette pathologie.

Le coût élevé des minéraux importés destinés à l'alimentation constitue un frein considérable à la vulgarisation de la complémentation minérale.

Avec la diversité des phosphates naturels sénégalais, il nous a semblé important de faire le point sur leur qualité pour l'alimentation animale au Sénégal.

Le but de notre démarche est de définir un dialogue entre les responsables de l'élevage, la recherche zootechnique en particulier et les industriels des phosphates pour que nous puissions proposer à l'éleveur sénégalais (et Ouest Africain), une source de phosphore à la fois économique et efficace.

Les effets de la complémentation minérale sont nets sur l'évolution pondérale des animaux en saison sèche. Les troupeaux traités résistent mieux aux conditions défavorables et à de nombreuses maladies. L'état général s'améliore avec un rééquilibrage des divers paramètres biochimiques. Les pertes de poids obligatoires en saison sèche diminuent de façon significative.

Cependant, les phosphates que nous avons utilisés au cours de l'expérimentation (riches en phosphore, en calcium, en oligo-éléments) contiennent du fluor qui limite leur utilisation en alimentation.

A la suite de ces expérimentations, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1. L'administration durant quatre mois, de phosphates de Taïba et de Thiès entraîne une augmentation de la phosphatémie et de la fluorémie.
2. L'arrêt de la distribution pendant trois mois, s'accompagne d'une élimination de l'excès de fluor sanguin.

3. Quelques lésions dentaires sont observées chez les animaux ayant vu leurs dents adultes apparaître au cours de l'expérimentation.
4. Aucune lésion osseuse n'est décelée au cours de ce protocole de distribution et les animaux sont en bon état général à la fin de l'expérience.

Ces conclusions nous permettent de faire les propositions suivantes :

1. Distribuer à partir du mois de Février, les phosphates naturels de Taïba et pendant quatre mois.
2. Arrêter la distribution du phosphate de Taïba au début de l'hivernage pour permettre une élimination de l'excès de fluor dans l'organisme.
3. Le phosphate de Matam, de digestibilité intéressante, pourrait également faire l'objet d'une distribution discontinue.
4. Définir une technologie permettant d'incorporer ces phosphates dans l'aliment pour faciliter leur ingestion par l'animal (blocs mélasseurée ; son de mil, etc...).
5. Poursuivre les recherches à propos des phosphates de Thiès en visant à mettre à profit l'antagonisme fluor-alumine, en le mélangeant aux autres phosphates.

En effet, si les phosphates de Taïba peuvent être utilisés actuellement, une attention particulière doit être portée sur le phosphate de Thiès (14 p 100 de P, 7% de Ca, 0,7% de F). Ce composé bon marché, de coefficient d'utilisation digestive faible a l'avantage d'apporter du phosphore et de l'alumine (30,5%).

Des expérimentations sont souhaitables afin de définir un seuil d'ingestion maximal de ce phosphate.

Les résultats de ces expérimentations pourraient avoir un grand intérêt, et peut être leurs conclusions apporteront-elles une solution décisive au problème de certaines carences minérales actuellement fort préjudiciables à la rentabilité de l'élevage traditionnel.

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

- 1 - ABASSA (K.P.) - System approach to gobra zebu production in Dahra Senegal.  
Mémoire : Institut of food and agricultural science ;  
GAINVILLE (Florida) : 1984.
- 2 - ALARY (J.) - Contribution à l'étude de la pollution industrielle des  
dérivés minéraux du fluor.  
Thèse : Coct. Pharm : Paris : 1970.
- 3 - BECKER (R.B.) ; HENDERSON (J.R.) ; LEIGTY (R.B.) - Mineral malnutrition  
in cattle.  
Institute of Food and Agricultural science ;  
Bulletin 699 (Technical) : October 1965 - 54 p.
- 4 - BOUDET (G.) - Manuel pour les pâturages tropicaux et les cultures four-  
ragères.  
3<sup>ème</sup> éd. : Paris : IEMVT, 1978 - 258 p.
- 5 - BROCHART (M.) - La prévention de l'hypocalcémie vitulaire. Résultats  
d'une enquête effectuée sous les auspices du Jersey World  
cattle bureau.  
Ann. zoot., 1964, 1 (13) : 63-70.
- 6 - CALVET (H.) - Le botumisme animal au Nord Sénégal  
Econ. et méd. anim., Mars-avril 1971 : 119-129.
- 7 - CALVET (H.) - Les phosphates sont chers, évitez les excès de phosphore.  
Rev. élevage, juin 1974 : 41-46;
- 8 - CALVET (H.) - Les maladies nutritionnelles du bétail en Afrique noire.  
Econ. et méd. anim., 1971, 12 (2) : 63-77
- 9 - CALVET (H.) ; FRIOT (D.) et CHAMBRON (J.) - Influence des supplémen-  
tations minérales sur le croît et sur certains témoins  
biochimiques du métabolisme minéral chez les bovins  
tropicaux.  
Rev. élev. méd. vét. Pays trop. ; 1972, 25 (3) : 397-408
- 10 - CALVET (H.) ; FRIOT (D.) et GUEYE (I.S.) - Supplémentations minérales  
alimentaires et pertes de poids des zébus sahéliens en  
saison sèche.  
Rev. élev. méd. vét. Pays trop. ; 1976, 29 (1) : 59-66

.../...

11 - CALVET (H.) ; PICART (P.) ; DOUTRE (M.) et CHAMBRON (J.) - A phosphorose et botulisme au Sénégal.

1965  
Rev. élev. méd. vét. Pays trop., 18 (3) : 249-282

12 - CHOMIENNE (A.) - Etude expérimentale et essais de traitement d'une forme de fluorose bovine.

These : méd. vét. : Lyon : 1964 ; n° 23.

13 - CISSE (L.) - Etudes en condition pluviale et irriguée de l'efficacité des phosphates de Matam.

Bambey : CNRA, 1983. 22 p.

14 - CISSE (Nd. M.) - Carences minérales : Exploitation des résultats acquis pour l'ébauche d'un calendrier et d'une carte des carences au Sénégal.

Dakar : LNERV, 1984 .- 36 p.

15 - CISSE (Nd. M.) et FALL (S.T.) - Protocole d'étude des carences minérales en Moyenne Casamance.

Dakar : LNERV, 1984 .- 4 p.

16 - CONRAD (J.H.) - Phosphorus supplementation for increasing reproduction in cattle.

Presented at the Ruminant livestock production system seminar - Georgetown, Guyana, march 1, 1976 .- 12 p.

17 - CONRAD (J.H.), Mc DOWEL (L.R.), LOOSLI (J.K.) - Mineral deficiencies and toxicities for grazing ruminants in the tropics.

Presented at the international symposium of animal production in the tropics, University of Gezira, Wad Medani, Sudan February 21-25, 1981

18 - CONTY (J.) et Coll. - Bases techniques de la production porcine.

Paris : Institut technique du Porc - Série I, 1970

19 - CROMBET (M.) - Etude expérimentale de la fluorose caprine.

These : Med. vet. : Alfort 1980 ; n° 18

20 - DELANNE (J.) ; FERRANDO (R.) et GERVY (R.) - Enterite paratuberculeuse et fermure phosphatée.

Rec. Med. vet., 1963, CXXX (VIII) : 387-396

.../...

- 21 - DERIVAUX (J.) et LIEGEOIS (F.) - Toxicologie vétérinaire  
Paris : Vigot et frères, 1962 .- 332 p.
- 22 - DIA (P.I.) - Etudes pour la fabrication par le PDES0 de complément  
minéral vitaminé pour le bétail et les volailles.  
Tambacounda : PDES0, rapport mai 80.
- 23 - DIALLO (I.), GUERIN (H.), MBAYE (Nd.), MBAYE (M.) et NGOMA (A.)  
Effet du niveau de la complémentation minérale et azotée  
sur la productivité des troupeaux naisseurs de la zone  
sylvo-pastorale.  
Dakar : ISRA (ZOOVETO), rapport annuel 1982 x
- 24 - DIALLO (I.), NGOMA (A.) et DIOP (B.) - Utilisation des B.M.U.  
comportant trois sources de phosphates naturels (THIES, TAIBA,  
MATAM) dans un essai de complémentation destiné à des  
génisses Gobra en élevage extensif.  
DAHRA : CRZ, Février 1985 .- 14 p.
- 25 - DIALLO (I.), NGOMA (A.), SARR (A.), SALL (D.) - Effet d'une complémen-  
tation minérale et azotée sur la productivité des troupeaux  
naisseurs dans la zone sylvo-pastorale.  
DAHRA : CRZ, 1984 x.- 13 p.
- 26 - DIALLO (I.), NGOMA (A.), DIOP (B.) et GUEYE (D.) - Intérêt de  
l'utilisation des blocs solides à base de mélasse et  
d'urée, destinés à la complémentation du bétail recevant  
des fourrages pauvres.  
DAHRA : CRZ, 1984 .- 26 p.
- 27 - DIALLO (I.), SOW (R.), NGOMA (A.), SAGNA (I.), SALL (D.) - Complémenta-  
tion des taurillons gobra en extensif : Influence et intérêt  
du niveau alimentaire sur les performances de croissances.  
Dahra : CRZ, juin 1984 - 6 p.
- 28 - FARDEAU (J.H.) - Les compléments minéraux chez la vache laitière.  
These : Méd. vet. : Toulouse : 1979 ; n° 80.
- 29 - FERNANDO (R) - Besoins en digocéléments des animaux domestiques et les  
conséquences de leurs carences.  
Ann. nutr. alim. 1971, 25 : B<sub>231</sub> - B<sub>325</sub>

.../...

- 30 - FIELD (A.C.) - Some problems in determining dietary allowance of macro  
éléments for ruminants  
4<sup>eme</sup> Conférence internationale sur les minéraux St PETERSBURG  
(Florida), 14 janvier 1981.
- 31 - FRIOT (D.) et CALVET (H.) : Biochimie et élevage au Sénégal.  
Rev. élev. med. vet. pays trop. , 1973, 26 (4) : 75-98?
- 32 - GODFRAIN (J.C.) - De quelques problèmes vétérinaires de l'environnement  
Rev. med. vet., 1972, 123 (6) : 831-834.
- 33 - GOURABI (N.) - Aphasphorose des bovins : Contribution à l'étude de son  
étiologie et ses conséquences économiques et pathologiques.  
Thèse : Méd. vét. : Lyon, 1975 ; n° 14.
- 34 - GUEGUEN (L.) - Valeur comparée des phosphates minéraux comme source de  
phosphore pour les animaux.  
Ann. Zootech., 1961, 10 (3) : 177 et 196.
- 35 - GUEGUEN (L.) - Le métabolisme du calcium chez les ruminants "physiologie  
comparée des échanges calciques"  
Villeurbanne : siemep., 1973 : 68-78.
- 36 - GUEGUEN (L.) - Quelques facteurs nutritionnels influant sur l'acérétion  
osseuse et l'excrétion urinaire du calcium.  
"physiologie comparée des échange calciques  
Villeurbanne : siemep., 1973 : 80-87.
- 37 - GUEGUEN (L.) - Les composés minéraux liquides  
Doss. élev., 1979, 3 (3) : 27-35.
- 38 - GUEGUEN (L.) ; MATHIEU (M.) - L'utilisation des minéraux dans la ration  
par le veau. Influence du régime alimentaire.  
Ann. zoot., 1962, 11 (2) : 115-134.
- 39 - GUEGUEN (L.) ; MATHIEU (M.) - L'utilisation des éléments minéraux dans  
la ration par le veau. Influence de l'apport phospho-calcique.  
Ann. zoot., 1965, 14 (3) : 231-245.
- 40 - GUERIN (H.) ; MBODJ (G) - Effet de divers niveaux de complémentation sur  
la croissance des jeunes bovins en réélevage au ranch de Doli.  
Dakar : SODESP-LNERV, 1962 - 6 p.

.../...

- 41 - GUEYE (I.S.), FRIOT (D.) et CALVET (H.) - Valorisation du cheptel bovin en zone sylvopastorale du Sénégal.  
Rapport définitif concernant les résultats obtenus au Centre de pré vulgarisation de supplémentation minérale de Labgar  
DAKAR : Direction Santé et Production animale du Sénégal,  
1973 .- 63 p.
- 42 - HEMINGWAY (R.C.) - Suppléments minéraux pour le bétail  
Journal of food and agriculture, 1963, 14 : 66-75
- 43 - ICRE (J.R.) - Contribution à l'étude de la fluorose bovine  
Thèse Méd. Vét. Toulouse, 1955 ; n° 46
- 44 - KESSABI (M.) - Métabolisme et biochimie toxicologique du fluor : Une revue  
Rec. Méd. Vét., 1984, 135 (8-9) : 497-510
- 45 - KESSABI (M.) et BRAUN (J.) - Néphortoxicité du fluor : Une revue  
Rec. Méd. Vét., 1981, 157 (5) : 435-439
- 46 - LARVOR (P.) et GUEGUEN (L.) - Composition chimique de l'herbe et tétanie d'herbage.  
Annales de zootechnie, 1963, 12 (1) : 39-52
- 47 - LERMAN (S.), KRIZEVAN (S.), MILICIC (P.) - Emploi du polyphos dans l'alimentation des bovins et des porcs  
KRIMA : Septembre 1976 .- 9 p.
- 48 - LITTLE (D.A.), M.V.Sc. - Factors of importance in the phosphorus nutrition of beef cattle in the Northern Australia.  
Australian Vét. Journal, 1970, 46 : 241-248
- 49 - Mc DOWEL (L.R.), CONRAD (J.H.), LOOSLI (J.K.), MORILLO (D.)  
Results of mineral research in Latin America  
Latin America Short course, 1979 .- 18 p.
- 50 - MILHAUD (G.) et GODFRAIN (J.C.) - La fluorose bovine d'origine industrielle  
Rec. Méd. Vet., 1975, 191 (5) : 265-272

- 51 - MONGODIN (B.) et TACHER (G.) - Manuel d'alimentation des ruminants domestiques .- 2è éd. - Paris : IEMVT, 1983 .- 167 p.
- 52 - MOURAD (I.) - Contribution à l'étude de la fluorose : Comparaison des volumes des dents au sein d'une population libanaise au Sénégal.  
Thèse : Chirur. dent., Dakar : 1983 ; n° 14
- 53 - NDONG (B.) - Exploitation du lait et des produits laitiers au Sénégal  
Thèse : Méd. vét. : Dakar : 1982 ; n° 22
- 54 - PANKA (P.O.), MOREAU (J.L.), NDIAYE (R.) - Fluorose dentaire et teneur des eaux en fluor dans la région de Kaolack (Sénégal)  
Rev. Afrique Médicale, 200, 1982 : 317-326
- 55 - PAULING (L.) - Introduction à la chimie descriptive et à la chimie théorique moderne  
Paris : DUNOD - 2è éd. 1963 .- 728 p.
- 56 - PINANTEL (H.) - Contribution à l'étude du microdosage de l'ion F<sup>-</sup>, et des signes biologiques de son action toxique chronique.  
Thèse : Pharm.: Lyon ; n° 39
- 57 - PROMAYRAT (B.M.M.) - Etudes sur la fluorose bovine en Mauricienne  
Thèse : Méd. Vét. : Toulouse, 1969 ; n° 13
- 58 - SALASON (A.) - Contribution à l'étude de la phosphorémie et de la calcémie chez les bovins à l'état normal et pathologique.  
Thèse : Méd. vét. : Lyon : 1959 ; n° 7.
- 59 - 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.
- 60 - THIONGANE (Y.) - Contribution à l'étude de l'alimentation minérale des besoins au Sénégal. "Les macro éléments"  
Thèse : Méd. vét. : Dakar 1982 ; n° 23.
- 61 - VALDIVIA (B.), AMMERMAN (C.B.), HENRY (P.R.) - Effet of dietary aluminium and phosphorus utilization and tissue mineral composition in sheep.  
J. of anim. science, 1982, 55 (2) : 402-410.

.../...

- 62 - ZOUAGUI (H.) - Contribution à l'étude de la fluorose chez les grands et petits ruminants au Maroc.  
Thèse : Méd. vét. : Toulouse : 1973 ; n° 53.
- 63 - ZUNDEL (G.) - Critique de la thèse de E.W. ALTHER.  
"Recherches chimiques et biologiques sur la fluorose chez le boeuf"  
Rec. méd. vét., 1963, CXXXIX : 59-67

A N O N Y M E S

- 64 - LABORATOIRE NATIONAL D'ELEVAGE ET DE RECHERCHES VETERINAIRES - Protocole prévisionnel concernant "l'utilisation des phosphates naturels dans l'alimentation des bovins tropicaux".  
Dakar : LNERV, 1984 - 6 p.
- 65 - LABORATOIRE NATIONAL D'ELEVAGE ET DE RECHERCHES VETERINAIRES - Mise au point des blocs à lécher mélasse - urée - minéraux pour la complémentation au pâturage, des ruminants de l'élevage extensif.  
Dakar : LNERV, 1984 - 8 p.
- 66 - ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE - Les méthodes analytiques - Bureau régional OMS pour l'Europe, 1978 : 97-98.
- 67 - SENEGAL - DIRECTION DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE - Schéma national de l'aménagement du territoire : version préliminaire.  
Dakar : DAT, 1984 - 750 p.
- 68 - SENEGAL. DIRECTION DE LA METEOROLOGIE - Climatologie de la pluviométrie au Sénégal suivi automatisé de l'hivernage, application aux fourrages.  
Dakar : DM, 1983 - 18 p photocopiées
- 69 - SENEGAL - DIRECTION DES MINES ET DE LA GEOLOGIE - Rapports d'activités de 1976 à 1982.  
Dakar : DMG, 1984.
- 70 - SENEGAL. INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES - Centre de recherches zootechniques de Dahra - Rapport annuel 1983.

.../...

- 71 - SENEGAL. MINISTERE DU COMMERCE - Decret 74-1003 du 30.10.74, fixant la nomenclature et réglementant le commerce des aliments pour animaux d'élevage.  
J.O.R.S. n° 4394 du 14 Déc. 1974.
- 72 - SOCIETE D'ETUDES ET D'APPLICATION DES MINERAIS DE THIES - Le polyphos dans l'alimentation des vaches laitières. 1975 - 8 p.
- 73 - SOCIETE D'ETUDES ET D'APPLICATION DES MINERAIS DE THIES - Le fluor des polyphos - Normes d'utilisation. 1976 - 4 p.
- 74 - SOCIETE SENEGALAISE DES PHOSPHATES DE THIES - Le polyphos : phosphate spécial pour l'alimentation animale.  
Bulletin de liaison de la SSPT, 1975.

CSPT

P L A N

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE : GENERALITES

CHAPITRE I - IMPORTANCE DES PHOSPHATES DANS L'ECONOMIE DU SENEGAL..... 5

- I. Introduction
- II. Historique et répartition géographique..... 5
- III. Production ✓
- IV. Commercialisation et problèmes..... 7
  - IV.1 - Qualité du produit ✓
  - IV.2 - La demande extérieure
  - IV.3 - Fluctuation des prix
- V. Place de l'industrie du phosphate dans l'économie du Sénégal..... 9

CHAPITRE II - ROLE DES PHOSPHATES DANS L'ALIMENTATION ANIMALE..... 11

- I. Quelques rappels de physiologie et de nutrition..... 11
  - I.1 - Formes du P et du Ca dans l'organisme
  - I.2 - Les carences phospho-calciques et leurs conséquences pathologiques
    - I.2.1 - Troubles osseux
    - I.2.2 - Troubles névrotiques
  - I.3 - Les besoins phospho-calciques et leur couverture
    - I.3.1 - Besoins en P et en Ca
    - I.3.2 - Couverture des besoins
  - I.4 - Le métabolisme phospho-calcique
    - I.4.1 - Digestibilité du P et du Ca
    - I.4.2 - Absorption et devenir du P et du Ca dans l'organisme

II. Place des phosphates dans les productions animales.....	35
II.1 - La production bovine	
II.1.1 - Minéraux et gains de poids	
II.1.2 - Minéraux et pertes de poids	
II.2 - La production de lait	
II.3 - La reproduction	
III. Etiologie des carences observées dans la zone sylvo-pastorale.....	38
III.1 - Présentation de la zone sylvo-pastorale	
III.2 - Situation alimentaire du bétail	

CHAPITRE III - PARTICULARITES DES PHOSPHATES DU SENEGAL EN RAPPORT AVEC LEUR  
UTILISATION DANS L'ALIMENTATION ANIMALE..... 42

I. La composition des phosphates du Sénégal	
II. Quelques problèmes toxicologiques liés à l'utilisation des phosphates en alimentation	
II.1 - L'intoxication aiguë	
II.2 - L'intoxication chronique : la fluorose bovine	
II.3 - Quelques essais d'utilisation des phosphates naturels pour l'alimentation bovine	

DEUXIEME PARTIE : EXPERIMENTATIONS..... 60

I. TRAVAUX MENES AU LABORATOIRE..... 61

I.1 - Matériel et méthodes

I.1.1 - Dosage du calcium dans les phosphates

I.1.2 - Dosage du phosphore

I.1.2.1 - Dans les phosphates

I.1.2.2 - Dans le serum sanguin

I.1.3 - Dosage du fluor

I.1.3.1 - Dans les phosphates

I.1.3.2 - Dans le serum sanguin

I.2 - Les phosphates utilisées

I.3 - Résultats

I.3.1 - Phosphore, calcium, fluor

I.3.2 - Test de solubilité

I.4 - Discussions

II. ESSAIS DE DISTRIBUTION DES PHOSPHATES..... 70

II.1 - Matériel et méthodes

II.1.1 - Les animaux

II.1.2 - Les phosphates utilisés

II.2 - Le protocole expérimental

II.3 - Résultats et discussions

II.3.1 - Evolution pondérale

II.3.2 - Evolution de la phosphatémie

II.3.3 - Evolution de la fluorémie

II.3.4 - Examen de l'Etat clinique

II.3.5 - Etude des lésions dentaires

II.3.6 - Conclusion

CONCLUSION GENERALE..... 84

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".

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