

ANNEE 1995



N° 22

ECOLE INTER-ETATS
DES SCIENCES ET MEDECINE
VETERINAIRES DE DAKAR
BIBLIOTHEQUE

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'INFLUENCE
DES NIVEAUX D'APPORT EN CALCIUM ET EN
PHOSPHORE SUR LA CALCÉMIE ET LA PHOSPHATÉMIE
DE LA CHEVRE DU SAHEL A DIFFERENTS STADES
PHYSIOLOGIQUES

THESE :

Présentée et soutenue publiquement le 1^{er} Juillet 1995
devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar
pour obtenir le grade de DOCTEUR VETERINAIRE
(DIPLOME D'ETAT)

par :

Roger NGAMBIA FUNKEU
Né le 28 Décembre 1965 à EBOLOWA (CAMEROUN)

- Président du jury : **Monsieur Pape Demba N'DIAYE**
Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar
- Rapporteur : **Monsieur Germain Jérôme SAWADOGO**
Professeur à l' E. I. S. M. V. de Dakar
- Membres : **Monsieur Papa El Hassane DIOP**
Professeur à l' E. I. S. M. V. de Dakar
- Monsieur Bhen Sikina TOGUEBAYE**
Professeur Titulaire à la Faculté des Sciences et Techniques de Dakar
- Monsieur Mamadou BADIANE**
Maître de Conférences à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar
- Directeur de Thèse : **Monsieur Gbeukoh Pafou GONGNET**
Maître - Assistant à l' E. I. S. M. V. de Dakar

**ECOLE INTER-ETATS DES SCIENCES ET MEDECINE
VETERINAIRES DE DAKAR**

BP. 5077 - Tél. 23.05.45 - Télécopie : 25 42 83 - Télex 51 403 INTERVET SG

ANNEE UNIVERSITAIRE 1994 - 1995

COMITE DE DIRECTION

1. - DIRECTEUR

Professeur François Adébayo ABIOLA

2. - DIRECTEUR ADMINISTRATIF ET FINANCIER

Monsieur Jean Paul LAPORTE

3.- COORDONNATEURS

* Professeur Malang SEYDI

Coordonnateur des Etudes

* Professeur Justin Ayayi AKAKPO

Coordonnateur des Stages et Formation

Post - Universitaires

* Professeur Germain Jérôme SAWADOGO

Coordonnateur Recherche - Développement

B - DEPARTEMENT SANTE PUBLIQUE ET ENVIRONNEMENT

CHEF DE DEPARTEMENT

Professeur Louis Joseph PANGUI

1. - Hygiène et Industrie des denrées Alimentaires

d'Origine Animale (HIDAOA)

Malang SEYDI	Professeur
Mamadou DIAGNE	Moniteur
Penda SYLLA (Mlle)	Docteur Vétérinaire vacataire

2. - Microbiologie-Immunologie-Pathologie Infectueuse

Justin Ayayi AKAKPO	Professeur
Jean OUDAR	Professeur
Rianatou ALAMBEDI (Mme)	Assistante
Mamadou Lamine GASSAMA	Moniteur

3. - Parasitologie-Maladies Parasitaires-Zoologie Appliquée

Louis Joseph PANGUI	Professeur
Komlan Dégnon DJIDOHOUN	Moniteur

4. - Pathologie Médicale-Anatomie Pathologique

Clinique Ambulante

Yalacé Yamba KABORET	Maître - Assistant
Pierre DECONINCK	Assistant
Félix Cyprien BIAOU	Moniteur
Mamadou Abibou DIAGNE	Moniteur
Fabien HABYARIMANA	Docteur Vétérinaire Vacataire

5. - Pharmacie- toxicologie

François Adébayo ABIOLA	Professeur
Mireille cathérine KADJA (Mlle)	Moniteur

II - PERSONNEL VACATAIRE (prévu)

. Biophysique

René NDOYE

Professeur

Faculté de Médecine et de Pharmacie

Université Cheikh Anta DIOP de Dakar

Sylvie GASSAMA (Mme)

Maître de Conférences Agrégé

Faculté de Médecine et de Pharmacie

Université Cheikh Anta DIOP de Dakar

. Botanique

Antoine NONGONIERMA

Professeur

IFAN- Institut Cheikh Anta DIOP

Université Cheikh Anta DIOP de Dakar

. Pathologie Médicale du Bétail

Magatte NDIAYE

Docteur Vétérinaire Chercheur

Laboratoire de Recherches Vétérinaires

de Hann DAKAR

. Agro-Pédologie

Alioune DIAGNE

Docteur Ingénieur

Département "Sciences des Sols"

Ecole Nationale Supérieure

D'agronomie (ENSA) Thiès

. Sociologie

Oussouby TOURE

Sociologue

. HIDAOA

Abdoulaye DIOUF

Ingénieurs des Industries Alimentaires

Chef de la Division Agro-alimentaire

de l'institut Sénégalaise de

Normalisation (ISN) DAKAR

III - PERSONNEL EN MISSION (prévu)

. Parasitologie

Ph. DORCHIES

Professeur
ENV - TOULOUSE

M. KILANI

Professeur
ENMV - SIDI THABET

. Anatomie Pathologie Générale

G. VANHAVERBEKE

Professeur
ENV - TOULOUSE

. Anatomie

A. H. MATOUSSI

Maître de Conférences
ENMV - SIDI THABET

. Pathologie des Equidés et Carnivores

A. CHABCHOUB

Maître de Conférences
ENMV - SIDI THABET

. Zootechnie-Alimentation

A. BEN YOUNES

Professeur
ENMV - SIDI THABET

A. GOURO

Maître de Conférences
Université du Niger

. Denréologie

J. ROZIER

Professeur
ENV - ALFORT

A. ETTRIQUI

Professeur
ENMV - SIDI THABET

. Physique et Chimie Biologiques et Médicales

P. BENARD

Professeur
ENV - TOULOUSE

. Pathologie Infectueuse

J. CHANTAL

Professeur

ENV - TOULOUSE

M. BOUZGHAIA

Maître de Conférences

ENMV - SIDI THABET

. Pharmacie-Toxicologie

J. PUYT

Professeur

ENV - NANTES

L.EL BAHRI

Professeur

ENMV - SIDI THABET

IV - PERSONNEL ENSEIGNANT C.P.E.V

1 - Mathématiques

Samba NDIAYE

Assistant

Faculté des Sciences UCAD

Statistiques

Ayao MISSOHOU

Assistant

EISMV

2 - Physique

Issakha YOUM

Maître de Conférences

Faculté des Sciences UCAD

Chimie Organique

Abdoulaye SAMB

Professeur

Faculté des Sciences UCAD

Chimie Physique

Sérigne Amadou NDIAYE

Maître de Conférences

Faculté des Sciences UCAD

Alphonse TINE

Maître de Conférences

Faculté des Sciences UCAD

Chimie

Abdoulaye DIOP

Maître de Conférences

Faculté des Sciences UCAD

3 - Biologie Physiologie Végétale

Papa Ibra SAMB

Chargé d'Enseignement

Faculté des Sciences UCAD

Kandioura NOBA

Maître - Assistant

Faculté des Sciences UCAD

4 - Biologie Cellulaire
Reproduction et Génétique
Omar THIAW

Maître de Conférences
Faculté des Sciences UCAD

5 - Embryologie et Zoologie
Bhen Sikina TOGUEBAYE

Professeur
Faculté des Sciences UCAD

6 - physiologie et Anatomie
Comparée des vertébrés
Cheikh Tidiane BA

Chargé d'Enseignement
Faculté des Sciences UCAD

7 - Anatomie et Extérieur
des animaux domestiques
Charles Kondi AGBA

Maître de Conférences
Agrégé - EISMV

8 - Géologie
A. FAYE
R. SARR

Faculté des Sciences UCAD
Faculté des Sciences UCAD

JE

DEDIE

CE

TRAVAIL

AU DIEU TOUT PUISSANT

<< DIEU, notre Seigneur qu'il est puissant ton nom par toute la terre >>

- A mon Père

Tu n'as ménagé aucun effort pour nous. Trouves dans ce travail les prémices de la récolte de tant de sacrifices consentis, pour faire germer les graines semer en nous. Nous tenons de toi, modestie, simplicité, respect et persévérance dans l'effort.

- A ma Mère

Pour ton affection maternelle de tous les temps.

- A mes Frères et Soeurs

En témoignage de ma plus grande affection. Ce travail est le vôtre.

- A mes Neveux et Nièces

Ce travail n'est pas un exemple à atteindre, mais plutôt à dépasser.

- A mes Belles Soeurs et Beaux Frères

Pour votre amitié et innombrables conseils.

- A la Famille TANKOUA NJIKAM

Pour votre porte toujours ouverte.

- A la Famille TOBIT

Pour m'avoir précédé et initié

- Aux familles SOKENG, KONGUE, DIAKHITE

Pour vos conseils, soutiens et hospitalité

- Aux Familles DECAMPOS; SEYE

- A mes cousins

NJIKE D.; BIAMO J. R.; NGAMBIA N. P.; NANGANG E.W.; TCHEUKO G.;

- A mes aînés

D^r KAMPE P. R.; D^r TCHUISSANG J.M.; D^r OUSSEINI S.

- *Aux Docteurs MAHAMAT M., TANKO S., HAMIDOU I., DJIDOHOUN K. P., BOUSSINI H.; NDJENG G. A.; ABDOURRAHMANE M.; BIAOU C.; BAZARUSANGA T., GARGA G.; MIMLA' AMI O J.C., ZOUA D.; GASSAMA L.; ALLOYS O.*

- *A la CAVESTAS*

- *A la 22e promotion de L'EISMV*

- *Au personnel Administratif, Technique et de Service*

- *A tous mes compatriotes de Dakar.*

- *Au SENEGAL*

- *A ma Patrie le CAMEROUN.*

A MES MAITRES ET JUGES

- **Monsieur Pape Demba N'DIAYE**

Professeur à Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar

Vous nous faites un grand honneur en acceptant de présider ce jury de thèse malgré vos multiples occupations. Vos qualités d'homme de sciences et votre disponibilité resteront pour nous inoubliables.

Hommages Respectueux

- **Monsieur Gbeukoh Pafou GONGNET**

Maître Assistant à l'E.I.S.M.V

Vous avez inspiré et dirigé ce travail. Votre omniprésence à toutes les étapes de son exécution, témoigne de l'amour que vous avez pour le travail bien fait, de la passion qui vous anime dans tout ce que vous entreprenez et témoigne de votre rigueur scientifique. Nous en garderons un grand souvenir. Soyez rassuré de notre sempiternel reconnaissance.

- **Monsieur Germain Jérôme SAWADOGO**

Professeur à l'E.I.S.M.V

C'est avec plaisir que vous avez accepté de rapporter ce travail. Nous avons bénéficié de la qualité de vos enseignements. Vos qualités scientifiques et humaines forcent notre admiration.

Sincères remerciements.

- Monsieur Papa El Hassane DIOP
Professeur à l' E.I.S.M.V

C'est avec spontanéité que vous avez accepté de siéger dans notre jury de thèse. Ceci témoigne de votre entière disponibilité, de votre simplicité, auxquelles s'ajoutent votre esprit scientifique. Sincère et profonde gratitude.

- Monsieur Mamadou BADIANE

Maître de Conférence Agréger à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar

C'est pour nous un grand honneur de vous avoir dans notre jury de Thèse. Votre intérêt pour le vétérinaire a conduit beaucoup de mes camarades et prédécesseurs vers vous traduisant ainsi votre amour pour la science. Vos qualités humaines resteront pour nous un modèle. Sincères remerciements

- Monsieur Bhen S. TOGUEBAYE

Professeur à la faculté des Sciences et Techniques de Dakar.

Votre présence dans notre jury de Thèse traduit toute la sympathie que vous avez suscité en nous. Vos enseignements au C.P.E.V ont été une formidable initiation à notre formation. Toute notre reconnaissance et merci pour ce lègue.

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

S O M M A I R E

INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
CHAPITRE I : METABOLISME PHOSPHOCALCIQUE	4
I-1 APPORTS DE CALCIUM ET DE PHOSPHORE	4
I.1.1- SOURCES DE CALCIUM ET DE PHOSPHORE	4
I.1.1.1- SOURCES DE CALCIUM.....	4
I.1.1.2 - SOURCES DE PHOSPHORE.....	5
I.1.2 - ABSORPTION DU CALCIUM ET DU PHOSPHORE	7
I.1.2.1 - VOIES D' ABSORPTION.....	7
I-1-2-2 FACTEURS DE VARIATION DE L'ABSORPTION.....	7
A - Facteurs externes	7
A.1 - Forme chimique du calcium et du phosphore	7
A.2 - Composition de la ration	8
B - Facteurs internes	9
I-2 PERTES	9
I.3 - CALCEMIE ET PHOSPHATEMIE	9
I.3.1- CALCEMIE	9
I.3.1.1 FACTEURS DE VARIATIONS DE LA CALCEMIE	10
A - Facteurs liés à l'animal	10
A.1 - Sexe et Age.....	10
A.2 - Gestation et taille de la portée	10
A.3 - Lactation	10
A.4 - Autres Facteurs	10
B - Facteurs liés à l'environnement	11
B.1 - Facteur alimentaire.....	11
B.2- Région et Saison.....	11
I.3.2- PHOSPHATEMIE	11
I.3.2.1- Facteurs de variation de la phosphatémie	11
A- Facteurs liés à l'animal	11
A.1- Sexe et Age.....	11
A.2 - Gestation et Taille de la portée	11
A.3 - Lactation	12
A.4 - Autres Facteurs	12
B- Facteurs liés à l'environnement	12
B.1- facteur alimentaire	12
B.2- Région, Saison et Type d'élevage.....	12

I.3.3 - VALEURS BIBLIOGRAPHIQUES DE LA CALCEMIE ET DE LA PHOSPHATEMIE.....	13
I.4 - REGULATION DE LA CALCEMIE ET DE LA PHOSPHATEMIE	17
I.4.1 - ROLE DE LA PARATHORMONE (PTH)	17
I.4.1.1 - Mise en évidence.....	17
I.4.1.2 Mécanisme d'action homéostasique de la PTH	17
A - Sur l'intestin	17
B- Sur le rein.....	17
C - Sur l'os.....	18
I.4.1.3 - Détermination de la sécrétion de la PTH	18
I.4.2 - VITAMINE D.....	18
I.4.2.1- Métabolisme de la vitamine D3	20
I.4.2.2- Action de la 1,25 (OH)2CC.....	20
I.4.2.3- Détermination de la synthèse de la 1,25(OH)2CC.....	20
I.4.3 - CALCITONINE (CT).....	22
I.4.3.1 Mise en évidence	22
I.4.3.2- Action de la calcitonine (CT)	22
I.4.3.3 - Déterminisme de la sécrétion de la calcitonine.....	22
I.4.4 AUTRES FACTEURS DE LA REGULATION DE LA CALCEMIE ET DE LA PHOSPHATEMIE.....	24
CHAPITRE II : LES BESOINS EN CALCIUM ET EN PHOSPHORE	25
II.1- LES NORMES RECOMMANDEES	25
II.2- LES CONSEQUENCES PATHOLOGIQUES	26
DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE.....	27
CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODES	28
I.1 - MATERIEL.....	28
I.1.1 - MATERIEL ANIMAL	28
I.1.2 - ALIMENTS	28
I.1.3 - MATERIEL D'ELEVAGE.....	28
I.1.4 - MATERIEL TECHNIQUE.....	28
A - Matériel de prélèvement.....	28
B - Matériel d'analyses.....	29
I.2 - METHODES.....	31
I.2.1 - Phase d'adaptation.....	31
I.2.2 - Phase expérimentale	31
I.2.2.1 - Constitution des lots.....	31
I.2.2.2 - Alimentation et Abreuvement.....	31

I.2.2.3 - Synchronisation des chaleurs	32
I.2.3 - Prélèvement des échantillons	32
I.2.3.1- Prélèvement des aliments.....	32
I.2.3.2- Prélèvement de sang	33
I.2.4 - ANALYSES	34
I.2.4.1- Analyses chimiques des aliments.....	34
A- Humidité et Matière sèche.....	34
B - Teneur en cendres brutes.....	35
C- Teneur en calcium.....	35
D- Teneur en phosphore total	35
I.2.4.2 - Analyses chimiques des plasmas	35
A- Détermination de la calcémie.....	35
A.1 - Principe	35
A.2 - Mode opératoire.....	35
A.3 - Calculs	36
B- Détermination de la phosphatémie	36
B.1 - Principe	36
B.2 - Mode opératoire.....	36
B.3 - Calculs	37
C- Analyse statistique	37
CHAPITRE II : RESULTATS ET DISCUSSION	38
II-1 RESULTATS	38
II-1-1 COMPOSITION CHIMIQUE DES ALIMENTS.....	38
II-1-2 CALCEMIE ET PHOSPHATEMIE DE LA CHEVRE DU SAHEL	38
II-1-2-1 LA CALCEMIE	38
A- Chèvre vide.....	38
B- Chèvre en gestation.....	39
C- Chèvre en lactation.....	39
II-1-2-2 PHOSPHATEMIE	43
A - Chèvre vide	43
B - Chèvre gestante.....	43
C- Chèvre en lactation.....	43
II-2 DISCUSSION	47
II-2-1 COMPOSITION D'ALIMENTS	47
II-2-2 CALCEMIE ET PHOSPHATEMIE.....	47
II-2-2-1 CALCEMIE.....	47
A- Chèvre vide	47
B- Chèvre gestante	47

C- Chèvre allaitante.....	48
II-2-2-2 PHOSPHATEMIE	48
A - Chèvre vide.....	48
B- Chèvre gestante	49
C- Chèvre allaitante.....	49
CONCLUSION.....	50
BIBLIOGRAPHIE	52
ANNEXES	

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau I : Les sources de calcium.....	5
Tableau II : Les sources de phosphates minéraux hydrosolubles. Leur teneur et leur digestibilité moyenne.....	6
Tableau III : Les sources de phosphates minéraux peu solubles ou insolubles dans l'eau. Leur teneur et leur digestibilité moyenne.....	6
Tableau IV : Quelques valeurs bibliographiques de la calcémie et de la phosphatémie	14
Tableau V : Quelques valeurs bibliographiques de la calcémie et de la phosphatémie	15
Tableau VI : Quelques valeurs bibliographiques de la calcémie et de la phosphatémie	16
Tableau VII : Les besoins des chèvres en calcium et en phosphore	25
Tableau VIII : Réactifs de la détermination de la calcémie et de la phosphatémie, du calcium et du phosphore alimentaires.....	30
Tableau IX : Composition des rations des chèvres des lots A et B	31
Tableau X : Calendrier des prélèvements de sang	33
Tableau XI : Composition chimique des aliments	38

LISTE DES FIGURES

	Pages
Figure 1 : Action de la parathormone.....	19
Figure 2 : Mode d'action de la vitamine D ₃	21
Figure 3 : Action de la calcitonine	23
Figure 4 : Schéma d'analyses chimiques d'aliment	34
Figure 5 : Effet des niveaux d'apport en calcium et en phosphore sur la calcémie de la chèvre du Sahel vide en saison sèche.....	40
Figure 6 : Effet des niveaux d'apport en calcium et en phosphore sur la calcémie de la chèvre du Sahel en fin de gestation et à la première moitié de la lactation.....	41
Figure 7 : Effet des niveaux d'apport en calcium et en phosphore sur la calcémie de la chèvre du Sahel dans la première moitié de la lactation	42
Figure 8 : Effet des niveaux d'apport en calcium et en phosphore sur la phosphatémie de la chèvre du Sahel vide en saison sèche	44
Figure 9 : Effet des niveaux d'apport en calcium et en phosphore sur la phosphatémie de la chèvre du Sahel en fin de gestation et à la première moitié de la lactation.....	45
Figure 10 : Effet des niveaux d'apport en calcium et en phosphore sur la phosphatémie de la chèvre du Sahel dans la première moitié de la lactation	46

INTRODUCTION

En Afrique tropicale, l'élevage et l'agriculture sont les activités dominantes des populations. Cependant, l'Afrique reste le continent le plus frappé par les pénuries alimentaires nécessitant une aide alimentaire exceptionnelle et/ou des secours d'urgence (F.A.O, 1993).

Ces pénuries très pressantes des pays en voie de développement en général, et plus particulièrement des pays sub-sahariens, interpellent aujourd'hui plus que jamais chercheurs et décideurs politiques à s'intéresser à un plus grand nombre d'espèces susceptibles d'augmenter les ressources alimentaires aussi bien dans le règne animal que végétal.

S'agissant du règne animal, les caprins jadis peu considérés par rapport aux autres espèces animales domestiques dans les programmes de recherche et de production, présentent dans le contexte actuel de crise économique et alimentaire, un atout favorable surtout lorsque l'on sait que :

- c'est une espèce qui s'est bien adaptée aux difficiles conditions de vie en milieu sahélien où, son aire de répartition très vaste, va du 12^{ème} degré Nord-Est (centre du Tchad), à la côte atlantique Ouest (Sénégal). Mais, il y a quelques avancées dans le Sud du Sahara, et depuis quelques années, plus au Nord de la zone soudanienne en raison de la sécheresse (TREVOR, 1992);
- par rapport aux volailles, les caprins ne peuvent pas être considérés comme de potentiels concurrents de l'homme en alimentation à base de céréales;
- c'est une espèce peu exigeante pour sa production (OUEDRAOGO, 1994) car, les caprins sont d'admirables transformateurs des fourrages grossiers, et à poids égal, la chèvre produit deux fois plus de lait que la vache (QUILLET, 1980). SERES cité par QUILLET (1980) se résumait en disant ceci des caprins: " de leur lait sortent de bons fromages, leurs chairs sont bonnes à manger, leurs peaux utiles et leurs fumiers serviables".

Il est communément reconnu que la sous-alimentation constitue l'une des contraintes les plus importantes, de la productivité des animaux de pâturages dans les pays tropicaux. Par ailleurs, plusieurs auteurs (FRIOT et al, 1973; CALVET et al, 1976; CONRAD et al, 1985; CISSE, 1985; CISSE et GUERIN, 1993) ont signalé des carences minérales dans les pâturages tropicaux. Le calcium et le phosphore sont des minéraux très

importants dans l'alimentation, à cause de leur rôle plastique et métabolique dans l'organisme. En effet, le calcium intervient dans (DJIMRAO,1989) :

- la perméabilité des membranes cellulaires
- le contrôle de la contraction musculaire
- la coagulation sanguine (facteur IV)
- les réactions biochimiques comme coenzyme
- la minéralisation du squelette et des dents

Quand au phosphore, il intervient dans :

- le métabolisme énergétique (Adénine Triphosphate)
- la synthèse des acides nucléiques, des phospholipides et des phosphoprotéines (caséine)
- l'équilibre acido-basique
- la minéralisation du squelette et des dents également.

Compte tenu de la rareté des travaux sur la chèvre du Sahel, dans le but de contribuer à une meilleure connaissance de la physiologie et de la nutrition des caprins, ils nous a paru indispensable d'entreprendre une étude sur la calcémie et la phosphatémie aux différents stades physiologiques (vide, gestante et allaitante) de cette espèce animale et ceci, sous l'influence d'un apport en calcium et en phosphore alimentaires.

Cette étude comporte deux grandes parties:

- une partie bibliographique qui fait une synthèse des connaissances actuelles sur le thème. Elle est divisée en deux grands chapitres;
- la partie expérimentale qui est notre contribution dans ce domaine, comporte également deux chapitres.

PREMIERE PARTIE :
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : METABOLISME PHOSPHOCALCIQUE

I-1 APPORTS DE CALCIUM ET DE PHOSPHORE

I.1.1- SOURCES DE CALCIUM ET DE PHOSPHORE

FALL et al (1991) ont rapporté les paramètres préconisés aux Etats-Unis d'Amérique en 1908 pour l'utilisation des phosphates naturels. Les résultats obtenus furent très controversés. Selon MABALO (1993), VELU et CHAPMAN ont observé une baisse des performances et des signes de fluorose, lorsque les animaux étaient soumis aux phosphates naturels. Pour ces auteurs, les phosphates naturels sont toxiques et dangereux pour les animaux domestiques.

Quant à LERMAN et al cités par MABALO (1993), ils ont mis en évidence une certaine tolérance chez les taurillons et les porcs lorsqu'ils ingéraient le phosphate ferro-alumino-calciq. Les résultats ont été proches de ceux obtenus avec le phosphate bicalciq. En 1967, la société des minerais de Thiès (Sénégal), commença l'exploitation et l'utilisation du même produit connu sous le nom de "Polyfos", comme aliment chez la vache laitière et le porc.

L'innocuité de ce produit a été confirmée chez les bovins à Lagbar au Nord du Sénégal par DIALLO et al (1984). Malheureusement, son efficacité zootechnique s'est avérée limitée et inférieure à celle du phosphate bicalciq. Ce produit utilisé depuis 1958 en Europe, est largement commercialisé aujourd'hui, même en Afrique.

Les phosphates du Togo testés par SERES et BERTAUDIÈRE d'après MABALO (1993) semblent être plus toxique que le polyfos. En effet, une distribution quotidienne et discontinue de 50 gr de ces phosphates a été effectuée au Tchad. Elle a révélé des signes de fluorose.

Les essais de distribution des phosphates de Taïba, Thiès et Matam aux bovins sous forme de mélasse-urée dans la zone sylvo-pastorale (Dahra-Sénégal), ont mis en évidence leur tolérance (N'DIAYE, 1985).

I.1.1.1- SOURCES DE CALCIUM

En zone tropicale, le calcium est essentiellement apporté à l'animal soit par les pâturages soit par les compléments minéraux. Sa biodisponibilité est fonction de sa nature chimique. Elle peut être sous forme organique ou sous forme inorganique. Les formes organiques sont bien utilisées dans l'ensemble.

Le chlorure de calcium est aussi utilisable mais, son goût amer constitue un facteur limitant. L'emploi des sulfates dans l'alimentation des ruminants augmente la calciurie qui est généralement faible (THIOGANE, 1982).

La phosphatase alcaline très abondante dans l'intestin, libère le calcium des phosphates calciques qui comme les carbonates de calcium, sont couramment utilisés en alimentation animale. Dans le tableau N° I ci-après sont résumées les principales sources de calcium.

TABLEAU N° I : LES SOURCES DE CALCIUM.
(THIOGANE, 1982)

FORMES DE CALCIUM	TENEUR EN CALCIUM (P.100)
1- Formes organiques	
- Gluconate	8,9
- Glactate	13,0
- Citrate	21,0
- Acétate	25,3
- Formiate	30,8
2- Formes inorganiques	
- Phosphate alumino ferrocaltique	7
- Phosphate triple (Na, Ca, Mg)	9
- Farine de viande osseuse	12 à 16
- Métaphosphate de calcium	13
- Phosphate monocalcique	15 à 19
- Phosphate tricalcique naturel	20 à 34
- Phosphate bicalcique hydraté	23 à 24
- Phosphate mono-bicalcique	24
- Phosphate tricalcique d'os	27 à 33
- Phosphate bicalcique anhydre	29
- Sulfate de calcium	29
- Pyrophosphate de calcium	31
- Silico-phosphate de sodium et de calcium	32
- Chlorure de calcium	36,1
- Phosphate tricalcique pur	38
- Coquille d'huître	39
- Carbonate de Calcium	40

I.1.12 - SOURCES DE PHOSPHORE

Comme l'a démontré GUEGUEN (1972), la grande diversité des sources de phosphore et le coefficient d'utilisation digestive (C.U.D) qui varie selon la forme, font que la valeur nutritionnelle d'un phosphate est difficile à apprécier. Toujours d'après GUEGUEN (1970), l'une des importantes sources de phosphore est l'excrétion salivaire. Les paramètres de la teneur et de la digestibilité du phosphore des différentes sources de phosphore alimentaire sont consignés dans les tableaux N°II et N°III.

**TABLEAU N°II : LES SOURCES DE PHOSPHATES MINERAUX
HYDRO SOLUBLES. LEUR TENEUR EN
PHOSPHORE ET LEUR DIGESTIBILITE
MOYENNE (THIOGANE, 1982)**

Formes de Phosphates minéraux hydrosolubles	Teneur en Phosphate P.100	Digestibilité moyenne P.100
- Phosphate dissodique hydraté	9,0	70 à 80
- Phosphate dipotassique	17,6	70 à 80
- Phosphate monosodique hydraté	20,0	70 à 80
- Phosphate dissodique anhydre	21,8	70 à 75
- Phosphate monocalcique	22 à 24	60 à 70
- Phosphate nomopotassique	22,8	70 à 80
- Phosphate diammonique	23,0	70 à 80
- Pyrophosphate sodique	23,0	60 à 70
- Pyrophosphate ammonique	25,0	60 à 70
- Triphosphate sodique	25,0	60 à 70
- Phosphate monosodique anhydre	25,5	70
- Phosphate mono ammonique	27,0	70 à 80
- Trypolyphosphate ammonique	27,0	60 à 70
- Acide phosphorique	31,6	80

**TABLEAU N°III : LES SOURCES DE PHOSPHATES MINERAUX PEU
SOLUBLES OU INSOLUBLES DANS L'EAU . LEUR TENEUR EN
PHOSPHORE ET LEUR DIGESTIBILITE MOYENNE (THOGANE,
1982)**

Formes de Phosphates minéraux peu solubles ou insolubles dans l'eau	Teneur en Phosphate (P.100)	Digestibilité moyenne (P.100)
- Farine de viande osseuse	6 à 8	50 à 55
- Phosphate tricalcique naturel	10 à 17	20 à 50
- Phosphate tricalcique d'os	13,15	50 à 55
- Phosphate alumino ferrocalcique	15,0	20
- Phosphate triple (Na, Ca, Mg)	17,0	60 à 70
- Phosphate bicalcique hydraté	17,5	60 à 65
- Silicophosphate de Na et de Ca	18,0	50 à 60
- Métaphosphate de calcium	20,0	40 à 50
- Phosphate monobicalcique	20,0	60 à 70
- Phosphate tricalciue pur	20,0	50 à 60
- Phosphate bicalcique anhydre	22,0	60
- Pyrophosphatede calcium	24,0	20

Les difficultés d'évaluation de l'efficacité biologique des phosphates et du calcium tiennent à de multiples facteurs qui sont déterminants pour l'absorption.

I.1.2 - ABSORPTION DU CALCIUM ET DU PHOSPHORE

Selon GUEGUEN et al. (1988), les matières minérales de la ration ne font pas l'objet d'une véritable digestion. Elles sont particulièrement mises en solution sous l'action de l'acidité gastrique et après dégradation enzymatique de leur support organique. Cette mise en solution facilite leur absorption.

I.1.2.1 - VOIES D' ABSORPTION

L'absorption du calcium a lieu dans la première moitié de l'intestin grêle (BICABA et al, 1990), surtout au niveau du duodenum (GUEGUEN, 1988). Cette absorption décroît progressivement au fur et à mesure qu'on s'éloigne de cette portion de l'intestin. Selon HIOCO (1975), une faible quantité y serait absorbée de façon passive. Bon nombre d'auteurs s'accordent à dire que c'est essentiellement par un phénomène actif et sous sa forme ionique que le calcium est absorbé.

Quand au phosphore, il est absorbé dans la deuxième moitié de l'intestin grêle (GUEGUEN et al, 1988). COULIBALY (1992) citant REGNIER, affirme que cette absorption est maximale au niveau du jéjunum .

L'absorption du calcium et du phosphore reste influencée par des facteurs externes et internes.

I-1-2-2 FACTEURS DE VARIATION DE L'ABSORPTION

A - Facteurs externes

Ce sont ces facteurs externes qui déterminent l'absorbabilité des minéraux des aliments et des compléments minéraux. Il s'agit de la forme chimique du calcium et du phosphore d'une part, et de la composition de la ration d'autre part.

A.1 - Forme chimique du calcium et du phosphore

La forme chimique des minéraux joue un rôle important dans leur absorption. En effet, les éléments minéraux sont facilement absorbés à travers la paroi intestinale, quand ils sont en solution. sous forme ionisée ou sous forme assimilable dans les aliments (INRA-ITOVIC, 1978). Mais, certaines combinaisons chimiques que l'on trouve dans les aliments ou dans l'intestin sont insolubles et ne peuvent pas donc être absorbées (GUEGUEN, 1981).

Les fibres des parois cellulaires et les oxalates existant dans les fourrages diminuent la disponibilité des minéraux (JARRIGE, 1988), ce qui fait que leur absorbabilité est inférieure à celle des sels minéraux (chlorure, sulfate...) ou organiques (lactate, gluconate...) qui sont utilisés dans la fabrication des aliments minéraux. C'est le cas particulier du calcium des légumineuses (GUEGUEN, 1988).

A.2 - Composition de la ration

Certains fourrages jeunes et riches en eau (herbes, ensilage) et d'autres secs finement broyés ont une rapidité de transit intestinal et sont défavorables à l'efficacité de l'absorption (GUEGUEN et al, 1988).

Dans les pays tropicaux, les pâturages naturels représentent la plus importante voir l'unique source de nourriture pour le bétail. Ces pâturages se caractérisent par une insuffisance marquée en phosphore comme l'ont constaté plusieurs auteurs, et tout récemment CISSE (1985). Notons que les concentrations élevées en fer et en aluminium diminuent probablement l'absorption du phosphore.

Le calcium est abondant dans les légumineuses, les crucifères et les pulpes de betteraves. Il est cependant absent dans les céréales et très insuffisant dans le maïs ensilé et dans certains foins de graminées. Le phosphore par contre, abondant dans les céréales, les tourteaux et les issues de monevies est très insuffisant dans les pulpes de betteraves et trop faible dans le maïs ensilé et dans les foins récoltés tardivement (INRA, 1988).

L'influence de l'excès de calcium dans l'absorption du phosphore est toujours sujette à controverses. l'ancien concept du rapport Ca/P établi entre 1,0 et 1,5 a été détruit par les travaux de GUEGUEN et al (1988) qui montrèrent l'indépendance relative de l'absorption des deux éléments. La présence de l'un n'est pas nécessaire à l'absorption de l'autre. En fait, DEITERT et PFEFFER (1993) ont montré qu'un excès de calcium ne diminue pas de façon significative l'absorption du phosphore de la ration. GUEGUEN et al (1988) précisant le rapport Ca/P = 8 affirmèrent que l'hypothèse avancée par DEITERT et PFEFFER (1993), était marquée surtout par un apport des fourrages lorsque le phosphore était insuffisant.

Selon COULIBAY (1992), plusieurs éléments minéraux influencent l'absorption du calcium. Bon nombre d'auteurs signalent le cas du potassium, du sodium qui à de fortes concentrations, ont une action inhibitrice sur l'absorption du calcium.

L'excès de magnésium provoquerait une mauvaise utilisation du calcium et du phosphore (INRA, 1989).

Les protides favorisent l'absorption en formant avec le calcium et le phosphore des complexes facilement absorbables d'après REGNIER cité par COULIBALY (1992). Il est aussi bon de signaler qu'une mauvaise absorption des graisses joue un rôle néfaste puisque le calcium forme avec les lipides des savons calciques insolubles.

Plusieurs autres facteurs interviennent de façon plus ou moins marquée et suivant des processus variés, dans l'absorption intestinale du calcium et/ou du phosphore: l'eau, les glucides, les acides aminés et les acides gras (COULIBALY, 1982).

B - Facteurs internes

Les facteurs internes déterminent la capacité d'absorption intestinale. Cette absorption est influencée par l'intégrité de la muqueuse intestinale qui permet son bon fonctionnement. Elle est aussi influencée par l'adaptation de l'activité enzymatique qui est nécessaire pour le transfert des éléments (GUEGUEN, 1988).

L'âge des animaux influence également la capacité d'absorption du tube digestif. En effet, MABALO (1993) signale que l'absorption des minéraux très élevée chez les jeunes, diminue avec l'âge.

L'absorption intestinale subit aussi l'influence hormonale. (Cf : I.4 sur régulation de la calcémie et de la phosphatémie).

Donc, l'absorption réelle des minéraux dépend de l'absorbabilité et de la capacité d'absorption intestinale. Elle s'exprime par le coefficient d'utilisation digestive réelle (C.U.D.r) qui se calcule en tenant compte des pertes.

**ECOLE INTER-ETATS
DES SCIENCES ET MÉDECINE
VÉTÉRINAIRES DE DAKAR
BIBLIOTHEQUE**

I-2 PERTES

Les pertes en calcium et phosphore se font essentiellement par les sécrétions (gestation et lactation), (BRAITHWAITE et al 1969, 1970; BRAITHWAITE, 1983 et MÜSCHEN et al, 1988). Elles se font aussi par les excréments fécale et urinaire (DJIMRAO, 1989). L'importance de l'élimination fécale du calcium et du phosphore reste tributaire des quantités ingérées, absorbées et sécrétées par voie endogène (FRIOT et CALVET, 1973).

Entre autres pertes, il existe aussi des pertes par la salive (phosphore), les voies génitales lors de la mise bas et par la sueur (DJIMRAO, 1989).

Les apports et les pertes en calcium et en phosphore peuvent dans une certaine mesure avoir des relations avec la calcémie et phosphatémie.

I.3 - CALCEMIE ET PHOSPHATEMIE

I.3.1- CALCEMIE

La calcémie est la teneur du calcium dans le sang . Elle est appréciée uniquement dans le plasma ou dans le sérum. Les éléments figurés (hématies et leucocytes) sont très pauvres en calcium (JEAN-BLAIN, 1971). La calcémie est fonction de plusieurs facteurs.

I.3.1.1 FACTEURS DE VARIATIONS DE LA CALCÉMIE

A - Facteurs liés à l'animal

A.1 - Sexe et Age

FRIOT et CALVET ont signalé l'influence du sexe sur la calcémie. En effet, ils ont observé une différence significative entre la calcémie de la vache d'une part et celle de l'ensemble mâles entiers et mâles castrés d'autre part.

Les mêmes auteurs ont noté que la calcémie des jeunes bovins ($11,5 \pm 3,1$ mg/L) était supérieure à celle des adultes ($104,1 \pm 3,0$ mg/L). Selon UN (1986), à la naissance, la calcémie des chevreaux est supérieure à celle de la mère ($2,32 \pm 0,27$ mmol/L). Elle reste stable pendant près de 15 jours puis diminue faiblement et irrégulièrement selon les sujets.

A.2 - Gestation et taille de la portée

Sur des chèvres marocaines, BENNIS et al (1992) cités par OUEDRAOGO (1994) ont noté des effets très limités de la gestation sur les constituants sanguins, notamment une diminution de la glycémie. Mais SIGURDSSON (1988) a mis en évidence, une hypocalcémie au dernier tiers de la gestation des brebis au Danemark. Cela a été également observé chez les lapins par COULIBALY (1992). Cette hypocalcémie était plus marquée sur les brebis en gestation gémellaire.

JEAN-BLAIN (1971), citant BUCKLE et al, et ALLAFORT et al, faisait cas d'une chute de la calcémie chez les vaches quelques jours avant et après le part.

A.3 - Lactation

BRAITHWAITE (1983) avait remarqué une diminution de la calcémie sur des brebis allaitantes. Cette diminution allant de $2,40 \pm 0,12$ mmol/L du 14 au 21^{ème} jours à $2,23 \pm 0,12$ mmol/L du 94 au 99^{ème} jours de lactation. Sur des chèvres en lactation par contre, MÜSCHEN et al (1988) signalèrent une augmentation de la calcémie au 6^{ème} jour ($2,58 \pm 0,08$ mmol/L) et au 11^{ème} jour ($2,72 \pm 0,09$ mmol/L) de la lactation.

A.4 - Autres Facteurs

Dans les conditions normales, la calcémie se maintient dans des limites étroites grâce à l'action de certaines hormones (Cf: I.4).

Les constituants sanguins comme le magnésium et l'insuline peuvent influencer sur la calcémie parce qu'ils ont une corrélation positive avec le calcium plasmatique.

B - Facteurs liés à l'environnement

B.1 - Facteur alimentaire

La calcémie n'est pas le reflet fidèle de l'alimentation calcique (JEAN-BLAIN, 1971). En effet, le niveau d'ingestion du calcium n'a aucun effet sur la calcémie et encore moins sur la phosphatémie (BRAITHWAITE et al, 1969; SIGURDSSON, 1988 et PFEFFER et al, 1993).

L'hypophosphatémie est accompagnée d'une hypercalcémie. Mais cette dernière, n'est pas liée à l'absorption du calcium selon PFEFFER et al (1993).

B.2- Région et Saison

La région et la saison ont été citées par FRIOT et CALVET (1973) comme étant aussi des facteurs de variation de la calcémie.

I.3.2- PHOSPHATEMIE

Le phosphore existe dans le sang sous forme organique et sous forme inorganique. Ces formes sont réparties entre les hématies, le leucocytes et le plasma ou le sérum. Les formes inorganiques constituant la phosphatémie sont de type orthophosphate. Tout comme la calcémie, la phosphatémie dépend d'un certain nombre de facteurs.

I.3.2.1- Facteurs de variation de la phosphatémie.

A- Facteurs liés à l'animal

A.1- Sexe et Age

FRIOT et CALVET (1973), ont fait également cas de l'influence du sexe sur la phosphorémie. Ils ont eu à remarquer une différence significative de la phosphatémie de la vache avec celle de l'ensemble mâles entiers et mâles castrés. Ils ont aussi noté que les jeunes bovins ont une phosphorémie différente de celle des adultes soient respectivement $38,7 \pm 3,9$ mg/L et $29,2 \pm 4,2$ mg/L.

D'après UN(1986), la phosphatémie qui est de 2 mmol/L chez le chevreau à la naissance, augmente jusqu'au 9^{ème} jour pour se stabiliser au voisinage de 3 mmol/L. Dans l'ensemble la phosphatémie des chevreaux est très supérieure à celle des mères.

A.2 - Gestation et Taille de la portée

Selon SIGURDSSON (1988), des études ont révélé des effets de la gestation sur la phosphatémie. Ces effets sont plus marqués chez les femelles en gestation gémellaire que chez les femelles en gestation simple. Quand à DJIMRAO (1989), il n'a

pas eu à constater de variation significative de la phosphorémie chez les brebis gestantes ou vides.

BARLET (1974), étudiant le rôle physiologique de la calcitonine chez la chèvre gestante, a mis en évidence une diminution significative de la phosphatémie aux approches du part.

A.3 - Lactation

En début de lactation, la phosphatémie est faible (BARLET, 1974). Elle augmente progressivement chez les brebis, pour atteindre des valeurs élevées dans la deuxième moitié de la lactation, soit $1,44 \pm 0,29$ mmol/L à $1,70 \pm 0,29$ mmol/L (BRAITHWAITE,1983).

A.4 - Autres Facteurs

Tout comme pour la calcémie, FRIOT et CALVET (1973) ont cité la région et la saison comme des facteurs de variations de la phosphatémie. Ces variations dépendent également de certaines hormones.

Il existe aussi une corrélation positive magnésium-insuline sanguins avec le phosphore plasmatique (SIGURDSSON ,1993).

B- Facteurs liés à l'environnement

B.1- facteur alimentaire

Le facteur principal de la phosphatémie est le taux d'alimentation phosphatée. Des essais de variations de régime alimentaire allant d'un régime hypophosphaté à un régime phosphaté adéquat aux normes recommandées ou aux besoins de l'animal, ont été suivis d'une augmentation de l'absorption du phosphore et d'un passage rapide de l'hypophosphatémie à la phosphatémie normale (BRAITHWAITE et al, 1969; FIELD et al, 1984; SIGURDSSON, 1988; DJIMRAO, 1989; BRINTRUP et al, 1993; PFEFFER et al, 1993; BENNIS et al, 1994).

B.2- Région, Saison et Type d'élevage

Selon FRIOT et CALVET (1973), la région et la saison ont une influence sur la phosphatémie de même que le troupeau ou le type d'élevage. BENNIS et al (1994) ont confirmé cette hypothèse. Ces facteurs joueraient un rôle important dans la disponibilité des nutriments (PFEFFER et al, 1993; FIELD et al, 1984).

I.3.3-VALEURS BIBLIOGRAPHIQUES DE LA CALCEMIE ET DE LA PHOSPHATEMIE

La bibliographie reste muette sur la calcémie et la phosphatémie de la chèvre du Sahel. Les valeurs de référence de la calcémie et de la phosphatémie ne sont pas encore établies. C'est par analogie aux valeurs de référence des chèvres européennes ou américaines ou encore à celles des moutons et des bovins, que les valeurs de référence de la calcémie et de la phosphatémie de la chèvre du Sahel ont été établies (voir tableaux N°IV ; N° V et N° VI).

REGIME	RACE OU ESPECE	AGE	SEXE	Stade physiologique ou mode d'élevage	CALCEMIE (mg/L)	PHOSPHATEMIE (mg/L)	SOURCES
	- Taureau d'insémination artificielle	-	M	-	56 - 68	-	JEAN-BLAIN (1971)
	- Veaux des premiers jours	-	-	-	125	-	
	- Veaux de lait	2 mois	-	-	96 - 100	-	
	- Veau boutard	1 an	-	-	100 - 124	-	
	- Brebis	tout le cycle d'élevage	F	-	100 ± 1	-	
-	Chèvres du Sahel du Tchad	-	F	5 à 6 dernières de gestation	85,571 ± 6,706 94,899 ± 6,035	94,374 ± 6,523 73,572 ± 15,859	LRVZ FARCHA (1988) non publié
	<u>Chèvres</u>						UN (1986)
	-Angora nubian	5 à 8 mois	M	castrés	87,2 ± 2,9	82,7 ± 23,9	
	-Sannen	adulte	F	-	94,6 ± 7,2	59,9 ± 20,2	
	- Sannen	jour de naissance	-	-	98,3 ± 6,6	95,1 ± 10,0	
	- Pigmy	-	M	-	100 ± 0,2	88,4 ± 15,3	
	-Pigmy	-	F	-	96,0 ± 0,8	79,9 ± 15,3	
	-Capra hircus	-	F	nomade et sédentaire	97,0 ± 5,0	55,0 ± 8,0	
	-Zarabi beladi	2 à 4 ans	F	-	102,5 ± 4,9	43,1 ± 7,5	
	-Alpine	-	F	-	83,6 ± 1,9	84,0 ± 6,4	
	-Alpine	jour de naissance	-	-	106,3 ± 3,9	65,7 ± 5,0	
-	chèvres sahariennes	-	-	sédentaire ou nomade	97 ± 5	55 ± 8	ORLIAC (1980)

Tableau IV : QUELQUES VALEURS BIBLIOGRAPHIQUES DE LA CALCEMIE ET DE LA PHOSPHATEMIE (Moyenne et Ecart- Type).

REGIME	RACE OU ESPECE	AGE	SEXE	Stade physiologique ou mode d'élevage	CALCEMIE (mmol/L)	PHOSPHATE MIE (mmol/L)	SOURCES
Hypercalcique et hyperphosphaté	- Brebis Suffolk	3 - 4 ans	F	<u>gestation</u>			BRAITHWAITE (1983)
				130- 137è jours	2,30 ± 0,12	2,20 ± 0,29	
				<u>Lactation</u>			
				14 - 21è jours	2,40 ± 0,12	1,76 ± 0,29	
				42 - 49è jours	2,31 ± 0,12	1,80 ± 0,29	
				63 - 70è jours	2,25 ± 0,12	1,97 ± 0,29	
				94 - 99è jours	2,23 ± 0,12	1,68 ± 0,29	
<u>Post-lactation</u>							
7 - 14è jours	2,50 ± 0,12	2,25 ± 0,29					
28 - 35è jours	2,89 ± 0,12	2,00 ± 0,29					
Normes de ARC 1980	- Brebis Suffolk	3 - 4 ans	F	<u>gestation</u>			BRAITHWAITE (1983)
				130-137è jours	2,60 ± 0,12	1,30 ± 0,29	
				<u>Lactation</u>			
				4 - 21è jours	2,50 ± 0,12	1,44 ± 0,29	
				42 - 49è jours	2,33 ± 0,12	1,56 ± 0,29	
				63 - 70è jours	2,59 ± 0,12	1,44 ± 0,29	
				94 - 99è j ours	2 59 ± 0,12	1,70 ± 0,29	
<u>Post-lactation</u>							
7 - 14è jours	2,35 ± 0,12	1,86 ± 0,29					
28 - 45è jours	2,66 ± 0,12	2,10 ± 0,29					
Paille+ concentré groupe A Foin + pâture gp B C D F Foin + Pâtûre + Concentré groupe E Pâtûre + Foin gp G	- Brebis Mask- Texel Crossbred	-	F	Dernier tiers de la gestation	A → 2,40±0,25	A → 2,00±0,45	SIGURDSSON (1993)
					B → 2,10±0,26	B → 1,61±0,58	
					C → 2,16±0,19	C → 1,57±0,24	
					D → 2,25±0,19	D → 1,71±0,34	
					E → 2,30±0,14	E → 1,50±0,33	
					F → 2,46±0,21	F → 1,48±0,49	
					G → 2,42±0,16	G → 1,7 ±0,35	
Tourteau de coton ou son de mil Pâtûrage + Fane d'arachide ou niébé	Chèvres du Sahel du Burkina-Faso	-	F	Semi-intensif	2,4 ± 0,11	2,04 ± 0,11	OUEDRAOGO (1994)

Tableau V : QUELQUES VALEURS BIBLIOGRAPHIQUES DE LA CALCEMIE ET DE LA PHOSPHATEMIE (Moyenne et Ecart- Type).

REGIME	RACE OU ESPECE	AGE	SEXE	Stade physiologique ou mode d'élevage	CALCEMIE (mmol/L)	PHOSPHATE MIE (mmol/L)	SOURCES
Apport normal en Phosphore Groupes 1, 2, 3	Chèvres	-	F	<u>Lactation</u> - 6è jour groupe 1 groupe 2 groupe 3 - 8è jour groupe 1 11è jour groupe 1	lot 1 2,58±0,08 lot 1 2,6 ±0,12 lot 1 2,54±0,09 lot 2 2,63±0,11 lot 3 2,72±0,09	lot 1 2,40±0,41 lot 1 2,57±0,67 lot 1 2,23±0,37 lot 2 2,60±0,68 lot 3 2,40±0,56	MÜSCHEN (1988)
Réduit ou déficitaire en phosphore groupes 2, 3	Chèvres	-	F	<u>Lactation</u> 8è jour groupe 2 groupe 3 11è jour groupe 2 groupe 3	lot 2 2,73±0,10 lot 2 2,67±0,22 lot 3 2,77±0,16 lot 3 2,81±0,14	lot 2 2,40±0,93 lot 2 0,52±0,15 lot 3 2,20±0,53 lot 3 0,35±0,03	MÜSCHEN (1988)
Sans supplémentation	Chèvre du Sahel du Sénégal	< 1 an 1 - 3 ans	M F	Elevage en bergerie et sur pâturage	2,45 ± 0,10 2,37 ± 0,09	2,3 ± 0,3 1,7 ± 0,4	BENNIS et al (1992)
-	Chèvres du Burkina-Faso	-	M , F M , F M , F M , F	Etable+pâturage (IDR) Drèche Elevage extensif Etable+pâturage (INERA)	A 2,23 ± 0,17 A 2,32 ± 0,12 C 2,49 ± 0,13 D 2,04 ± 0,20	2,4 ± 0,8 2,0 ± 0,6 1,8 ± 0,4 3,1 ± 0,9	BENNIS et al (1994)

Tableau VI : QUELQUES VALEURS BIBLIOGRAPHIQUES DE LA CALCEMIE ET DE LA PHOSPHATEMIE (Moyenne et Ecart- Type).

I.4 - REGULATION DE LA CALCEMIE ET DE LA PHOSPHATEMIE

La régulation de la calcémie et de la phosphatémie dépend essentiellement du calcium, le phosphore n'intervenant qu'implicitement (PFEFFER, 1981). Ceci explique les tolérances des ruminants aux grandes variations de la phosphorémie. Dans ce processus, la calcémie est étroitement contrôlée. Cette régulation est l'action dominante de la parathormone, de la vitamine D et de la calcitonine.

I.4.1 - ROLE DE LA PARATHORMONE (PTH)

I.4.1.1 - Mise en évidence

La PTH est une hormone peptidique d'origine parathyroïdienne. Elle a été mise en évidence par les tests de suppression et de restitution de fonction de ces glandes dans la régulation du métabolisme phosphocalcique.

L'insuffisance parathyroïdienne se manifeste par une perturbation du métabolisme accompagnée d'une tétanie (syndrome d'hyperexcitabilité neuro-musculaire). Un animal parathyréoprivé présente toujours une hypocalcémie marquée, associée à une hyperphosphatémie. L'hypocalcémie reste néanmoins dominante (KESSLER 1981).

A partir des extraits de la glande parathyroïde, COLLIP a montré qu'il était possible de guérir ou de prévenir la tétanie et d'élever la calcémie chez l'animal parathyroïdectomisé. Il en a établi la nature endocrine et prouva que ces extraits contenaient un principe actif qui augmente la calcémie d'un animal normal ou parathyréoprivé. Il nomma ce principe actif parathormone.

L'action homéostatique phosphocalcique de la PTH intervient à différents niveaux de l'organisme suivant un mécanisme bien défini.

I.4.1.2 Mécanisme d'action homéostatique de la PTH

L'action régulatrice phosphocalcémiant de la PTH a lieu au niveau de l'intestin, du rein et des os.

A - Sur l'intestin,

la PTH augmente l'absorption intestinale du calcium et du phosphore (A.P.F.C.A, 1958 ; MALMEJAC, 1973 ; Mc DONAL, 1977).

B- Sur le rein,

la PTH, en présence de la vitamine D, augmente la résorption du calcium indépendamment de la vitamine D par contre, elle diminuerait la résorption du phosphore. Selon SAÏDOU reprenant BOXEBELD qui cite ARNAUD et TENENHOUSE (1970),

la PTH favorise la synthèse rénale de la 1,25 dihydroxycholécalférol ($1,25(OH)_2CC$), forme active de la vitamine D. Son action rénale reste cependant controversée. Pour certains auteurs, elle est hypophosphaturiante. Pour d'autre, elle est hypercalciurante, bien qu'elle augmente la résorption rénale du calcium (I.N.R.A, ITOVIC, 1978).

C - sur l'os,

l'hypocalcémie entraîne la sécrétion de la PTH qui libère le calcium osseux par un phénomène d'ostéolyse (BARICAULT, 1960). Elle contribue ainsi à la hausse de la calcémie.

Donc, la PTH a pour action principale le maintien de la calcémie par une élévation de celle-ci et une diminution de la phosphatémie par le biais d'un mécanisme mettant en jeu les récepteurs des cellules cibles (cellules osseuses et rénales) auxquelles se fixe la PTH et entraîne l'activation de l'adényl-cyclase membranaire. Cette enzyme transforme l'ATP en AMPcyclique qui va favoriser l'action de la perméase dont le but est de faciliter le transfert des ions calcium intracellulaires vers le milieu extracellulaire (LICHTWITZ et PARLER, 1965; VAES, 1967).

Pour certains auteurs, la PTH stimule l'activité des pompes à ions qui mettent en jeu, la participation mitochondriale (MALMEJAC, 1973).

I.4.1.3 - Détermination de la sécrétion de la PTH

Le contrôle de la sécrétion de la PTH repose sur le taux plasmatique des ions calciums, principal facteur de régulation. Une hypocalcémie déclenche par rétrocontrôle direct, la production de la PTH afin de rétablir la calcémie normale (A.P.F.C.A, 1958; Mc DONAL, 1977). Toute hypophosphorémie provoque une diminution de la calcémie et par conséquent, une sécrétion de la PTH (KAYSER et al, 1970).

I.4.2 - VITAMINE D

La vitamine D existe sous deux formes bien différentes: la forme naturelle (vitamine D₃), et la forme synthétique (vitamine D₂).

- La vitamine D₃ ou cholecalciférol est soit apportée par les graisses animales soit synthétisée au niveau du derme par irradiation solaire du 7-déhydrocholestérol.

- La vitamine D₂ ou ergocalciférol est un produit synthétique.

Le rôle joué par la vitamine D dans la régulation du métabolisme phosphcalciqque est dévolu à la vitamine D₃.

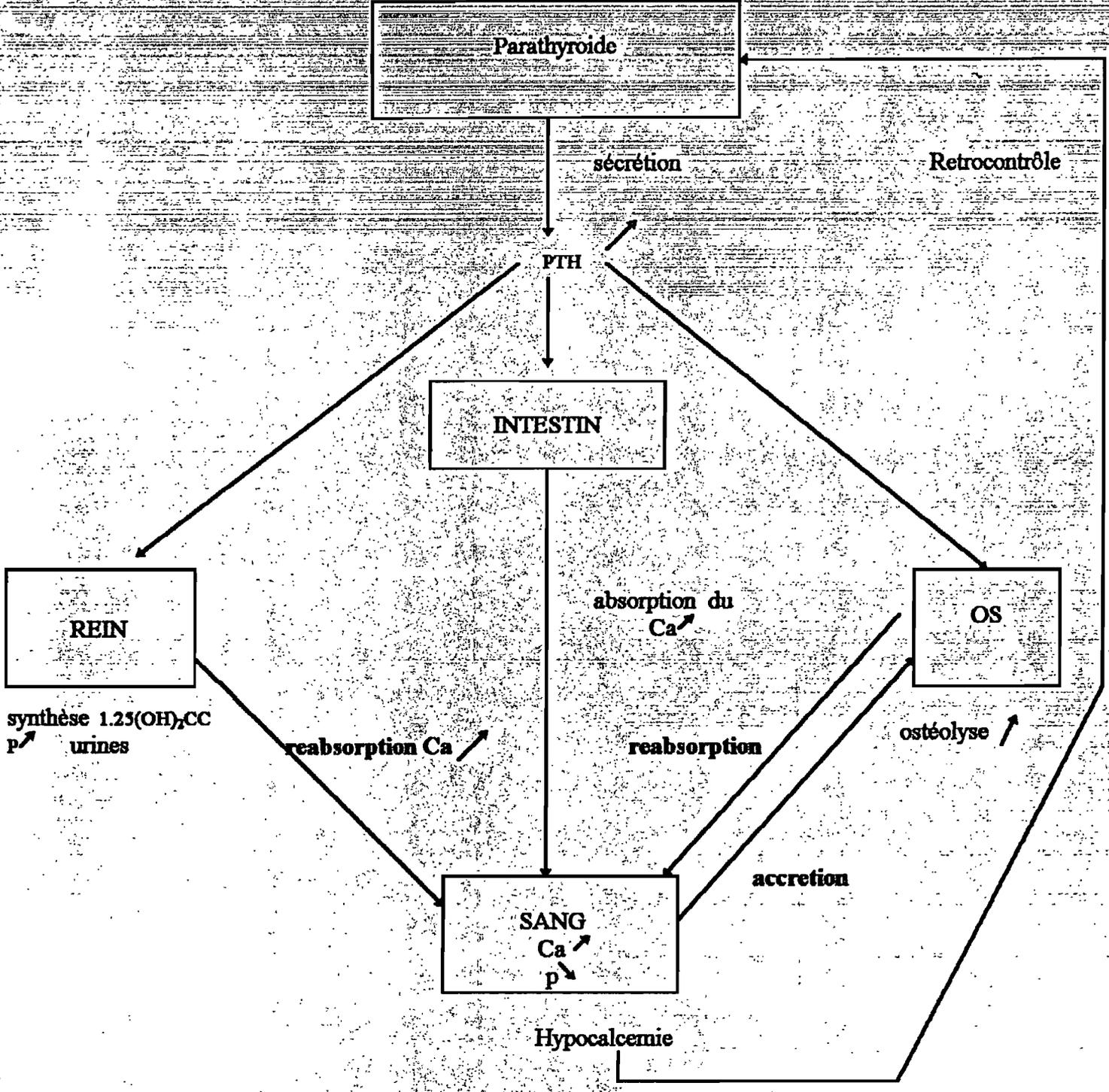


fig 1 : Action de la PARATHORMONE (PTH)

DJMRAO (1989)

I.4.2.1- Métabolisme de la vitamine D₃

D'origine endogène ou exogène, la vitamine D₃ après avoir rejoint la circulation générale subit une première hydroxylation en position 25, au niveau du foie pour donner la 25-hydroxycholécalférol. Ce métabolite est porté au rein par la gammaglobuline où elle subit une deuxième hydroxylation en position 1 pour donner, la 1,25-dihydroxycholécalférol (1,25(OH)₂CC), forme active ayant le rôle d'une véritable hormone dont son action a lieu à plusieurs niveaux.

I.4.2.2- Action de la 1,25 (OH)₂CC

La 1,25(OH)₂CC comme la PTH, agit sur l'intestin, le rein et l'os.

- Sur l'intestin, la 1,25(OH)₂CC stimule le transfert actif du calcium de la muqueuse à la séreuse de l'intestin grêle contre le gradient de concentration. Selon LÉBOULANGER (1970) et BARET (1970), en se fixant au récepteur qu'est la muqueuse intestinale, la 1,25(OH)₂CC augmente la perméabilité de la muqueuse par formation de produits acides plus solubles, ou par stimulation de la synthèse de la "calcium banding protein", protéine transporteuse du calcium. Cette absorption s'accompagne de celle des phosphates.

- Sur le rein, la 1,25(OH)₂CC agit dans le sens d'une résorption du phosphore.

- Sur l'os, la 1,25(OH)₂CC a une action double. En effet, sur l'os rachitique, elle provoque une minéralisation du tissu ostéoïde du cartilage de conjugaison. Par contre, sur un os non rachitique, elle joue un rôle ostéolytique aboutissant à la libération du calcium et du phosphore osseux. La priorité est accordée à l'ostéolyse dans le but de maintenir la calcémie.

En définitive, la 1,25(OH)₂CC a un rôle hypercalcémiant et hyperphosphatémiant. Elle agit principalement au niveau de l'intestin grêle. L'action rénale et osseuse sont secondaires.

I.4.2.3- Détermination de la synthèse de la 1,25(OH)₂CC

À la suite d'une hypocalcémie, il y a stimulation indirecte de la synthèse de la 1,25(OH)₂CC par l'intermédiaire de la PTH tandis qu'une hypophosphatémie a une action directe (LICHTWITZ et PARLER, 1965).

Outre la PTH et la vitamine D qui ont une action surtout calcémiant, il y a la calcitonine qui intervient dans la régulation du métabolisme phosphocalcique.

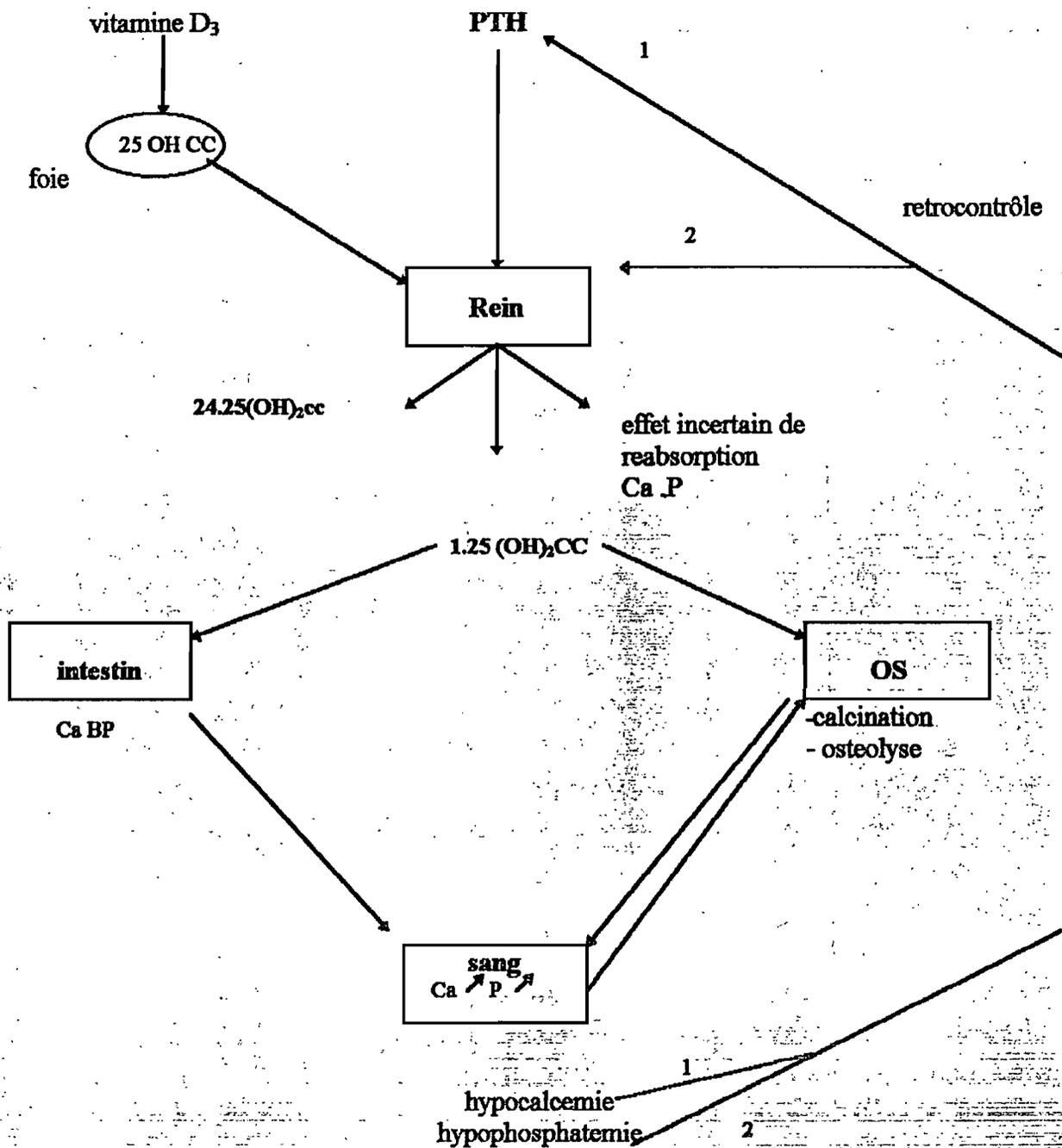


fig. 2 : Mode d'action de la vitamine D₃
DJIMRAO (1989)

I.4.3 - CALCITONINE (CT)

I.4.3.1 Mise en évidence

CAPP et coll ont mis en évidence le facteur hypocalcémiant du calcium et l'ont appelé "calcitonine". C'est une hormone sécrétée par des cellules intermédiaires de la glande thyroïde (cellule "C"). Plus tard en 1974, BARLET a mis en évidence l'effet hypocalcémiant et hypophosphatémiant de la calcitonine chez la chèvre au moment du part.

I.4.3.2- Action de la calcitonine (CT)

L'action hypocalcémiante de la CT est prépondérante au niveau de l'os par rapport à son action hypophosphatémiante. Par contre, elle est secondaire aux niveau de l'intestin et du rein.

- au niveau de l'os, la CT favorise le dépôt du calcium et du phosphore contrairement à la PTH ou à la vitamine D auxquelles son action n'est pas liée (Mc DONAL, 1977). Elle agit par inhibition des ostéocytes, par diminution de la longévité des ostéoclastes et des ostéoblastes. Le mécanisme reste encore peu élucidé. Elle agirait par activation de la phosphodiesterase et des mécanismes membranaires tendant à faire sortir le calcium des cellules (LICHTWITZ et PARLER, 1965).

- au niveau du rein, la CT a une action phosphaturiante et calciuriante par inhibition de la réabsorption tubulaire des phosphates et du calcium, ceci de façon indépendante de la vitamine D (DJIMRAO, 1989).

- au niveau de l'intestin, la CT diminue l'absorption du calcium indépendamment de la vitamine D et diminuerait la production de la $1,25(\text{OH})_2\text{CC}$.

La CT a donc une action essentiellement hypocalcémiante et hypophosphatémiante qui reste cependant assujettie au déterminisme de sa sécrétion.

I.4.3.3 - Déterminisme de la sécrétion de la calcitonine

La sécrétion de la CT est continue et le stimulus majeur est la calcémie. MUELLER et al cité par CALAMY (1973) ont montré que l'augmentation de la calcémie par un régime riche en calcium entraînait une hypertrophie du corps ultimobranchial avec augmentation de son activité chez la poule.

Le remaniement haversien et le remodelage de l'os s'effectuent pendant la croissance à un rythme ralenti, même en l'absence de la PTH, principal facteur de la résorption osseuse (BOXEBELD, 1983). D'autres agents interviendraient sur cette résorption et par conséquent sur le métabolisme phosphocalcique.

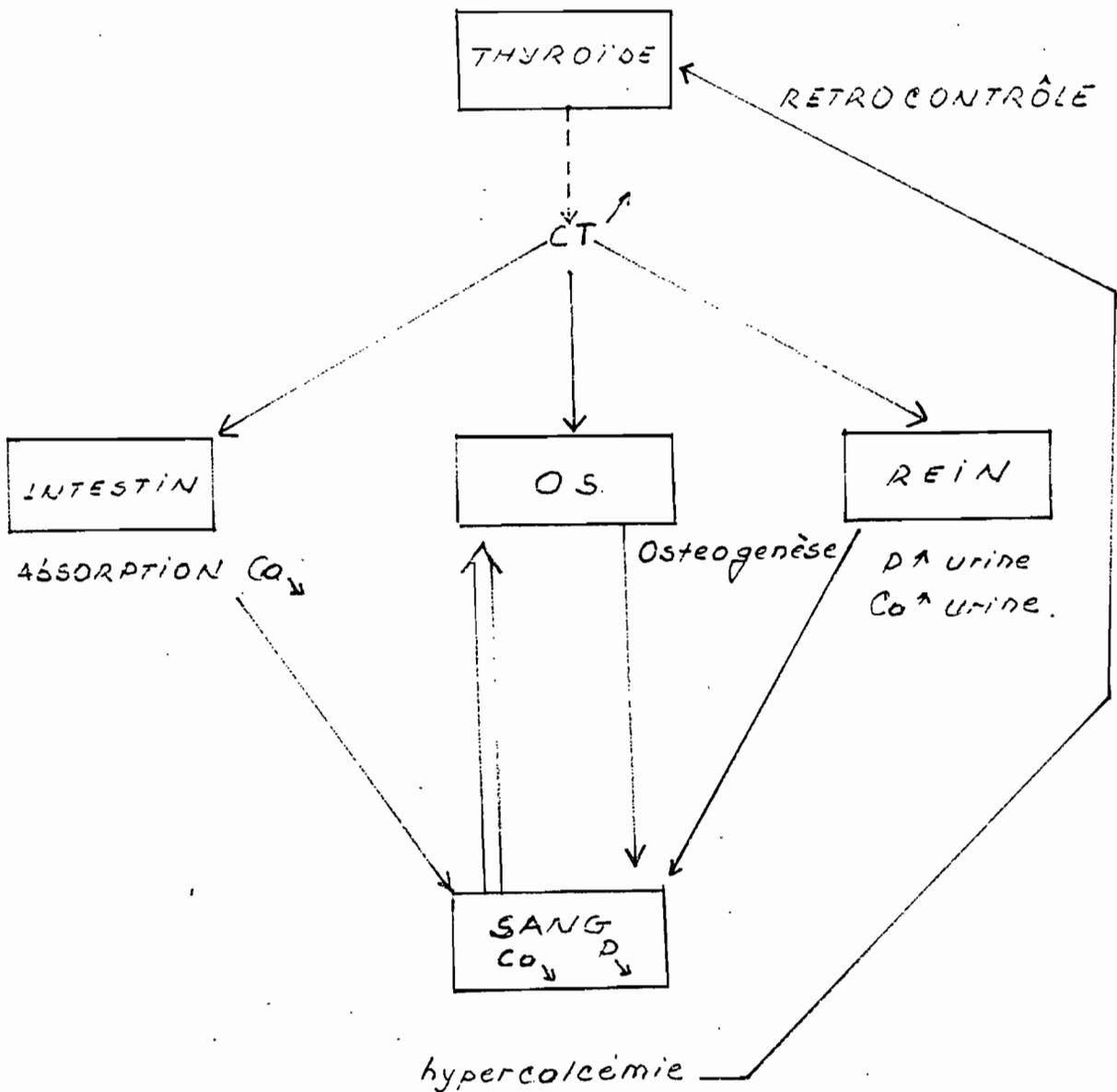


Fig. 3 : ACTION DE LA CALCITONINE

DJIMRAO (1989)

I.4.4- AUTRES FACTEURS DE LA REGULATION DE LA CALCEMIE ET DE LA PHOSPHATEMIE

La vitamine A à forte dose, stimule la résorption osseuse tandis que la vitamine C favorise la minéralisation.

L'hormone de croissance (GH) augmente l'absorption intestinale du calcium, favorise la minéralisation de l'os et stimule la résorption tubulaire du calcium (CALAMY, 1973).

La tyroxine, hormone sécrétée par les thyrocytes, se présente sous deux formes; la Tri-iodothyronine (T₃) et la Tétrai-iodothyronine (T₄). La T₃ est la plus active (VIARD et al, 1984). Elle a une action synergique comme la G.H. Cependant, son excès augmente l'excrétion rénale du calcium par diminution de sa réabsorption.

- Les hormones gonadiques permettent une meilleure fixation du calcium sur le squelette, grâce à l'activation androgénique de l'anabolisme protéique. Elles agissent en augmentant l'accrétion ou en réduisant l'ostéolyse. Elle augmenteraient l'absorption intestinale (CLERON, 1986).

- Les corticoïdes par leur action anti-vitamine D, bloquent l'absorption intestinale du calcium et des phosphates. Ils augmenteraient l'élimination rénale du calcium et du phosphore.

- La régulation de la calcémie et de la phosphatémie a pour noeud principal la calcémie, elle permet à l'organisme de satisfaire en partie ses besoins en calcium et en phosphore, outre l'apport alimentaire.

CHAPITRE II : LES BESOINS EN CALCIUM ET EN PHOSPHORE

Chez la chèvre comme chez les autres espèces, les besoins en calcium et en phosphore varient en fonction du stade physiologique, de l'âge et de ses activités.

II.1- LES NORMES RECOMMANDEES

Les connaissances actuelles sur le métabolisme minéral et les apports recommandés en éléments minéraux dont le calcium et le phosphore, sont encore très incomplètes chez les caprins. A cause de ce manque, ce sont les données obtenues chez les ovins et bovins qui sont utilisées pour l'estimation des apports recommandés ou des besoins. Ces besoins sont résumés dans le tableau VII ci-dessous.

BESOINS	Poids vif (KG)	énergie (UF/j)	MAD (g/j)	Ca (g/j)	P (g/j)
Entretien *	20	0,50	35	1,0	0,6
	30	0,57	40	1,5	0,9
	40	0,64	45	2,0	1,2
	50	0,71	50	2,5	1,5
	60	0,78	55	3,0	1,8
	70	0,85	60	3,5	2,1
	80	0,92	64	4,0	2,4
Croissance (cumulée avec entretien)	3 - 5	0,50	85	2,0	1,3
	8 - 9	0,70	120	2,7	1,7
	14 - 15	0,85	140	2,8	1,8
	19 - 20	0,92	145	2,9	1,9
	24 - 25	0,95	135	3,2	2,0
	29 - 30	0,97	120	3,2	2,0
	33 - 34	1,05	105	3,2	2,0
Reproduction (à ajouter aux besoins d'entretien)	<u>femelles</u> - 4 ^è M de gestation	0,25	20	1,5	1,8
	- 5 ^è M de	0,40	35	1,5	1,8
besoins d'entretien)	<u>Mâles</u> (période de lutte) : 5 à 10 p100 en supplément aux besoins d'entretien,				
Lactation (à ajouter aux besoins d'entretien)	<u>Par kg de lait</u>				
	-à 3,0 % de MG	0,32	50	4	3
	-à 3,5 % de MG	0,36	55	4	3
	-à 4,0 % de MG	0,40	60	4	3

* Ajouter 20 % des besoins d'entretien pour les besoins d'énergie de déplacement .

Tableau VII : LES BESOINS DES CHEVRES EN CALCIUM ET EN PHOSPHORE. (RIVIERE, 1991)

II.2- LES CONSEQUENCES PATHOLOGIQUES

Les conséquences pathologiques peuvent être dues aussi bien à un excès qu'à une carence en calcium et en phosphore. Ainsi, selon GUEGUEN (1988), une carence générale entraîne une diminution de l'appétit, une altération de l'état général, de la production, de la fécondité et des capacités de résistances aux maladies.

- Une carence en calcium et en phosphore entraîne une mobilisation osseuse, une hypophosphatémie (GUEGUEN, 1988) mais aussi une hypocalcémie vitulaire.

- Une simple carence en phosphore engendre d'après KESSLER (1981) une chute de la consommation alimentaire, un retard de croissance et une démarche rapide.

- Un excès en calcium lors du tarissement de la lactation, peut causer l'hypocalcémie post-partum, la calcinose due à une forte ingestion de cholecalciférol .

- Un excès de phosphore associé à une faible alimentation calcique causerait des lithiases urinaires.

DEUXIEME PARTIE :
ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODES

I.1 - MATERIEL

I.1.1 - MATÉRIEL ANIMAL

Nos essais ont porté sur dix (10) chèvres âgées de 8 mois et pesant en moyenne 15 Kg. Ce sont des chèvres de race sahélienne type local, achetées au Forail de Dakar.

I.1.2 - ALIMENTS

Au cours de nos expériences, les chèvres divisées en deux lots A et B, ont reçu des rations composées:

- d'aliment grossier les fanes d'arachide
- d'aliment concentré constitué de:
 - * Sorgho,
 - * Maïs concassé,
 - * Sel (NaCl),
 - * et pour le lot B, le phosphate bicalcique.

I.1.3 - MATERIEL D'ELEVAGE

Les chèvres vides étaient placées en enclos semi-dur et semi-grillagé, à ciel ouvert et à sol cimenté couvert de litière. Les chèvres en fin de gestation ou en lactation étaient dans des cages de métabolisme dans l'animalerie du Service de Zootechnie-Alimentation de l'Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires (E.I.S.M.V) de Dakar.

Les aliments étaient distribués dans des mangeoires métalliques, et l'eau dans des abreuvoirs en plastiques. Les aliments étaient pesés à l'aide d'une balance chinoise P1500 (0,5 à 15000 grammes).

I.1.4 - MATERIEL TECHNIQUE

Aussi varié, le matériel technique comprend le matériel de prélèvement d'une part et le matériel d'analyses d'autre part.

A - Matériel de prélèvement

Le matériel de prélèvement comprend:

- des sachets nylon pour les échantillons d'aliment en vue des analyses
- des tubes stériles sous vide type VENOJECT de 5 et 10 ml:
 - * avec anticoagulant (héparinate de Lithium)
 - * à sec sans anticoagulant pour la conservation du plasma.

- un porte aiguille
- des aiguilles stériles à usage unique
- un centrifugeur de marque "Christ"
- un réfrigérateur de marque "Linde" pour la conservation du plasma, des échantillons d'aliments et des réactifs

A - Matériel d'analyses

Le matériel d'analyse est composé:

- d'une balance de marque METTLER 2000 (0,01 à 2000 g) pour la pesée des échantillons d'aliment
- d'étuves universelles réglables
- de Bain-marie type GERHARDT
- de four à moufle type 48000 FURNACE réglable jusqu'à 550°C
- de plaques chauffantes
- de micropipettes de:
 - * 100 μ l, marque GILSON
 - * 10 μ l, marque SOCOREX
- d'embouts de 10 et 100 μ l pour micropipettes
- de dessiccateur plus absorbant universel
- de creusets
 - *en verre fritté, porosité 2
 - *en porcelaine
- d'un appareil de distillation ou Büchi
- de papiers filtres
- de papiers doux
- de moulinette type Moulinex pour broyer les échantillons d'aliment
- de la verrerie
- de réactifs servant à déterminer la calcémie, la phosphatémie et les teneurs en calcium et phosphore dans les aliments. Ces réactifs sont consignés dans le tableau N° VIII ci-après.

TYPE	REACTIFS		Concentration	ORIGINE
	Composantes			
Calcémie	<u>Etalon</u>	<u>Calcium</u>	100 mg (2,5mmol/L) 106µmol/l	Laboratoire MERCK- BIOTROL
	Réactif 1 : Chromogène	- Bleu de methylthymol - Acide chlorydrique - Hydroxy -8 quinoline Ethanolamine	16 mmol/l 13,8mmol/l	
Phospha- témie	<u>Etalon</u>	<u>Phosphore</u>	40 mg (1,29 mmol/L)	
	Réactif	- Molybdate d'ammonium - Acide sulfurique	2 mmol/L 500 mmol/L	
Calcium alimentaire	<ul style="list-style-type: none"> - Eau ammoniacale - permanganate de potassium - Acide acetique - Acide sulfurique - Oxalate de méthyl - Rouge de méthyl 		10 p 100 N/10 20 p 100 20 p 100	-
Phosphore alimentaire	<ul style="list-style-type: none"> - Acide nitrique pur - Acide perchlorique - Vanado-molybdique 		- -	-

Tableau N° VIII : REACTIFS DE LA DETERMINATION DE LA CALCÉMIE ET DE LA PHOSPHOTÉMIE, DU CALCIUM ET DU PHOSPHORE ALIMENTAIRE

I.2 - METHODES

I.2.1 - PHASE D'ADAPTATION

Les chèvres une fois achetées, ont été laissées sur pâturages post-hivernale dans la cours de l'E.I.S.M.V jusqu'à leur mises en enclos où elles ont passées deux semaines en vue de leur adaptation aux rations expérimentales.

I.2.2 - PHASE EXPERIMENTALE

I.2.2.1 - CONSTITUTION DES LOTS

Au moment de leurs mise en enclos, les chèvres ont été réparties en deux lots (A et B), à raison de cinq par lot. Chaque chèvre était identifiée par un numéro. Le choix et l'identification des celles-ci se faisant au hasard et sans critère préalable.

I.2.2.2 - ALIMENTATION ET ABREUVEMENT

A partir des matières premières achetées au marché local, deux types de rations ont été composés:

- la ration A pour le lot A (lot témoin)
- la ration B pour le lot B (lot expérimentale).

Le mélange des matières premières a été fait à la main jusqu'à homogénéisation quasi parfaite. Le tableau N°IX nous en donne les compositions.

Matières Premières	PROPORTIONS PAR ANIMAL (g)			
	Chèvre vide		Chèvre gestante ou allaitante	
	Lot A	Lot B	Lot A	Lot B
Aliment grossier : fanes d'arachide	500	500	750	750
Aliment concentré:				
. Maïs + Sorgho	245	235	490	470
. Sel 2%	5	5	10	10
. Phosphate bicalcique 4%	-	10	-	20

Tableau N° IX : COMPOSITION DES RATIONS DES CHEVRES DES LOTS A ET B

La distribution des aliments était collective pour les chèvres vides, et individuelle pour les chèvres gestantes à terme ou allaitantes.

Les fanes d'arachide étaient distribuées deux fois par jour (8H et 18H), soient 250g par repas pour la chèvre vide, le matin 500g pour la chèvre gestante ou allaitante et 250g le soir.

Les aliments concentrés étaient distribués en un seul repas quotidien, soient 250g à 12 heures pour la chèvre vide et 500g pour la chèvre gestante ou allaitante 30 minutes après la distribution de fanes d'arachide dans la matinée, l'abreuvement était ad libitum.

L'expérimentation a duré de Janvier à Mai 1994 pour les chèvres vides et, de Décembre 1994 à Avril 1995 pour les chèvres en fin de gestation et en lactation.

I.2.2.3 - SYNCHRONISATION DES CHALEURS

Nous avons synchronisé les chaleurs des chèvres en vue des accouplements regroupés, pour étudier les effets des niveaux d'apport en calcium et en phosphore sur la calcémie et la phosphatémie des chèvres gestantes et allaitantes. Seules les chèvres supposées vides (8 sur 10) après le diagnostic de gestation par palpation transabdominale ont subi cette synchronisation.

L'acétate de fluorogestone (F.G.A) sous forme d'éponges vaginales a été simultanément mise en place chez les 8 chèvres. Au retrait des éponges le 18^{ème} jour, nous avons injecté 400U.I de Prénant Mare Serum Globuline (P.M.S.G) et trois jours après, un bouc a été introduit dans chaque enclos pour saillies par présentation des femelles en chaleur à ce dernier.

Trois mois après les accouplements, un second diagnostic de gestation a été fait afin d'identifier les chèvres devenues effectivement gestantes.

A partir du mois de Juin 1994, les animaux ont été libérés dans la cours de l'E.I.S.M.V afin qu'ils puissent profiter des conditions alimentaires favorables en période d'hivernage. Pendant cette période, les chèvres non gestantes ont été saillies en monte nature.

Au dernier tiers de leur gestation, les chèvres ont été mises individuellement en cage de prélèvement jusqu'à leur mise bas et aux trois premiers mois de lactation.

Durant toutes ces différentes phases en cage, des prélèvements ont été effectués.

I.2.3 - PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS

I.2.3.1- PRÉLÈVEMENT DES ALIMENTS

L'aliment grossier constitué de fanes d'arachide a été prélevé au cours de chaque pesée d'aliment. les échantillons collectés selon chaque charge ont été conservés pour des analyses ultérieures.

Les aliments concentrés ont été prélevés après chaque nouveau mélange.

I.2.3.2- PRÉLÈVEMENT DE SANG

Les prélèvements ont été faits par ponction de la veine jugulaire externe à l'aide des aiguilles et des tubes "VENOJECT" stériles à usage unique.

les échantillons récupérés dans des tubes héparinés, ont servi à la préparation du plasma. Les prélèvements ont eu lieu le matin avant la distribution des aliments. Le sang recueilli a été centrifugé à 3500 trs/mn ceci pendant 5 minutes.

Après la centrifugation, le plasma a été prélevé à l'aide d'une micropipette dans des tubes secs, les échantillons de plasma ont été alors conservés à -20°C jusqu'à leur analyse. Les prélèvements sanguins se sont déroulés conformément au calendrier présenté au tableau N°X.

STADES PHYSIOLOGIQUES	DATES DE PRELEVEMENT	NOMBRE DE PRELEVEMENTS
Chèvres à vides	Janvier 1994 Février 1994 Mars 1994 Avril 1994 Mai 1994	un par mois et par chèvre
Chèvres gestantes	40 à 30 jours av la mise bas 25 à 20 jours ----- 15 à 10 jours----- 5 à 1 jours -----	un par période et par chèvre
chèvres allaitantes	le jour de la mise bas 10 jours après la mise bas 20 ----- 30----- 40----- 50----- 60----- 72----- 84-----	un par période et par chèvre

Tableau N° X: CALENDRIER DES PRELEVEMENTS DE SANG

I.2.4 - ANALYSES

I.2.4.1- Analyses chimiques des aliments

IL est indispensable de connaître la composition chimiques des aliments, car c'est elle qui détermine la valeur alimentaire.

Le système d'analyse utilisé est le système classique de "WEENDE". Il consiste à déterminer les principaux groupes de composants représentés par le schéma (Fig N°4) ci-après:

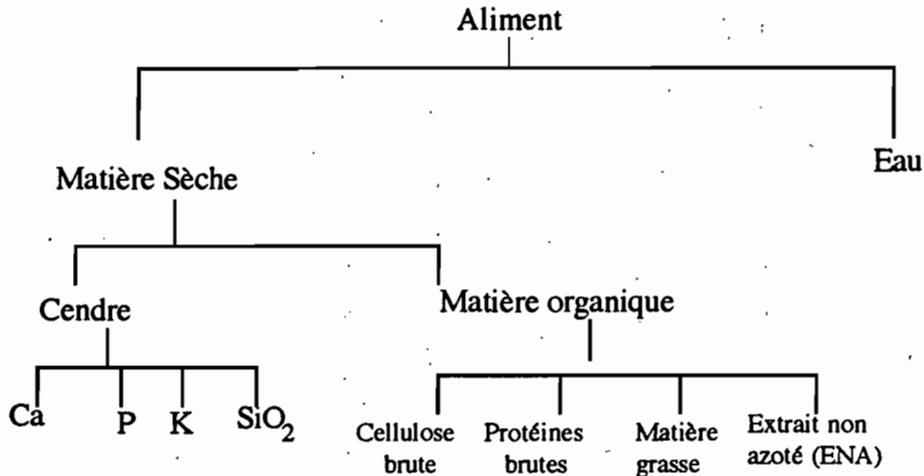


Figure N°4 : SCHEMA D'ANALYSES CHIMIQUES D'ALIMENT

Nous nous sommes limités à la détermination; de la matière sèche, de la teneur en eau (humidité), de la matière minérale (cendre), du calcium et du phosphore. Les principes généraux de cette détermination sont les suivants:

A- Humidité et Matière sèche

L'échantillon d'aliment est soumis à la dessiccation en étuve à 130°C pendant 4 heures dans des conditions bien définies. La perte de masse de la substance est déterminée par pesée, elle correspond à sa teneur en eau.

Le taux d'humidité est évalué par la formule suivante:

$$\text{- Humidité (\%)} = [(P1-P2)/P] \times 100$$

p = poids de l'échantillon d'aliment

P1 = poids du creuset + échantillon d'aliment avant dessiccation

P2 = poids du creuset + échantillon d'aliment après dessiccation

$$\text{- La matière sèche (\%)} = 100 - \text{humidité (\%)}$$

B - Teneur en cendres brutes

Les cendres sont déterminées par incinération des échantillons, jusqu'à ce que le carbone soit éliminé selon la convention suivante: incinération à $550 \pm 10^\circ \text{C}$ pendant 6 heures dans un four à moufle. Le résidu correspond aux cendres brutes.

C- Teneur en calcium

L'échantillon de l'aliment est incinéré, les cendres obtenues sont traitées à l'acide acétique puis à l'oxalate d'ammonium. Le calcium est alors précipité sous forme d'oxalate de calcium. Le précipité est ensuite dissout dans de l'acide sulfurique pour former l'acide oxalique qui sera titré par une solution de permanganate de potassium à 0,1N

$$1\text{ml de KMnO}_4 (0,1\text{N}) = 2,004 \text{ mg de Ca}$$

D- Teneur en phosphore total

La détermination en phosphore total des aliments se fait par colorimétrie. L'échantillon est minéralisé par voie humide et mis en solution acide. Cette solution est traitée au réactif Vanado-Molybdique. La solution de couleur jaune ainsi formée servira à mesurer la densité optique au spectromètre à 430 nm. La teneur total en phosphore est alors déduite à partir d'une courbe d'étalonnage.

I.2.4.2 - ANALYSES CHIMIQUES DES PLASMAS

Les analyses chimiques des plasmas ont permis de déterminer la calcémie et la phosphatémie suivant les principes et les modes opératoires décrits par les laboratoires MERCK-CLEVENOT (MERK-BIOTROL), fabricant et distributeur des réactifs.

A- Détermination de la calcémie

A.1 - Principe

En milieu alcalin, le calcium forme avec le bleu de méthylthymol un complexe dont l'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration en calcium.

La présence d'Hydroxy-8 quinoléine permet d'éliminer l'interférence du magnésium.

A.2 - Mode opératoire

- Ramener réactifs et plasmas à la température ambiante avant la mesure
- Préparer les réactifs de travail
 - * Réactif 11 volume
 - * Réactif 2.....1 volume
- Tout ceci dans trois (3) tubes à essais, introduire:

	Dosage (ml)	Etalon (ml)	Témoin(ml)
Sérum	0.001	-	-
Etalon	-	0,001	-
Eau distillée	-	-	0,001
Réactif de travail	1	1	1

- Bien mélanger et laisser au repos pendant 5 minutes.
- Lire à 610 nm les densités optiques du dosage et de l'étalon contre le témoin

A.3 - Calculs

- Calcémie en mg/L = [(D.O dosage) / (D.O étalon)] x 100
- Calcémie en mmol/L = [(D.O dosage) / (D.O étalon)] x 2,5

B- Détermination de la phosphatémie

B.1 - Principe

Les ions phosphates réagissent avec le molybdate d'ammonium en solution acide pour former le phosphomolybdate d'ammonium.

La mesure de l'absorbance à 340 nm est proportionnelle à la concentration en ions phosphates de l'échantillon.

B.2 - Mode opératoire

- Préparation de la solution de travail:
 - * Réactif liquide prêt à l'emploi
 - * Ramener le réactif et le plasma à la température ambiante avant de procéder à la mesure.
- Dans trois tubes à hémolyse, introduire:

	Dosage (ml)	Etalon (ml)	Témoin(ml)
Sérum	0,002	-	-
Etalon	-	0,002	-
Eau distillée	-	-	0,002
Réactif de travail	1	1	1

- Bien mélanger et laisser au repos pendant une minute à la température ambiante, à 30°C ou à 37° C
- Lire au spectromètre à 340 nm les densités optiques (D.O) du dosage et de l'étalon contre le témoin.

B.3 - Calculs

- Phosphatémie en mg de phosphore/L = [(D.O dosage) / (D.O étalon)] x 40
- Phosphatémie en mmol/L = [(D.O dosage) / (D.O étalon)] x 1,29

C- Analyse statistique

Les calculs statistiques ont été effectués sur ordinateur de type MACINTOSH à l'aide du logiciel STATVIEW, à l'E.I.S.M.V. L'ensemble des données de la calcémie et de la phosphatémie a été soumis à l'analyse de variance au test de FISCHER.

CHAPITRE II : RESULTATS ET DISCUSSION

II-1 RESULTATS

II-1-1 COMPOSITION CHIMIQUE DES ALIMENTS

Les aliments concentrés ont une teneur en calcium qui est moins élevée que celle de l'aliment grossier. Par contre, la teneur en phosphore y est plus élevée.

Le tableau N°XI nous donne les concentrations en aliment du lot A et du lot B.

	Fanes d'arachide	Lot A Concentré	Lot B Concentré
Humidité (P100 MF)	7,61	17,14	14,41
Matière sèche (P100 MF)	92,39	82,86	85,59
Matière Minérale (P100 MS)	6,19	6,81	6,45
Calcium (P100 MS)	0,97	0,12	6,30
Phosphore (P100 MS)	0,22	1,23	1,31

MF = Matière Fraîche

MS = Sèche

Tableau N°XI: COMPOSITION CHIMIQUE DES ALIMENTS

II-1-2 CALCEMIE ET PHOSPHATEMIE DE LA CHEVRE DU SAHEL

Les valeurs moyennes des paramètres dosés sont portées en annexe aux tableaux A-1, A-2, A-3.

II-1-2-1 LA CALCEMIE

A- Chèvre vide

L'évolution de la calcémie des chèvres du Sahel vides en fonction des niveaux d'apport phosphocalcique, entre les mois de Janvier 1994 et mai 1994, est présentée sur la figure N°5. d'une façon générale, il nous a été donné de noter de faibles fluctuations de la calcémie chez les chèvres du Sahel aussi bien en fonction des mois que des niveaux d'apport du calcium et du phosphore. Toutefois, il faut souligner une chute de la calcémie aussi bien dans le lot A que dans le lot B au mois d'Avril. Cette chute s'est maintenue chez la chèvre du lot A en Mai, alors que tel n'était pas le cas chez la chèvre du lot B dont

la calcémie a repris une augmentation pour atteindre son niveau initial au cours des trois mois précédents.

Aussi bien les niveaux d'apport phosphocalcique que les mois n'ont eu aucun effet significatif sur la variation de la calcémie de nos chèvres ($P > 0,05$).

B- Chèvre en gestation

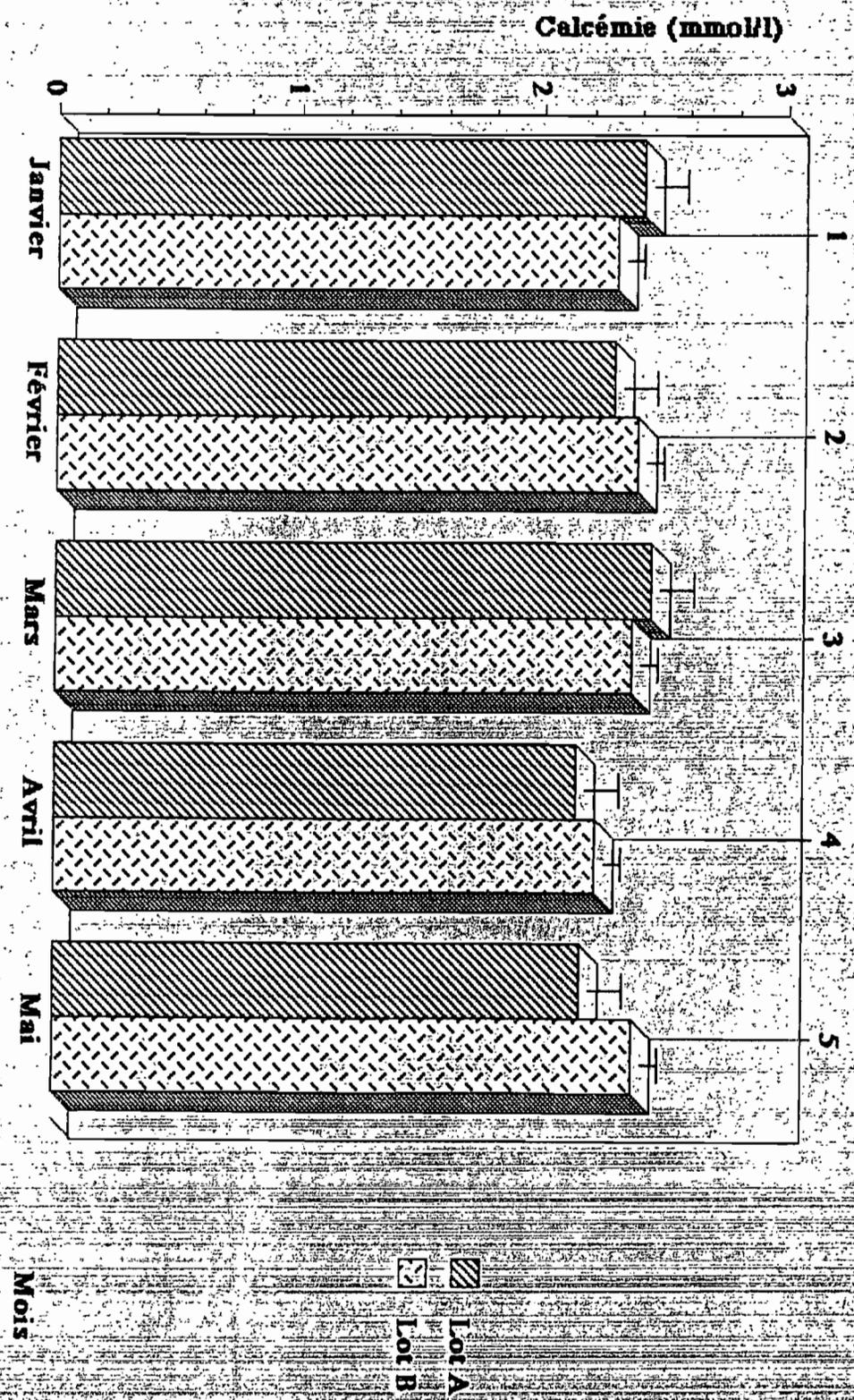
Une à deux semaines avant la mise bas, une chute de la calcémie est observée aussi bien chez la chèvre du lot A que celle du lot B. Cette chute est plus marquée chez la chèvre du lot A, sa calcémie descend jusqu'à 1,61mmol/L comme le montre la figure N°6. Il nous paraît très indiqué de souligner, la fluctuation de la calcémie plus marquée chez les chèvres du lot A que chez celles du lot B.

C- Chèvre en lactation

Chez les chèvres en lactation, l'évolution de la calcémie a été suivie pendant trois mois, à partir du jour de la mise bas. Comme l'illustre la figure N°7, l'apport phosphocalcique n'a pas d'effet remarquable sur la calcémie de la chèvre du Sahel durant les dix premiers jours de la lactation. Pour les chèvres du lot A, il nous a été donné de noter une augmentation de la calcémie aux 20^e et 30^e jours de lactation. Cette augmentation est restée perceptible jusqu'au 40^e jour. Après cette croissance, la calcémie chute progressivement jusqu'à atteindre des valeurs inférieures à celles des chèvres du lot B aux 50^e, 72^e et 84^e jours.

La différence de la calcémie des lots A et B aux 20^e et 40^e jours de la lactation n'est pas statistiquement significative ($P > 0,05$) mais, elle l'est au 30^e jour de lactation ($P < 0,05$).

Figure 5 : Effet des niveaux d'apport en calcium et en phosphore sur la calcémie de la chèvre du sahel en saison sèche (de janvier à mai).



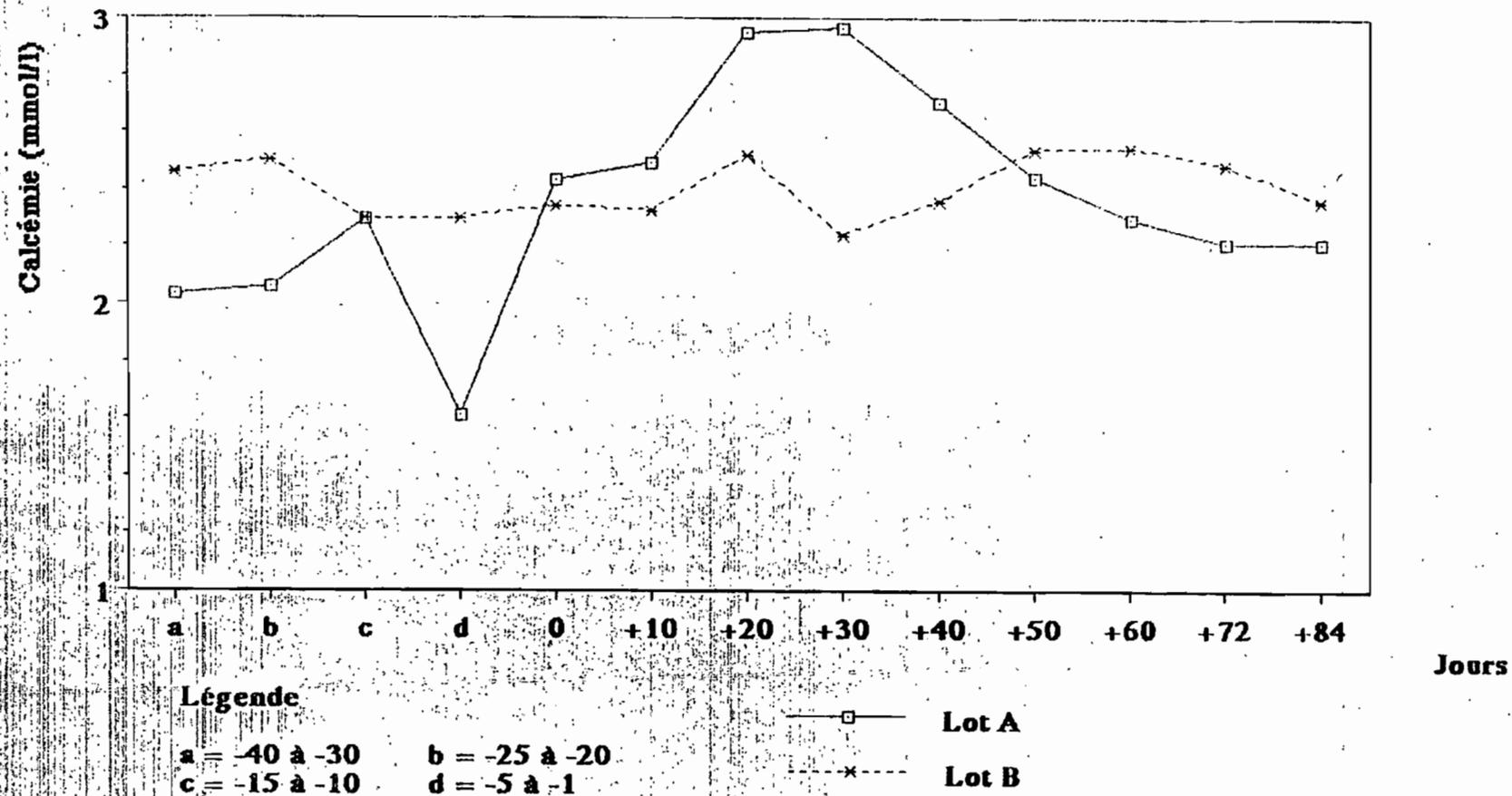


Figure 6 : Effet des niveaux d'apport en calcium et en phosphore sur la calcémie de la chèvre du sahel en fin de gestation et à la première moitié de la lactation .

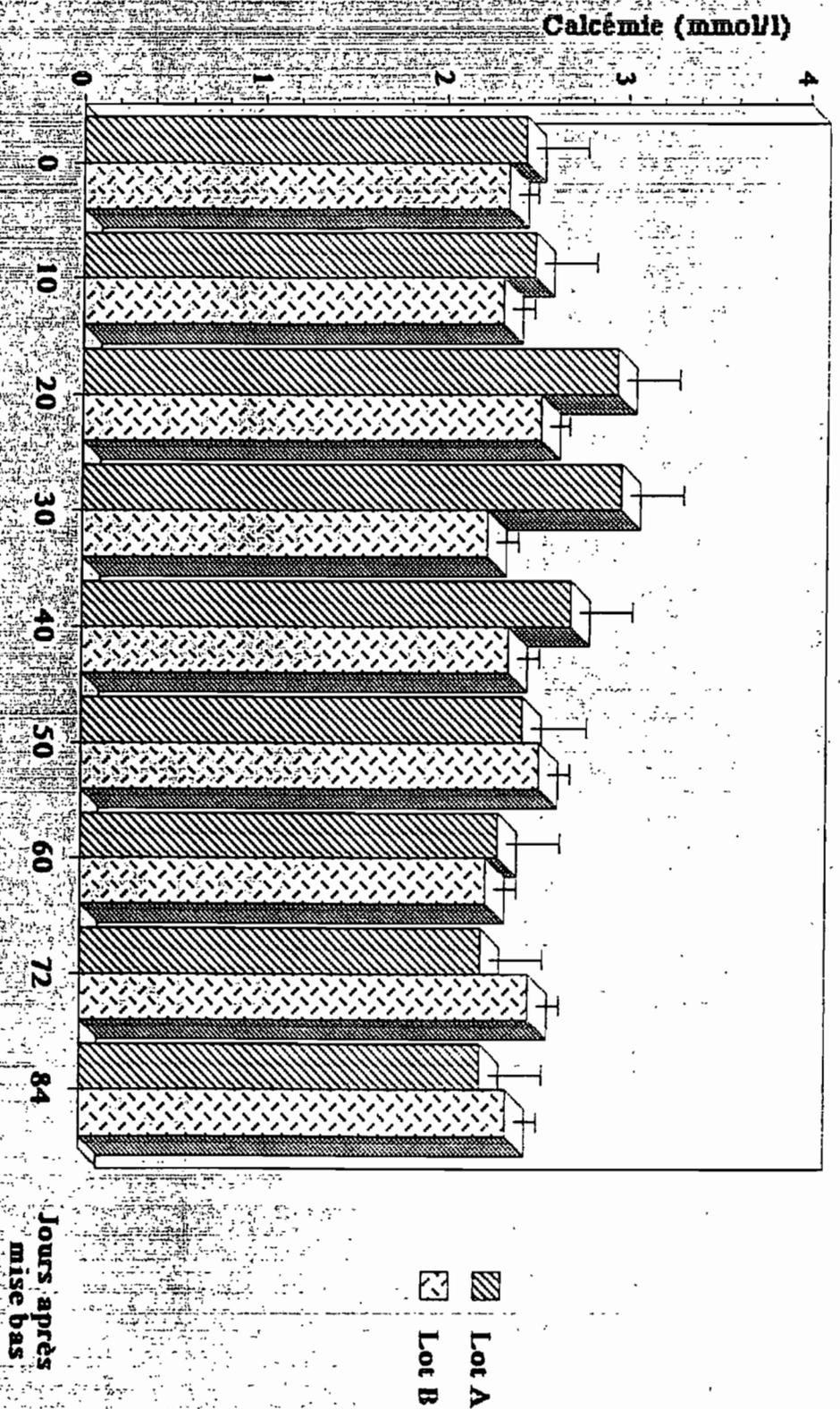


Figure 7 : Effet des niveaux d'apport en calcium et en phosphore sur la calcémie de la chèvre du sahel dans la première moitié de la lactation

II-1-2-2 PHOSPHATEMIE

A - Chèvre vide

A la différence de la calcémie, la phosphatémie est influencée aussi bien par le niveau d'apport de calcium et de phosphore alimentaires que par les mois de prélèvements.

C'est ainsi qu'au mois de Février, la phosphatémie de notre chèvre diminue de façon significative ($P < 0,05$) par rapport à celle de la même chèvre aux mois de Janvier, Avril et Mai. Le niveau d'apport phosphocalcique entraîne une différence significative ($P < 0,05$) entre la phosphatémie chez la chèvre du lot A et celle de la chèvre du lot B, au mois de Mars (figure N°8).

B - Chèvre gestante

D'une façon générale, nous avons noté des fluctuations de la phosphatémie aussi bien chez la chèvre du lot A que celle du lot B. La chute de la phosphatémie chez les chèvres des deux lots est d'une part accentuée à la mise bas et, d'autre part, plus marquée chez les chèvres du lot A. Dans les deux cas, la phosphatémie reprend progressivement dans les jours qui suivent la mise bas comme le montre la figure N°9.

C- Chèvre en lactation

Comme nous venons de le signaler dans le cas des chèvres en gestation, la phosphatémie remonte aussi bien chez la chèvre du lot A que celle du lot B. Cette augmentation est plus rapide chez la chèvre du lot B recevant une complémentation phosphocalcique que chez la chèvre du lot A où l'alimentation phosphocalcique est uniquement organique.

Au 20^e jour, la phosphatémie chez la chèvre du lot A augmente considérablement, jusqu'à dépasser celle de la chèvre du lot B comme présentée à la figure N°10. Il faut souligner que l'apport phosphocalcique entraîne une augmentation de la phosphatémie de la chèvre du Sahel à partir du 60^e jour de lactation. Cette augmentation diffère statistiquement de celle du lot A qui est notre lot témoin. ($P < 0,05$). Il en est de même au 84^e jour de lactation.

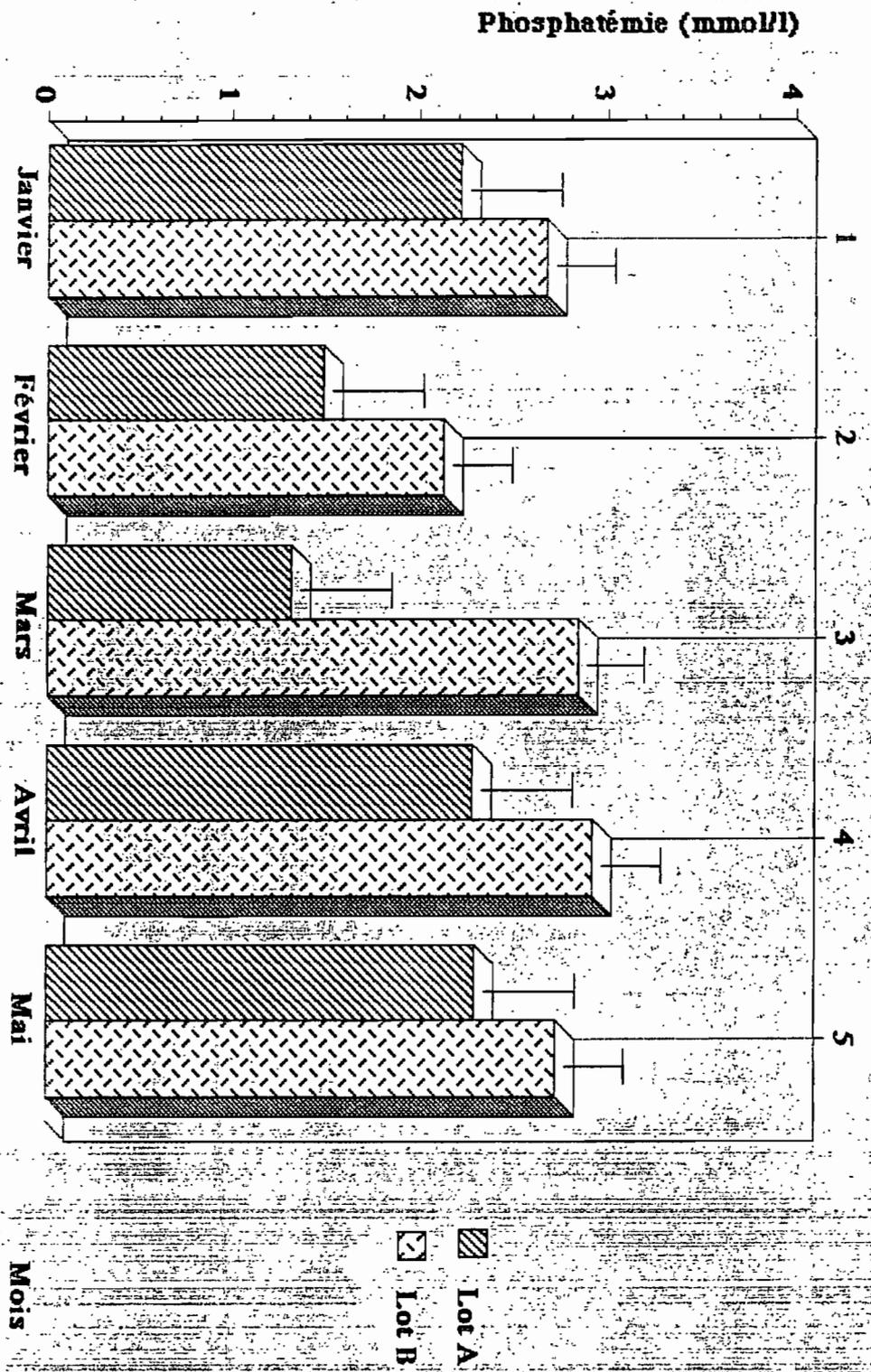


Figure 8 : Effet des niveaux d'apport en calcium et en phosphore sur la phosphatémie de la chèvre du sahel vide en saison sèche (de janvier à février)

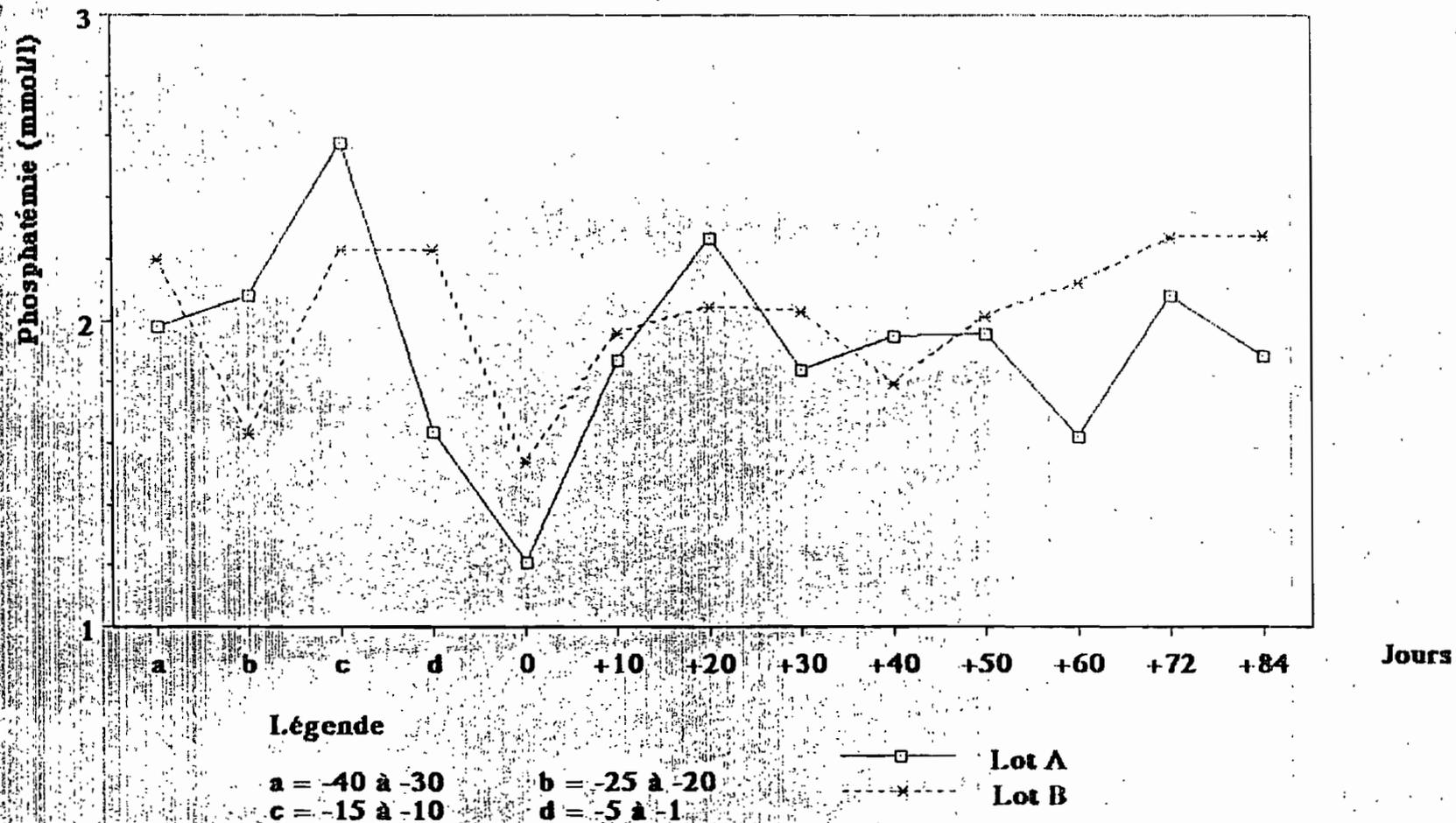


Figure 9 - Effet des niveaux d'apport en calcium et en phosphore sur la phosphatémie de la chèvre du sahel en fin de gestation et à la première moitié de lactation .

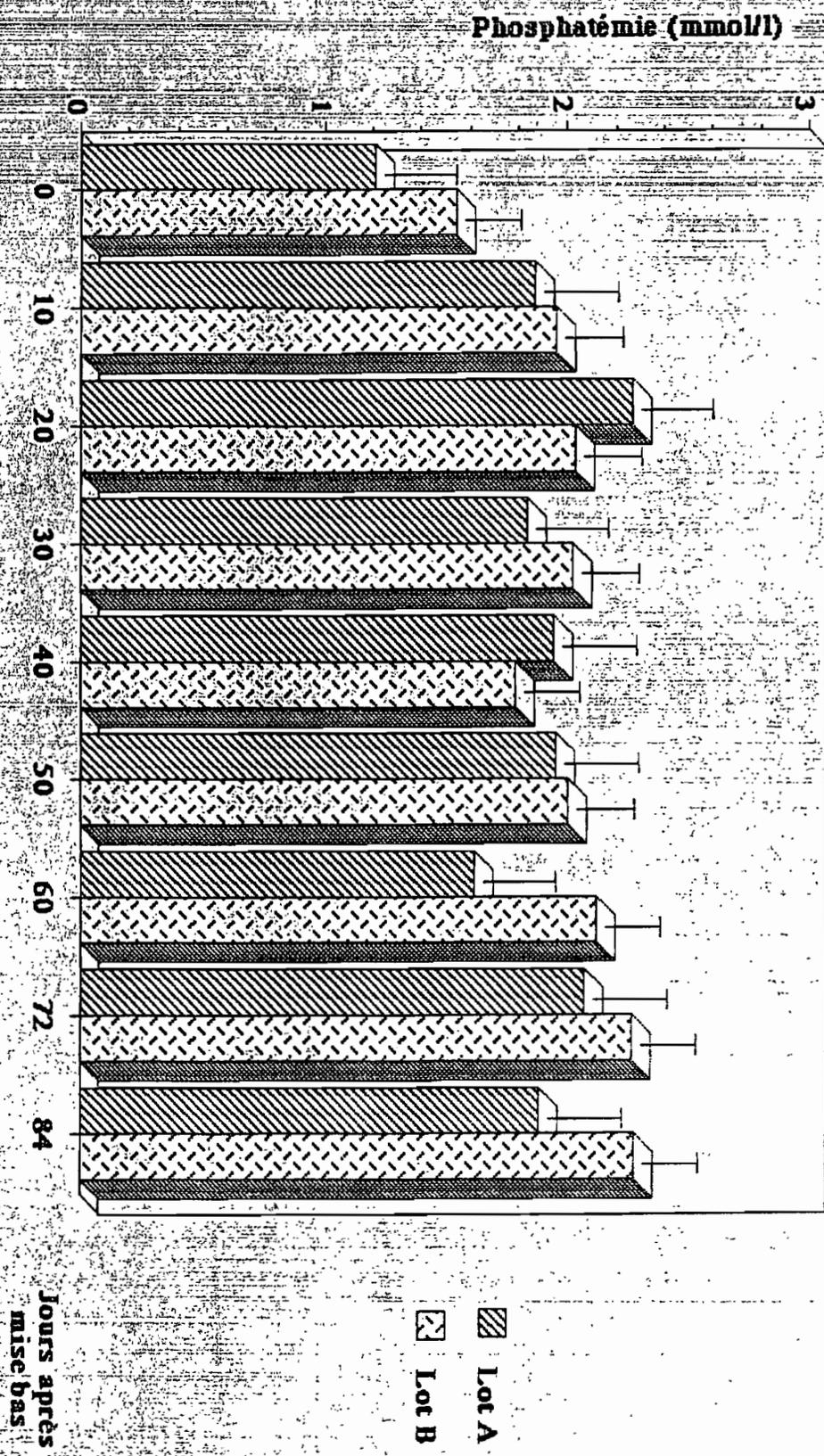


Figure 10 - Effet des niveaux d'apport en calcium et en phosphore sur la phosphatémie chez la chèvre du sahel dans la première moitié de lactation

II-2 DISCUSSION

II-2-1 COMPOSITION D'ALIMENTS

Les fanes d'arachide utilisées dans notre étude titrent 0,97p100 de calcium et 0,22p100 de phosphore. Ces valeurs confirment celles avancées par RIVIERE (1991) qui se situent entre 0,89p100 et 1,97p100 pour le calcium, 0,13p100 et 0,34p100 pour le phosphore. Déjà, CISSE (1985) signalait la faible teneur des fourrages tropicaux en phosphore.

II-2-2 CALCEMIE ET PHOSPHATEMIE

II-2-2-1 CALCEMIE

A- Chèvre vide

Dans notre étude, les valeurs moyennes de la calcémie sont de $2,29 \pm 0,09$ mmol/L chez la chèvre du lot A et de $2,39 \pm 0,13$ mmol/L chez la chèvre du lot B. ces résultats confirment ceux obtenus chez les chèvres du Sahel au Burkina-Faso par BENNIS et al (1994) et OUEDRAOGO (1994) avec respectivement $2,32 \pm 0,2$ mmol/L et $2,4 \pm 0,1$ mmol/L. Chez la chèvre du Sahel au Sénégal, BENNIS et al (1992) ont obtenu $2,37 \pm 0,09$ mmol/L.

Toutefois, nos valeurs sont supérieures à celles rapportées par ORLIAC (1980) chez les chèvres sahariennes et qui est de $2,18 \pm 0,11$ mmol/L.

Par ailleurs, nos résultats montrent que, la calcémie de la chèvre n'est pas influencée par le niveau d'apport en calcium alimentaire. Ce qui laisse présumer les mécanismes humoraux, régulateurs de la calcémie, très efficace chez cette espèce, comme chez les autres ruminants domestiques. Cela a été déjà signalé par OUMAROU (1990) chez le zébu Gobra.

Aussi, la saison ne semble pas influencer la calcémie de la chèvre du Sahel vide.

B- Chèvre gestante

Nous avons eu à noter la chute de la calcémie chez nos chèvres en fin de gestation. Des résultats similaires ont été rapportés par un certain nombre d'auteurs (BRAITHWAITE et al, 1970; BARLET, 1974; SIGURDSSON, 1988; DJIMRAO, 1989). Selon ces auteurs, l'hypocalcémie qui intervient chez la chèvre avant le part, peut être liée à une mobilisation importante du calcium maternel au profit du fœtus. Pour ASSANE et al (1993), une autre cause de cette hypocalcémie ante-partum pourrait être la stimulation oestrogénique pendant la gestation.

C- Chèvre allaitante

Nous avons constaté une hypercalcémie aux 20^e et 30^e jours de la lactation chez les chèvres du lot A. Cette hypercalcémie serait consécutive à une forte mobilisation des réserves pour satisfaire le besoin de production en lait. Selon NDJENG (1995), le pic de la lactation a été atteint dès la deuxième semaine de lactation, il est concomitant à l'hypercalcémie. Cela a été déjà signalé par BRAITHWAITE (1983) chez la brebis. Ce même auteur a signalé que le besoin atteint le maximum au début de la lactation tandis que l'absorption et la rétention du calcium ne cessent d'augmenter après le pic de lactation.

Comme le montre la figure N°7, l'augmentation de la teneur en calcium de la ration ne se traduit pas par une augmentation de la calcémie. Ainsi, aussi bien chez la chèvre que chez les autres ruminants domestiques, il n'existerait pas de liens étroits entre la calcémie et l'ingestion du calcium alimentaire, ce qui justifierait les observations de certains auteurs tels que JEAN-BLAIN (1971) et PFEFFER et al (1993) qui ont eu à travailler sur les paramètres phosphocalciques.

II-2-2-2 PHOSPHATEMIE

A - Chèvre vide

Les valeurs moyennes de la phosphatémie obtenues chez les chèvres sont de $2,28 \pm 0,54$ mmol/L dans le lot A et de $2,68 \pm 0,54$ mmol/L dans le lot B. Nos valeurs sont supérieures à celles obtenues chez les chèvres du Sahel au Burkina- Faso par BENNIS et al (1994) et OUEDRAOGO (1994), soient $2,0 \pm 0,6$ mmol/L et $2,04 \pm 0,11$ mmol/L. quand aux chèvres du Sahel du Sénégal, BENNIS et al (1992) ont trouvé une phosphatémie de $1,7 \pm 0,4$ mmol/L. De même, nos résultats sont supérieures à ceux de ORLIAC chez les chèvres sahariennes ($1,77 \pm 0,26$ mmol/L).

La ration supplémentée en phosphate bicalcique a influencé considérablement la phosphatémie de nos chèvres. Bien avant nous, JEAN-BLAIN (1971), BRAITHWAITE (1983) MÜSCHEN et al (1988), BRINTRUP et al (1993), SPIEKERS et al (1993) PFEFFER et al (1993) et RODEHUTSCORD et al (1994) ont pu montré que le phosphore alimentaire a une influence sur la phosphatémie.

Notons enfin que, les variations intra-lots peuvent être liées aux conditions climatiques ou aux techniques de dosage du phosphore (ASSANE et al, 1993).

B- Chèvre gestante

Nous avons noté une hypophosphatémie à l'approche de la mise-bas. Ce qui confirme les observations de BARLET (1974). Cette hypophosphatémie serait due à une augmentation des exportations du phosphore en direction du foetus qui atteint ses valeurs minimales à la mise-bas. Cette chute s'expliquerait par des pertes par voie génitale au cours de la mise-bas.

Cette hypophosphatémie moins accentuée chez la chèvre du lot B, laisse présumer que l'apport alimentaire de phosphate bicalcique réduit cette chute.

C- Chèvre allaitante

L'évolution croissante de la phosphatémie depuis la mise bas jusqu'au 20^e jour de la lactation chez les chèvres des deux lots, pourrait être liée à une mobilisation plus accrue des réserves pour satisfaire le besoin de production en lait. BRAITHWAITE (1983) a démontré que les besoins de production en calcium et en phosphore augmentent progressivement et conjointement avec l'absorption et la rétention de ces sels minéraux, pour atteindre un maximum en début de lactation.

L'évolution plus rapide de la phosphatémie chez la chèvre du lot B serait due à l'apport alimentaire du phosphate bicalcique comme l'ont signalé GONGNET et al (1995) suite à l'apport de phosphate tricalcique, bien que leurs valeurs soient restées inférieures à celles des chèvres généralement en bon état nutritionnel en phosphore. Cet effet phosphotémiant de la supplémentation phosphocalcique est également perceptible au 60^e jour.

Les fluctuations de la phosphatémie doivent tenir compte des difficultés que présente le dosage du phosphore inorganique. En effet, la fraction minérale de phosphore sanguin est très labile si bien que différentes conditions physiologiques peuvent modifier notablement son taux selon ASSANE et al (1993).

La corrélation négative notée au mois de Février et Mars 1994 entre la calcémie et phosphatémie chez les chèvres vides du lot A et les chèvres allaitantes du même lot le jour de la mise bas, corrobore les observations de DEITERT et PFEFFER (1993). Ces auteurs ont montré que l'hypercalcémie est liée à l'hypophosphatémie sans aucune relation avec l'apport alimentaire du calcium.

CONCLUSION

Les rudes sécheresses des années 1970-72 et 1982-84 en zone sahélienne ont constitué une entrave à la politique d'autosuffisance alimentaire menée par les Etats de cette zone, surtout en protéines d'origine animale. L'espèce caprine qui s'est parfaitement adaptée à ces conditions, a été jusqu'à lors marginalisée aussi bien dans les programmes de recherches que dans l'élaboration des politiques de développement agricole.

La chèvre du Sahel qui offre d'énormes possibilités en protéine d'origine animale, pourrait contribuer à l'autosuffisance alimentaire. Ces possibilités ne pourraient du reste être exploitables qu'à condition de maîtriser la conduite de l'élevage ; ce qui exige une amélioration de l'alimentation des animaux sahéliens.

L'un des facteurs limitants des productions de ces animaux est la pauvreté en phosphore des pâturages tropicaux. Le calcium et phosphore jouent un rôle très important dans de nombreux processus biologiques de l'organisme.

Ce sont toutes ces raisons qui nous ont amené, à entreprendre l'étude de l'influence des niveaux d'apport en calcium et en phosphore sur la calcémie et la phosphatémie de la chèvre du Sahel en fonction des stades physiologiques (vide, gestante et allaitante).

Dix chèvres du Sahel divisées en deux lots de cinq, ont été utilisées dans notre étude. Un lot témoin (lot A) et un lot expérimental (lot B). Ces deux lots ne diffèrent entre eux que par la supplémentation de l'aliment du lot B en phosphate bicalcique. Deux phases ont été observées : une phase allant de Janvier à Mai 1994 avec des chèvres vides, et une phase allant de la mi-Décembre 1994 à la mi-Avril 1995 avec des chèvres gestantes et allaitantes. Les résultats obtenus sont les suivants:

1 - Chez la chèvre vide

L'apport phosphocalcique et la saison n'ont pas eu d'effet significatif ($P > 0,05$) sur la calcémie. Celle-ci est en moyenne de $2,29 \pm 0,09$ mmol/L chez la chèvre du lot témoin et de $2,39 \pm 0,13$ mmol/l chez la chèvre du lot expérimental. Par contre, le phosphore alimentaire a eu un apport significatif ($P < 0,05$) sur la phosphatémie. Elle est de $1,48 \pm 0,03$ mmol/L chez la chèvre du lot témoin et de $2,13 \pm 0,21$ mmol/L chez la chèvre du lot expérimental.

2- Chez la chèvre gestante

A l'approche du part, la calcémie connaît plus de fluctuations dans le lot témoin que dans le lot expérimental. Elle semble se stabiliser à 2,30 mmol/L au cours des deux dernières semaines de gestation chez la chèvre du lot expérimental alors que chez la chèvre du lot témoin, elle passe de 2,30 mmol/L à 1,61 mmol/L.

Cette diminution de la phosphatémie est plus importante dans le témoin que dans le lot expérimental. Entre la deuxième semaine ante-partum et le jour du part, elle passe de 2,58 mmol/L à 1,21 mmol/L chez la chèvre du lot témoin et de 2,23 mmol/L à 1,54 mmol/L chez la chèvre du lot expérimental.

3- Chez la chèvre en lactation

La calcémie n'est significativement différente qu'au 30^e jour de la lactation. C'est à cette période que la lactation atteint son pic. Elle est de $2,91 \pm 0,5$ mmol/L chez la chèvre du lot témoin et de $2,24 \pm 0,64$ mmol/L chez la chèvre du lot expérimental.

Les fluctuations de la calcémie sont plus faibles chez la chèvre du lot expérimental que chez celle du lot témoin. Elles se situent entre $2,24 \pm 0,67$ mmol/L et $2,54 \pm 0,26$ mmol/L chez la chèvre du lot expérimental. Quand aux chèvres du lot témoin, cette fluctuation est de $2,21 \pm 0,20$ mmol/L à $2,97 \pm 0,5$ mmol/L.

La phosphatémie est significativement différente vers la fin du troisième mois de lactation. Au 84^e jour, elle est respectivement de $1,89 \pm 0,32$ mmol/L et de $2,28 \pm 0,25$ mmol/L chez les chèvres des lots témoin et expérimental.

Les fluctuations de la phosphatémie sont plus importantes chez les chèvres du lot témoin que celle du lot expérimental. Elles se situent entre $1,21 \pm 0,22$ et $2,27 \pm 0,52$ mmol/L chez la chèvre du lot témoin, et entre $1,54 \pm 0,18$ et $2,28 \pm 0,25$ mmol/l chez la chèvre du lot expérimental.

Compte tenu de nos résultats, nous sommes tentés d'affirmer que la supplémentation minérale peut permettre de remédier aux déficits en phosphore des pâturages tropicaux et d'assurer une homéostasie en phosphore. Toutefois, des recherches complémentaires plus poussées sur les chèvres du Sahel aussi bien en station que sur le terrain (milieu réel) méritent d'être conduites et encouragées. Ces études devraient alors porter aussi bien sur l'effet de la carence en phosphore et de l'excès en calcium que sur les performances de la production et de la reproduction de cette chèvre. Enfin, elles devraient porter sur son état de santé en zone sahélienne.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] - ASSANE M.; GONGNET G. P.; COULIBALY A.; SERE A.
Influence du rapport calcium/phosphore de la ration sur la calcémie, la phosphatémie et magnésémie de la lapine en gestation.
Reprod. Nutr. Dev., 1993, 33: 223 - 228.
- [2] - BARICAULT B.
Le calcium et phosphore dans l'alimentation des animaux domestiques
Thèse: Méd. Vét. : Toulouse, 1960; 40
- [3] - BARET A.
Etude du métabolisme du calcium chez le rat. Carence en iode
Thèse: Phar. : Bordeaux, 1970; 2
- [4] - BARLET J. P.
Rôle physiologique de la calcitonine chez la chèvre gestante ou allaitante.
- [5] - BEARDSWOTH L. J.; BEARDSWORTH P. M.; CARE A. D.
The effect of ruminant phosphate concentration on the absorption of calcium, phosphorus and magnesium from reticulo-rumen of the sheep.
Brit. J. Nutr., 1989, 61 : 715 - 723.
- [6] - BENNIS A.; OUEDRAOGO G.; CONCORDET D. DE LA FARGE F.; VALDIGUE P.; RICO A. G.; BRAUN J. P.
Effets de l'élevage et de l'alimentation sur les constituants biochimiques plasmatiques de chèvres au Burkina-Faso.
Rev. Méd. Vét., 1994, 145 (7) : 571 - 575
- [7] - BENNIS A.; SAWADOGO G.; DE LA FARGE F.; VALDIGUE P.; RICO A. G.; BRAUN J. P.
Valeurs usuelles des principaux constituants biochimiques sériques de chèvres de la zone sahéenne du Sénégal.
Rev. Méd. Vét., 1992, 143 (10) : 757 - 762
- [8] - BICABA Z. M.; ARISTA P. E.; FAURIE F.; MASSON C.; TISSERAND J. L.
Etude comparée de la dégradation en sachets nylon de la paille de blé dans le rumen et le coecum des ovins et des caprins. Communications aux journées herbivores, Grignon (France) 23 - 27 Mai 1990.
Paris : INRA, 1990. - 344 p
- [9] - BOXEBELD A.
Etude expérimentale de l'influence des apports de phosphore et de calcium sur le métabolisme phosphocalcique et la protéosynthèse microbienne du rumen.
Thèse : Méd. Vét. : Alfort : 1983, 149
- [10] - BRAITHWAITE G. D.
Calcium and phosphorus requirements of the ewe during pregnancy and lactation.
Brit. J. Nutr., 1983, 50 : 711 - 736
- [11] - BRAITHWAITE G. D.; GLASCOCK R. F.; RIAZUDDIN Sh.
Calcium metabolism in lactating ewes
Brit. J. Nutr., 1969, 23 : 327 - 333

- [12] - BRAITHWAITE G. D.; GLASCOCK R. F.; RIAZUDDIN Sh.
Calcium metabolism in pregnant ewes
Brit. J. Nutr., 1970, 24 : 661 - 670
- [13] - BRINTRUP R.; MOOREN T.; MEYERS U.; SPIEKER H.; PFEFFER E.
Effects of two levels of phosphorus intake of performance and faecal phosphorus excretion of dairy cows
J. Anim. Physiol. Anim. Nutr., 1993, 69 : 29 - 36
- [14] - CALAMY H.
La régulation de la calcémie chez la poule pondeuse; Rôle du corps ultimobranchial.
Thèse : Méd. Vét. : Lyon : 1973, 7
- [15] - CALVET H.; FRIOT D.; GUEYE Is.
Supplémentations minérales alimentaires et pertes de poids des zébus sahéliens en saison sèche.
Rev. Elev. Méd. Pays Trop., 1976, 29 (1) : 59 - 66
- [16] - CISSE M.
Les carences minérales. Exploitation des résultats acquis pour une ébauche d'une cartographie des carences minérales au Sénégal. Mémoire de confirmation.
Dakar : L.N.E.R.V., 1985, -84 p
- [17] - CISSE M.; GUERIN H.
Les carences minérales existent au Sénégal. Comment corriger ce déficit nutritionnel?
Dakar : L.N.E.R.V., 1993,- 17 p
- [18] - CLERON N.
L'hypocalcémie chez le chien.
Thèse : Méd. Vét. : Toulouse : 1986, 63
- [19] - CONRAD J. H.; Mc DOWELL L. R.; ELLIS G. L.; LOOSKI J. K.
Minéraux pour les ruminants de pâturage des régions tropicales.
Bull. Agric. Trop., 1985, 39: 140-155
- [20] - COULIBALY A.
Contribution à l'étude de l'influence du rapport calcium/phosphore alimentaire sur le métabolisme phosphocalcique et sur certains paramètres de reproduction chez la lapine.
Thèse : Méd. Vét. : Dakar : 1992, 6
- [21] - DEITRET C.; PFEFFER E.
Effects of reduced P supply in combination with adequate or high Ca intake on performance and mineral balances in dairy goat during pregnancy.
J. Anim. Physiol. Anim. Nutr., 1993, 69 : 12 - 21
- [22] - DIALLO I.; NGOMA A.; DIOP B.
Utilisation des blocs Melasse-Urée comportant trois sources de phosphates naturels (Thiès, Taïba, Matam) dans un essai de complémentation destiné à des génisses gobra en élevage extensif. In rapport annuel.
Dahra : CRZ, 1984. - 13 p

- [23] - DJIMRAO S.
Le métabolisme phosphocalcique: Evolution de la calcémie et de la phosphatémie chez la brebis Peulh en gestation.
Thèse : Méd. Vét. : Dakar : 1989, 54
- [24] - FALL S.; SAWADOGO G.; DIOP M.; MBAYE N.
Phosphates naturels en alimentation du bétail.
Dakar : L.N.E.R.V., 1991. - 78 p
- [25] - FIELD A. C.; WOOLLIAMS J. A.; DINGWALL R. A.; MUNRO C. S.
Animal and dietary variation in the absorption and metabolism of phosphorus by sheep
J. Agric. Sci. Comb., 1984, 103 ; 283 - 291
- [26] - FRIOT D.; CALVET H.
Biochimie et élevage au Sénégal.
Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop., 1973, 26 (4), 75a - 95a
- [27] - GONGNET G. P.; RODEHUTSCORD M.; PFEFFER E.
Verwerbarkeit des phosphors aus tricalciumphosphat bei lakteirenden ziegen
J. Anim. Physiol. Anim. Nutr., 1995, (sous presse).
- [28] - GUEGUEN L.
Critères de qualité nutritionnelle des compléments minéraux en alimentation animale.
Bull. Soc. Sci. Hyg. alimentation, 1970, 58 : 7 - 9
- [29] - GUEGUEN L.
L'alimentation minérale des bovins.
Rev. Elev. Bov., 1972, (305) : 57 - 65
- [30] - GUEGUEN L.; LAMAND M.; MESCHY F.
Nutrition minérale (95-111) in: Alimentaion des bovins, ovins et caprins.
Paris : I.N.R.A, 1988. - 471 p
- [31] - HIOCO D.
Aspects recents du métabolisme phosphocalcique
Anim.Comp., 1975. - T 10 (1) : 17 - 27
- [32] - INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE; INSTITUT DE L'ELEVAGE OVIN ET CAPRIN (I.N.R.A - I.T.O.V.I.C).
L'alimentation de la brebis et de la chèvre. IV^{ème} journées de la recherche ovine et caprine.
Paris : I.N.R.A, 1978. - 369 p
- [33] - JARRIGE R.
Ingestion et digestions des aliments (29-56) in alimentation des bovins, ovins et caprins.
Paris : I.N.R.A, 1878. - 471 p
- [34] - JEAN-BLAIN.
Métabolisme du calcium et du phosphore chez les animaux domestiques.
Cah. Méd. Vét., 1971, 40 (3) : 100 - 129

- [35] - KAYSER C.
physiologie: Historique - Fonction de la nutrition.
2^e éd. - Paris : Flammarion, 1970. - T1 - 1411 p
- [36] - KESSLER J.
Eléments minéraux majeurs chez la chèvre. Données de base et apports recommandés (196-209) in Nutrition and systems of goat feeding. Symposium international, Tours (France) 12 - 15 Mai 1981.
Paris : I.N.R.A.; I.T.O.V.I.C., 1981. - vol 1. - 544 p
- [37] - LABORATOIRE DE RECHERCHES VÉTÉRINAIRES ET ZOOTECHNIQUES DE FARCHA. NDJAMENA (L.R.V.Z). rapport annuel 1986 - 1987
N'djamena : L.R.V.Z, 1988. - 320 p
- [38] - LÉBOULANGER J.
Les vitamines : biochimie, mode d'action-intérêt thérapeutique.
Lausanne : Roche, 1970. - 194 p
- [39] - LICHTWITZ A.; PARLER R.
Calcium et maladies métaboliques de l'os. T₁: Os et métabolisme du calcium à l'état normal.
Paris : Expansion Française, 1965. - 324 p
- [40] - LICHTWITZ A.; PARLER R.
Calcium et maladies métaboliques de l'os. T₃ : intestin, rein et métabolisme du calcium.
Paris : Expansion Française, 1965. - 457 p
- [41] - MABALO K.
Influence de l'apport qualitatif du phosphore sur la consommation alimentaire, le métabolisme phosphocalcique et les performances du poulet de chair en milieu sahélien.
Thèse : Méd. Vét. : Dakar : 1993, 20
- [42] - MALMEJAC A.
Métabolisme phosphocalcique
Paris : Ed. Médicales et Universitaires, 1973. - 91 p
- [43] - Mc DONALD L; E.
Veterinary endocrinology and reproduction.
2^e éd. - Philadelphie : Lea and Febiger, 1977 : 493 p
- [44] - MÜSCHEN H.; PETRI A.; BREVES G.; PFEFFER E.
Response of lacting goat to low phosphorus intake 1 milk yield and faecal excretion of P and Ca.
J. Agri. Sci. Camb., 1988, 111 : 255 - 263
- [45] - N'DIAYE V.
Utilisation des phosphates naturels dans l'alimentation des bovins tropicaux: cas du Sénégal.
Thèse : Méd. Vét. : Dakar : 1985, 21

- [46] - NDJENG G. A.
Contribution à l'étude de l'influence des niveaux d'apport en calcium et en phosphore sur le métabolisme phosphocalcique chez la chèvre du sahel en gestation et en lactation.
Thèse : Méd. Vét. : Dakar : 1995, 12
- [47] - ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE (F.A.O).
Situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture
Rome : F.A.O, 1993. - 88 p
- [48] - ORLIAC D. G.
Contribution à l'étude de la biochimie sanguine de dromadaires et de chèvres sahariens.
Thèse : Méd. Vét. : Toulouse : 1980, 71
- [49] - OUEDRAOGO A.
Contribution à l'étude de la productivité et de la biochimie clinique de la chèvre en exploitation traditionnelle améliorée au Burkina-Faso.
Thèse : Méd. Vét. : Dakar : 1994, 35
- [50] - OUMAROU A. A.
Contribution à la connaissances des effets de l'alimentation sur la biochimie plastique chez le zébu gobra.
Thèse : Méd. Vét. : Dakar : 1990, 16
- [51] - PFEFFER E.; PAUEN A.; HAVERKAMP R.
Changes in retention of P et Ca courses of blood plasma concentrations of inorganic phosphate and calcium in dairy goats following a change in P supply from reduced to adequate in combination with adequate or high Ca intake.
J; Anim. Physiol. A anim. Nutr., 1993, 69 : 22 - 28
- [52] - POPOFF M.
Données biochimiques des ovins . Applications au diagnostic de quelques maladies métaboliques.
Bull. Soc. Vét. Prat. de france, 1981, 65 : 695 - 706
- [53] - QUILLET E.
La chèvre : guide de l'éleveur
Paris : La Maison Rustique, 1980. - 288 p
- [54] - RIVIERE R.
Alimentations des ruminants domestiques en milieu tropical.
Paris : Ministère de la coopération et du développement I.E.M.V.T, 1981. - 525 p
- [55] - RODEHUTSCORD M.; PAUEN A.; WINDHAUSEN P.; BRINTRUP R.; PFEFFER E.
Effects of drastic changes in P intake on P concentrations in blood and rumen of lacting ruminants.
J. Vét. Méd. A, 1994, 41 : 611 - 619

- [56] - SIGURDSSON H.
The effects of flock, numbers of foetus and age on some biochemical blood constituents in ewes in late pregnancy under field conditions.
J. Vét. Méd. A, 1988, 35 : 417 - 423
- [57] - SCHWARTZ J.
Les glandes endocrines (1130-1231) in physiologie: historique, fonction de nutrition
2è éd. - Paris : Flammarion, 1970. - T1 - 1411 p
- [58] - THIOGANE Y.
Contribution à l'étude de l'alimentation minérale des bovins au Sénégal : Les microéléments.
Thèse : Méd. Vét. : Dakar : 1982, 23
- [59] - TREVOR WILSON R.
Les petits ruminants : productions et ressources génétiques en Afrique tropicale.
Rome : F.A.O., 1992. - 123 p
- [60] - UN R.
Contributions à l'étude des variations des constituants sériques du chevreau nouveau-né.
Thèse : Méd. Vét. : Toulouse : 1986, 97
- [61] - VAES G.
La résorption osseuse et l'hormone parathyroïdienne: Approche des mécanismes biochimiques et cytologiques de l'ostéoclasie et de l'ostéolyse.
Paris : Maloine, 1967. - 136 p
- [62] - VIAR DROUE T. F.; PROVOT F.; COUDER.
Evolution des paramètres plasmatiques chez les lapins reproductives en fonction de l'état physiologique et du rationnement alimentaire.
Ann. Rech. Vét., 1984, 15 (3) : 417 - 424

ANNEXES

ANNEXE I

TABLEAU A.1 : EFFETS DES NIVEAUX D'APPORT EN CALCIUM ET EN PHOSPHORE SUR LA CALCEMIE ET PHOSPHATEMIE DE LA CHEVRE DU SAHEL VIDE (Moyenne + Ecart type de Janvier à Mai 1994).

		LOT A (n = 3)	LOT B (n = 3)	S
CALCEMIE (mmol/L)	Janv.	2,41 ± 0,14	2,30 ± 0,22	ns
	Fevr.	2,29 ± 0,09	2,39 ± 0,13	ns
	Mars	2,45 ± 0,18	2,37 ± 0,03	ns
	Avril	2,14 ± 0,71	2,22 ± 0,17	ns
	Mai	2,16 ± 0,19	2,38 ± 0,21	ns
PHOSPHATEMIE (mmol/L)	Janv.	2,28 ± 0,54	2,68 ± 0,64	ns
	Fevr.	1,48 ± 0,13	2,13 ± 0,21	*
	Mars	1,31 ± 0,48	2,84 ± 0,37	*
	Avril	2,28 ± 0,27	2,93 ± 0,32	ns
	Mai	2,30 ± 0,15	2,73 ± 0,88	ns

s = significatif * = Significatif (P < 0,05) ns = non significatif

TABLEAU A.2 : EFFETS DES NIVEAUX D'APPORT EN CALCIUM ET EN PHOSPHORE SUR LA CALCEMIE ET LA PHOSPHATEMIE DE LA CHEVRE DU SAHEL GESTANTE.

	Jours avant mise bas	LOT A (n = 1)	LOT B (n = 2)	
CALCEMIE (mmol/L)	- 40 à -30	2,03	2,46	2,46
	- 25 à -20	1,91	2,50	2,20
	- 15 à - 10	2,30	2,40	2,30
	- 5 à -1	1,61	2,30	-
PHOSPHA TEMIE (mmol/L)	- 40 à -30	1,98	2,98	2,20
	- 25 à -20	2,08	1,63	1,59
	- 15 à - 10	2,58	2,23	2,58
	- 5 à -1	1,64	2,23	-

ANNEXE II

TABLEAU A.3 : EFFETS DES NIVEAUX D'APPORT EN CALCIUM ET EN PHOSPHORE SUR LA CALCEMIE ET PHOSPHATEMIE DE LA CHEVRE DU SAHEL ALLAITANTE (Moyenne \pm Ecart - type).

	Nbre jrs ap mise bas	LOT A (n = 3)	LOT B (n = 3)	S
CALCEMIE (mmol/L)	0 0	2,43 \pm 0,02	2,34 \pm 0,24	ns
	10	2,49 \pm 0,23	2,32 \pm 0,22	ns
	20	2,95 \pm 0,55	2,52 \pm 0,44	ns
	30	2,97 \pm 0,50	2,24 \pm 0,67	*
	40	2,70 \pm 0,35	2,36 \pm 0,06	ns
	50	2,44 \pm 0,14	2,53 \pm 0,21	ns
	60	2,30 \pm 0,21	2,54 \pm 0,26	ns
	72	2,21 \pm 0,23	2,48 \pm 0,24	ns
	84	2,21 \pm 0,20	2,36 \pm 0,19	ns
PHOSPHA TEMIE (mmol/L)	0 0	1,21 \pm 0,22	1,54 \pm 0,18	ns
	10	1,87 \pm 0,60	1,96 \pm 0,35	ns
	20	2,27 \pm 0,52	2,04 \pm 0,61	ns
	30	1,84 \pm 0,71	2,03 \pm 0,24	ns
	40	1,95 \pm 0,35	1,79 \pm 0,73	ns
	50	1,95 \pm 0,52	2,01 \pm 0,63	ns
	60	1,62 \pm 0,43	2,12 \pm 0,54	*
	72	2,08 \pm 0,46	2,27 \pm 0,33	ns
	84	1,89 \pm 0,32	2,28 \pm 0,25	*

s = signidficatif * = Significatif ns = non significatif

(P < 0,05)

SERMENT DE VETERINAIRES DIPLOMÉS DE DAKAR

"Fidèlement attaché aux directives de Claude BOURGELAT, fondateur de l'Enseignement Vétérinaire dans le monde, je promets et 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 de 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 ADVIENT QUE
JE ME PARJURE".**

RÉSUMÉ

Le déficit en minéraux tels que le calcium et le phosphore noté dans les pâturages tropicaux est l'un des facteurs limitants de la production et de la reproduction chez les chèvres du Sahel.

Le travail expérimental a été mené sur un échantillon de 10 chèvres du Sahel, âgées de 8 mois et réparti en deux lots: un expérimental et un témoin. Il a permis d'évaluer l'influence des niveaux d'apport en calcium et en phosphore. Sur la calcémie et la phosphatémie de cette espèce à différents stades (vide, gestante, allaitante).

D'après nos résultats, en introduisant du phosphate bicalcique à 4 p 100 dans les concentrés du lot expérimental, la calcémie n'est pas influencée significativement ($P > 0,05$) aux différents stades physiologiques. Mais la phosphatémie l'est ($P < 0,05$). Les fluctuations de la calcémie et de la phosphatémie sont faibles dans le lot expérimental.

Mots clés: Chèvres du Sahel - Calcium - Phosphore - Calcémie - Phosphatémie - Stades physiologiques

ECOLE INTER-ETATS
DES SCIENCES ET MÉDECINE
VÉTÉRINAIRES DE DAKAR
BIBLIOTHEQUE