

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR

□□□□□

ECOLE INTER-ETATS DES SCIENCES ET MEDECINE VETERINAIRES  
(E.I.S.M.V.)

□□□□

ANNEE 1993



ECOLE INTER-ETATS  
DES SCIENCES ET MEDECINE  
VETERINAIRES DE DAKAR  
BIBLIOTHEQUE N° 18

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'INFLUENCE DE LA  
FREQUENCE D'ABREUVEMENT ET DU TYPE DE RATIONS  
SUR LA REGULATION DU METABOLISME DE CALCIUM ET  
DE PHOSPHORE CHEZ LE MOUTON PEUHL DU SAHEL**

**THESE**

Présentée et soutenue publiquement le 26 juillet 1993  
devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar  
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire  
(DIPLOME D'ETAT)

par

**ZOUA DOUMAÏ MBAÏ**

Né le 08 Janvier 1961 à PALA (TCHAD)

**MEMBRES DE JURY**

Président	: Monsieur François DIENG	Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar
Rapporteur	: Monsieur Moussa ASSANE	Maître de Conférences Agrégé à l'E.I.S.M.V. de Dakar
Membres	: Monsieur Mamadou BADIANE Monsieur Malang SEYDI	Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar Maître de Conférences Agrégé à l'E.I.S.M.V. de Dakar
Directeur de thèse	: Monsieur Gbeukoh Pafou GONGNET	Maître-Assistant à l'E.I.S.M.V. de Dakar

**LISTE DU PERSONNEL ENSEIGNANT**

**I. PERSONNEL A TEMPS PLEIN**

**1- ANATOMIE - HISTOLOGIE - EMBRYOLOGIE**

Kondi	AGBA	Maître de Conférences Agrégé
Jacques	ALAMARGOT	Assistant
Brahim	KABOUL	Moniteur

**2- CHIRURGIE - REPRODUCTION**

Papa El Hassane	DIOP	Maître de Conférences Agrégé
Kalidou	BA	Moniteur
Latyr	FAYE	Docteur vétérinaire

**3- ECONOMIE - GESTION**

Hélène (Mme)	FOUCHER	Assistante
--------------	---------	------------

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

Malang	SEYDI	Maître de Conférences Agrégé
Adama Abdoulaye	THIAM	Moniteur
Papa Ndary	NIANG	Docteur Vétérinaire

**5- MICROBIOLOGIE - IMMUNOLOGIE - PATHOLOGIE INFECTIEUSE**

Justin Ayayi	AKAKPO	Professeur titulaire
Jean	LOUDAR	Professeur titulaire
Rianatou (Mme)	ALAMBEDJI	Assistante
Komi A. E.	GOGOVOR	Moniteur
Souaïbou	FAROUGOU	Docteur vétérinaire

#### **6- PARASITOLOGIE- MALADIES PARASITAIRES - ZOOLOGIE**

Louis Joseph	PANGUI	Maître de Conférences Agrégé
Papa Ndéné	DIOUF	Moniteur
Bassirou	BONFOH	Docteur vétérinaire

#### **7- PATHOLOGIE MEDICALE - ANATOMIE PATHOLOGIE - CLINIQUE AMBULANTE**

Yalacé Y.	KABORET	Maître Assistant
Pierre	DECONINCK	Assistant
Lamboni B.	BANGUE	Moniteur
Achille	OLLOY	Docteur vétérinaire

#### **8- PHARMACIE - TOXICOLOGIE**

François A.	ABIOLA	Professeur titulaire
Ismaïla	KANE	Moniteur

#### **9- PHYSIQUE - THERAPEUTIQUE - PHARMACODYNAMIE**

Alassane	SERE	Professeur titulaire
Moussa	ASSANE	Maître de Conférences Agrégé
Kossi	MABALO	Moniteur

#### **10- PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES**

Germain Jérôme	SAWADOGO	Professeur titulaire
Désiré Marie A.	BELEMSAGA	Moniteur
Baba Traoré	FALL	Docteur vétérinaire

#### **11- ZOOTECHNIE - ALIMENTATION**

Gbeukoh Pafou	GONGNET	Maître Assistant
Ayao	MISSOHO	Assistant
Souleymane	SAKANDE	Moniteur

## II- PERSONNEL VACATAIRE (Prévu)

### - BIOPHYSIQUE

René	NDOYE	Professeur titulaire Faculté de Médecine et de Pharmacie Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD)
Alain	LECOMTE	Maître de Conférence Associé Faculté de Médecine et de Pharmacie (UCAD)
Sylvie (Mme)	GASSAMA	Maître de Conférence Agrégé Faculté de Médecine et de Pharmacie (UCAD)

### - BOTANIQUE - AGROPEDOLOGIE

Antoine	NONGONIerna	Professeur IFAN - Institut Cheikh Anta DIOP (UCAD)
---------	-------------	--

### - PATHOLOGIE DU BETAIL

Magatte	NDIAYE	Dr vétérinaire - Chercheur Laboratoire de Recherche Vétérinaire de Dakar
---------	--------	--

### - ECONOMIE

Cheikh	LY	Dr vétérinaire - chercheur FAO Banjul
--------	----	--

### - AGRO-PÉDOLOGIE

Alioune	Diagne	Dr. Ingénieur Département "Sciences des sols" Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Thies
---------	--------	--

### - SOCIOLOGIE RURALE

Oussouby	TOURE	Sociologue Centre de suivi Ecologique Ministère du Développement Rural
----------	-------	---

### III- PERSONNEL EN MISSION (Prévu)

#### - PARASITOLOGIE

Ph.	DORCHIES	Professeur ENV Toulouse (France)
M.	KILANI	Professeur ENMV SIDI THABET (Tunisie)

#### - ANATOMIE PATHOLOGIE GENERALE

M.	MORIN	Professeur SAINT YACINTHE (Canada)
----	-------	---------------------------------------

#### - ANATOMIE - PATHOLOGIQUE SPECIALE

G.	VANHAVERBEKE	Professeur ENV - TOULOUSE (France)
----	--------------	---------------------------------------

#### - PATHOLOGIE INFECTIEUSE

J.	CHANTAL	Professeur ENV - TOULOUSE (France)
----	---------	---------------------------------------

#### - PATHOLOGIE DES EQUIDES ET CARNIVORES

A.	CHABCHOUB	Professeur ENV - Toulouse (France)
----	-----------	---------------------------------------

#### - PATHOLOGIE AVIAIRE

B.	MONCEL	Docteur Vétérinaire CP.R SIDI - THABET (Tunisie)
----	--------	---

#### - ZOOTECHNIE - ALIMENTATION

A.	BEYOUNES	Professeur ENMV - SIDI THABET (Tunisie)
----	----------	--

**- ALIMENTATION**

R.	PARIGI-BINI	Professeur Université de PADOUE (Italie)
R.	GUZZINATI	Technicien de Laboratoire Université de PADOUE (Italie)

**- CHIRURGIE**

A.	CAZIEUX	Professeur ENV - Toulouse (France)
----	---------	---------------------------------------

**- OBSTETRIQUE**

A.	MAZOUZ	Maître Assistant Institut agronomique et vétérinaire HASSAN II (Rabat)
----	--------	--

**- DENREOLOGIE**

J.	ROZIER	Professeur ENV - ALFORT (France)
A.	ETTRIQI	Professeur ENMV SIDI THABET (Tunisie)

**- PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES**

P.	BÉNARD	Professeur ENV - Toulouse (France)
----	--------	---------------------------------------

**- PHARMACIE**

J.D.	PUYT	Professeur ENV - Nantes (France)
------	------	-------------------------------------

**- TOXICOLOGIE**

G.	SOLDANI	Professeur Université de PISE (Italie)
----	---------	---

"CAR DIEU A TANT AIME LE MONDE,  
QU'IL A DONNÉ SON FIS UNIQUE AFIN  
QUE QUICONQUE CROIT EN LUI NE  
PERISSE POINT MAIS QU'IL AIT LA VIE  
ÉTERNELLE".

( JEAN 3 : 16 )

JE

DEDIE

CE

TRAVAIL ...

/-) mon père DOUMAI MBAI

Que d'énormes sacrifices consentis pour l'éducation de tes enfants. Tu as fait ton devoir de père et à moi le mien. Que Dieu t'accorde longue vie.

/-) ma mère YAGNE BAVOUNA

Tu m'as toujours dit qu'il n'y a pas deux mères et de me méfier des hommes ; tu as raison maman. Que Dieu t'accorde longue vie.

/-) mon frère Larmé DOUMAI. Tu es jeune d'âge mais grand d'esprit. Témoignage de mon admiration.

/-) tous mes frères et soeurs, cousins et cousines, oncles et tantes. Je n'oublie personne. Soyez rassurés de mon amour fraternel.

/-) Mesdames POFINET et MATALET, sincères reconnaissances.

/-) BOUBA PASSALET, tu es un frère et un ami ; sincères reconnaissances.

/-) mes amis : K. ZOUA, T. LAMA, D. TAIKI, KATA, V. MOUNONE, V. SINGYABE, VENSALA, BOURIA ; pour les grandes retrouvailles amicales.

/-) mes amis : C.D. PADEU, Y. OUATCHOUNEBE, T. ZAKARIA,  
G.H. TAO ; que la vie endurée pendant les études soit  
couronnée de bonheur.

/-) mes frères et amis : GARÇA GONNE, Samuel DIONDOH,  
Jimmy EVANY. Soyez rassuré de ma profonde  
gratitude.

/-)ux Docteurs : Gaston MBOU, Ibrahima HACHIMOU, Gabwe  
BAINA, Achille OLLOY, IGNANONE, je ne vous  
oublierai jamais.

/-) Melle F. KOUYATE chez qui j'ai toujours rencontré aide et  
sourires ; témoignage de mon admiration.

/-) Messieurs : PORE, YETNA, ALARAMBAYE, HEURTAUX,  
GUEYE, DIAGNE, GONGNET et à leurs familles. Je  
garde un bon souvenir de vous.

/-) Madame Marie MBENGUE, vous êtes d'une gentillesse sans  
égale, sincères reconnaissances.

/-) Monsieur Mamadou SOW, vous m'avez toujours considéré  
comme votre petit frère ; soyez rassuré de profonde  
gratitude.

/-) tous les étudiants vétérinaires tchadiens

/-) l'Union Générale des Etudiants et Stagiaires Tchadiens au  
SENEGAL, pour une union plus sincère et plus forte.

/-) l'A.E.V.D.

/-) l'E.I.S.M.V., pour une longue vie.

/-) mon pays le TCHAD, pour les sacrifices consentis à ma  
formation.

/-)u SENEGAL, pays de "*Teranga*" et de dialogue.

- = REMERCIEMENTS = -

- /-) **Monseigneur Jean Claude BOUCHAD**, Evêque de PALA,  
Votre soutien a été déterminant pour la fin de nos études. Soyez rassuré de notre sincère reconnaissance.
- /-) **Monsieur Mahamat GABDOU**,  
Vous vous êtes toujours penché avec paternité sur mes problèmes. Que Dieu vous accorde longue vie.
- /-) **la Communauté Urbaine de Dakar** ; merci pour la contribution à la confection du présent travail .
- /-) **Monsieur Brahim KABOUL**, vous avez fait une grande partie de ce travail. Mon amitié.
- /-) **Monsieur Alioune NDOYE**, votre concours m'a été d'un grand apport.
- /-) **u Docteur Yalacé KABORE** , nous avons été subjugué par votre ouverture et votre disponibilité exemplaire.
- /-) **u Docteur Pierre DECO NINCK**, merci pour la pratique vétérinaire et la disponibilité permanente.
- /-) **Madame Mariam DIOUF**, merci pour la bibliographie.
- /-) **Monsieur D. DIAGNE, O. GAYE, M. HANE** , pour votre soutien sans faille.

- /-) Monsieur D. DIAGNE, O. GAYE, M. HANE , pour votre soutien sans faille.**
  
- /-) l'Union Panafricaine de Science et de Technologie (U.P.S.T.) qui a bien voulu subventionner le présent travail par l'achat des moutons d'expérience et des réactifs pour analyses.**
  
- /-) tous mes enseignants.**
  
- /-) tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail.**

A NOS MAITRES ET JUGES

**MONSIEUR LE PROFESSEUR FRANCOIS DIENG**

La présidence à notre jury de thèse par la sommité intellectuelle et scientifique que vous représentez nous honore.

Trouvez ici l'expression de notre vive admiration.

**MONSIEUR LE PROFESSEUR AGREGE MOUSSA ASSANE**

C'est avec plaisir que vous accepté de rapporter ce travail. Votre simplicité, votre esprit de méthode et votre rigueur scientifique s'ajoutent à vos qualités humaines remarquables. Soyez rassuré de notre vive admiration.

**MONSIEUR LE PROFESSEUR AGREGE MALANG SEYDI**

Vous avez accepté avec spontanéité de juger ce travail. Vos qualités intellectuelles et votre sens de méthode et de perfection font l'admiration de tous les étudiants de l'E.I.S.M.V. Sincères reconnaissances

**MONSIEUR LE PROFESSEUR MAMADOU BADIANE**

C'est pour nous un réel plaisir de vous voir siéger dans notre jury de thèse. Vos qualités humaines ont forcé notre admiration. Trouvez ici l'expression de notre profond respect.

**MONSIEUR GBEUKOH PAFOU GONGNET, MAITRE-ASSISTANT  
A L'E.I.S.M.V.**

Vous avez inspiré et guidé d'une main de fer ce travail avec la rigueur scientifique que l'on vous connaît. Votre entière disponibilité et votre amour du travail bien fait et pour les hommes font de vous un homme respectable et respecté. Témoignage admirable.

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

# S O M M A I R E



## PAGES

### **PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

#### **CHAPITRE 1 : L'EAU DANS L'ALIMENTATION DES OVINS 3**

1.1. Besoins en eau .....	4
1.2. Restriction d'eau.....	5
1.2.1. Effet de la restriction d'eau sur l'ingestion des aliments .....	5
1.2.2. Effet de la restriction d'eau sur l'animal.....	5
a - Sur le volume et la concentration de l'urine.....	5
b - Sur l'état de l'animal.....	5
c - Sur les productions.....	6

#### **CHAPITRE 2 : LES MINERAUX DANS L'ALIMENTATION DES OVINS**

2.1. Besoins en calcium et en phosphore.....	8
2.1.1. Besoins en calcium.....	8
2.1.2. Besoins en phosphore.....	9
2.2. Schéma général du métabolisme phospho-calcique.....	10
2.2.1. Apports de calcium et de phosphore.....	10
2.2.1.1. Le calcium .....	10
a - Source de calcium.....	10
b - Absorption de calcium.....	11
2.2.1.2. Le phosphore.....	11
a - Source de phosphore.....	11
b - Absorption du phosphore.....	12
2.2.1.3. Facteurs de variation de l'absorption du calcium et du phosphore .....	12
a - Facteurs liés à l'animal.....	12

b - Facteurs nutritionnels.....	13
2.2.2. Répartition du calcium et du phosphore	
dans l'organisme et fonctions.....	14
2.2.2.1. Distribution dans l'organisme.....	14
a - Le sang.....	14
b - L'os .....	15
c - Les tissus mous et les autres humeurs.....	15
2.2.2.2. Fonctions biologiques du calcium et du phosphore....	15
2.2.3. Pertes de calcium et de phosphore.....	16
2.2.3.1. Excrétion fécale.....	17
2.2.3.2. Excrétion urinaire .....	17
2.2.3.3. Pertes par les productions.....	17
a - Le foetus.....	17
b - Le lait.....	18
c - Autres pertes.....	18
2.2.4. Régulation endocrinienne du métabolisme phosphocal-	
cique .....	20
2.2.4.1. La parathormone (PTH) .....	20
a - Origine.....	20
b - Mise en évidence.....	20
c - Fonctions biologiques.....	20
d - Contrôle de la sécrétion de la parathormone .....	23
2.2.4.2. La vitamine D <sub>3</sub> .....	23
a - Métabolisme de la vitamine D <sub>3</sub> .....	23
b - Action biologique de la vitamine D <sub>3</sub> .....	23
c - Contrôle de la synthèse du 1-25 di OH cc.....	25
2.2.4.3. La calcitonine (CT) .....	25
a - Mise en évidence.....	25
b - Fonctions biologiques.....	25
c - Contrôle de la sécrétion de la calcitonine .....	27

2.2.4.4. Troubles liés au métabolisme phospho-calcique et/ou à la carence en calcium et phosphore.....	28
a - Troubles par défaut.....	28
b - Troubles par excès.....	28
2.3. Influence de l'eau et des aliments sur le métabolisme phosphocalcique .....	29
2.3.1. Influence de la restriction d'eau sur l'ingestion ali- mentaire.....	29
2.3.2. Influence de l'eau sur l'excrétion du calcium et phos- phore .....	29
2.3.3. Influence des concentrés sur l'excrétion du calcium et du phosphore .....	30
2.3.4. Influence des concentrés sur l'absorption et la rétention de calcium et de phosphore .....	30
<b>DEUXIEME PARTIE.: ETUDE EXPERIMENTALE .....</b>	<b>32</b>
<b>CHAPITRE 1 : MATERIEL ET METHODES .....</b>	<b>32</b>
1.1. Matériel.....	32
1.1.1. Matériel animal .....	32
1.1.1.1. Choix des animaux.....	32
1.1.1.2. Conditions d'élevage.....	32.
1.1.1.3. Aliments et alimentation .....	32
a - Aliments .....	32
b - Alimentation.....	33
1.1.2. Matériel technique et de laboratoire .....	34
1.2. Méthodes et protocole expérimental .....	35
1.1.3. Méthodes d'alimentation et d'abreuvement.....	35
1.2.2. Mesures et analyses effectuées.....	35
1.2.3. Techniques de préparation et d'analyse.....	37
1.2.3.1. Les Fèces .....	37
a - Détermination de la matière sèche.....	37

b - Dosage du calcium.....	38
c - Dosage du phosphore.....	38
1.2.3.2. Les urines .....	39
1.2.4. Calcul des différents paramètres .....	39
1.2.5. Analyse statistique des résultats .....	40

## **CHAPITRE 2 : RESULTATS**

2.1. Influence de la restriction d'eau sur : .....	41
2.1.1. L'ingestion alimentaire de la matière sèche.....	41
2.1.2. L'ingestion du calcium et du phosphore alimentaire..	41
2.1.3. L'absorption du calcium et du phosphore.....	41
2.1.4. La rétention du calcium et du phosphore.....	41
2.1.5. L'excrétion du calcium et du phosphore.....	42
2.2. Influence des céréales sur : .....	42
2.2.1. L'ingestion alimentaire de la matière sèche.....	42
2.2.2. L'ingestion du calcium et du phosphore alimentaires.....	43
2.2.4. La rétention du calcium et du phosphore.....	43
2.2.5. L'excrétion du calcium et du phosphore.....	44
2.2.5.1. Excrétion fécale .....	44
2.2.5.2. Excrétion urinaire .....	44
2.3. Bilan du calcium et du phosphore.....	45
2.3.1. Influence de l'eau sur le bilan du calcium et du phosphore .....	45
2.3.1.1. Calcium.....	45

## CHAPITRE 3 : DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS

3.1. Discussions .....	56
3.1.1. Critique de la méthode .....	56
3.1.1.1. Les animaux.....	56
3.1.1.2. Les aliments .....	56
3.1.1.3. Collecte des fèces .....	56
3.1.2. Comparaison des résultats avec les données biblio- graphiques.....	57
3.1.2.1. Influence de la restriction d'eau sur : .....	57
a - L'ingestion alimentaire.....	57
b - L'excrétion du calcium et du phosphore.....	57
c - L'absorption du calcium et du phosphore.....	58
d - La rétention du calcium et du phosphore .....	58
3.1.2.2. Influence des céréales sur :.....	58
a - L'excrétion du calcium et du phosphore .....	58
b - L'absorption et la rétention du calcium et du phosphore .....	59
3.2. - Recommandations .....	59
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>60</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>63</b>

# INTRODUCTION

L'approvisionnement en eau est de nos jours un des problèmes majeurs dans les investissements agricoles au niveau des pays du Sahel. Ainsi, les maigres ressources naturelles en eau et de pâturages doivent être judicieusement exploitées pour un rendement optimal des productions animales, particulièrement en saison sèche. Pendant cette période, l'eau devient une denrée rare pour les populations des zones sahéliennes. Quant aux pâturages, ils sont rares voire inexistantes en inadéquation avec les points d'eau pendant cette période ou de moindre valeur. Ceci oblige les animaux à parcourir de grandes distances à la recherche d'eau et/ou de pâturages, favorisant leur concentration autour des points d'eau. Ce qui entraîne la dégradation du couvert végétal presque déjà en voie de disparition. La gestion rationnelle des résidus de récoltes et des sous-produits agro-industriels s'impose pour les éleveurs de ces zones.

Le manque d'apport énergétique et protéique adéquat est souvent considéré comme étant la seule principale cause des faibles productions animales en zone tropicale d'Afrique. Cependant, plusieurs chercheurs ont constaté que les animaux dépérissent parfois malgré une disponibilité alimentaire abondante (**CONRAD et Coll.**, 1985). Ce qui s'explique dans certains cas par des carences minérales des fourrages tropicaux.

Les déséquilibres minéraux dans les sols et les fourrages ont été très longtemps considérés comme les causes majeures de production et de reproduction médiocres chez les ruminants de pâturage dans les régions tropicales (**CONRAD et Coll.**, 1985).

Si un certain nombre d'études sur le métabolisme du calcium et du phosphore ont été réalisées chez des ruminants femelles. Par contre, très peu d'études sont faites sur des animaux en croissance ou à l'engrais dans les zones arides.

L'objectif de la présente étude est de déterminer la fréquence d'abreuvement et le type de ration qui contribuent à une bonne régulation du métabolisme du calcium et du phosphore chez le mouton du Sahel, lorsque les rations sont pauvres en ces éléments comme c'est généralement le cas des pâturages naturels tropicaux ou bien complémentées en céréales c'est-à-dire en glucides rapidement fermentescibles.

Cette démarche entre dans le cadre des objectifs que s'est assigné le **Département de Zootechnie-Alimentation de l'E.I.S.M.V. de Dakar**, à savoir un rendement optimal des productions animales à partir des matières premières locales. La finalité est de mettre sur le marché des produits d'origine animale à coût raisonnable, accessibles à toutes les bourses car "**alimentation pour tous d'ici l'an 2000**" est une des conditions essentielles pour "**santé pour tous d'ici l'an 2000**".

Le présent travail qui traite de l'influence de la fréquence d'abreuvement et du type de rations sur le métabolisme de calcium et de phosphore chez le mouton peulh du Sahel comprend deux parties :

- La première partie porte sur les **besoins en eau et en minéraux des ovins à partir des synthèses bibliographiques** et traite ensuite **des données générales sur le métabolisme phosphocalcique chez les ruminants** ;
- la deuxième partie est consacrée à **l'étude expérimentale** ; elle est divisée en trois chapitres :
  - le premier chapitre fait l'état du **matériel et des méthodes utilisées**,
  - le second chapitre traite des **résultats obtenus**,
  - le troisième chapitre est consacré aux **discussions et recommandations**.

**PREMIERE PARTIE :**

**\*\*\*\*\***

**SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

## CHAPITRE 1 : L'EAU DANS L'ALIMENTATION DES OVINS

De par la multiplicité et la variété des fonctions qu'elle remplit, le rôle de l'eau dans toutes les manifestations de la vie est fondamentale.

L'eau est le principal constituant des organismes animaux. Sa proportion chez un être adulte est relativement constante chez plusieurs espèces et représente environ 71 à 73 p.100 du poids vif (**REID** et **Coll.** et **MITCHELL** cités par **CHURCH**, 1984). **WADE** et **SASSER** cités par **CHURCH** (1984) concluent que l'eau totale chez le mouton s'élève à 64,7 p.100 du poids vif de l'animal. Cette teneur diminue avec l'âge et l'état d'engraissement.

Les principales fonctions de l'eau sont les suivantes :

- Solvant de diverses substances (**sels minéraux, nutriments, métabolites, enzymes, hormones**), elle assure leur transport dans l'organisme ;
- Elimination des déchets de l'organisme sous forme d'urine ;
- Intervention dans les réactions d'hydrolyse du métabolisme ;
- principal facteur de l'homéostasie du milieu intérieur, elle participe, grâce à sa chaleur spécifique, sa chaleur de vaporisation et sa conductibilité élevées, à la régulation thermique de l'organisme ;
- composant de toutes les sécrétions externes ;
- lubrifiant dans les articulations ;
- protection mécanique des organes tels que l'oeil, le système nerveux, le fœtus.

Pour que les différentes fonctions des organes, appareils ou systèmes soient optimales, les besoins en eau doivent être couverts.

### 1.1. - Besoins en eau

L'eau est une composante essentielle du régime alimentaire ; sa présence en quantité adéquate dans les tissus organiques est une condition essentielle de l'entretien normal de la vie.

La quantité d'eau absorbée par les animaux dépend de la capacité de leur système digestif. Ainsi, le mouton se caractérise par une grande sobriété ; il peut rester plusieurs jours sans boire en raison de la possibilité pour le tube digestif de pouvoir fonctionner avec une faible humidité du contenu ; le correct fonctionnement digestif exige 3 à 4 litres d'eau par kilogramme de matière sèche (Kg de MS) (**CRAPLET** et **THIBIER**, 1984).

Les premières informations sur les besoins en eau chez le mouton furent données par **A.R.C.** (1965) concluant que ces besoins varient de 1,4 kg d'eau par Kg de MS chez le mouton à poils en ambiance froide (25,5 °C) à environ 5 kg d'eau par Kg de MS en ambiance chaude.

**TAYLOR** (1968) montre que les besoins minima d'eau chez les ovins étaient de 2,66 litres d'eau par 100 kg de poids vif à 22°C et de 3,33 litres d'eau par 100 kg entre 22 et 24°C.

**WILSON** cité par **CHURCH** (1984) en étudiant chez le mouton de pâturage en été en Australie, trouve que le maximum d'ingestion d'eau est de 3 à 3,5 litres par mouton et par jour. A l'ombre, cette consommation décroît de 0,3 à 0,5 litres par jour.

Ainsi, les limites d'apport proposées par les différents auteurs varient de 2,66 à 4 litres d'eau par jour chez le mouton. Que peut-il se passer, si la quantité minimale d'eau n'est pas apportée à l'animal?

## **1.2. - Restriction d'eau**

### **1.2.1. Effet de la restriction d'eau sur l'ingestion des aliments**

Bien que le mouton soit sobre en ce qui concerne l'eau, la restriction de cette dernière n'est pas sans effet sur les autres paramètres devant maintenir les fonctions physiologiques normales. **GORDON ; MAC FAR LANE** et Coll. cités par **CHURCH** (1984) indiquent que le mouton consomme très peu d'aliment après le 2e jour de privation d'eau bien que **RUCKEBUSCH** et Coll. cités par **CHURCH** (1984) trouvent peu de différence dans le comportement alimentaire jusqu'au 4e jour. Au Soudan, **MOUSA** et Coll. (1982) montrent que la privation d'eau pendant 5 jours réduit la quantité de matière sèche ingérée de 27,7 p.100 chez les agneaux du désert.

### **1.2.2. Effet de la restriction d'eau sur l'animal**

#### **a - Sur le volume et la concentration de l'urine**

**MAC FARLANE** et Coll. cités par **CHURCH** (1984) travaillant sur le mouton Mérinos à des températures allant de 29°C à 42°C en milieu tropical, montrent que le volume urinaire diminue après deux jours de privation d'eau ; en saison chaude, moins de 100 millilitres d'urine par 24 heures sont excrétés après le 4e jour de privation.

La concentration urinaire augmente au-delà des 4 à 5 premiers jours de privation et de même celle de sodium augmente.

#### **b - Sur l'état de l'animal**

Quand le mouton est privé ou soumis à une restriction d'eau, les pertes de poids seraient en relation avec le degré de restriction ; les pertes significatives ont lieu lorsque l'eau est réduite de moitié ou moins de l'ingestion volontaire (**TANEJA** cité par **CHURCH**, 1984). La baisse du gain de poids vif observée avec la privation d'eau

est confirmée par les découvertes de **UMUNNA** et **Coll.** (1981) sur les moutons privés d'eau en saison sèche. Les animaux abreuvés à intervalle de 72 heures et 96 heures croissent maigre et de façon irrégulière jusqu'à la saison de pâture et cela devient très prononcé vers la fin de l'expérience. Les poils sont piqués et tombent facilement vers le 40<sup>e</sup> jour de l'expérience ; cela confirme les résultats trouvés par **SCHOEN** (1968) chez les chèvres d'Afrique de l'Ouest

La privation d'eau augmente de façon significative les valeurs des constituants biochimiques sanguins ; des signes d'hémoconcentration ont été observés chez la brebis ; les fèces sont secs ; il y a une baisse significative de la fréquence respiratoire et les mouvements de mâchoire sont réduits ; la motricité du rumen baisse, d'où une rumination altérée (**RUCKEBUSCH** et **Coll.** cités par **CHURCH**, 1984.)

### c. - Sur les productions.

La production de lait baisse ; elle chute de 50 p.100. lorsque l'intervalle d'abreuvement est de 72 heures et le produit devient visqueux.

Les performances de reproduction sont également affectées ; les avortements, les mortinatalités de même le taux de mortalité des agneaux s'élève. Les agneaux nés de mères abreuvées à volonté sont plus lourds que ceux nés de mères privées d'eau (**LYNCH** et **Coll.**, 1972).

Les ruminants tolèrent un certain niveau de restriction d'eau ; ils peuvent conserver l'eau en réduisant les pertes par les fèces, les urines et pour certaines espèces, les pertes respiratoires par la langue. Si la restriction est assez sévère, les pertes d'eau tissulaires empêchent le fonctionnement normal.

L'abreuvement peu fréquent peut résulter d'une faible consommation d'eau mais réduit probablement les performances chez la plupart des espèces. En effet si l'eau est disponible chaque 48 heures, aucun effet négatif n'est observé (**THORNTON** et **YATES** cités par **CHURCH**, 1984).

L'apport d'eau en quantité et en qualité adéquates s'avère nécessaire pour un fonctionnement harmonieux de l'organisme animal et des meilleures performances.

## **CHAPITRE 2 : LES MINÉRAUX DANS L'ALIMENTATION DES OVINS**

Les éléments minéraux sont des constituants alimentaires indispensables pour tous les animaux et influencent l'efficacité des productions animales. Parmi ces éléments minéraux, le calcium et le phosphore occupent une place de choix car ils jouent un rôle vital dans presque tous les tissus corporels.

### **2.1. Besoins en calcium et en phosphore**

Pour assurer les diverses fonctions de l'organisme, le calcium et le phosphore doivent être fournis en quantités suffisantes par la ration. Plusieurs degrés peuvent être envisagés dans les besoins.

#### **2.1.1. Besoins en calcium**

Les besoins en calcium sont liés au phosphore et à la vitamine D. D'autres facteurs doivent être pris en considération notamment la densité de la ration, le niveau de performance, l'âge de l'animal, la solubilité et la digestibilité du calcium d'origine, la quantité de matière grasse dans la ration.

Des exemples de recommandation ont été donnés par **N.R.C.** (1975) ; les taux de calcium recommandés chez le mouton sont les suivants :

- agneaux à l'engrais : 0,26 - 0,37 p.100
- Brebis non gestante : 0,21 - 0,30 p.100
- Brebis en lactation : 0,48 - 0,52 p.100

Ces taux sont exprimés par rapport à la matière sèche de la ration.

(**HODGE et Coll.** cités par **CHURCH**, 1984) conclurent après des travaux sur de jeunes agneaux âgés de 5 à 70 jours, que les besoins en calcium seraient de 250 mg/Kg/j. Des données obtenues indiquent que le niveau optimum de calcium dans les rations concentrées doit être supérieur au niveau recommandé par **N.R.C.** chez les bovins à l'engrais (**VARNER et WOODS** cités par **CHURCH**, 1984.)

**KAKUK** (1989) recommande, à cause de la baisse d'utilisation, 24 g de calcium/Kg de croît chez les agneaux âgés.

**L'I.N.R.A.** (1988) recommande 18 mg/kg/j de calcium pour les besoins nets d'entretien et 10 à 15 g/kg de gain de poids.

### 2.1.2. - Besoins en phosphore

Les besoins en calcium et en phosphore sont étroitement liés comme indiqués plus haut. Les recommandations doivent tenir compte des facteurs cités dans le cas du calcium. Ainsi, **SYKES et DINGWALL** cités par **CHURCH** (1984) suggèrent que les besoins en phosphore chez les brebis portant 2 agneaux doivent croître de 1,1 g/j le premier mois et de 2,5 g/j pendant le dernier mois de gestation. **N.R.C.** (1975) recommande des taux de phosphore suivants chez le mouton :

- agneaux en finition : 0,16 - 0,23 p.100
- Brebis non gestante: 0,20 - 0,28 p.100
- Brebis en lactation : 0,34 - 0,37 p.100
- Béliers : 0,16 - 0,19 p.100

(Ces taux sont exprimés par rapport à la matière sèche de la ration).

**KAKUK** (1989) recommande 11 kg de phosphore par kg de croît chez les agneaux âgés.

L'I.N.R.A. (1988) recommande 25 mg/Kg/j de phosphore pour les besoins nets d'entretien et 5 à 8 g/Kg de gain de poids.

Une fois ingérés, le calcium et le phosphore sont absorbés au niveau du tube digestif puis par le sang, distribués dans l'organisme en vue de participer aux métabolismes divers.

## **2.2. - Schéma général du métabolisme phosphocalcique**

### **2.2.1. Apports de calcium et de phosphore**

Les apports de calcium et de phosphore dépendent de l'ingestion dans l'alimentation et de l'absorption de ces minéraux au niveau du tractus digestif (BOXEBELD, 1983 ; LICHTWITZ, 1965, T.1., T.2., T.3.).

#### **2.2.1.1. - Le calcium**

##### **a - Source de calcium**

Les carbonates de calcium sont couramment utilisés en alimentation animale du fait de leur coût relativement faible. Les phosphates de calcium et les fourrages en sont pourvus.

L'eau est une source naturelle non négligeable car même si la quantité minérale qu'elle apporte n'est pas importante, elle contient la plupart des minéraux essentiels.

La disponibilité du calcium dans les calcaires varie de 90 p.100 à 100 p.100. La disponibilité des sources telles que les coquilles (de mollusques marines ou d'oeufs) est bonne. Les autres formes de présentation du calcium (**plâtre, ciment**) présentent trop d'inconvénients liés aux éléments ou groupes chimiques en présence (**aluminium, silice, sulfate**) (HIOCO, 1975 et MUNSON, 1976).

## **b - Absorption du calcium**

Dans l'alimentation, le calcium peut être combiné sous forme minérale (*carbonates*) ou organique (*oxalate, citrate, maltate*).

**PHILLIPSON** et **STORRY** cités par **CHURCH** (1984) indiquent que l'absorption du calcium a lieu dans la partie haute de jéjunum et ileum, la quantité étant liée à la concentration du calcium.

**WASSERMAN** cité par **BOXEBELD** (1983) souligne que l'absorption du calcium se fait de façon passive. Pour **HIOCO** (1975), une faible partie du calcium serait absorbée de manière passive. De l'avis de la plupart des auteurs, l'absorption du calcium se fait par un mécanisme de transfert actif (**LICHTWITZ** et **Coll.**, 1965 (T<sub>1</sub>) et **MALMEJAC**, 1973). C'est sous sa forme ionique que le calcium traverse la barrière intestinale grâce à une protéine tansporteuse (*Calcium Binding Protein*) dont la synthèse est induite par les dérivés de la vitamine D<sub>3</sub>.

### **2.2.1.2. - Le phosphore**

#### **a - Source de phosphore**

\*Une assez grande partie de phosphore des végétaux est sous forme de phytine ou d'acide phytique. Chez les ruminants, les microorganismes du rumen hydrolysent la phytine et utilisent le phosphore (**RAUN** et **Coll.** cités par **CHURCH**, 1984). Le phosphore phytique représente 60 à 70 p.100 du phosphore total dans les graines de céréales (**I.N.R.A.**, 1989). La salive apporte 4-8 g de phosphore par jour chez le mouton (**RUCKEBUSCH**, 1979).

Des variétés de sources de phosphores inorganiques sont des sources supplémentaires disponibles pour les rations des ruminants (*Phosphate bicalcique, phosphate monocalcique ou des phosphates complexes de sodium, calcium et magnésium*).

## **b - Absorption du phosphore**

L'absorption et l'utilisation du phosphore ont été beaucoup étudiées chez les ruminants. L'absorption se situe principalement dans les deux derniers tiers de l'intestin grêle mais peut aussi se produire dans les estomacs. Par sa localisation différente et par les mécanismes mis en jeu, elle est indépendante de celle du calcium et est moins contrôlée par les besoins de l'animal.

La capacité d'absorption de l'intestin est beaucoup moins limitée pour le phosphore que pour le calcium, mais des facteurs alimentaires ou hormonaux peuvent influencer considérablement sur la disponibilité du phosphore ingéré (I.N.R.A., 1978).

### **2.2.1.3. Facteurs de variation de l'absorption du calcium et du phosphore**

#### **a - Facteurs liés à l'animal**

Les moutons absorbent le calcium et le phosphore en fonction de leurs besoins (BRAITHWAITE, 1975).

La bonne absorption des substances résultant de la digestion est conditionnée par la bonne intégrité de la muqueuse intestinale et son bon fonctionnement. GUEGUEN cité par I.N.R.A. (1978) souligne qu'il y a diminution de l'efficacité de l'absorption intestinale avec l'âge chez les ruminants.

La parathormone augmenterait l'absorption calcique par contre la calcitonine la diminue.

La vitamine **D** et les hormones sexuelles (oestrogènes) augmentent l'absorption et la réabsorption du calcium au niveau de l'intestin ; il en est de même pour la G.H. (Growth hormon).

La thyroxine et les hormones cortico-surréaliennes freinent cette absorption.

#### **b - Facteurs nutritionnels**

Il est souvent admis que l'absorption de calcium est d'autant plus importante qu'il y a moins de phosphore dans l'aliment. Néanmoins, **LICHTWITZ** et Coll., 1965 (T3) montrent qu'une élévation de phosphore dans le régime n'entrave l'absorption du calcium qu'en l'absence de vitamine D. Selon ces auteurs, dans un régime carencé en vitamine D, l'augmentation du phosphore a un effet inhibiteur sur l'absorption du calcium. Dans ce cas le calcium s'accumule dans l'intestin et peut former avec le phosphore des précipités insolubles inabsorbables. Ce n'est donc pas l'excès de phosphore qui empêche l'absorption du calcium mais c'est le calcium accumulé dans l'intestin qui, du fait de l'hypovitaminose D, s'oppose à la pénétration du phosphore.

Certains éléments minéraux influent sur l'absorption du calcium ; le potassium et le sodium à des fortes concentrations inhibent l'absorption du calcium.

Une surcharge entérale en magnésium tend à entraîner une hypocalcémie (**CARE, GITELMAN** et Coll. et **MASSRY** et Coll. cités par **POINTILLART**, 1971). Au niveau de l'utilisation digestive, il ne semble pas exister de compétition entre le calcium et le magnésium vis-à-vis d'un même mécanisme d'absorption. Par contre, un excès de phosphore gêne l'absorption du magnésium et inversement.

Les protéines favorisent l'absorption du calcium et du phosphore en formant avec ces derniers des complexes facilement absorbés (**REGNIER**, 1976).

Selon le même auteur, une mauvaise absorption des graisses joue un rôle néfaste car le calcium forme ainsi avec les lipides des "**savons calciques**" insolubles.

Les glucides, l'eau et les acides gras interviendraient de façon plus ou moins marquée dans l'absorption intestinale du calcium et du phosphore (CRETON, 1976).

## **2.2.2. Répartition du calcium et du phosphore dans l'organisme et fonctions**

### **2.2.2.1. Distribution dans l'organisme**

Le calcium et le phosphore après leur absorption se répartissent dans l'organisme et la presque totalité se retrouve dans le squelette. 99 p.100 de calcium et 80 p.100 de phosphore dans le corps sont localisés dans les os et les dents. Environ 1 p.100 de calcium se répartit dans les tissus mous et la plus grande concentration se rencontre dans le plasma sanguin (CONRAD et Coll., 1985).

#### **a - Le sang**

##### **- Calcémie**

La calcémie est donnée par la fraction sérique ou plasmatique du calcium, les globules n'en contiennent que très peu.

Dans le sang, le calcium se trouve sous deux formes : diffusible et non diffusible ; c'est la partie diffusible qui est physiologiquement active. La fraction non diffusible est liée aux protéines plasmatiques (*albumine*) et constitue une réserve de première urgence qui participe à la régulation du taux de calcium diffusible (BARET et CRETON cités par COULIBALY, 1992).

##### **- Phosphatémie**

Dans l'organisme, on distingue du point de vue de l'activité biologique, le phosphore inorganique (28 p. 100) et le phosphore organique (72 p.100). La phosphatémie est donnée par le phosphore inorganique car dans la pratique, la fraction organique n'est pas dosée puisque le phosphore de ces grosses molécules

n'intervient pas dans le métabolisme phosphocalcique (**CRETON**, 1976).

#### **b - L'Os**

Comme il est signalé plus haut, le calcium et le phosphore représentent la presque totalité de la composition de l'os. L'os demeure la principale réserve mobilisable du calcium et du phosphore (**LICHTWITZ ; PARIGIBINI ; PAYNE ; VAES** cités par **OJIMRAO**, 1989).

Le calcium et le phosphore sont combinés dans la substance minérale osseuse sous forme d'hydroxyapatite  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)(\text{OH})_2$ .

Les échanges de calcium entre l'os et le milieu sanguin se font en fonction des besoins pour lutter soit contre une hypocalcémie, soit contre une hypercalcémie.

#### **c. - Les tissus mous et les autres humeurs**

Les tissus renferment très peu de calcium et le phosphore qui s'y trouve est sous forme organique.

Les autres humeurs avec le plasma renferment 1 p.100 de calcium et 20 p.100 de phosphore de l'organisme (**MALMEJAC**, 1966).

#### **2.2.2.3. - Fonctions biologiques du calcium et du phosphore.**

En plus du rôle plastique qu'il joue avec le phosphore, le calcium intervient dans :

- l'excitabilité neuromusculaire dont il est un modérateur ;
- la perméabilité des membranes cellulaires ;
- l'équilibre acido-basique du sang ;
- la coagulation du sang où les ions  $\text{Ca}^{2+}$  catalysent la

transformation de la prothrombine en thrombine ;  
 - la libération des hormones.

Le phosphore intervient dans la majorité des réactions biochimiques ; les composés phosphorés jouent un rôle notamment dans :

- les transferts d'énergie, donc dans l'utilisation des glucides et des lipides ;
- le maintien de l'équilibre acide-base et dans le pouvoir tampon du rumen (par la salive) ;

Selon **DELAVENTE** cité par **COULIBALY** (1992) le phosphore sous forme d'ion phosphate exerce son activité sur :

- l'activité des molécules biochimiques ;
- les mécanismes de réserve et de transfert d'énergie
- la régulation des activités enzymatiques (phospho-protéines) ;
- la synthèse des composés organiques essentiels (phospholipides, acides nucléiques, phosphoprotéines).

### **2.2.3. - Pertes de calcium et de phosphore**

Les deux principales voies d'excrétion du calcium et du phosphore sont les voies fécale et urinaire.

#### **2.2.3.1. - Excrétion fécale**

Selon **MALMEJAC** (1973), l'excrétion fécale représente à elle seule 90 p.100 de l'excrétion totale du calcium. Le calcium éliminé par cette voie provient du calcium alimentaire non absorbé et du calcium d'origine endogène. L'importance de cette voie dépend des apports calciques, de l'absorption et des sécrétions

digestives. La sécrétion endogène est pratiquement constante (BOXEBELD, 1983) et ne dépend pas des quantités de calcium et de phosphore absorbées.

L'excrétion fécale du phosphore dépend des quantités non absorbées après ingestion, cependant on note une part importante du phosphore endogène contenue dans la salive (BOXEBELD, 1983).

#### **2.2.3.2. - Excrétion urinaire**

L'excrétion urinaire du calcium est généralement faible et dépend surtout du pH urinaire (I.N.R.A., 1989). Ainsi la baisse du pH urinaire qui accompagne une acidose, augmente l'excrétion du calcium par le rein (YAND et Coll. cités par BOXEBELD., 1983).

Chez le mouton, SARODER et HANSARD ; TILLMAN et BRETHOUR ; THOMPSON et Coll. cités par CHURCH (1984) montrent que seulement 25 p.100 de calcium excrété est retrouvé dans l'urine.

Le phosphore s'élimine principalement par voie urinaire. Cette élimination se fait par filtration glomérulaire et réabsorption au niveau de la partie proximale des tubules (REGNIER, 1976).

Les mécanismes de filtration et de réabsorption de phosphore sont sous la dépendance de la quantité de phosphore du régime alimentaire et de l'action directe de la parathormone qui diminue la réabsorption et provoque l'hyperphosphaturie.

#### **2.2.3.3. - Pertes par les productions**

##### **a - Le Foetus**

Chez une femelle gestante, l'édification du squelette du foetus nécessite un apport adéquat de calcium et de phosphore. Dans le cas échéant, ces éléments sont obtenus par mobilisation des

réserves maternelles (au niveau de l'os). ASSANE et Coll. (1989) ont constaté chez la brebis peul une hypocalcémie en fin de gestation traduisant la mobilisation importante de calcium maternel au profit du fœtus.

#### **b - Le lait**

Le lait de la brebis est plus riche en calcium et en phosphore que le lait de vache et celui de la chèvre (*voir Tableau n°1*). En début de lactation, la balance calcique est négative (BRAITHWAITE et Coll., 1969). Cette balance ne devient positive qu'avec la diminution progressive de la production du lait.

**TABLEAU I : Teneur en calcium et phosphore du lait de brebis, chèvre et vache.**

	Calcium (g/l)	Phosphore (g/l)
<b>Brebis</b>	<b>1,90</b>	<b>1,50</b>
<b>Chèvre</b>	<b>1,30</b>	<b>0,90</b>
<b>Vache</b>	<b>1,20</b>	<b>0,90</b>

#### **d - Autres pertes :**

La perte par la salive concerne surtout le phosphore ; il y a également les pertes par les voies génitales au cours de la mise bas ; l'élimination par la sueur est signalée (CLERO cité par DJIMRAO, 1989).

Les principales voies du métabolisme phosphocalcique chez les ruminants (**Figure 1**).

Lorsque les pertes sont supérieures aux apports, le résultat est une balance négative ; il se produit alors sous l'action de trois hormones, un ensemble de phénomènes en vue de rétablir la calcémie : c'est la régulation endocrinienne du métabolisme phosphocalcique.

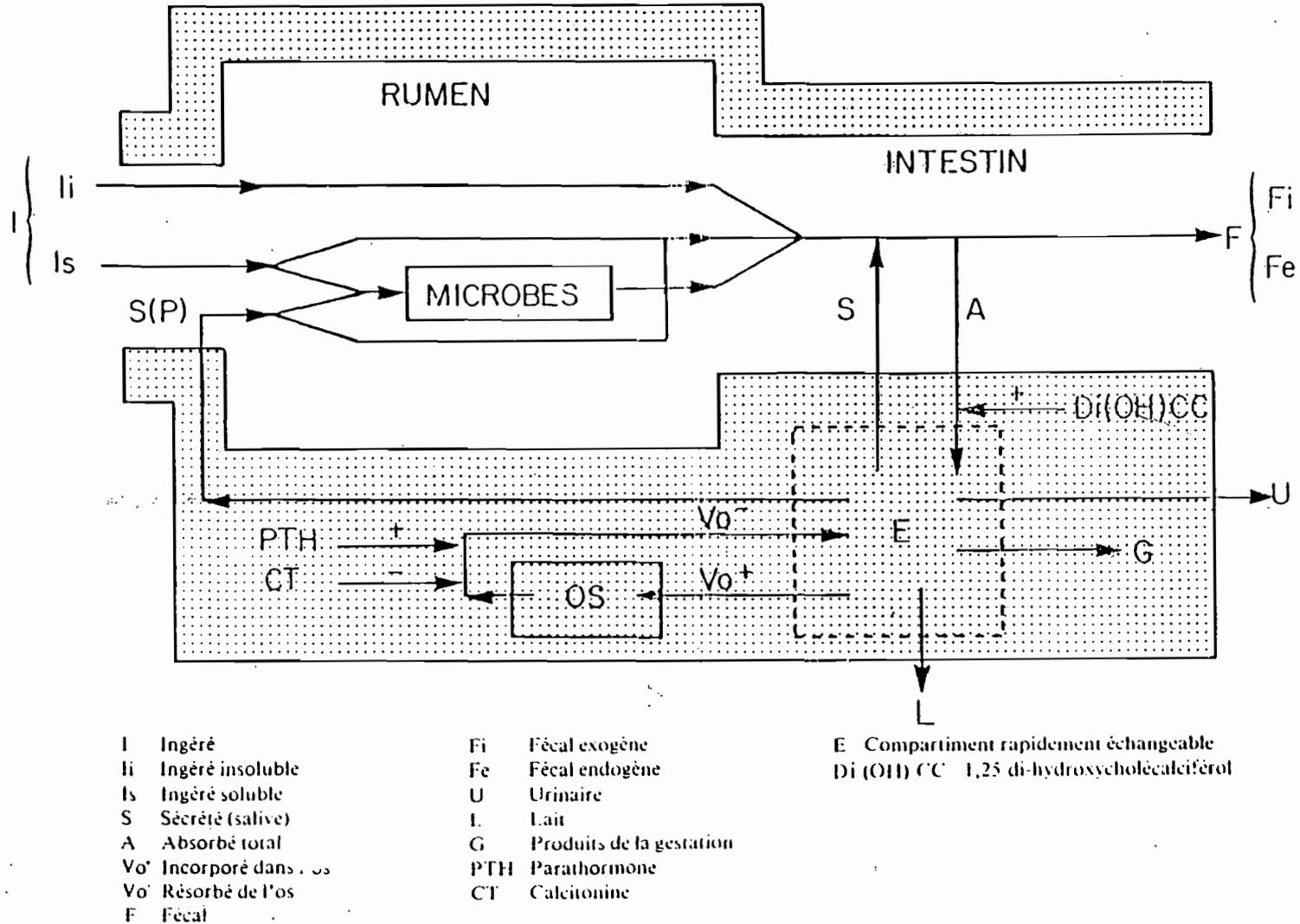


Fig.1; Les principales voies du métabolisme phospho-calcique chez les ruminants (I.N.R.A., 1978).

#### **2.2.4. - Régulation endocrinienne du métabolisme phosphocalcique**

La régulation endocrinienne se présente comme l'ensemble des phénomènes qui concourent au maintien de la calcémie.

Le contrôle endocrinien paraît s'exercer principalement sur le métabolisme du calcium, celui du phosphore n'étant qu'indirectement affecté (**POPOFF** cité par **DJIMRAO**, 1989).

L'homéostasie phosphocalcique est essentiellement contrôlée par 3 hormones : la parathormone (PTH), la vitamine D<sub>3</sub> (Cholécalciférol), la calcitonine (CT).

##### **2.2.4.1. - La parathormone**

###### **a - Origine**

La PTH est sécrétée par les glandes parathyroïdes ; ces glandes sont chez la plupart des espèces situées en région cervicale supérieure.

###### **b - Mise en évidence**

Une parathyroïdectomie chez un animal conduit à une insuffisance de PTH se traduisant par une perturbation du métabolisme phosphocalcique accompagnée des troubles neuromusculaires. On note en effet une hypocalcémie et une hypophosphatémie.

L'administration des extraits de glandes parathyroïdes à un animal parathyroïdectomisé augmente la calcémie et conduit à la disparition des troubles chez ce dernier.

**COLLIP** cité par **DJIMRAO** (1989) montre que ces extraits renfermaient une hormone qu'il nomma PTH. Cette hormone agit à différents niveaux du métabolisme phosphocalcique.

### **c. Fonctions biologiques**

Ces fonctions portent sur l'os, les reins et l'intestin.

#### **- Sur l'Os**

La PTH stimule la résorption osseuse ; l'ostéolyse est due à une augmentation du nombre et de l'activité des ostéoclastes (**LICHTWITZ** et **PARLLIER**, 1965 T2 et **MISSOHOU**, 1989) et une diminution du nombre et des activités des ostéoblastes (**REGNIER**, 1976). Le résultat de cette action est la libération d'ions calcium dans le sang.

#### **- Sur les reins**

La PTH intervient pour augmenter l'élimination urinaire des phosphates en diminuant sa réabsorption tubulaire (**KOLB**, 1975). En plus de cette augmentation de la phosphatémie, la PTH baisse la calciurie en favorisant la réabsorption tubulaire et ceci en présence de la vitamine D.

#### **- Au niveau de l'intestin**

En présence de la vitamine D, la PTH augmente l'absorption du calcium et du phosphore (**BOXEBELD**, 1983).

Les différentes fonctions de la PTH montrent qu'elle a pour principal rôle le maintien de la calcémie ( **Figure : 2** ).

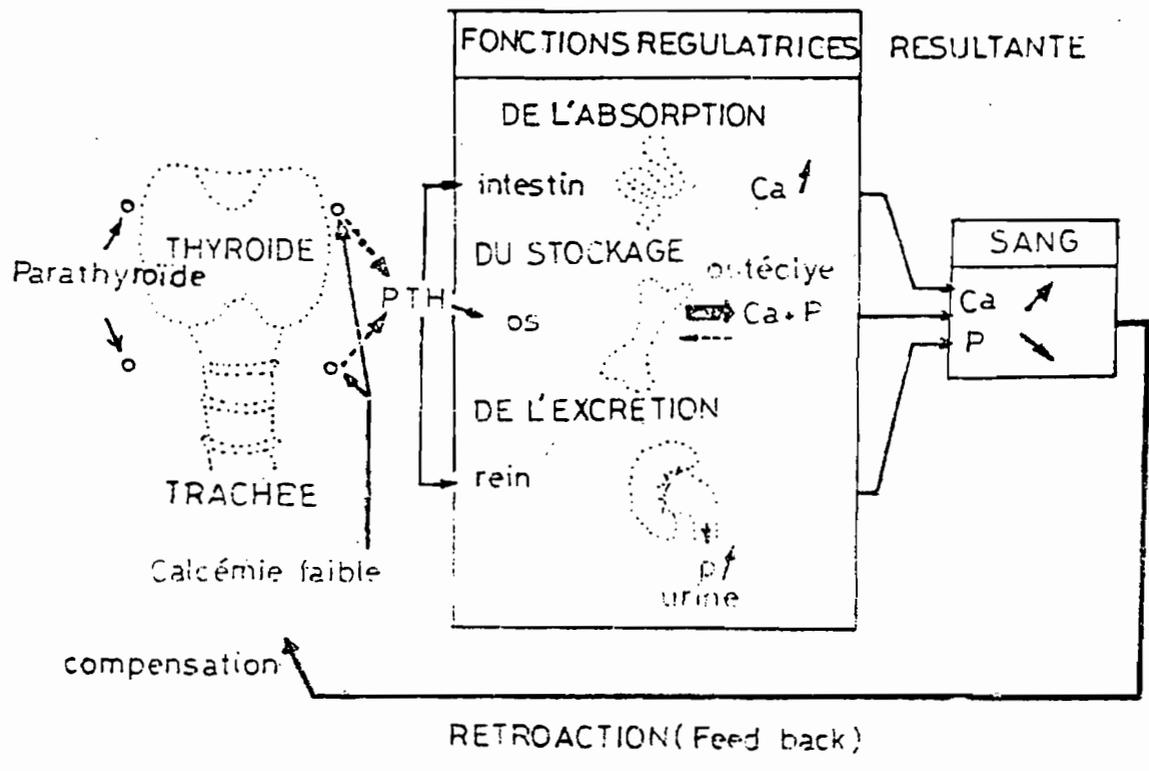


Fig.2: Rôle de la parathormone (A.P.F.C.A. ,1958).

#### **d - Contrôle de la sécrétion de la parathormone.**

La sécrétion de la PTH est essentiellement contrôlée par la calcémie. L'augmentation de la calcémie entraîne une diminution de la sécrétion de PTH et inversement.

La phosphatémie intervient indirectement dans le contrôle de la sécrétion de PTH car toute modification de la phosphatémie s'accompagne d'une modification de la calcémie.

#### **2.2.4.2. - La vitamine D<sub>3</sub>**

La vitamine D<sub>3</sub> ou cholécalciférol est la forme naturelle de la vitamine D. Elle est apportée soit par l'alimentation, soit synthétisée au niveau de la peau sous l'influence des rayons ultraviolets.

##### **a - Métabolisme de la vitamine D<sub>3</sub>**

Synthétisée au niveau du derme ou absorbée au niveau intestinal, la vitamine D<sub>3</sub> passe dans le sang et se lie aux globulines. Elle subit une hydroxylation au niveau du foie pour donner le 25 hydroxycholécalciférol (25 OH CC) ; une deuxième hydroxylation a lieu au niveau du rein pour donner sous l'action d'une  $\alpha$ -hydroxylase le 1-25 dihydroxycholécalciférol (1-25 diOHCC) qui est le métabolite actif de la vitamine D<sub>3</sub>. Le 1-25 diOHCC entraîne une hypercalcémie et une hyperphosphatémie.(Fig.3).

##### **b - Actions biologiques de la vitamine D<sub>3</sub>**

###### **- Au niveau de l'intestin**

Le 1-25 di OHCC favorise l'absorption intestinale du calcium. La plus grande partie est absorbée de façon active au niveau du duodénum et passive au niveau du jéjunum. Cette action au niveau intestinal résulte au moins partiellement d'un accroissement de la synthèse de la protéine transporteuse de calcium induit par le 1-25 di OHCC (GUEGUEN et Coll., 1973).

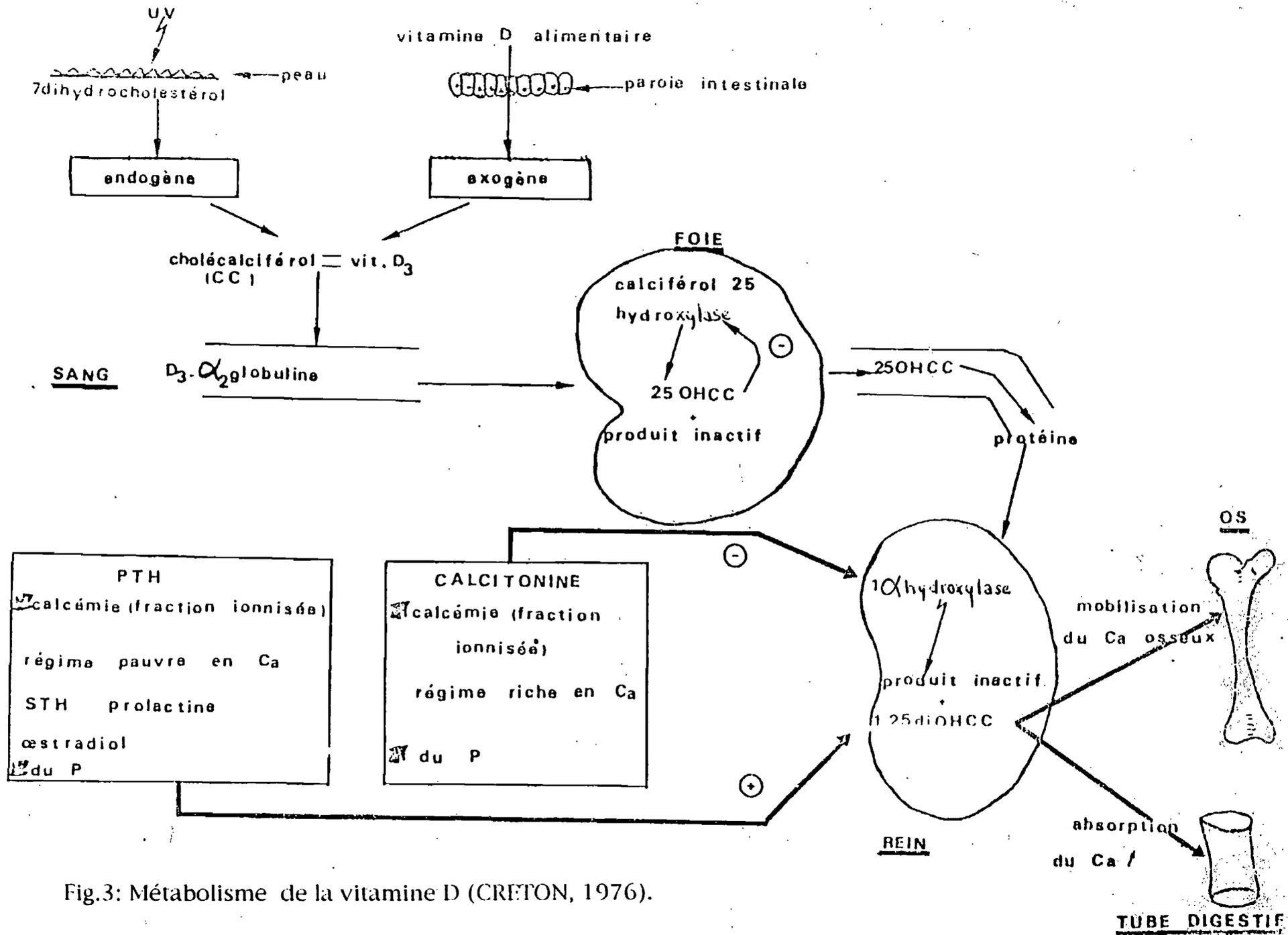


Fig.3: Métabolisme de la vitamine D (CRETON, 1976).

### **- Au niveau de l'os**

La vitamine D favorise la minéralisation de l'os en particulier chez le jeune ; à faible dose, elle a une action ostéolytique.

### **- Sur les reins**

La vitamine D3 augmenterait la réabsorption tubulaire du calcium et du phosphore se traduisant par une baisse de calciurie et une augmentation de la phosphatémie.

L'action de la vitamine D3 est surtout marquée au niveau de l'intestin comme le montre la **figure 4**.

### **C - Contrôle de la synthèse du 1-25 di OHCC**

Lorsqu'il y a baisse de calcémie, la PTH stimule la synthèse du 1-25 di OHCC. Cette dernière avec la PTH mobilise la réserve osseuse par ostéolyse.

#### **2.2.4.3. - La calcitonine (CT)**

##### **a - Mise en évidence**

La calcitonine a été mise en évidence par COPP et Coll. en 1963 chez le chien. C'est une hormone hypocalcémiante et hypophosphatémiante sécrétée par les cellules parafolliculaires (ou cellules C) de la glande thyroïde.

##### **b - Fonctions biologiques**

La calcitonine agit préférentiellement sur l'os et dans une moindre mesure sur le rein et l'intestin.

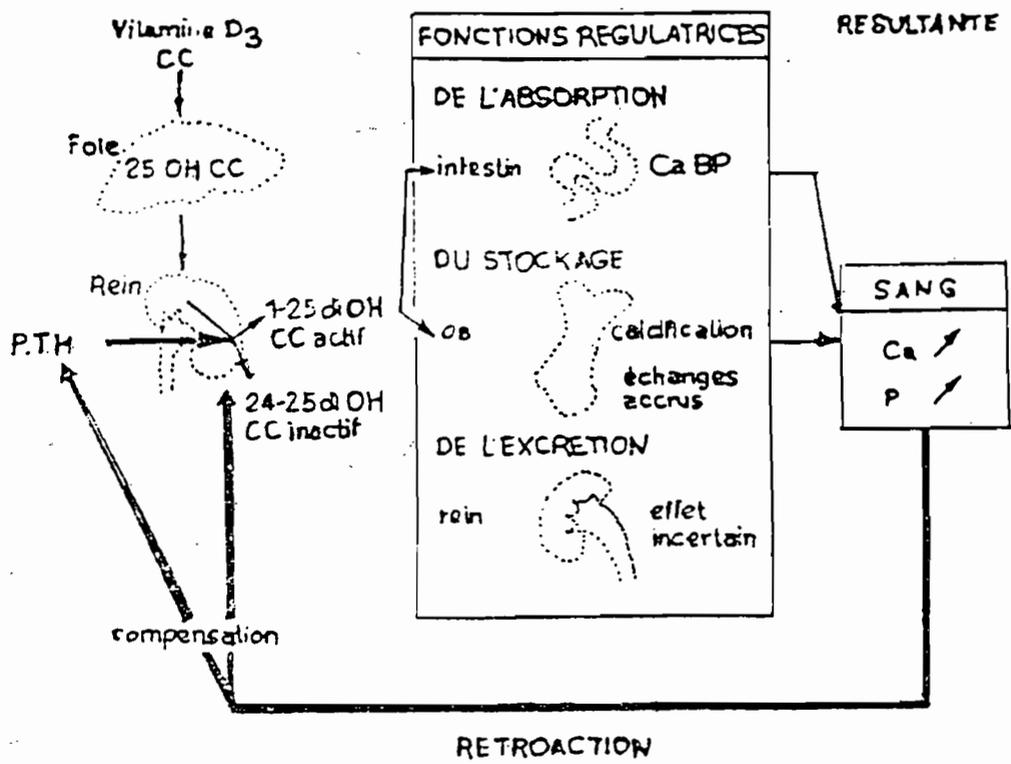


Fig.4: Mode d'action de la vitamine D3. (A.P.F.C.A., 1958).

#### - Sur l'os

La CT a une action rapide et de courte durée sur la calcémie. Elle intervient en diminuant la résorption osseuse (MILHAUD et Coll. ; RASMUSSEN et Coll. ; FLANAGAN et Coll. cités par POINTILLART, 1971). Elle inhibe le catabolisme osseux in vivo (MILHAUD et Coll. ; JOHNSTON et DEISS et CHAUSSMER et Coll. cités par POINTILLART, 1971)

#### - Sur le rein

La CT abaisse la phosphatémie et provoque une calciurie en diminuant la résorption du calcium.

#### - Sur l'intestin

Elle réduit l'absorption intestinale du calcium et ce indépendamment de la vitamine D. Elle peut aussi diminuer la perte fécale endogène de calcium selon WISE et Coll., cités par CHURCH, 1984.

### C. - Contrôle de la sécrétion de la calcitonine

La calcémie est le principal facteur de la sécrétion de calcitonine. Cette sécrétion est continue même si la calcémie est normale mais augmente de façon importante lors d'hypercalcémie.

Le magnésium intervient dans les mêmes conditions que les ions sur la sécrétion de la calcitonine mais seulement dans les conditions expérimentales.

Certaines hormones gastroduodénales comme la gastrine, la pancréozymine et le glucagon stimulent la sécrétion de la calcitonine pour prévenir l'hypercalcémie post-prandiale.

Lorsque les apports en calcium et en phosphore sont insuffisants ou excédentaires, le système mis en branle en vue de

ramener la calcémie et la phosphatémie à des taux normaux est débordé. Ils se produisent alors des troubles surtout chez les ruminants du fait de leur capacité d'adaptation limitée.

#### **2.2.4.4.. Troubles liés au métabolisme phosphocalcique et/ou à la carence**

Des troubles peuvent apparaître lorsque l'apport alimentaire de minéraux est insuffisant, lorsque leur absorption intestinale est perturbée ou lorsqu'il se produit un dérèglement du contrôle hormonal de leur métabolisme.

##### **a - Troubles par défaut**

L'insuffisance grave en phosphore se manifeste par une chute de l'appétit et donc des performances ; une disparition des chaleurs chez la vache ; du pica ; des troubles osseux tels que le rachitisme avec des déformations articulaires chez la jeune et l'ostéomalacie se traduisant par des boîteries et des fractures chez l'adulte.

Ces troubles peuvent aussi résulter d'une carence en calcium ou en vitamine D. Ils correspondent à une minéralisation insuffisante de la matière protéique de l'os. La carence calcique associée à un excès de phosphore peut aussi conduire à l'ostéoporose chez les vaches laitières. La plus fréquente est la fièvre de lait observée surtout en fin de gestation ou peu après le part.

##### **b - Troubles par excès**

###### **- Calcinose**

Des dépôts calcaires dans la paroi des tubules rénaux et des artères, dans les poumons et le muscle cardiaque ont été observés sur des boucs castrés consommant des foin riches en avoine jaunâtre (*Trisetum flavescens*), et sur des chèvres pâturant sur des parcours où cette graminée abonde (KESSLER, 1981). Ces

calcifications aberrantes sont dues à la présence dans cette graminée des métabolites actifs de la vitamine D.

Une calcinose a été décrite chez des moutons sur lesquels la minéralisation de l'aorte, des artères de la langue et des reins a été observée (GILL et Coll. cités par CHURCH, 1984).

#### - Urolithiase

L'apparition de calculs urinaires constitués de phosphates de calcium et/ou de magnésium est relativement fréquente chez l'agneau à l'engraissement recevant un régime à base de céréales (riches en phosphore) (BARLET et Coll., 1973). Les symptômes ne se manifestent que chez les mâles par suite de l'obstruction de l'urètre par les calculs.

### 2.3 - Influence de l'eau et des aliments sur le métabolisme phosphocalcique

#### 2.3.1. - Influence de la restriction d'eau sur l'ingestion alimentaire

Le premier effet remarqué de la restriction modérée de l'eau est la réduction de l'ingéré alimentaire.

LEGEL et Coll. (1987) ont montré que la réduction d'une consommation volontaire d'eau de 54 et 27 p.100 chez le mouton réduit l'ingestion de la matière sèche de 84 à 45 p.100 respectivement.

#### 2.3.2. - Influence de l'eau sur l'excrétion du calcium et du phosphore

Si de nos jours, des études ont été faites sur l'effet de la restriction d'eau sur le comportement alimentaire, peu de données sont disponibles en ce qui concerne son effet sur l'utilisation digestive du calcium et du phosphore. Cependant, SUTTLE et FIELD cités par CHURCH (1984) ont montré qu'une augmentation de l'ingestion d'eau tend à élever l'excrétion du phosphore.

### 2.3.3. - Influence des céréales sur l'excrétion du calcium et phosphore

Bien que les rations riches en glucides fermentescibles (RFC) ont peu d'effet sur la filtration de calcium et de phosphore, la réabsorption de ces minéraux dans le rein est réduite et conduit à l'augmentation de l'excrétion du phosphore urinaire (**FUNABA et Coll.**, 1990).

**TOPPS** et Coll. cités par **FUNABA et Coll.** (1990) observent que les aliments riches en glucides fermentescibles tels que le maïs ou l'orge induisent l'augmentation de l'excrétion urinaire de phosphore et de l'acide et suggèrent que le phosphore urinaire joue un rôle de tampon pour l'excrétion d'acide.

L'aliment riche en glucide abaisse l'écoulement de la salive et la sécrétion du phosphore salivaire.

D'autre part, l'élévation de la sécrétion et/ou la réponse de la parathormone serait responsable de la phosphaturie avec les aliments riches en glucide parce que la parathormone stimule l'absorption intestinale du phosphore et inhibe la réabsorption rénale de ce dernier (**BORLE et Coll.** cités par **FUNABA**, 1990).

### 2.3.4. - Influence des concentrés sur l'absorption et la rétention de calcium et de phosphore

Les fourrages riches en azote sont indiqués comme améliorant la rétention de calcium et de phosphore et maintiennent un niveau sérique de phosphore élevé par rapport à ceux pauvres en azote (**STILLINGS et Coll.** cités par **CHURCH**, 1984. **BROCHART et PAQUAY et Coll.** cités par **CHURCH** (1984) pensent que les graines des céréales faciliteraient l'absorption du calcium

La ration hautement protéique retient aussi plus de calcium dans le corps d'un animal. Il y aurait deux possibilités en ce

qui concerne la balance calcique positive ; l'une est l'augmentation de l'absorption calcique réelle de l'intestin, et l'autre la baisse de la sécrétion de calcium dans l'intestin résultant de l'inhibition de la mobilisation du calcium (**FUNABA et Coll., 1990**)..

# **DEUXIEME PARTIE :**

**\*\*\*\*\***

## **ETUDE EXPERIMENTALE**

# CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODES

## 1.1. Matériel

### 1.1.1. Matériel animal

#### 1.1.1.1. Choix des animaux

Les animaux d'expérience sont des moutons achetés au foirail de Dakar (SENEGAL). Ce sont 4 béliers non castrés de race peulh, âgés d'environ 18 mois et pesant en moyenne 27 kg.

Le choix de la race peulh s'explique d'une part par son aire géographique vaste (zone sahélienne et zone sahélo-soudanienne) et d'autre part par ses multiples qualités : c'est un bon animal de boucherie ; il prend facilement de la graisse interne et de couverture ; son rendement en viande atteint 48 à 50 p.100 ; la chair est tendre et savoureuse (PROVOST, 1980).

#### 1.1.1.2. Conditions d'élevage

Les animaux sont élevés dans des cages métaboliques (représentée par la figure 5) placées dans une salle bien aérée. Les cages sont conçues avec des dispositifs permettant de recueillir les fèces et les urines les uns séparément des autres en vue des analyses. Une mangeoire de dimension 30 x 30 x 35 cm et un dispositif permettant de placer un seau comme abreuvoir. Chaque animal est attaché en laisse dans la cage.

#### 1.1.1.3. Aliments et alimentation

##### a - Aliments

Les aliments utilisés sont les matières premières locales achetées sur le marché de Dakar. Elles sont représentées par : les fanes d'arachide, les céréales (mélange de grains de maïs et de petit mil.)

### b - Alimentation

Quatre types de traitement ont été utilisés :

**TABLEAU II : Types de traitement**

Traitement	Fréquence	Type de ration et alimentation
I	2 fois par jour (10h et 18h)	Fanes d'arachide (8h et 18h)
II	2 fois par jour (10h et 18h)	Fanes d'arachide (8h et 18h) céréales (12h)
III	1 fois tous les 2 jours (à 12h chaque 48h)	Fanes d'arachide (8h et 18h)
IV	1 fois tous les 2 jours (à 12h chaque 48h)	Fanes d'arachide (8h et 18h) céréales (12h)

La composition des aliments expérimentaux est consignée dans le tableau III.

Deux types de fanes d'arachide et 2 types de céréales ont été utilisés.

**Tableau III : Composition des aliments expérimentaux**

	Fanes d'arachide	Fanes céréales	céréales	d'arachide
	1	2	1	2
Teneur en matière sèche (p. 100 de MF)	93,07	93,77	91,51	92,42
Matière protéiques (P.100 de MS)	12,61	14,54	12,89	14,01
Matières minérales (P. 100 de MS)	4,4	5,98	2,06	2,22
Cellulose brute (P.100 de MS)	31,66	32,23	3,78	4,42
Matière grasses (P.100 de MS)	2,18	2,65	5,38	5,96
Calcium (P.100 de MS)	0,73	0,83	0,16	0,18
Phosphore (P.100 de MS)	0,15	0,13	0,22	0,28
Ca/P	4,87	6,38	0,73	0,64

**1.1.2. Matériel technique et de laboratoire**

Le matériel comprend :

- des flacons en plastique pour la collecte des fèces et des urines

- le matériel de froid représenté par un réfrigérateur et un congélateur
- une bascule de marque "OMEGA" d'une capacité de 300kg et une précision de 100 g
- une balance de marque METTLER P2000 (0,0001 à 2000 g)
- une balance de portée maximale 15 kg et d'une précision de 100 g.
- du matériel et des produits de laboratoire pour le dosage du calcium et du phosphore des aliments, fèces et urines
- un spectrophotomètre de marque VARIAN DMS 80 UV visible
- des étuves universelles réglables ( de 0 à 220 °C ) pour la détermination de MS.

## **1.2. Méthodes et protocole expérimental**

Avant l'expérience, nous avons procédé au déparasitage des animaux avec de l'ivermectine (IVOMEK ND) puis à leur marquage par de boucles portant respectivement les n°599, 521, 187 et 127 au niveau des oreilles.

### **1.2.1. Méthodes d'alimentation et d'abreuvement**

Des fanes d'arachide sont distribuées aux animaux à raison de 1 kg par animal et par jour en deux repas (à 8 heures et 18 heures). Les repas sont collectés toutes les 24 heures puis pesés. Ceci nous permet de déterminer les quantités d'aliments ingérées par la différence entre les quantités présentées et les refus.

Les céréales sont distribués aux animaux recevant les traitements II et IV à raison de 250 g par animal et par jour.

L'eau d'abreuvement est présentée 2 fois par jour (à 10 h et 18 h) à volonté pour le lot témoin et tous les 2 jours (à 12 h) pour le lot expérimental. Les quantités d'eau présentées aux animaux sont pesées ainsi que le reste après présentation. Ceci permet de déterminer les quantités d'eau ingérées par la différence entre les quantités présentées et celles restantes.

### **1.2.2. Mesures et analyses effectuées**

Outre les quantités d'aliment et d'eau qui sont déterminées et enregistrées chaque jour, les moutons sont pesés individuellement au début de l'expérience et à la fin de chaque série de traitement.

Le 1/4 des fèces collectés sur 24 heures est prélevé sur 5 jours consécutifs dans des sachets en plastique puis gardés au frais à 4°C. A la fin de chaque série d'expérience, les échantillons de fèces sont individuellement homogénéisés et prélevés dans des flacons en PVC de 250 ml en vue des analyses chimiques.

Quant aux urines, elles sont recueillies dans des bouteilles de 1000 ml contenant 25 ml d'une solution d'acide sulfurique à 10 p.100 en volume. Les 10 p.100 des quantités d'urines recueillies au cours des 24 heures sont prélevés sur 5 jours consécutifs. Les échantillons d'urine sont individuellement mélangés puis prélevés dans des flacons en PVC de 250 ml puis gardés au frais à 4°C en vue des analyses chimiques.

La méthode de carré latin 4 x 4 a été utilisée pour le déroulement des épreuves (**Tableau IV**).

### 1.2.3. Techniques de préparation et d'analyse

#### 1.2.3.1. Les fèces

##### a. - Détermination de la matière sèche

Des quantités de 0,5 à 1 g de fèces sont pesées dans des creusets préalablement séchés dans une étuve réglée à 105 ° C pendant 1 heure. Les creusets contenant les fèces sont déposés dans une étuve réglée à 105°C pendant au moins 3 heures ; pour la fiabilité des résultats, 3 parallèles sont réalisés pour chaque échantillon

**Tableau IV : Schéma du déroulement des épreuves**

Date	Opérations	TRAITEMENT			
		599	521	187	127
1ère série 10-14 Dec 92	Précollecte collecte	I	II	III	IV
2e série 19-28 Dec 92 29 Dec 92- 2 Jan 93	Précollecte collecte	VI	III	II	I
3e série 2-11 Jan 93 12-16 Jan 93	Précollecte collecte	III	I	IV	II
4e série 16-23 Jan 93 16-30 Jan 93	Précollecte collecte	II	IV	I	III

- L'humidité (p.100) est déterminée par la formule :

$$\frac{P_1 - P_2}{P} \times 100$$

**P** = Poids de l'échantillon

**P1** = Poids du creuset + échantillon de fèces

**P2** = Poids du creuset + échantillon après dessiccation

La matière sèche (p.100) =  $100 - \text{Humidité (p.100)}$

### **b - Dosage du calcium**

Dans le cas de notre expérience, pour limiter les erreurs dues aux manipulations, les échantillons utilisés pour la détermination de la matière sèche sont directement incinérés dans un four à 550°C. Les cendres ainsi obtenues sont reprises dans un erlenmeyer avec 25 ml d'acide acétique à 20 p.100 en volume ; le creuset est ensuite rincé avec 10 ml d'eau distillée chaude. On y ajoute 10 ml de solution d'oxalate d'ammonium sursaturée et 2 gouttes de rouge de méthyle. L'ensemble est porté au bain-marie bouillant réglé à 70°C pendant 20 minutes. La solution est ensuite passée sur filtre sans cendres. L'erlenmeyer est rincé à l'eau distillée chaude et le filtre lavé à l'eau ammoniacale à 10 p.100 en volume jusqu'à ce que le filtrat ne réagisse plus au sel de calcium. Le filtre est plongé dans un erlenmeyer contenant 50 ml d'eau distillée chaude puis on ajoute 25 à 30 ml d'acide sulfurique à 20 p.100 en volume pour dissoudre le précipité de calcium. On laisse reposer l'erlenmeyer au bain-marie à 70°C pendant 10 à 15 minutes.

La solution est enfin titrée à chaud au permanganate de potassium ( $\text{KMnO}_4$ ) N/10 jusqu'au virage au rose pendant quelques secondes. Le taux de calcium est déterminé par la relation 1 ml de  $\text{KMnO}_4$  (N/10) = 2 mg de calcium.

### **C - Dosage du phosphore**

0,5 à 1 g de fèces est introduit dans un matras. On y ajoute 10 ml d'acide nitrique pur et 4 ml d'acide perchlorique pur ; l'ensemble est porté sur le minéralisateur réglé à 250°C pendant 10 à 15 minutes jusqu'à dissolution complète. Après refroidissement, le

contenu est transféré dans un ballon puis on complète avec de l'eau distillée jusqu'à 200 ml.

On prélève ensuite 2 ml de cette solution auxquels on ajoute 2 ml de réactif vanado-molybdique. On laisse réagir pendant 10 à 15 minutes puis on lit la densité optique (DO) de cette solution au spectrophotomètre à 430 nm. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de phosphore dans la solution. Le taux de phosphore est déterminé par rapport à une solution étalon dont on connaît la densité optique

#### 1.2.3.2. - Les urines.

- Le dosage du phosphore urinaire suit le même protocole que celui des fèces mais en prenant comme échantillon 5ml d'urines.

- Concernant le dosage du calcium urinaire, il n'y a pas d'incinération. 5 ml d'urines sont pipetés et déposés dans l'erlenmeyer et les étapes suivantes sont les mêmes que celles du dosage du calcium des fèces.

#### 1.2.4. Calcul des différents paramètres

$$\text{Bilan réel (g)} = I - F - U + Fe + Ue.$$

$$\text{Coefficient d'absorption réelle (CAR)} = \frac{I - F + fe}{I} \times 100$$

(p.100)

$$\text{Coefficient de rétention} = \frac{I - F - U + fe + Ue}{I} \times 100$$

(p.100)

I = Ingéré    fe = élément fécal endogène

F = Fécal    Ue = élément fécal urinaire endogène

U = Urinaire

### 1.2.5. Analyse statistique

Pour le traitement statistique des données concernant les bilans, coefficient d'absorption réelle, coefficient de rétention du calcium et du phosphore, nous avons utilisé le F Test, au seuil de signification ( $P > 0,05$ ). Les moyenne et écart-type sont déterminés à la calculatrice.

## **CHAPITRE 2 : RESULTATS**

### **2.1. Influence de la restriction d'eau sur :**

#### **2.1.1. L'ingestion alimentaire de matière sèche**

On note une diminution de la quantité de matière sèche ingérée lorsque l'eau est distribuée aux moutons tous les 2 jours. Cette baisse est de 6,8 p.100 avec les fanes d'arachides seules et de 4,3 p.100 pour les fanes plus les céréales par rapport à 2 abreuvements par jour (Fig.6)

#### **2.1.2. L'ingestion du calcium et du phosphore alimentaires**

On note une diminution des quantités de calcium et de phosphore ingérées dans les mêmes proportions que la matière sèche ingérée (Fig. 7 et 8).

#### **2.1.3. L'absorption du calcium et du phosphore**

L'absorption du calcium diminue avec la restriction d'eau. Elle est négative avec les fanes seules et positive avec les fanes plus céréales. Quant au phosphore son absorption est positive avec les 4 types de traitement et néanmoins elle baisse avec la restriction d'eau ; cette diminution est de l'ordre de 32,4 p.100 pour les fanes seules et 10,2 p.100 pour les fanes complémentées de céréales (Fig.9 et 10).

#### **2.1.4. - La rétention du calcium et du phosphore**

Comme dans l'absorption, la restriction d'eau entraîne une chute considérable de la rétention du calcium allant de -117,9 p.100 pour les fanes seules à 50 p.100 pour les fanes plus céréales (Fig. 11).

La restriction d'eau diminue de façon moindre la rétention du phosphore ; cette diminution est de 30,5 p.100 avec les fanes seules et de 8,2 p.100 lorsque les fanes sont complémentées de céréales (Fig.12). On est tenté d'admettre que l'eau favoriserait la rétention du calcium et du phosphore.

### **2.1.5. - L'excrétion du calcium et du phosphore**

La restriction d'eau entraîne une faible diminution du calcium et du phosphore fécal ; cette baisse est de 0,7 p.100 avec les fanes et 4,5 p.100 avec les fanes plus céréales pour le calcium. (Fig. 13). Quant au phosphore on note une légère augmentation avec les fanes par contre une baisse de 1,7 p.100 avec les fanes plus céréales (Fig.14).

D'une façon générale, la restriction d'eau n'a pas une influence statistiquement significative ( $P > 0,05$ ) sur l'excrétion du calcium et du phosphore.

## **2.2. - Influence des céréales sur :**

### **2.2.1. L'ingestion de matière sèche**

L'apport de céréales en complément des fanes augmente le niveau de consommation de la matière sèche. Il nous a été donné de constater qu'il n'y a jamais de refus de céréales. L'augmentation est de 12 p.100 avec les fanes et de 15 p.100 avec les fanes plus céréales (Fig.17).

### **2.2.2. L'ingestion de calcium et de phosphore alimentaires**

On note une diminution de la quantité de calcium ingérée de 6,7 p.100 avec deux abreuvements par jour et de 4,8 p.100 lorsque l'abreuvement a lieu tous les 2 jours. Par contre, la quantité de phosphore ingérée augmente de 2,5 p.100 avec deux abreuvements par jour et de 26,8 p.100, lorsque l'eau est distribuée tous les 2 jours (Fig. 7 et 8).

### **2.2.3. - L'absorption du calcium et du phosphore**

Quand on supplémente les fanes par les céréales, le taux d'absorption du calcium passe de -6 à +15 p.100 avec deux abreuvements par jour et de -14 à +7 p.100 avec l'abreuvement tous les 2 jours. L'absorption est négative avec les fanes seules et positive avec le complément en céréales (Fig.18).

L'absorption de phosphore baisse avec l'apport des céréales. Cette chute (7,6 p.100) est plus marquée chez les animaux abreuvés 2 fois par jour que ceux abreuvés tous les 2 jours (17,2 p.100) (Fig. 19).

### **2.2.4. La rétention du calcium et du phosphore**

Quand on supplémente les fanes par les céréales, le coefficient de rétention du calcium passe de -6 à 15,2 p.100 avec deux abreuvements journaliers et de -13,2 à 7,6 p.100 lorsque l'abreuvement a lieu tous les 2 jours. Le coefficient de rétention n'est positif qu'avec les fanes supplémentées de céréales (fig.20).

La rétention du phosphore diminue avec l'apport des céréales. La rétention maximale est observée avec les fanes seules et est de 51,1 p.100 (fig.21).

## **2.2.5. - L'excrétion du calcium et du phosphore**

### **2.2.5.1. Excrétion fécale**

Les céréales entraînent une diminution de l'excrétion fécale de calcium. Cette diminution est de 16,6 p.100 et 19,8 p.100 respectivement pour deux abreuvements par jour et un abreuvement tous les 2 jours (fig. 13).

Les pertes fécales du phosphore augmentent avec l'apport des céréales ; elles sont de 31,3 p.100 et 12,34 p.100 respectivement pour deux abreuvements journaliers et un abreuvement tous les 2 jours. (fig.14).

### **2.2.5.2. - Excrétion urinaire**

L'apport de céréales entraîne une réduction de l'excrétion urinaire du calcium de 37,4 p.100 avec deux abreuvements par jour et une augmentation de l'excrétion de 12,1 p.100 avec un abreuvement chaque deux jours (fig.15).

Les pertes urinaires du phosphore augmentent avec l'apport des céréales en complémentarité des fanes. Les augmentations sont de 1,6 p.100 pour les deux types d'abreuvement (fig.16).

La complémentarité en céréales favorise l'excrétion du phosphore fécal et urinaire et ce indépendamment des types d'abreuvement. Cette influence n'est pas statistiquement significative ( $P > 0,05$ )

## **2.3. Bilan du calcium et du phosphore**

### **2.3.1. Influence de l'eau sur le bilan du calcium et du phosphore**

#### **2.3.1.1. Calcium**

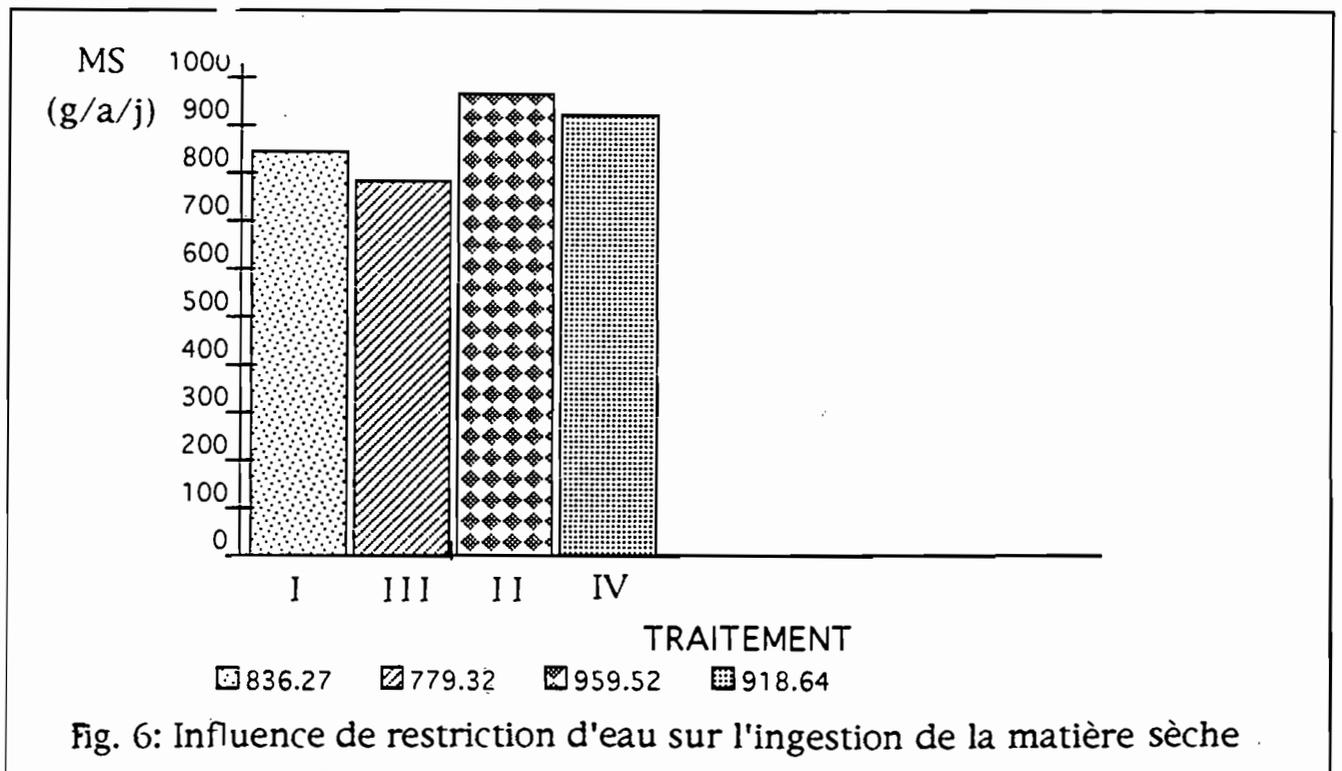
La restriction d'eau entraîne une réduction calcique de -278 p.100 lorsque les animaux sont soumis aux fanes uniquement ; par contre on note une augmentation de 26 p.100 lorsque les fanes sont complémentées en céréales (fig.22).

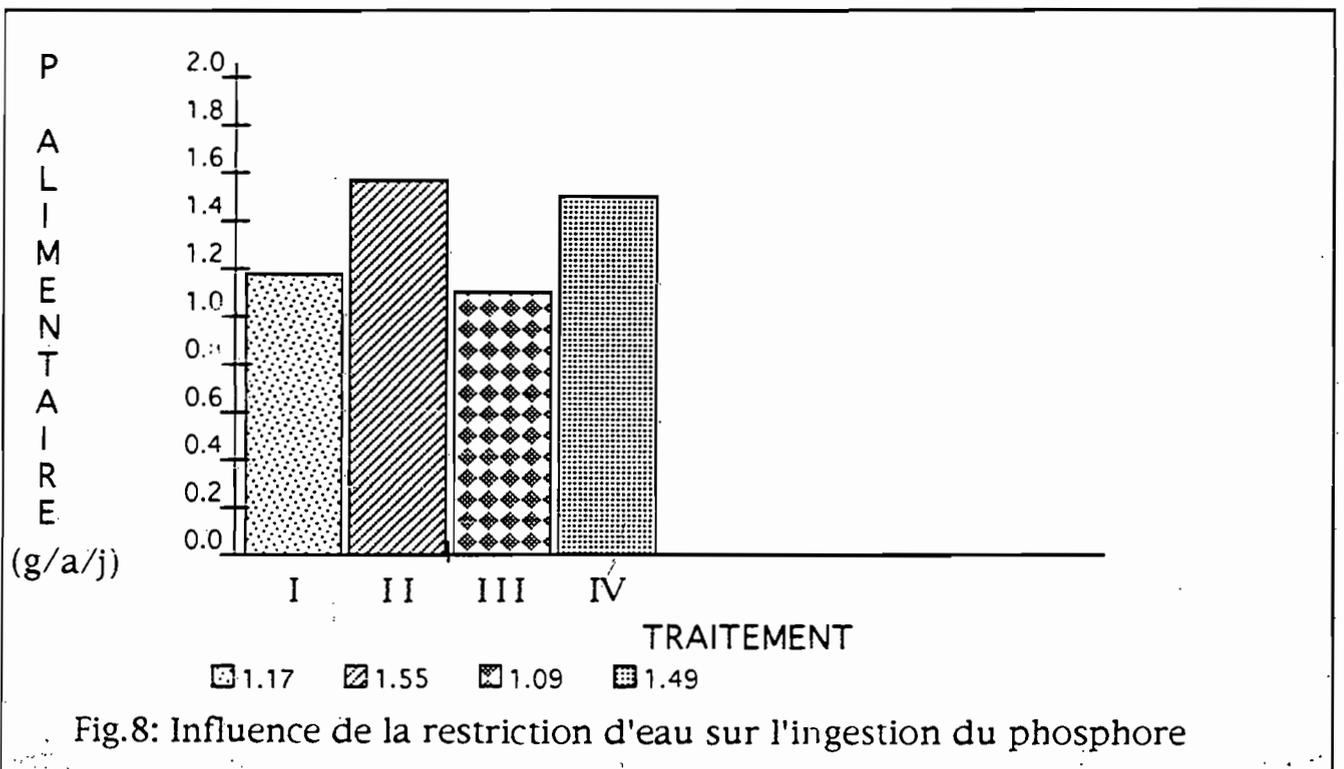
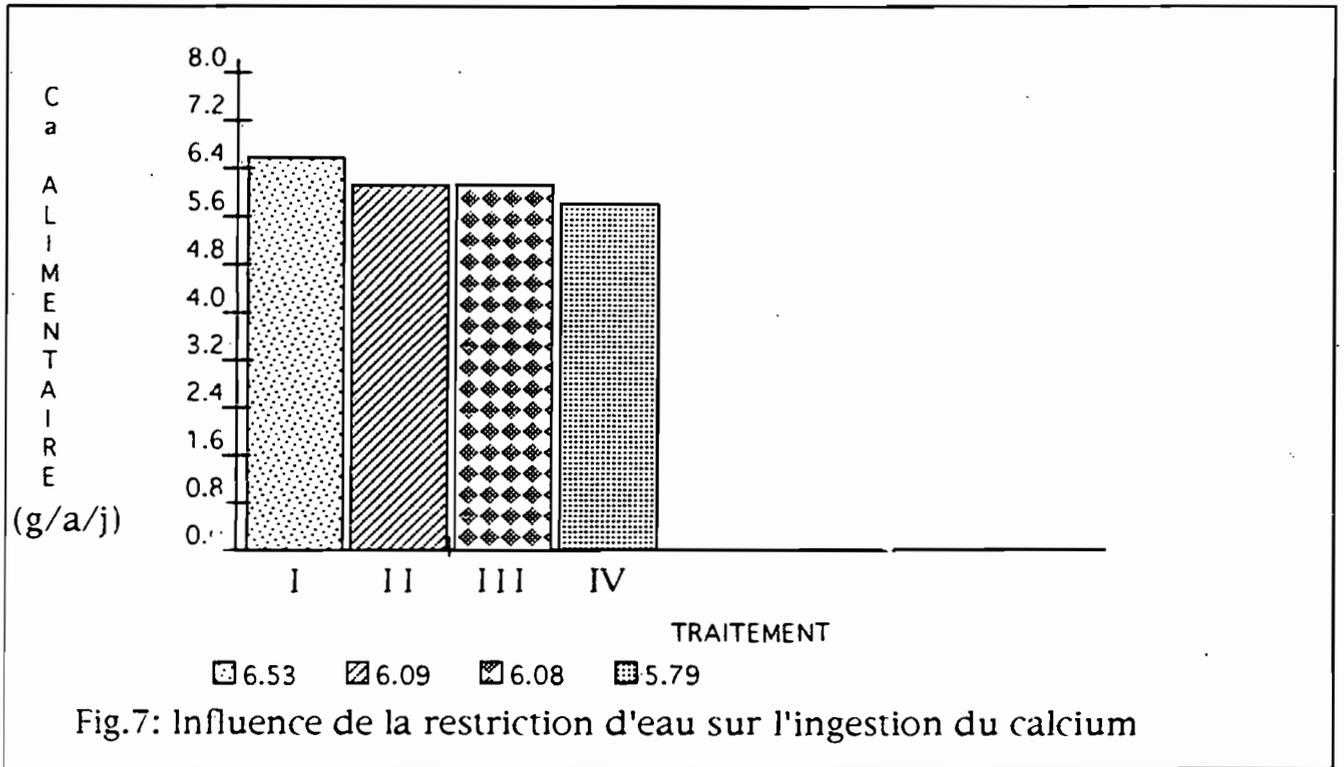
Le bilan du calcium est négatif avec les fanes et positif avec le complément de céréales.

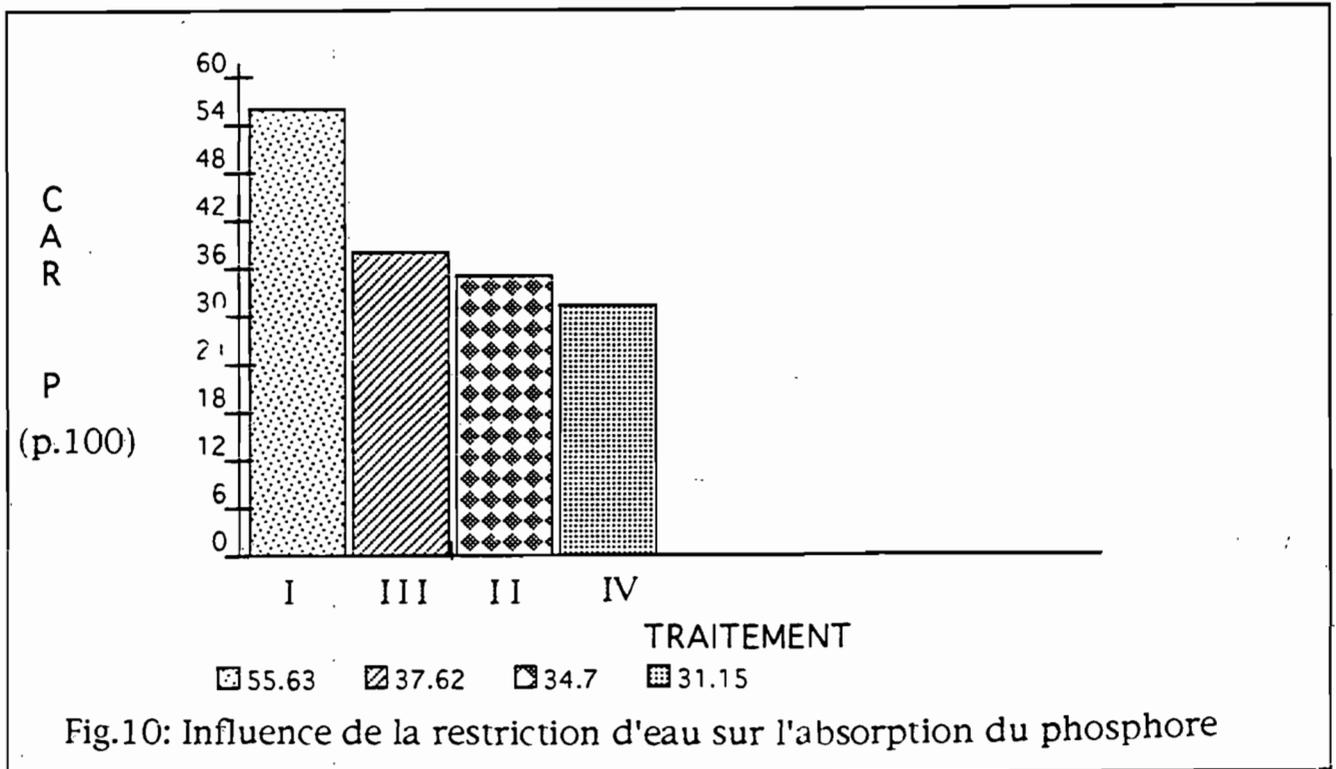
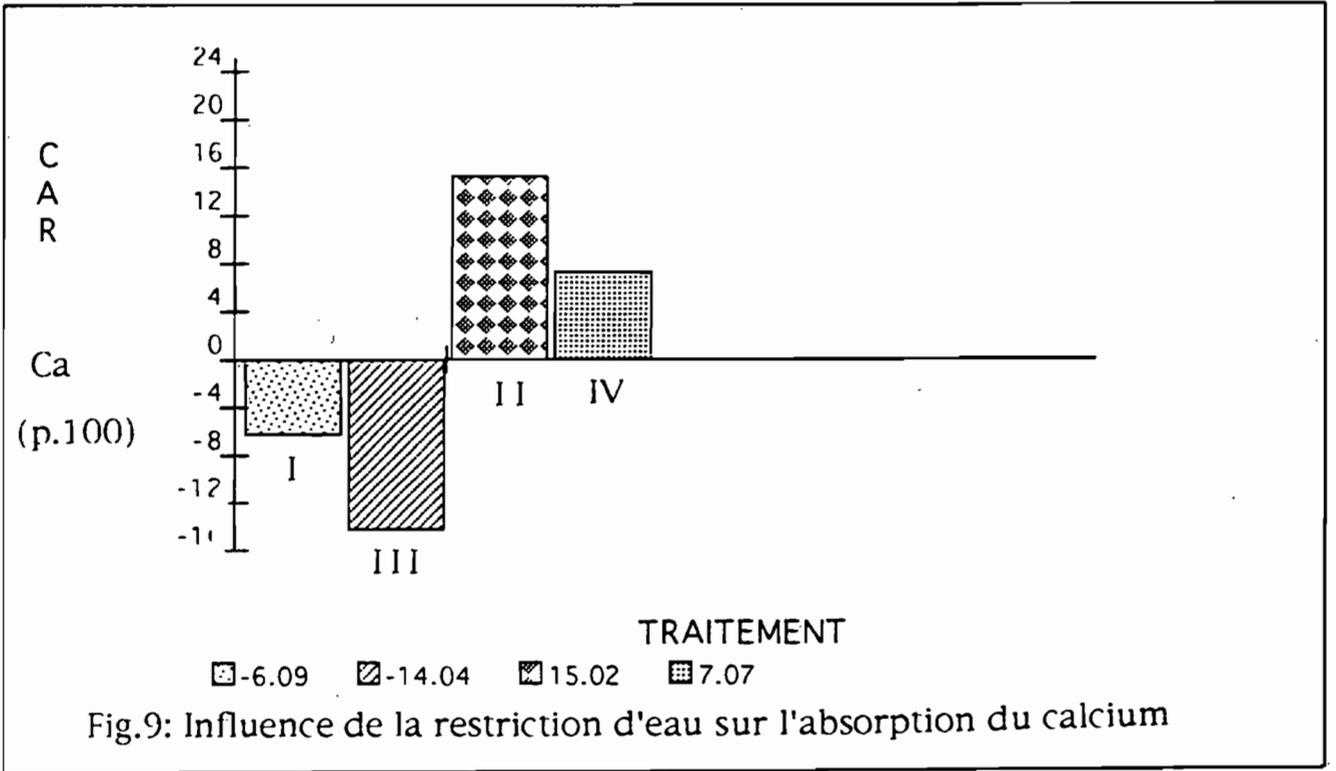
#### **2.3.1.2. - Phosphore**

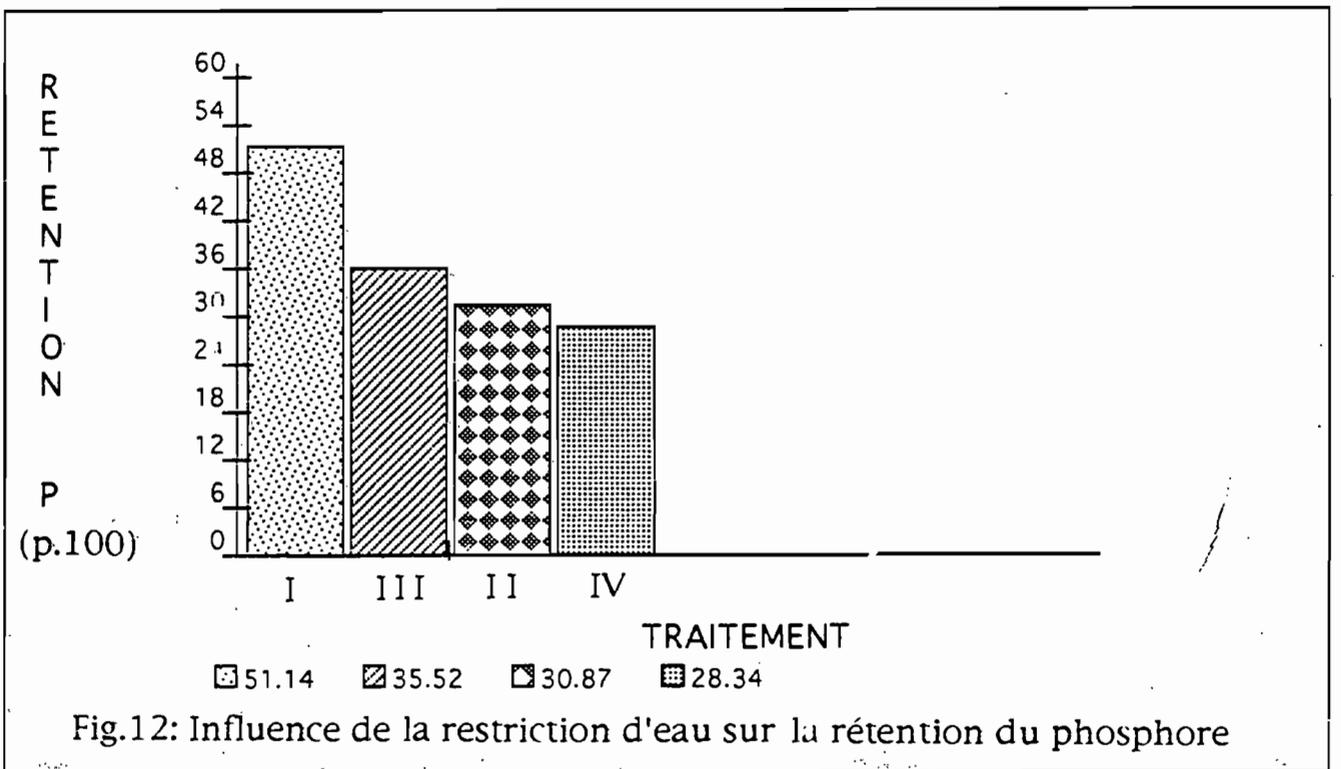
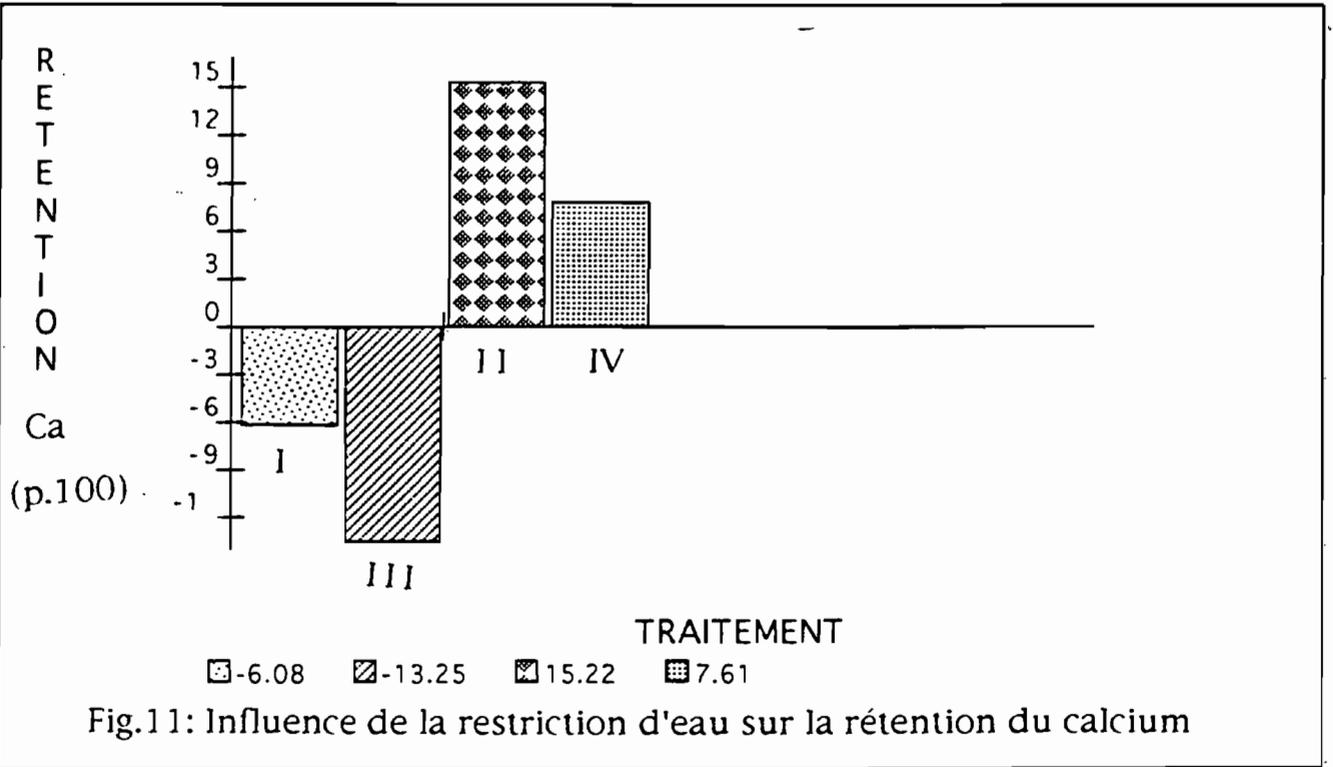
Les meilleurs bilans sont obtenus avec deux abreuvements par jour tant avec les fanes seules qu'avec celles complémentées de céréales (fig.23).

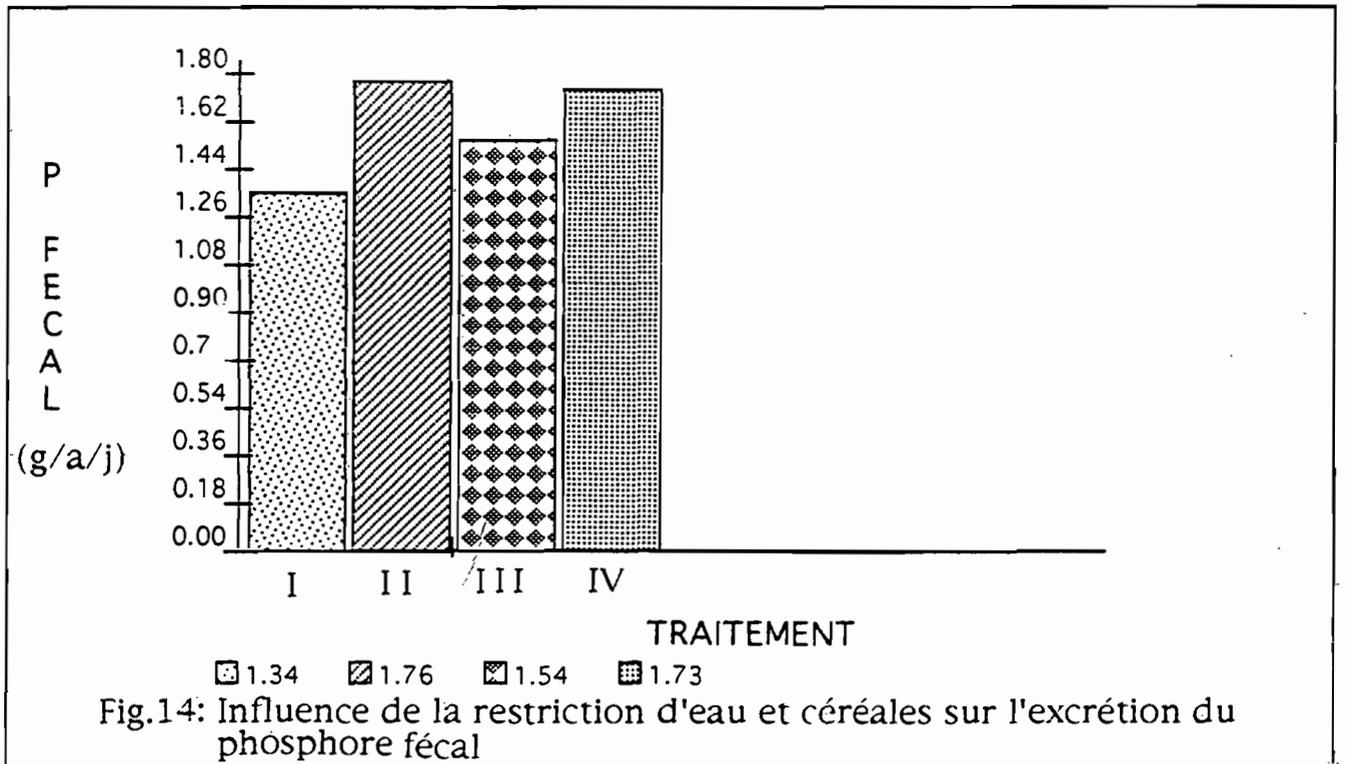
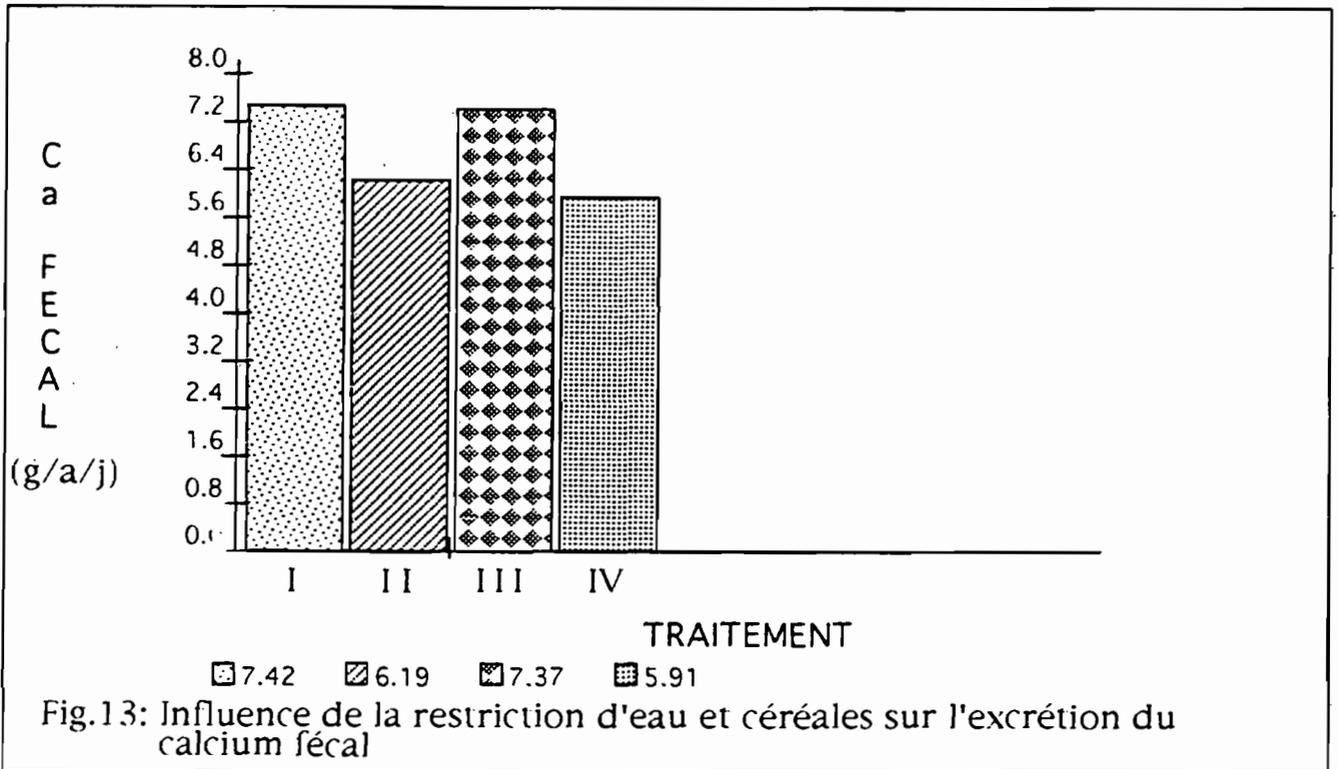
Le bilan du phosphore est positif avec tous les types de traitement.

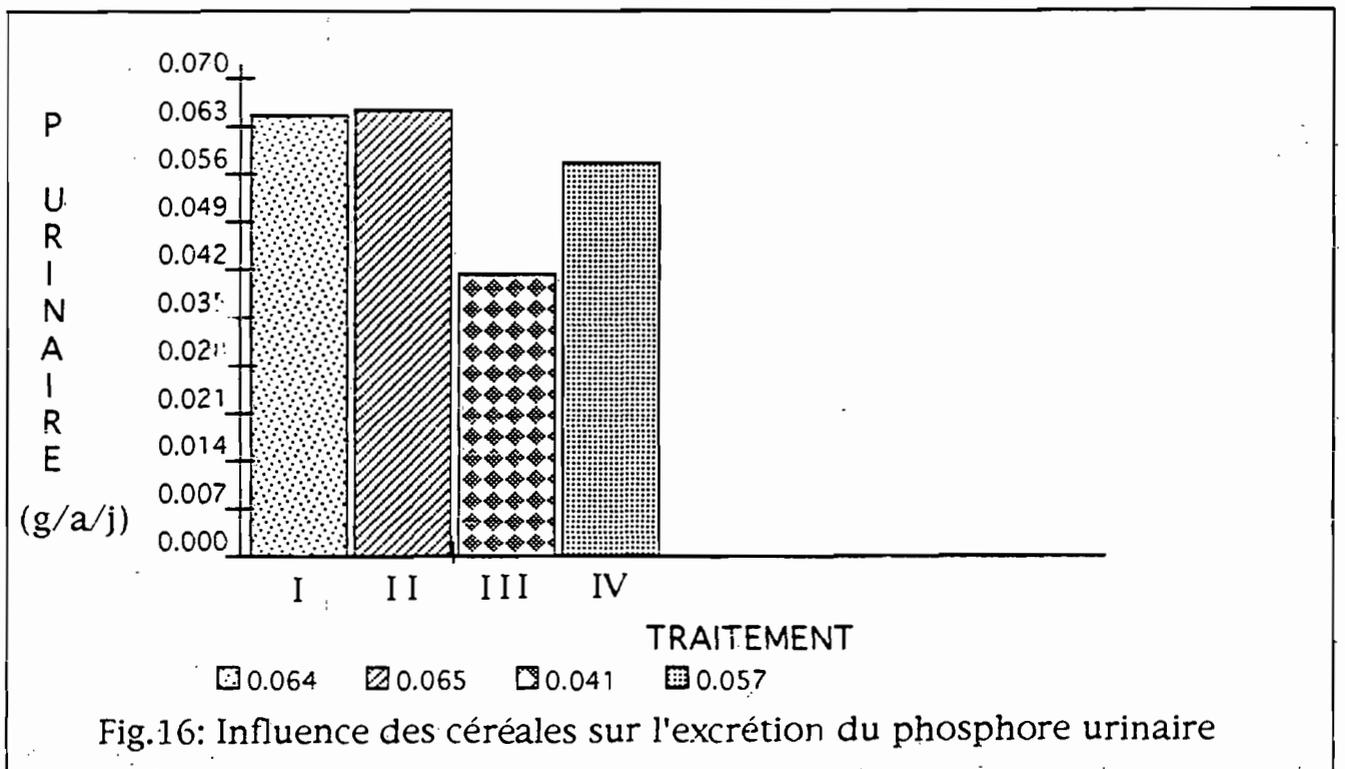
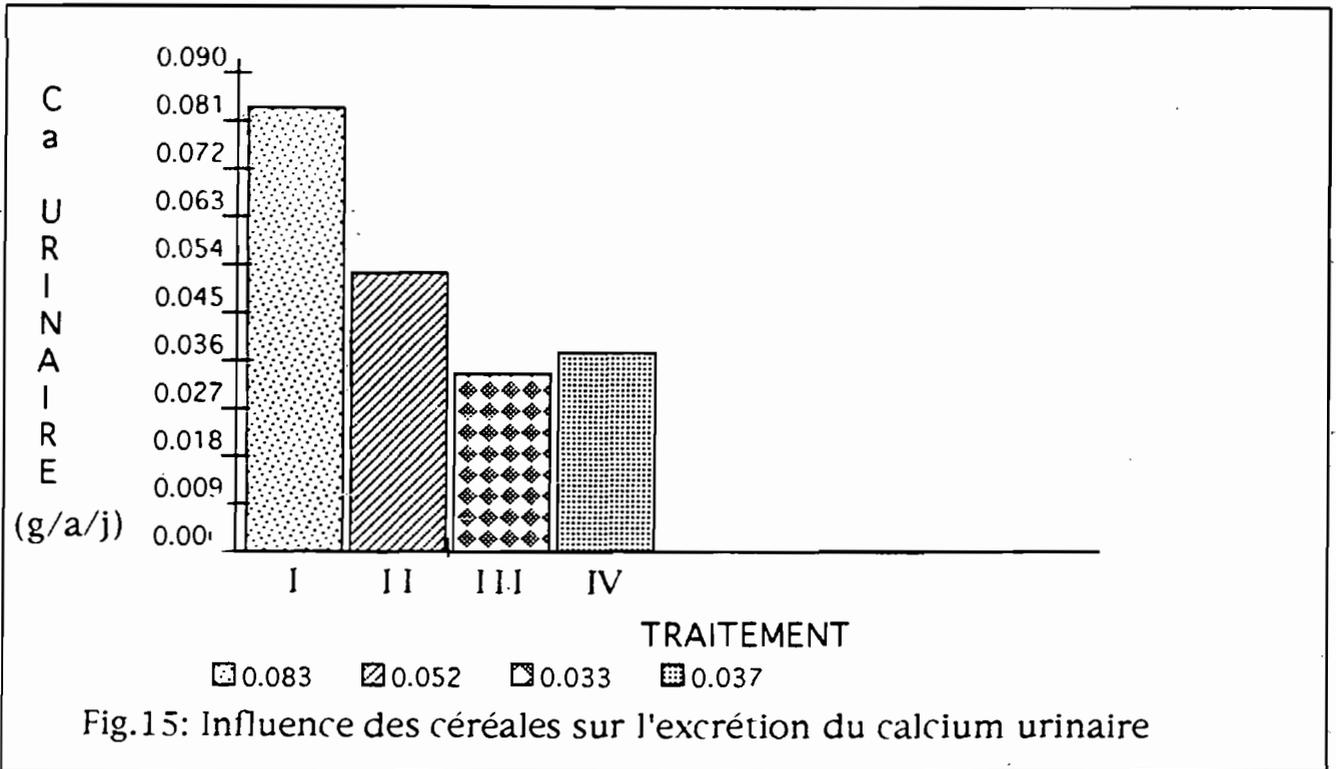


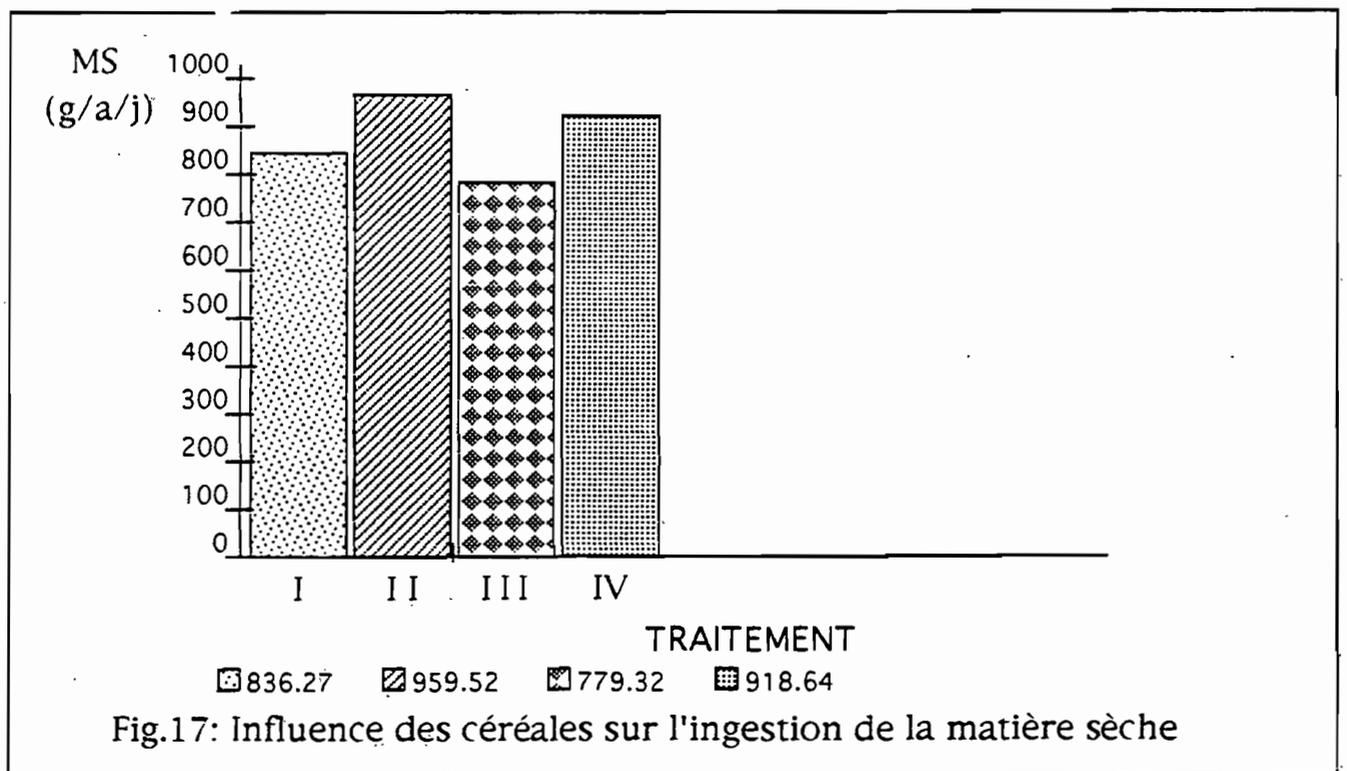


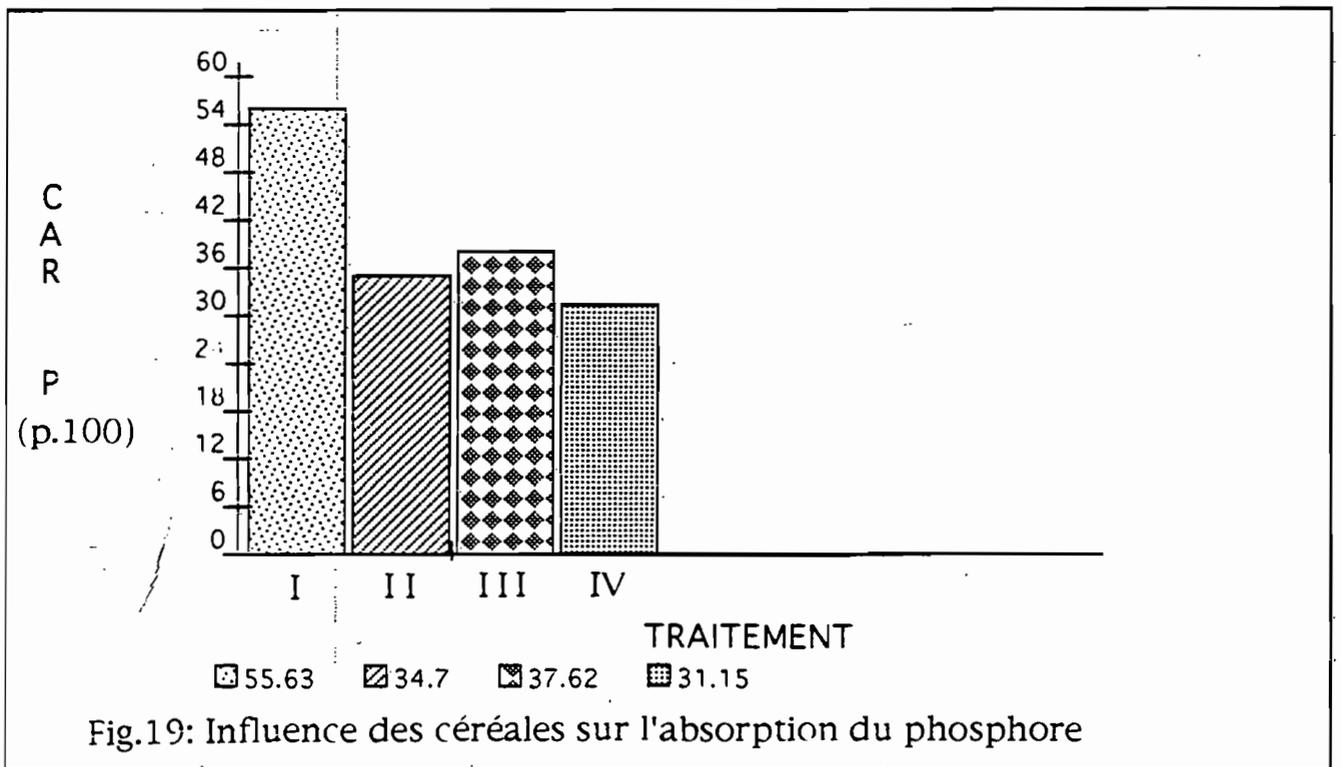
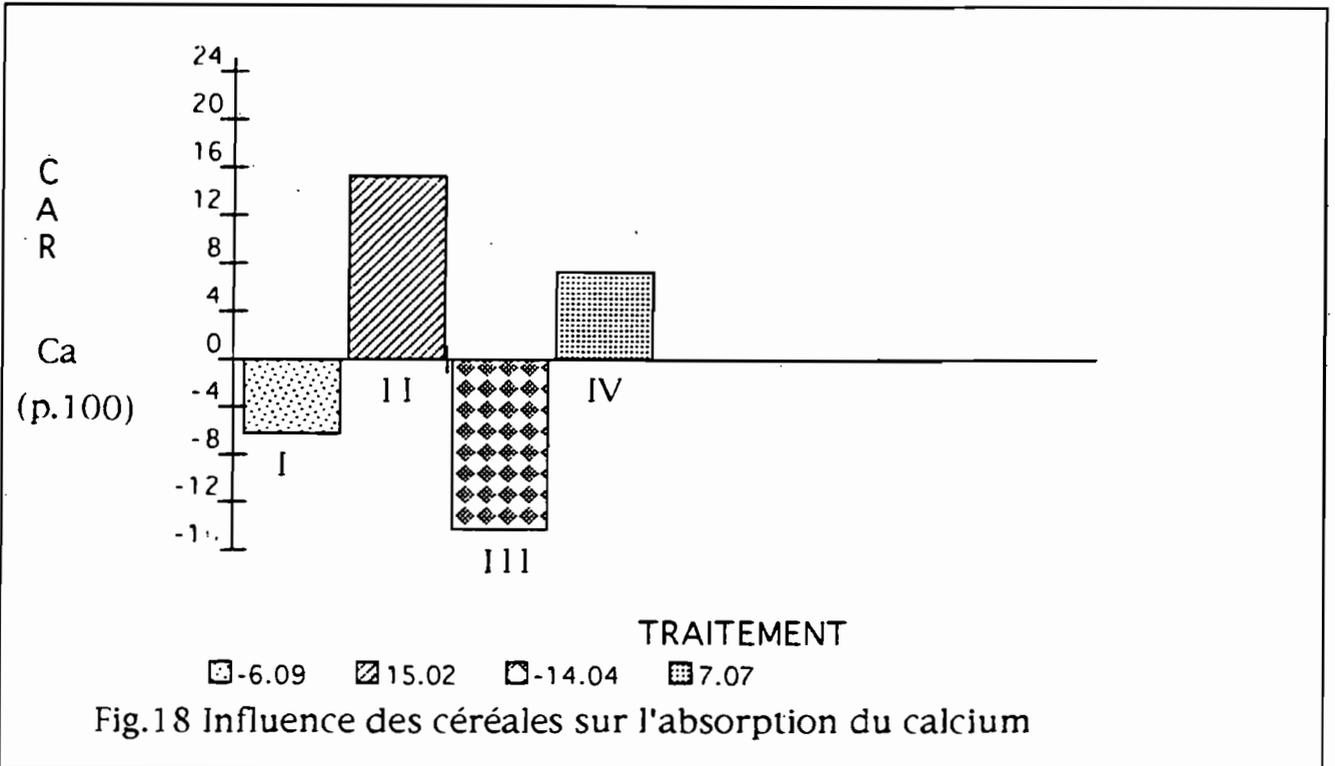


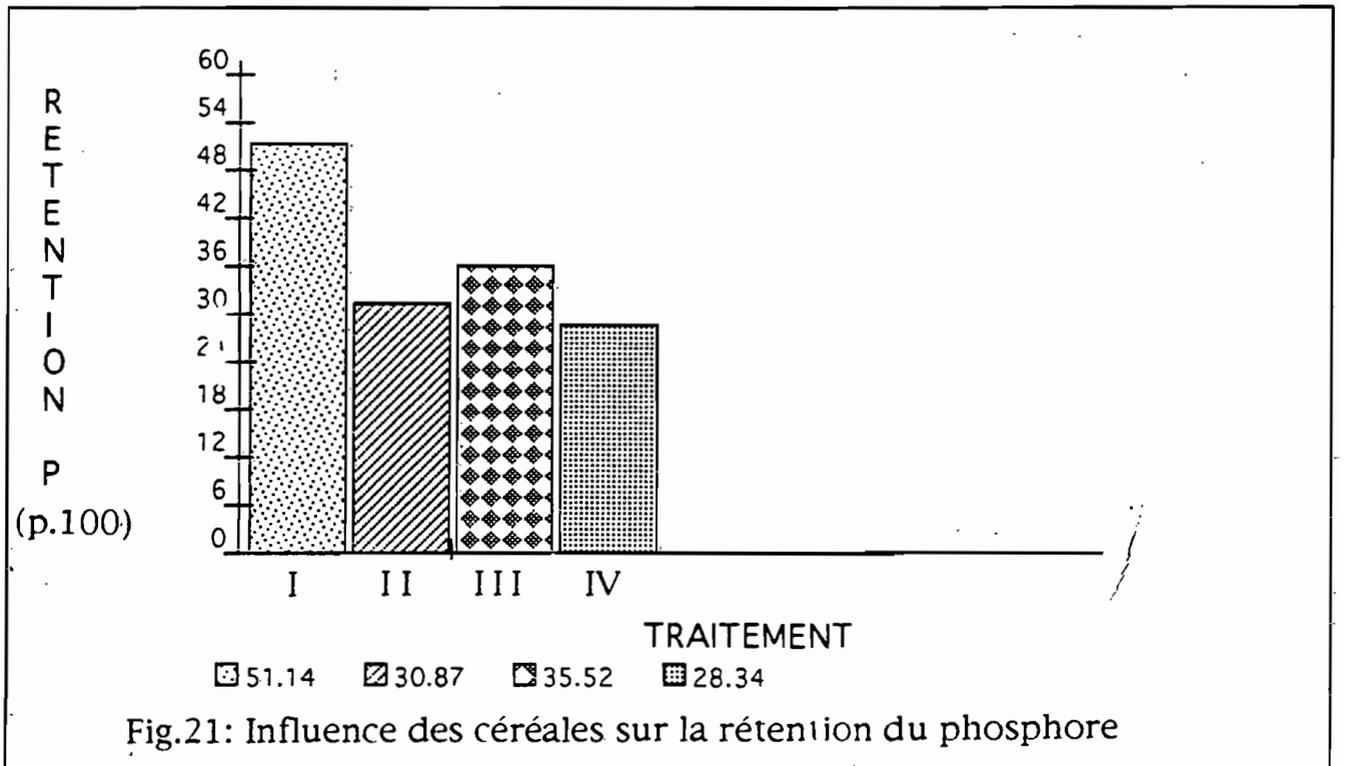
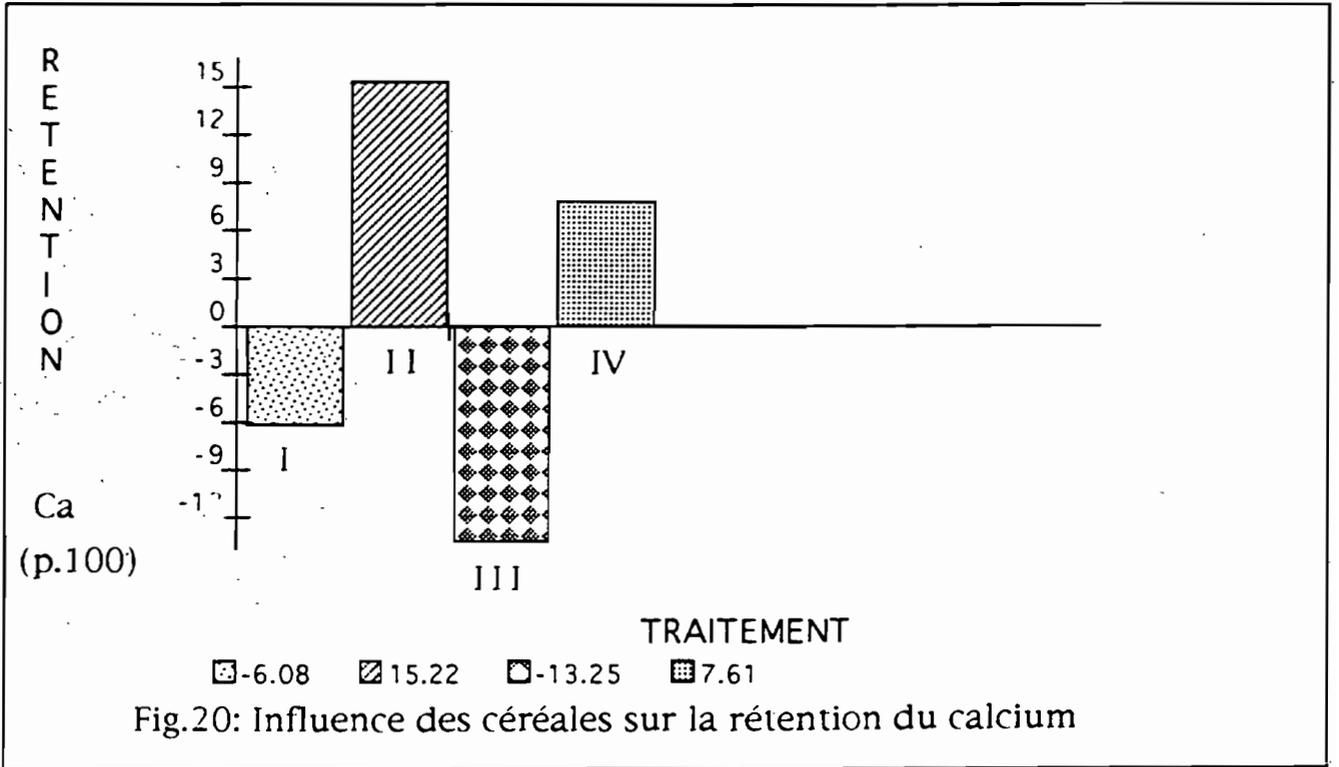


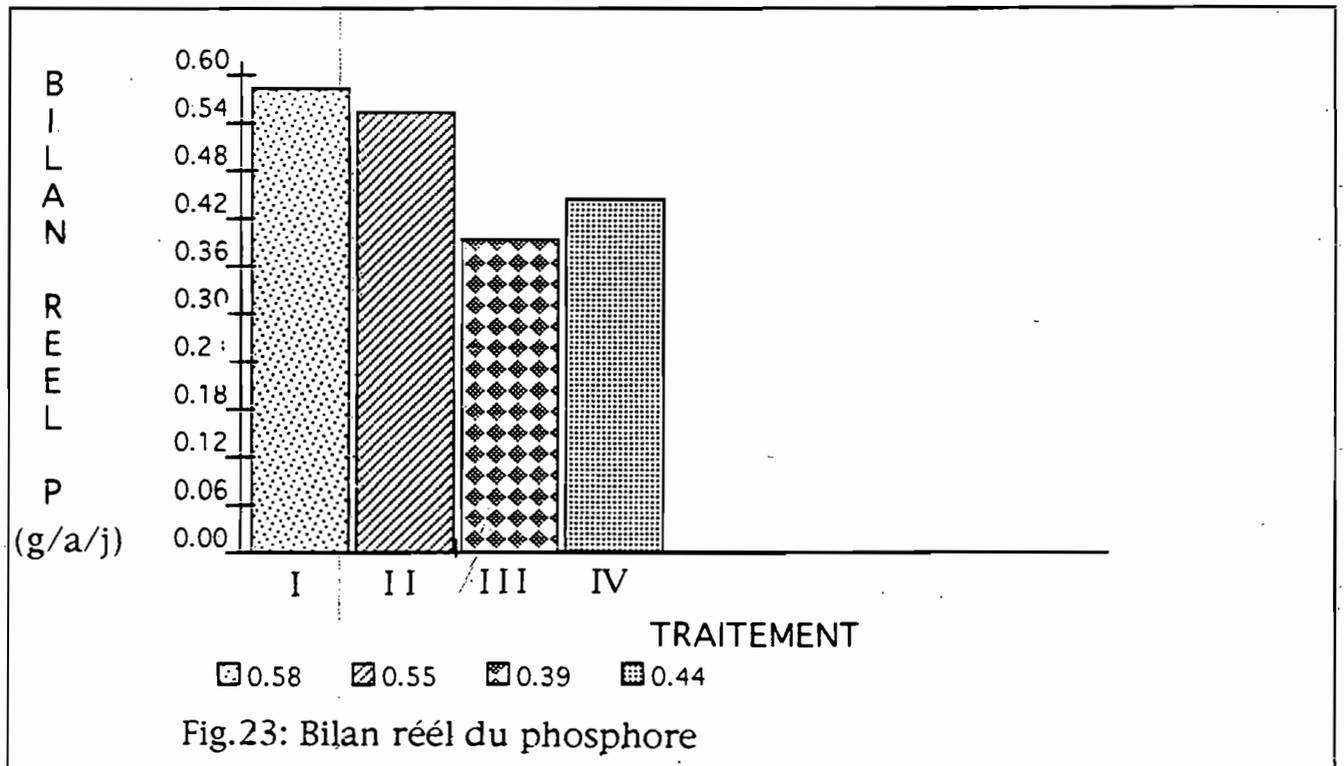
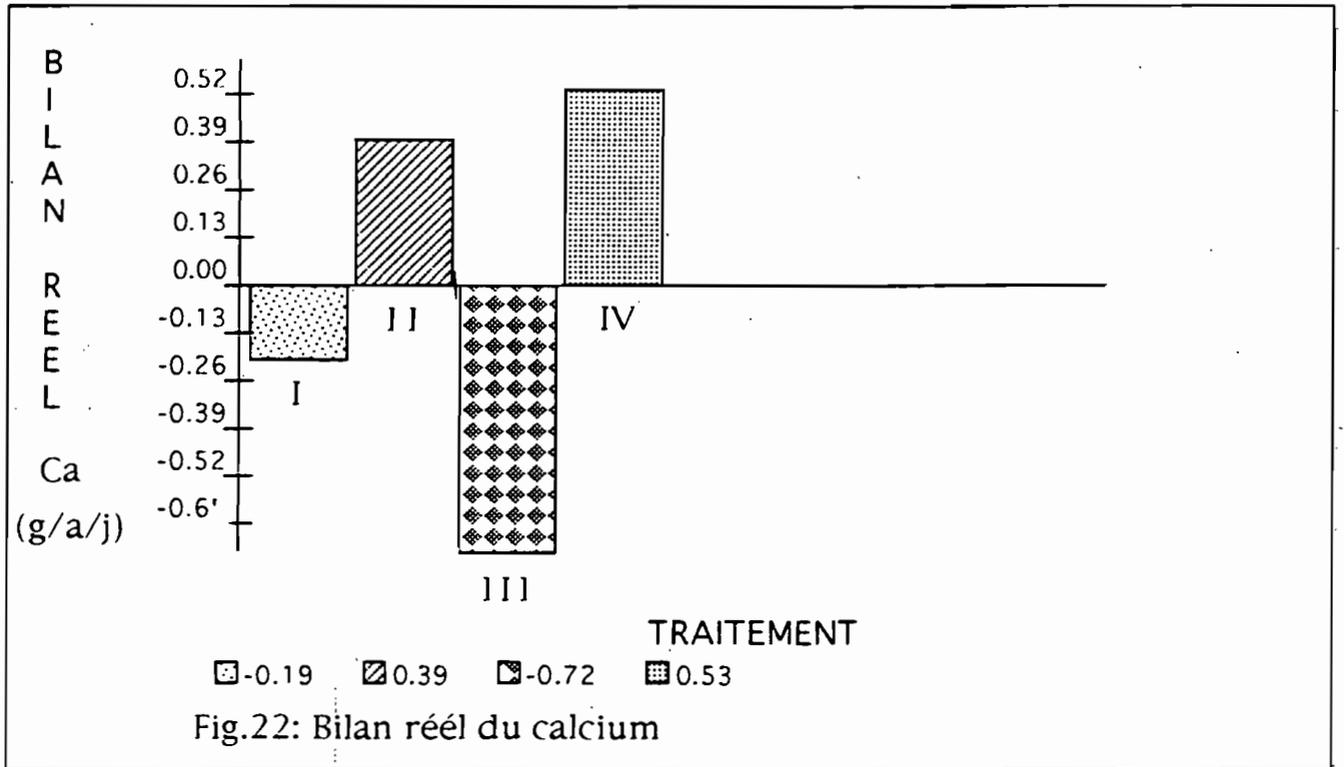












## **CHAPITRE 3 : DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS**

### **3.1. Discussions**

#### **3.1.1. Critique de la méthode**

##### **3.1.1.1. Les animaux**

Les animaux ont été déparasités à l'IVOMEC (N.D.) Ceci est suffisant dans une certaine mesure néanmoins, une catégorie d'oeufs comme les ookystes de coccidies sont insensibles à ce produit et détruisent les muqueuses intestinales.

##### **3.1.1.2 . Les aliments**

Les fanes achetées sur le marché ne sont pas homogènes certaines sont grossières et occasionnent de refus de la part des animaux. Ces refus sont tout de même minimales.

##### **3.1.1.3. Les collectes des fèces**

Elles ont été réalisées dans de bonnes conditions. Malheureusement à la fin de l'expérience, au moment de la collecte de fèces pour la détermination des calcium et phosphore endogènes fécaux, le mouton n°127 a eu une diarrhée. Les recherches parasitologiques ont révélé la présence massive d'ookystes de coccidies. Les données relatives à ce mouton ont été écartées des calculs des différents paramètres.

Nous avons également noté que les poils se mélangent aux fèces ; pour minimiser leur présence, nous les avons triés à la main.

### **3.1.2. Comparaison des résultats avec les données bibliographiques**

#### **3.1.2.1. Influence de la restriction d'eau sur :**

##### **a - L'ingestion alimentaire**

**LEGEL** et **Coll.** (1987) ont montré que la réduction d'une consommation volontaire d'eau de 54 et 27 p.100 chez le mouton réduit l'ingestion de la matière sèche de 84 et 45 p.100 respectivement.

Dans notre expérience, la réduction de la consommation d'eau de 23,8 p.100 et 18,7 p.100 réduit l'ingestion de la matière sèche de 6,8 et 4,3 p.100 respectivement chez le mouton peulh.

Nous constatons donc que le mouton peulh, malgré la distribution d'eau à 48 heures d'intervalle maintient dans une certaine mesure son niveau d'ingestion de la matière sèche. Ces données confortent les résultats obtenus par **MOUSA** et **Coll.** (1992) où la réduction d'ingestion alimentaire était de 27,7 p.100 après 5 jours de privation d'eau chez le mouton du désert au Soudan.

##### **b - L'excrétion du calcium et du phosphore**

**SUTTLE** et **FIELD** cités par **CHURCH** (1984) ont montré qu'une augmentation de l'ingestion d'eau tend à élever l'excrétion du phosphore. Les résultats de notre expérience montrent que la restriction d'eau entraîne une réduction de l'excrétion calcique de 60,9 et 14,1 p.100 lorsque les fanes d'arachide ont été distribuées seules ou complétées en céréales. Les baisses de l'excrétion du phosphore étaient respectivement 21 et 14,1 p.100. Il nous a été donné de constater que la réduction est plus forte avec le calcium qu'avec le phosphore. Nos données complètent les observations de **SUTTLE** et **FIELD** cités ci-dessus.

### **c - L'absorption du calcium et du phosphore**

Comme dans l'absorption, la restriction d'eau entraîne la diminution de la rétention du calcium de façon sensible et celle du phosphore de façon modérée. Le meilleur taux de rétention sous l'effet de la restriction d'eau se situe à 7,61 p.100 pour le calcium et 35,52 p.100 pour le phosphore.

Par ailleurs, la restriction d'eau a eu peu d'influence sur la rétention du phosphore chez nos moutons alors qu'elle a exercé d'effet négatif sur celle du calcium.

La rétention du phosphore est par contre favorisée par deux abreuvements journaliers avec fanes comme type de ration retenu avec 51,14 p.100.

#### **3.1.2.2. - Influence des céréales sur :**

##### **a. L'excrétion du calcium et du phosphore**

Les céréales entraînent une diminution de l'excrétion fécale du calcium de l'ordre de 16,58 p.100 et 19,81 p.100 respectivement avec deux abreuvements par jour et un abreuvement tous les 2 jours ; elles favorisent entre autre l'excrétion fécale du phosphore qui augmente de l'ordre de 31,34 p.100 avec l'abreuvement 2 fois par jour.

Les céréales contribuent également à l'accroissement de l'excrétion du phosphore et ce, indépendamment du type d'abreuvement.

Les résultats de notre étude confirment ceux déjà obtenus par **TOPPS** et **Coll.** cités par **FUNABA**. Ces derniers ont observé que les rations riches en glucides fermentescibles telles que le maïs et l'orge induisent l'augmentation de l'excrétion urinaire du phosphore. Par ailleurs, nos résultats montrent que l'augmentation de l'excrétion fécale du phosphore (31,34 p.100) est plus

importante avec les céréales par rapport à celle de l'excrétion urinaire (1,6 p.100).

### **b - L'absorption et la rétention du calcium et du phosphore**

Nos valeurs montrent que l'apport des céréales en complément des fanes d'arachide favorise la rétention du calcium, le taux maximal de rétention étant de 15,22 p.100 ; par contre cet apport réduit le niveau de rétention du phosphore par rapport aux fanes.

Le meilleur taux de rétention du phosphore est obtenu avec les fanes d'arachide et est de 51,14 p.100.

L'influence positive des céréales sur l'absorption du calcium corrobore les résultats des travaux de **BROCHART** et **PAQUAY** et **Coll.** cités par **CHURCH**. Ces derniers soulignent que les graines faciliteraient l'absorption du calcium.

### **3.2. - Recommandations**

Partant des résultats du présent travail, nous préconisons les recommandations suivantes :

- Pour une bonne utilisation du phosphore, la distribution des fanes d'arachide avec deux abreuvements par jour favoriserait l'absorption et la rétention de ce minéral et par contre limiterait celle du calcium.

La distribution des fanes complémentées en céréales et de l'eau présentée 2 fois par jour au mouton favoriserait l'absorption et la rétention du calcium.

Ainsi, les fanes d'arachides, bien conservées et du fait de leur coût relativement faible peuvent être utilisées comme aliment de base chez les ovins car limiteraient les problèmes de carence en phosphore chez le mouton peulh, surtout en saison sèche. Dans ce cas il faut que l'alimentation en eau d'abreuvement soit assurée au moins deux fois par jour.

# CONCLUSION GENERALE

Longtemps considéré comme accessoire à l'élevage des grands ruminants, l'élevage des ovins représente de nos jours, une véritable alternative au déficit en protéines animales dans les pays du Sahel.

Cette espèce a un cycle de reproduction relativement court (2 mises-bas sont possibles) et son exploitation est facile, peu coûteuse et moins contraignante que celles des bovins ou des chamelins.

La bonne gestion de cette exploitation passe d'abord par la maîtrise de l'alimentation qui représente généralement la plus grande partie des coûts d'exploitation.

Dans cette optique, à cause des déséquilibres minéraux fréquents dans nos zones tropicales, constituant ainsi un facteur limitant dans les productions animales, nous avons jugé opportun d'entreprendre l'étude de l'influence de la fréquence d'abreuvement et du type de ration sur la régulation du métabolisme de calcium et de phosphore chez le mouton peulh du Sahel, en vue de déterminer le meilleur type de traitement en fonction de nos réalités de terrain.

Le présent travail réalisé sur quatre (4) moutons peulh du Sahel avec 4 traitements en carré latin (4 moutons x 4 traitements) nous a conduit aux résultats suivants :

**1/** Le mouton peulh soumis à une fréquence d'abreuvement d'une fois de l'eau tous les deux jours maintient son niveau d'ingestion de la matière sèche et donc celui du calcium et du phosphore alimentaires.

**2/** Les meilleurs taux d'absorption et de rétention du phosphore 55,63 et 51,14 p.100 respectivement sont obtenus avec les fanes d'arachide chez les animaux soumis à une fréquence d'abreuvement de deux fois de l'eau par jour.

**3/** La restriction d'eau réduit de façon négligeable 10,2 et 8,2 p.100 respectivement le taux d'absorption et de rétention du phosphore chez les animaux alimentés aux fanes d'arachide complémenées en céréales ; par contre elle réduit de façon considérable l'absorption et la rétention du calcium. Toutefois ces réductions ne sont pas statistiquement significatives ( $P > 0,05$ ).

**4/** Les fanes d'arachides complémenées en céréales favorisent l'absorption et la rétention du calcium chez les animaux bénéficiant de deux abreuvements par jour; cependant les niveaux d'absorption et de rétention sont faibles par rapport à ceux du phosphore dans les mêmes conditions de traitement.

**5/** Les céréales favorisent l'excrétion fécale du phosphore qui augmente de l'ordre de 31,34 p.100 avec deux abreuvements par jour.

Au vu de ces résultats les recommandations suivantes peuvent être formulées pour obtenir une meilleure utilisation du calcium et du phosphore chez le mouton peulh du Sahel.

- Distribution de fanes d'arachides en fonction des besoins (entretien + productions) et présentation de l'eau deux fois par jour à l'animal.

- Distribution de fanes d'arachide complémenées en céréales (250 g/j) en fonction des besoins de l'animal. L'eau dans ce cas peut être présentée deux fois par jour ou une fois tous les deux jours.

Il serait important en vue d'infirmier ou de confirmer nos résultats, d'entreprendre des études sur le métabolisme du calcium et du phosphore chez la brebis en fonction de l'état physiologique sous l'effet des différents paramètres étudiés.

**REFERENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES**

- 1 - AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL, 1965**  
The Nutrient Requirements of Farm Livestock, n°2.  
Ruminants. Agr. Research Council. - Londres : A.R.C. - n.p.
- 2 - ASSANE, M. ; SERE, A. ; DJIMRAO, S. ; SOW, R., BA, A.C.  
et GAYE, O., 1989.** Variations physiologiques de la calcémie  
et de la phosphorémie chez la brebis peul du  
Sahel en gestation. Sc. Vét.Méd., comp.,91, 263-271.
- 3- ASSOCIATION PROFESSIONNELLE DE FABRICANTS DE COM-  
PLEMENTS POUR L'ALIMENTATION ANIMALE, 1958**  
Minéraux et vitamine.- Paris : A.P.F.C.A.- 11 p.
- 4 - BARLET, J.P., THERIEZ, M. et MOLENAT, G., 1973,**  
L'Urolithiase ovine : effets d'un phosphonate de  
sodium et du chlorure d'ammonium  
Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys., 13, 627-641.
- 5 - BOXEBELD, A, 1983**  
Etude expérimentale de l'influence des apports  
de phosphore et de calcium sur le métabolisme  
phosphocalcique et la protéosynthèse microbien-  
ne du rumen.  
Thèse : Méd.Vét. : Alfort : 149.
- 6 - BRAITHWAITE, G.D., 1975**  
Studies on the absorption and retention of cal-  
cium and phosphorus  
Br. J. Nutr., 34, 311-342.
- 7 - CHURCH, D.C., 1984**  
Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants,  
Vol.2 - Nutrition.- 2e éd., Corvallis : O & B BOOK.- 452 p.

**8 - CRAPLET, C. ; THIBIER, M., 1984.**

Le Mouton : productions-reproduction-génétique-  
alimentation - maladies.- 4e éd.- Paris : Vigot.- 575 p.

**9 - CONRAD, J.H. ; Mc. DOWELL, L.R. ; ELLIS, G.L. et  
LOOSLI, J.K., 1985**

Minéraux pour les ruminants de Pâturage des  
des Régions Tropicales -. Gainesville : Université de  
Floride.- 96 p.

**10 - COULIBALY, A., 1992**

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 ; 6.

**11 - CRETON, B.B., 1976**

Contribution à l'étude du métabolisme phospho-  
calcique du chien.  
Thèse : Méd. Vét. : Alfort ; 75.

**12 - DJIMRAO, S., 1989**

Le Métabolisme phosphocalcique : évolution de  
la calcémie et de la phosphorémie chez la brebis  
peulh en gestation.  
Thèse : Méd.Vét. : Dakar, 54.

**13 - EBI, A., 1987.**

Statistische Methoden in der Tierproduktion.  
.-Munich : Verlagsunion Agrar.- 316 p.

**14 - FUNABA, M. ; NABETA, H. YANO, H., KAWASHIMA, R.,  
1980.**

Effects of High Energy and/or High Protein Diets  
on calcium and phosphorus metabolism in sheep.  
Jpn. J. ZOOtech. Sci., 61 (2) : 162-168.

**15 - GUEGUEN, L. et BARLET, J.P., 1978**

Besoins nutritionnels en minéraux et vitamines de brebis et de la chèvre (19-37). In "L'alimentation de la brebis et de la chèvre".

4e journées de la Recherche Ovine et caprine.-Paris : I.N.R.A. ; ITOVIC-SPECC.

**16 - HIOCO, D., 1975**

Aspects récents du métabolisme phosphocalcique Anim.comp. (1), 1-17.

**17 - INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE, 1978**

Alimentation des Ruminants.-Versailles : I.N.R.A., 622 p.

**18 - INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE, 1988.**

Alimentation des bovins, ovins, caprins, Paris : INRA, 476 p.

**19 - INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE, 1989**

Alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles, 2e éd., Paris : I.N.R.A., 282 p.

**20 - ITOVIC, 1978**

L'élevage ovin, Paris : ITOVIC, 255 p.

**21 - KAKUK, T., 1989**

The calcium and phosphorus requirement of cattle and sheep. Recommendation of the Hungarian Academy of Sciences and of the Ministry of Agriculture and Food. Magyar Allatorvosok Lapja, 44 (8), 509-511.

**22 - KESSLER, J., 1981.**

Eléments minéraux majeurs chez la chèvre. Données de base et apports recommandés (197-209) in Nutrition et systèmes d'alimentation de la chèvre. Vol.1., Paris : I.N.R.A. ; ITOVIC.

**23 - KOLB, E., 1975**

Physiologie des animaux domestiques. Paris : Vigot frères, 974 p.

**24 - LEGEL, S. ; HOFFMANN., M., GONGNET, G.P., 1987**

Studies of the effect of reduced supply of drinking water on feed intake, apparent digestibility of nutrients and rumen fermentation in sheep. Archives of Animal Nutrition, 37 (1), 69-78.

**25 - LICHTWITZ, A. ; PARLIER, R., 1965**

Calcium et maladies métaboliques de l'os.  
T.1. : Os et métabolisme du calcium à l'état normal  
Paris : Expansion française, 324 p.

**26 - LICHTWITZ, A ; PARLIER, R., 1965**

Calcium et maladies métaboliques de l'os :  
T.2 : Os et métabolisme du calcium à l'état pathologique.  
Paris : Expression française, 592 p.

**27 - LICHTWITZ, A ; PARLIER, R., 1965**

Calcium et maladies métaboliques de l'Os :  
T.3 : Intestin, rein et métabolisme du calcium  
Paris : Expansion française, 457 p.

**28 - LYNCH, J.J. ; BROWN, G.D. ; MAY, P.F. et DONNELLY, J.B.,**

1972, The effect of with holding drinking waer on wool growth and lamb production of grazing merino sheep in a temperate climate.  
Aust. J. Agric. Res., 23, 659-668.

**29 - MALMEJAC, A., 1973**

Métabolisme phosphocalcique.

Paris : éd; Médicales et universitaires, 91 p.

**30 - MISSOHOU, A.O., 1989**

Les landes parathyroïdes du zébu (*Bos indicus*)

Thèse : Méd-Vét. : Dakar ; 35.

**31 - MOUSA, H.M., ELKALIFA, M.Y., 1992**

Effects of water deprivation on dry matter intake, dry matter digestibility and nitrogen retention in Sudan desert lambs and kids. *Small Ruminants Research*, 6 (4), 311- 316.

**32 - MUNSON, P.L., 1976**

Physiology and pharmacology of thyrocalcitonin (443-444) in *Handbook of physiology*. Vol. III

Washington : A.P.S.

**33 - NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1975**

Nutrient requirements of domestic animals, n°5 Nutrient Requirements of sheep. National Academy of Sciences  
Washington : N.R.C.

**34 - PARIGI BINI, R., 1986**

Les Bases de l'alimentation du bétail.

Padoue : Nella Litografia Felici Spartaco, 1971.

**35 - POINTILLART, A. ; 1971**

Les Interactions du calcium du phosphore et du magnésium : conséquences nutritionnelles et endocriniennes.

Thèse : Méd.Vét. Alfort, 78.

**36 - PROVOST, A., 1980**

Les petits ruminants d'Afrique Centrale et d'Afrique de l'Ouest. Synthèse des connaissances actuelles. Maisons Alfort : I.E.M.V.T., 295 p.

**37 - REGNIER, A.M., 1976**

Métabolisme phosphocalcique et remaniements osseux chez le chien : aspects physiologiques

**38 - RUCKEBUSCH, Y. ; THIVEND, P., 1980**

Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants. Proceedings of the 5 th International Symposium on Ruminant Physiology, held at Clermond-Ferrand, on 3rd, 7 th septembre, 1979. Lancaster : MTP, Press limited, 854 p.

**39 - SCHOEN, A., 1968.**

Studies on the water balance of the East African goat. East Afr.Agric. For J., 34 : 256-262.

**40 - TAYLOR, C.R., 1968.**

The minimum water requirement of some East African bovids. Symp. Zool. Soc. Lond. 21 : 195-206.

**41 - UMUNNA, N.N. ; CHINEME, C.N. ; SAROR, D.I. ; AHMED, A et ABED, S., 1981.**

Réponse of Yankasa sheep to various lengths of water deprivation  
J. Agric.Sci. (Camb), 96 : 619-622

# **ANNEXES**

Tableau V : quantité de matière sèche ingérée par jour et par traitement (g)

	599	521	187	127	Moyenne
I	749,731	820,488	874,07	900,78	836,27+57,7
II	974,512	727,709	1086,323	1049,528	959,27+139,8
III	780,635	771,151	760,072	805,418	779,32+16,7
IV	863,62	984,559	1031,444	794,926	918,64+94,1

Tableau VI: quantité d'eau bue par jour et par traitement(g)

	599	521	187	127	Moyenne
I	1828	2343	3068	3068	2381+444
II	1829	2311	2336	2450	2232+238
III	1507	1507	1830	2415	1815+370
IV	1275	1822	1872	2286	1814+360

Tableau VII: calcium alimentaire

	599	521	187	127	Moyenne
I	5,4730	6,8101	7,2548	6,5757	6,53+0,66
II	6,5866	4,0084	6,6263	7,2093	6,096+1,23
III	6,4793	5,6294	5,5485	6,6850	6,085+0,50
IV	5,006	6,67	7,013	4,4991	5,796+1,07

Tableau VIII: phosphore alimentaire

	599	521	187	127	Moyenne
I	1,1246	1,0666	1,1363	1,3512	1,17+0,11
II	1,607	1,2517	1,7896	1,5673	1,55+0,19
III	1,048	1,1567	1,1401	1,047	1,09+0,06
IV	1,4556	1,6201	1,5438	1,3525	1,49+0,10

Tableau IX: calcium fécal (g)

	599	521	187	127	Moyenne
I	8,4777	8,7610	6,1426	6,3191	7,42 <sub>-</sub> +1,2
II	4,7997	5,2261	7,3374	7,3966	6,19 <sub>-</sub> +1,19
III	7,0417	7,6589	8,5279	6,2661	7,37 <sub>-</sub> +0,83
IV	5,8437	7,689	6,9491	3,1677	5,91 <sub>-</sub> +1,72

Tableau X: phosphore fécal (g)

	599	521	187	127	Moyenne
I	0,8785	1,3727	1,4607	1,6359	1,34 <sub>-</sub> +0,28
II	1,3912	1,742	1,9712	1,9394	1,76 <sub>-</sub> +0,23
III	1,3279	1,7545	1,2529	1,8332	1,54 <sub>-</sub> +0,25
IV	2,0793	1,6445	1,7037	1,4907	1,73 <sub>-</sub> +0,22

Tableau XI: calcium urinaire(g)

	599	521	187	127	Moyenne
I	0,0155	0,1677	0,0228	0,1251	0,083+0,065
II	0,0079	0,1299	0,0276	0,0406	0,052+0,047
III	0,0157	0,0472	0,0121	0,0586	0,033+0,02
IV	0,0212	0,0678	0,0128	0,0463	0,037+0,021

Tableau XII: phosphore urinaire (g)

	599	521	187	127	Moyenne
I	0,0116	0,0944	0,0628	0,0860	0,064+0,03
II	0,0190	0,1217	0,0364	0,0812	0,065+0,04
III	0,0169	0,0449	0,0304	0,0732	0,041+0,02
IV	0,0245	0,0889	0,0409	0,0753	0,057+0,03

Tableau XIII: Bilan réel du calcium (g)

	599	521	187	127	Moyenne
I	-2,0949	-1,0151	2,5366	-	-0,19+1,98
II	2,7043	-2,2441	0,7085	-	0,39+2,03
III	0,3472	-0,9732	-1,5443	-	-0,72+0,79
IV	0,061	0,0167	1,4983	-	0,53+0,69

Tableau XIV: Bilan réel du phosphore (g)

	599	521	187	127	Moyenne
I	0,8850	-0,0061	0,8556	-	0,58+0,41 3
II	0,8473	-0,2176	1,0248	-	0,55+0,55
III	0,3205	-0,2483	1,0996	-	0,39+0,55
IV	0,0023	0,2812	1,0420	-	0,44+0,44

Tableau XV: CAR réel du calcium (p.100)

	599	521	187	127	Moyenne
I	-38,54	-14,25	34,53	-	-6,09+30,38
II	40,69	-5,92	10,29	-	15,02+19,32
III	5,11	-18,63	-28,59	-	-14,04+14,14
IV	1	-0,58	20,78	-	7,07+9,72

Tableau XVI: CAR réel du phosphore (p.100)

	599	521	187	127	Moyenne
I	79,33	7,37	80,19	-	55,63+34,13
II	53,63	-8,43	58,9	-	34,7+30,57
III	32,81	-18,42	98,48	-	37,62+47,85
IV	1,54	22,24	69,68	-	31,15+28,52

Tableau XVII: Rétention du calcium (p.100)

	599	521	187	127	Moyenne
I	-38,28	-14,91	34,96	-	6,08+30,55
II	41,06	-6,09	10,69	-	15,22+19,51
III	5,36	-17,29	-27,83	-	-13,25+13,85
IV	1,22	0,25	21,36	-	7,61+9,73

Tableau XVIII: Rétention du phosphore (p.100)

	599	521	187	127	Moyenne
I	78,69	-0,57	75,3	-	51,14+36,59
II	52,73	-17,38	57,26	-	30,87+34,17
III	31,58	-21,47	96,45	-	35,52+48,22
IV	0,16	17,36	67,50	-	28,34+28,57

## SERMENT DES VETERINAIRES DIPLOMES DE DAKAR



" Fidèlement attaché aux directives de **CLAUDE BOURGELAT**,  
Fondateur de l'enseignement Vétérinaire dans le monde, je promets et  
je jure devant mes maîtres et aînés :

- d'avoir en tous moments et en tous lieux le souci de la dignité et de l'honneur de la profession vétérinaire,
- d'observer en toutes circonstances les principes de correction et de droiture fixés par le code déontologique de mon pays,
- de prouver par ma conduite, ma conviction, que la fortune consiste moins dans le bien que l'on a, que dans celui que l'on peut faire,
- de ne point mettre à trop haut prix le savoir que je dois à la générosité de ma patrie et à la sollicitude de tous ceux qui m'ont permis de réaliser ma vocation."

**" QUE TOUTE CONFIANCE ME SOIT RETIREE S'IL  
ADVIENNE QUE JE ME PARJURE "**