

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR



ECOLE INTER-ETATS DES SCIENCES ET MEDECINE VÉTÉRINAIRES



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

ANNEE 1995



N° 12

ECOLE INTER-ETATS  
DES SCIENCES ET MÉDECINE  
VÉTÉRINAIRES DE DAKAR

BIBLIOTHEQUE

**CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DE  
L'INFLUENCE DES NIVEAUX D'APPORT  
EN CALCIUM ET EN PHOSPHORE SUR  
LE MÉTABOLISME PHOSPHO-CALCIQUE  
CHEZ LA CHÈVRE DU SAHEL EN  
GESTATION ET EN LACTATION**

**THESE**

Présentée et soutenue publiquement le 21 juin 1995  
Devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar  
Pour obtenir le Grade de DOCTEUR VÉTÉRINAIRE  
(DIPLOME D'ETAT)

Par

**Georges Alain NDJENG**

Né le 08 août 1966 à BAFOUSSAM (CAMEROUN)

**JURY**

- |                       |                                  |  |
|-----------------------|----------------------------------|--|
| Président du Jury :   | Monsieur Fallou CISSE            | Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar                   |
| Rapporteur de Thèse : | Monsieur Moussa ASSANE           | Maître de Conférences Agrégé à L'EISMV de Dakar                                |
| Memrbres :            | Monsieur Germain Jérôme SAWADOGO | Professeur à L'EISMV de Dakar  |
|                       | Madame Sylvie GASSAMA            | Maître de Conférences Agrégé à la Faculté de Médecine et de pharmacie de DAKAR |
| Directeur de Thèse :  | Monsieur Gbeukoh Pafou Gonget    | Maître-Assistant à l'EISMV de Dakar  |

**ECOLE INTER-ETAT DES SCIENCES ET MEDECINE VETERINAIRE DE  
DAKAR**

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

**ANNEE UNIVERSITAIRE 1994-1995**

**COMITE DE DIRECTION**

**1. DIRECTEUR**

Professeur François Adébayo ABIOLA

**2. DIRECTEUR ADMINISTRATIF**

Monsieur Jean Paul LAPORTE

**3. COORDONNATEUR**

• Professeur Malang SEYDI  
Coordonnateur des Etudes

• Professeur Justin Ayayi AKAKPO  
Coordonnateur des Stages et Formation Post - Universitaires

• Professeur Germain Jérôme SAWADOGO  
Coordonnateur Recherche-Développement

## **1 - PERSONNEL ENSEIGNANT**

### **A - DEPARTEMENT SCIENCES BIOLOGIQUES ET PRODUCTIONS ANIMALES**

#### **CHEF DU DEPARTEMENT**

Professeur agrégé ASSANE Moussa.

#### **1. Anatomie-Histologie-Embryologie**

Kondi AGBA  
Pidemnéwé PATO

Professeur Agrégé  
Moniteur

#### **2. Chirurgie-Reproduction**

Papa El Hassane DIOP  
Thomas BAZARUSANGA  
Mame Nahé DIOUF (Melle)

Professeur  
Moniteur  
Docteur Vétérinaire Vacataire

#### **3. Economie Rurale et Gestion**

Cheik LY  
Hélène FOUCHER (Mme)

Maître-Assistant  
Assistante

#### **4. Physiologie-Thérapeutique-Pharmacodynamie**

Alassane SERE  
Moussa ASSANE  
Adèle KAM (Melle)

Professeur  
Professeur Agrégé  
Moniteur

#### **5. Physique et Chimie Biologiques et Médicales**

Germain Jérôme SAWADOGO  
Jean Népomucène MANIRARORA

Professeur  
Moniteur

#### **6. Zootechnique-Alimentation**

Gbeukoh Pafou GONGNET  
Ayayo MISSOHOU  
Georges Alain NDJENG

Maître-Assistant  
Assistant  
Moniteur

**B - DEPARTEMENT SANTE PUBLIQUE ET ENVIRONNEMENT  
CHEF DE DEPARTMENT**

Louis Joseph PANGUI

**1. Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires  
d'Origine Animale (HIDAOA)**

Malang SEYDI	Professeur
MAMADOU DIAGNE	Moniteur
Penda SYLA (Melle)	Docteur Vétérinaire Vacataire

**2. Microbiologie-Immunologie-Pathologie Infectieuse**

Justin Ayayi AKAKPO	Professeeur
Jean OUDAR	Professeur
Rianatou ALAMBEDJI (Mme)	Asistante
Mamadou Lamine GASSAMA	Moniteur

**3. Parasitologie-Maladie Parasitaires-Zoologie Appliquée**

Louis Joseph PANGUI	Professeur
Komlan Dégnon DJIDOHOUN	Moniteur

**4. Hatologie Médicale-Anatomie Phatologique-Clinique  
Ambulante**

Yalacé Yamba KABORET	Maître-Assistant
Pierre DECONNINCK	Assistant
Félix Cyprien BIAOU	Moniteur
Mamadou Abibou DIAGNE	Moniteur
Fabien HABIARIMANA	Vacataire

**5. Pharmacie-Toxicologie**

François Adébayo ABIOLA	Professeur
Mireile Catherine KADJA(Melle)	Moniteur

## **II - PERSONEL VACATAIRE (prévu)**

### **. Biophysique**

René NDOYE

Professeur  
Faculté de Médecine et de Pharmacie -  
Université Cheikh Anta DIOP de  
Dakar

Sylvie GASSMAMA (Mme)

Maître de Conférences Agrégé  
Faculté de Médecine et de Pharmacie  
Université Cheikh Anta DIOP de  
Dakar

### **. Botanique**

Antoine NONGONIERMA

Professeur  
IFAN- Institut Cheikh Anta DIOP  
Université Cheikh Anta DIOP de  
Dakar

### **. Pathologie Médicale du Bétail**

Maguatte NDIAYE

Docteur Vétérinaire  
Chercheur Laboratoire de Recherches  
Vétérinaires de Hann - DAKAR

### **. Agro-Pédologie**

Alioune DIAGNE

Docteur Ingénieur  
Département "Sciences des Sols"  
Ecole Nationale Supérieure  
d'Agronomie (ENSA) THIES

### **. Sociologie**

Oussouby TOURE

Sociologue

**. HIDA OA**  
Abdoulaye DIOUF

Ingénieur des Industries Agricoles et  
Alimentaires  
Chef de la Division Agro-Alimentaire  
de l'Institut Sénégalais de  
Normalisation (ISN) DAKAR

**III - PERSONNEL EN MISSION (prévu)**

**. Parasitologie**

Ph DORCHIES

Professeur  
ENV-TOULOUSE

M. KILANI

Professeur  
NMV- SIDI THABET

**. Anatomie Pathologie Générale**

G. VAN HAVERBEKE

Professeur  
ENV- TOULOUSE

**. Anatomie**

A. H. MATOUSSI

Maître de Conférence  
ENMV-SIDI THABET

**. Pathologie des Equidés et Carnivores**

A. CHABCHOUB

Maître de Conférence  
ENMV-SIDI THABET

**. Zootechnie-Alimentation**

A. BEN YOUNES

Professeur  
ENMV-SIDI THABET

A. GOURO

Maître de Conférence  
Université du Niger

**. Denréologie**

J. ROZIER

Professeur  
ENMV-ALFORT

A. ETRIQUI

Professeur  
ENMV-TOULOUSE

**. Physique et Chimie  
Biologique et Médicales**

P. BERNARD

Professeur  
ENMV-TOULOUSE

**. Pathologie Infectieuse**

J. CHANTAL

Professeur  
ENV-TOULOUSE

M. BOUZGHAIA

Maître de Conférences  
ENMV-SIDI THABET

**. Pharmacie-Toxicologie**

J. PUYT

Professeur  
ENV-NANTES

L.EL. BAHRI

Professeur  
ENMV-SIDI THABET

**IV - PERSONNEL ENSEIGNANT C.P.E.V.**

**1 - Mathématiques**

Samba NDIAYE

Assistant  
Faculté des Sciences  
UCAD

**Statistique**

Ayao MISSOHOU

Assistant  
EISMV

**2 - Physique**  
Issakha YOUM

Maître de Conférences  
Faculté des Sciences  
UCAD

**Chimie Organique**

Abdoulaye SAMB

**Chimie Physique**

Serigne Amadou NDIAYE

Maître de Conférences  
Faculté des Sciences  
UCAD

Alphonse TINE

Maître de Conférences  
Faculté des Sciences  
UCAD

**Chimie**

Abdoulaye DIOP

Maître de Conférences  
Faculté des Sciences  
UCAD

**3 - Biologie**  
**Physiologie Végétale**

Papa Ibra SAMB

Chargé d'Enseignement  
Faculté des Sciences  
UCAD

Kandioura NOBA

Maître Assistant  
Faculté des Sciences  
UCAD

**4 - Biologie Cellulaire Reproduction et Génétique**

Oumar THIAW

Maître de Conférences  
Faculté des Sciences  
UCAD



**5 - Embryologie et Zoologie**

Bhen Sikina TOGUEBAYE

Professeur  
Faculté des Sciences  
UCAD

**6 - Physiologie et Anatomie  
comparées des vertébrés**

Cheikh Tidiane BA

Chargé d'enseignement  
Faculté des Sciences  
UCAD

**7 - Anatomie et Extérieur  
des animaux domestiques**

Charles Kondi AGBA

Maître de Conférences Agrégé  
EISMV

**8 - Géologie**

A. FAYE

Faculté des Sciences  
UCAD

R. SARR

Faculté des Sciences  
UCAD

## **A NOS MAITRES ET JUGES**

- **A NOTRE PRESIDENT DE JURY, MONSIEUR FALLOU CISSE :**  
Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar,

C'est pour nous un très grand honneur que vous ayez accepté de présider notre jury de thèse. Vos qualités scientifiques et votre sens aigu de la disponibilité resteront à jamais gravé dans notre mémoire.

**Veillez accepter notre profonde gratitude.**

- **A NOTRE DIRECTEUR DE THESE, MONSIEUR GBEUKOH PAFOU CONGNET,** Maître-Assistant à l'E.I.S.M.V. de Dakar,

Vous avez initié et dirigé ce travail avec toute la rigueur pédagogique et scientifique qui ne laisse personne indifférent. Votre souci permanent de la bonne formation de vos étudiants a renforcé en nous l'estime et le respect que nous vous portons.

**Soyez assuré de notre entière disponibilité.**

- **A NOTRE MAITRE ET RAPPORTEUR DE THESE, MONSIEUR MOUSSA ASSANE,** Maître de Conférence agrégé à l'E.I.S.M.V. de Dakar,

C'est pour nous un honneur et un plaisir de vous avoir pour rapporteur. La rigueur de vos enseignements et leur pertinence nous ont été utiles et le resteront indéfiniment.

**Nous vous en serons toujours reconnaissants.**

- **A NOTRE MAITRE, MONSIEUR GERMAIN JEROME SAWADOGO,**  
Professeur à l'E.I.S.M.V. de Dakar,

**Nous vous sommes très reconnaissants d'avoir accepté de siéger dans notre jury de thèse, vos qualités intellectuelles et humaines font l'admiration de tous ceux qui vous approchent.**

**Soyez assuré de notre profonde gratitude.**

- **A MADAME SYLVIE GASSAMA, Maître de Conférence agrégé à la Faculté de Médecine et Pharmacie,**

**La spontanéité et le plaisir avec lesquels vous avez accepté de juger ce travail nous ont profondément ému. Nous garderons de vous cette très haute marque de sympathie.**

**Profonde gratitude**

**JE**

**DEDIE**

**CE**

**TRAVAIL A ...**

- **Au Seigneur Dieu, le Tout- Puissant**
- **A mon père NDJENG HERMAN BONIFACE (in mémoriam)**  
Tu as su guider mes pas très tôt vers le chemin de l'école, seulement le destin nous a séparé très tôt.  
  
Puisse ce travail témoigner mon amour sans faille à ton endroit.
- **A ma mère NDJENG née MENGUE THERESE**  
Tes sacrifices, les conseils et tes enseignements ont guidé depuis toujours mon chemin, et c'est sans hésitation que tu me rappelles sans cesse : "Crois et aies confiance en Dieu, c'est lui ton seul maître et guide". Reçois aujourd'hui ma profonde gratitude. Ce travail est le fruit de tes multiples bénédictions.
- **A ma soeur MARIE-SOLANGE A. NDJENG.**  
Ce travail est le fruit de tes encouragements et de tes efforts.  
Merci.
- **A mes frères et soeurs : GISELE-AGNES OBE, JEANNE-CHANTAL NDJENG, PATRICE-OLIVIER NDONGO, CHRISTIANE-ANNICK N. NDJENG, FERDINAND-HENRY MENGUE, HERMAN-HILAIRE N. NDJENG, FRANCIS- EMMANUEL MENGUE.**  
  
Vous avez été pour moi un grand soutien moral.  
Ce travail vous revient de droit.
- **A mes neveux et nièces.**  
Merci.
- **A mes tantes et oncles.**
- **A mes cousines et cousins.**
- **A mon ami NDZIE JEAN-MARIE (in mémoriam).**  
Tu resteras à jamis mon frère. Que le terre te soit légère.
- **A Monsieur JEAN-EMILE EKO**  
Tu représentes beaucoup pour moi.  
Merci pour tes conseils et tes encouragements.
- **A mon frère ALBERT THIERRY NKILI**  
Tes conseils et ton soutien matériel ont été déterminant pour ma vie scolaire.

Toute ma gratitude.

- Au Docteur CLEMENT AGNEM  
Tu as fait de moi ton frère.  
Tout mon attachement et toute ma reconnaissance.
- Aux Docteurs : GEORGES-MARCIAL NIEZOM, FRANCOIS-EMMANUEL MAHOU, HAMAN ATKAM, MARIE-CHANTAL MAHOU.

Vous êtes une seconde famille pour moi. Nous serons toujours ensemble.

- A Mademoiselle ANNIE MAHOU  
Toute ma sympathie.
- A Messieurs MBIAM GUY, MVONDO NNA PATRICK  
Merci pour vos conseils.
- A Madame CATHERINE MENDO  
Tu demeures une seconde mère pour moi  
Toute ma gratitude.
- Aux Docteurs : ALAIN GREBONDO, HAMIDOU ISSOUFOU, OTTO VIANNEY MUHINDA, BARRY IBRAHIM.  
Vous avez su démontré que l'amitié n'a pas de frontière  
Toute ma symphatie.
- A Monsieur JEAN-CHRIST NKAKTCHAM YONGA  
Votre concours a été déterminant pour la réalisation de ce travail  
Merci.
- A Monsieur MBILI ELYSE  
Pour tes conseils, tes encouragements, ton soutien moral et matériel.  
Voici l'expression de mon respect et de ma profonde reconnaissance.
- A tout mes amis :  
. Mesdemoiselles : ALBATOIR AMADOU CISSE, ANNIE RANAIVO, ROSE-MARIE GOMIS, SAFI BALDE, DIATOU THIAW, JOYCE EDJIGUI, CORINNE MBOM, COURA NIANG, AISSATOU SANKHARE, YVETTE MANGA.  
  
. Docteurs : R. NGAMBIA, GARGA, JOSINE ATANGANE, MOUGNOL, GILLES VIAS, PAULIN DJIDOHOUN, ANNA DIALLO, TANKO SAHIROU, PATO PIDEMNEWE, DJIMI EVAL, FREDERICK FIFEN, LOUL SEVERIN, BABACAR JUNIOR TOURE.

Messieurs FRANCOIS-CHARLES MVONDO, ALFRED E. NGOSSO,  
ALFRED BELLA, GUY EKANI, INNOCENT ETOGA, BOBO, ROGER  
YIWE, OUSMANOU MAMOUDOU, OLIVIER NSANG, ANGE.

- A tous mes amis d'enfance
- A la 22 ème promotion de l'E.I.S.M.V
- A tous les étudiants de l'E.I.S.M.V
- A TOUS CEUX QUI M'ONT AIDE DE PRES OU DE LOIN ET QUE JE  
N'AI PAS CITE ICI  
Merci.
- A TOUT CEUX QUI M'ONT ENSEIGNE  
Tout mon dévouement
- Au SENEGAL, pays hôte et de téranga
- AU CAMEROUN : MA PATRIE.

## **REMERCIEMENTS**

**Nous remercions tous ceux qui de près ou de loin ont participé à la réalisation de ce travail, en particulier :**

- Le Docteur AYAO MISSOUHOU
- Monsieur BOCAR HANE
- Monsieur ROBERT NGAMBIA
- Monsieur BERNARD ATTOLODE
- Monsieur JEAN NEPOMUSCENE
- Madame MARIAM DIOUF pour la documentation
- Monsieur BABACAR TOURE
- Le Docteur Raphael NYKIEMA

**Merci à tous.**



# PLAN

<b>INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	<b>3</b>
<b>CHAPITRE I : ETHNOLOGIE ET PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES DE LA CHEVRE DU SAHEL.</b>	<b>4</b>
<b>1 AIRE DE REPARTITION</b>	<b>5</b>
1-1 CLIMAT	5
1-2 SOL ET VEGETATION	5
<b>2 ETHNOLOGIE</b>	<b>6</b>
2-1 CLASIFICATION LINEENE	6
2-2 CARACTERES ETHNIQUES	7
2-3 VARIETES	7
<b>3 PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES</b>	<b>7</b>
<b>3 REPRODUCTION</b>	<b>7</b>
3-1-1 Age à la première mise-bas et intervalles entre mise-bas.	7
3-1-2 Rythme de reproduction	8
3-1-2-1 Influence de la saison sur le rythme de reproduction	8
3-1-2-2 Oestrus et durée de gestation	9
3-1-3 Poids des chevreaux à la naissance	9
3-1-4 Autres paramètres	10
3-1-4-1 Prolificité	10
3-1-4-2 Fécondité et fertilité	11
3-1-4-3 Avortement et mortalité	11
<b>3-2 LACTATION</b>	<b>11</b>
3-2-1 Production laitière journalière	12
3-2-2 Production laitière par lactation	12
3-2-3 Persistance de la lactation	12

3-3	PROPRIETES DU LAIT DE CHEVRE	14
3-3-1	Rôle alimentaire	14
3-3-2	Rôle thérapeutique	14
<b>CHAPITRE II : GENERALITES SUR LE METABOLISME PHOSPHO-CALCIQUE CHEZ LES RUMINANTS</b>		<b>16</b>
<b>INTRODUCTION</b>		<b>17</b>
2	UTILISATION DIGESTIVE DU CALCIUM ET DU PHOSPHORE	17
2-1	RAPPEL DE TERMINOLOGIE	17
2-1-1	L'Absorption	17
2-1-2	L'efficacité biologique	19
2-2	SOURCES DE CALCIUM ET DE PHOSPHORE CHEZ LES RUMINANTS	19
2-3	UTILISATION DIGESTIVE DU CALCIUM ET DU PHOSPHORE CHEZ LES RUMINANTS	20
3	METABOLISME PHOSPHO-CALCIQUE CHEZ LES RUMINANTS	22
3-1	ABSORPTION ET SECRETION	23
3-1-1	Absorption	23
3-1-2	Sécrétion salivaire	26
3-1-3	Facteurs de variation de l'absorption du calcium et du phosphore	27
3-1-3-1	L'âge et l'état physiologique	27
3-1-3-2	Les facteurs alimentaires et les sources de CA et de P	28
3-1-3-3	L'absorption d'autres minéraux	29
3-1-3-4	Les facteurs divers	29
3-2	VOIES D'EXCRETION	30
3-3	REGULATION ENDOCRINIENNE DU METABOLISME PHOSPHO-CALCIQUE	31
3-3-1	Rôle de la parathormone (PTH)	32
3-3-2	Rôle de la calcitonine (CT)	32
3-3-3	La vitamine D3 ou cholécalférol	33
3-3-4	Les troubles du métabolisme phosphocalcique chez les ruminants	34

4	APPORTS RECOMMANDÉS DE CALCIUM ET DE PHOSPHORE CHEZ LES RUMINANTS	35
---	---	----

	DEUXIÈME PARTIE : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE	38
--	---------------------------------------	----

	CHAPITRE III : MATÉRIEL ET MÉTHODES	39
--	-------------------------------------	----

1	MATÉRIEL	40
---	----------	----

1-1	Matériel animal	40
-----	-----------------	----

1-2	Matériel de laboratoire	40
-----	-------------------------	----

2-	MÉTHODES	41
----	----------	----

2-1	Conduite des animaux	41
-----	----------------------	----

2-2	Alimentation	41
-----	--------------	----

2-3	Croissance pondérale des chevreaux et traite laitière	43
-----	---	----

2-4	Métabolisme phospho-calcique	44
-----	------------------------------	----

2-4-1	Détermination de la matière sèche	44
-------	-----------------------------------	----

2-4-2	Détermination des cendres brutes	44
-------	----------------------------------	----

2-4-3-1	Détermination de la teneur des cendres en calcium	44
---------	---	----

2-4-2-2	Détermination de la teneur des cendres en phosphore	45
---------	---	----

2-4-2-3	Détermination de matière azotée	45
---------	---------------------------------	----

2-4-2-4	Analyses statistiques	45
---------	-----------------------	----

	CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION	46
--	---------------------------------------	----

1-	RESULTATS	47
----	-----------	----

1-1	Métabolisme phospho-calcique chez la chèvre du sahel en gestation et en lactation	47
-----	---	----

1-1-1	Métabolisme du phosphore	47
-------	--------------------------	----

1-1-1-1	Digestibilité apparente du phosphore chez la chèvre du sahel en gestation et en lactation	50
---------	---	----

1-1-1-2	Rétention du phosphore chez la chèvre du sahel en gestation et en lactation	52
---------	---	----

1-1-1-3	Digestibilité du phosphore sous forme de phosphate bicalcique chez la chèvre du sahel	53
---------	---	----

1-1-2	Métabolisme du calcium	53
-------	------------------------	----

1-1-2-1	Digestibilité appenrente du calcium chez la chèvre du sahel en gestation et en lactation	55
---------	--	----

1-1-2-3	Rétention du calcium chez la chèvre du sahel en gestation et en lactation	57
---------	---	----

1-2	Croissance pondérale des chevreaux	58
1-3	Production laitière et courbe de lactation	59
2- DISCUSSION		60
2-1	Influence des apports de la Ca et de P sur le métabolisme du phosphore chez la chèvre du sahel en gestation et en lactation	60
2-1-1	L'absorption	60
2-1-2	L'excrétion fécale et urinaire	61
2-1-3	L'excrétion du P dans le lait	61
2-1-4	L'utilisation digestive apparente du phosphore	62
2-1-5	La rétention du phosphore	62
2-2	Influence des apports de la Ca et de P sur le métabolisme du calcium chez la chèvre du sahel en gestation et en lactation	63
2-2-1	L'absorption	63
2-2-2	L'excrétion fécale et urinaire	63
2-2-3	L'excrétion du Ca par le lait	64
2-2-4	L'utilisation digestive apparente du Ca	64
2-2-5	La rétention du Ca	65
2-3	Digestibilité du phosphore et du Ca sous forme de phosphate bicalcique	65
2-4	Influence ds niveaux des apports en Ca et en P sur les performances de reproduction	67
2-4-1	La croissance pondérale des chevreaux	67
2-4-2	La production laitière	67
CONCLUSION		68
BIBLIOGRAPHIE		74
ANNEXES.		

## ABREVIATIONS UTILISEES

Ca	= Calcium
P	= Phospore
CUDa	= Coefficient d'utilisation Digestive apparente
CUDr	= Coefficient d'utilisation Digestive réelle
C.P	= Coefficient de persistance
C.R	= Coefficient de rétention
M.A.D	= Matière Azotée Digestive
M.S	= Matière sèche
Kg	= Kilogramme
G	= Gramme
Mg	= Milligramme
L	= Litre
M	= Mètre
Cm	= Centimètre
M.G	= Matière Grasse
G.M.Q	= Grain Moyen Quotidien
UF	= Unité Fourragère
E.I.S.M.V	= Ecole Inter-Etat des Sciences et Médecines Vétérinaires
°C	= Degré Celsius
F.A.O	= Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
I.N.R.A	= Institut National de Recherche Agronomiques
I.E.M.V.T	= Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire ds Pays Tropicaux
C.U.D	= Coefficient d'Utilisation Digestive

## LISTES DES PHOTOGRAPHIES

- 1- Chèvres du Sahel près de Dahra (Sénégal)
- 2- Bouc du Sahel tchadien (Farcha)
- 3- Chèvre du Sahel tchadien (Farcha)
- 4-a- Caprins du Sahel nigérien
- 4-b- Caprins du Sahel nigérien

## LISTES DES TABLEAUX

- Tab 1-1 Age moyen de la première mise-bas des caprins sahéliens
- Tab 1-2 Durée de gestation chez les caprins
- Tab 1-3 Caractéristiques générales de la lactation de la chèvre du sahel
- Tab 2-1 Sources de phosphore et utilisation digestive
- Tab 2-2 Besoins des caprins en Ca et en P en milieu tropical
- Tab 4-1-a Influence des apports phosphocalciques sur le métabolisme du P chez la chèvre du sahel en gestation et en lactation (lot A)
- Tab 4-1-b Influence des apports phosphocalciques sur le métabolisme du P chez la chèvre du Sahel en gestation et en lactation (lot B)
- Tab 4-2 Influence des Apports phosphocalcique sur le bilan de P chez la chèvre du sahel en gestation
- Tab 4-3 Influence des apports phosphocalciques sur le bilan de P chez la chèvre du sahel en lactation
- Tab 4-4-a Influence des apports phosphocalciques sur le métabolisme de Ca chez la chèvre du Sahel en gestation et en lactation (lot A)
- Tab 4-4-b Influence des apports phosphocalciques sur le métabolisme du Ca chez la chèvre du Sahel en gestation et en lactation (lot B)
- Tab 4-5 Influence des apports phosphocalciques sur le bilan de Ca chez la chèvre du Sahel en gestation

- Tab 4-6 Influence des apports phosphocalciques sur le bilan de Ca chez la chèvre du Sahel en lactation
- Tab 4-7 Influence des apports phosphocalciques sur la croissance pondérale des chevreaux
- Tab 4-8 Influence des apports phosphocalciques sur la production laitière de la chèvre du Sahel
- Tab 3-1 Caractéristiques et Compositions des rations

### LISTES DES FIGURES ANNEXES

- Fig 4-1 Influence des apports phospho-calciques sur la digestibilité du phosphore durant la gestation et la lactation chez la chèvre du Sahel
- Fig 4-2 Influence des apports phospho-calciques sur le coefficient de rétention du phosphore durant la gestation et la lactation chez la chèvre du Sahel
- Fig 4-3 Influence des apports phospho-calciques sur la digestibilité du calcium durant la gestation et la lactation chez la chèvre du Sahel
- Fig 4-4 Influence des apports phospho-calciques sur le coefficient de rétention du calcium chez la chèvre du sahel en gestation et en lactation
- Fif 4-5 Influence des apports phospho-calciques sur la rétention du phosphore et du calcium pendant la gestation et la lactation (Lot A (témoin))
- Fig 4-6 Influence des apports phospho-calciques sur la rétention du phosphore et du calcium durant la gestation et la lactation chez la chèvre du Sahel (Lot (A))
- Fig 4-7 Influence des apports phospho-calciques sur les coefficients de rétention du phosphore et du calcium pendant la gestation et la lactation - Lot B (expérimental)

Fig 4-8 Influence des apports phospho-calciques sur la rétention du phosphore et du calcium durant la gestation et la lactation chez la chèvre du Sahel (lot(B))

Fig 4-9 Influence des apports phospho-calciques sur la lactation de la chèvre du sahel

Fig 4-10 Influence des apports phospho-calciques sur la production laitière de la chèvre du Sahel.

====oo====



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

## **INTRODUCTION**

Les difficultés alimentaires semblent se poser avec acuité dans les pays du Tiers-Monde en général et en Afrique en particulier.

La démographie sans cesse croissante particulièrement en Afrique tropicale rend encore plus difficile tout processus d'éradication de la faim.

L'objectif d'autosuffisance alimentaire que s'étaient fixés bon nombre de politiques de développement en matières d'élevage et d'agriculture afin de combler les besoins croissants des populations en protéines d'origine animales est bien loin atteint.

Si l'aviculture connaît de nos jours un essor considérable tel n'est pas le cas de l'élevage des petits ruminants, qui demeure pourtant un secteur promoteur pour de nombreuses raisons :

- les petits ruminants sont des espèces à cycle de reproduction court et très prolifiques
- ils constituent le matériel le plus apte à fournir de la viande bon marché et de manière rapide
- La viande et le lait de petits ruminants sont fort appréciés des populations rurales toutes confessions religieuses confondues, et peuvent contribuer à lutter contre la malnutrition en général, et le déficit en protéines d'origine animale en particulier.

Au lendemain de la dévaluation du franc CFA, et de l'inflation qui s'en est suivie, dans le cas particulier de l'Afrique tropicale francophone, une relance du développement des productions animales s'avère indispensable.

Une telle opération nécessite la connaissance et la maîtrise parfaites des besoins énergétiques protéiques et minéraux des animaux.

C'est dans cet objectif que nous vous proposons d'apporter notre contribution à l'étude du métabolisme et de l'importance des minéraux majeurs que sont le calcium et le phosphore chez la chèvre du sahel gestante ou allaitante.

Notre travail comporte deux parties :

Dans la première partie, consacrée à la synthèse bibliographique, nous avons résumé les caractères ethnologiques et les performances zootechniques de la chèvre du sahel d'une part, et les aspects du métabolisme de ces minéraux chez les ruminants d'autre part.

Dans la seconde partie, réservée à l'étude expérimentale, nous abordons l'effet de deux niveaux d'apport en Ca et en P alimentaires sur le métabolisme gravidique et de lactation de la chèvre du sahel.

**SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

**CHAPITRE I**

**ETHNOLOGIE ET PERFORMANCES  
ZOOTECNIQUES DE LA CHEVRE  
DU SAHEL**

## **1- AIRE DE REPARTITION**

L'aire de répartition de la chèvre du Sahel a largement été étudiée par de nombreux auteurs (BOURZAT, 1985(3), DUMAS, 1977(15), CHARRAY et al, 1980(6).

### **1.1. CLIMAT**

La chèvre du sahel occupe toute la zone sahélienne, des côtes mauritaniennes au sahel tchadien en passant par le Sénégal, le Mali, le Burkina-Faso, le Niger, le Nigéria et le Cameroun. Cette zone est située entre la zone saharienne au nord et la zone soudanienne au sud. Le climat est de type tropical aride avec une courte saison des pluies et une longue saison sèche.

### **1.2. SOL ET VEGETATION**

La zone sahélienne constitue la transition entre la végétation désertique saharienne et la végétation soudanienne. Les formations végétales se répartissent en quatre grandes zones correspondant à des niveaux de pluviométrie différents avec :

- au sud de l'isohyète 600mm, la savane soudanienne composée essentiellement de graminées vivaces et d'une strate ligneuse relativement dense;

- entre les isohyètes 400 et 600mm, une association d'arbustes et d'herbacées annuelles ;

- entre les isohyètes 200 et 400mm, le domaine de formations végétales composées d'épineux et d'herbacées annuelles ;

- enfin, entre les isohyètes 100 et 200mm, la steppe à graminées pérennes parsemées de ligneux.

## **2- ETHNOLOGIE**

La chèvre du sahel a été décrite par de nombreux auteurs (DOUTRES-SOULLE, 1947,(14) CHARRAY et al, 1980(6), BERTAUDIÈRE, 1977(2). C'est un animal de type hypermétrique et longiligne (fig. 1 à 5). La hauteur au garrot est comprise entre 70-85cm, et le poids vif varie entre 25 et 35Kg.

### **2.1. CLASSIFICATION LINNEENNE**

D'après EPSTEIN, 1971(16), la chèvre contemporaine appartient au :

- règne : Animal
- classe : Mammifères
- sous-classe : Euthériens
- super-ordre : Ongulés
- ordre : Artiodactyle
- sous-ordre : Ruminants
- super-famille : Tauroïdes
- famille : Bovidés
- sous-famille : Caprine
- genre : Capra.

Le genre capra comprend cinq espèces, parmi lesquelles, l'espèce capra hircus serait l'ancêtre direct des chèvres domestiques.

## **2.2. CARACTERES ETNIQUES**

La tête est petite, triangulaire, le front plat et étroit. Le chanfrein est rectiligne, parfois subconvexe, la face courte. Les cornes quand elles existent sont assez longues chez le mâle, épaisses, annelées, spiralées et aplaties. Chez la femelle, elles sont plus fines et minces. Les oreilles sont courtes, portées horizontalement et parfois tombantes. La barbiche et les pendeloques sont fréquentes. Il existe une grande variété de robes et ces dernières sont généralement composées de deux ou trois couleurs.

## **2.3. VARIETES**

La chèvre du sahel présente deux variétés en fonction du mode d'élevage. Ce sont d'une part, les chèvres sédentaires et les chèvres transhumantes d'autre part. Ces deux modes d'élevage ont abouti à la faveur des métissages, à la création de variétés locales. Ainsi, on distingue les chèvres du sahel Tchadien, la chèvre Maure, les chèvres Touareg, les chèvres du sahel nigérien et les chèvres du sahel voltaïque.

# **3 - PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES**

## **3.1. REPRODUCTION**

### **3.1.1. Age à la première mise-bas et intervalle entre mise-bas**

Le tableau 1.1 récapitule les différents âges à la première mise-bas obtenus sur la chèvre du sahel. Quant à l'inter-valle entre mise-bas successives, BERTAUDIERE, 1977(2) obtient sur des chèvres du sahel Tchadien, un intervalle moyen entre mise-bas successives de  $281,1 \pm 20,72$  jours. Par contre, il obtient un intervalle moyen entre les avortements et les mises-bas suivantes



de  $221 \pm 21$  jours. FAUGERE et al, 1989(18) travaillant sur la chèvre du sahel à Louga (Sénégal), obtiennent un intervalle entre mise-bas successives de  $367 \pm 14$  jours, soit 12 mois environ.

**Tableau 1.1 :** Age moyen à la 1ère mise-bas des caprins sahéliens (CHARRAY et Al, 1980)

	AGE MOYEN A LA PREMIERE MISE-BAS
Caprins du Sahel voltaïque	11 mois
Caprins du Sahel tchadien	
. caprins de Kanem (ouest) et de Batha (Est)	13 mois 21 jours
. caprins du lac et de l'Assalé	16,5 mois
. caprins de Massakory	16,5 mois
Caprins du Sahel sénégalais	17,6 mois

**Source :** Petits ruminants d'Afrique centrale et d'Afrique de l'ouest: synthèse des connaissances actuelles. I.E.M.V.T., 1980(6)

### **3.1.2. Rythme de reproduction et durée de gestation**

#### **3.1.2.1. Influence de la saison sur le rythme de reproduction**

Contrairement aux chèvres européennes, les chèvres tropicales ne présentent pas de saisonnement sexuel marqué. MACKENSIE, 1970(33) RAJKONWAK and BORGOHAIN, 1978(40) rapportent que, chez les chèvres d'Afrique équatoriale, les chaleurs se produisent toute l'année. Les animaux mettent bas à tout moment de l'année. Cependant, CHARRAY et al(7) constatent une influence climatique plus ou moins marquée selon les races et

les pays, avec des pics des mise-bas plus ou moins marqués. Ainsi, on observe une prédominance des naissances en saison sèche froide dans les régions sahéliennes.

### **3.1.2.2. Oestrus et durée de gestation**

Chez la chèvre, le cycle oestral dure en moyenne 17-21 jours. L'oestrus dure 24-48 heures et l'ovulation se produit 30 à 36 heures après le début de l'oestrus (MAZOUZ, 1993)(34).

SHELTON, 1960(48) rapporte que la présence d'un bouc 10 jours avant la date présumée des chaleurs, avance l'apparition de celles-ci de quelques jours. SAHNI et ROY, 1967(46) situent le retour des chaleurs dans 75% des cas, dans les 50 jours qui suivent la mise-bas, surtout en présence d'un bouc.

Le tableau n°2 donne les différentes durées de la gestation chez la chèvre du sahel. Enfin, RUVUNA et al, 1988(45) remarquent que la durée de la gestation varie en fonction du type de gestation. En effet, ils constatent que les gestations doubles avaient des durées relativement plus courtes que celles des gestations simples.

### **3.1.3. Poids des chevreaux à la naissance**

L'enregistrement des poids des chevreaux à la naissance chez la chèvre de Massakory, a donné des valeurs comprises entre 2-3Kg. (CHARRAY et al, 1980)(6). A Louga (Sénégal), FAUGERE et al(18) obtiennent à la naissance, des poids moyens de 2,6 + 0,4Kg pour les mâles et 2,4 + 0,6Kg pour les femelles. DOUTRESSOULE, 1947(14) rapporte des gains de poids moyen quotidien de l'ordre de 60 à 80g/jour avant le sevrage et environ 40g/jour après le sevrage.

**Tableau 1.2 : Durée de gestation chez les caprins**

RACE	DUREE DE GESATION (en jours)
Chèvre du Sahel voltaïque Chèvre sahélienne de Massakory	148
Chèvre du sud Chèvre mousse de Maradi	142 - 155
Chèvre noire d'Afrique de l'Ouest	139 - 149
Chèvre Angora Gestation simple Gestation double	143 - 153 143,5

Source: I.E.M.V.T., 1980(6)

### **3.1.4. Autres paramètres**

#### **3.1.4.1. Prolificité**

La prolificité est le rapport entre le nombre de chevreaux nés dans l'année, rapporté au nombre des mise-bas observées dans la même période.

Les caprins sont des animaux très prolifiques. La taille de la portée chez la chèvre du sahel est en moyenne de  $1,50 + 0,05$  (BERTAUDIERE, 1977)(2). FAUGERE et al, 1989(18) rapportent un taux de prolificité moyen de 1,24 chez la chèvre sahélienne de Louga. Chez les chèvres, les portées doubles sont relativement élevées et les portées triples sont parfois observées.

### **3.1.4.2. Fécondité et fertilité**

La fécondité s'exprime par un taux qui est le rapport du nombre de chevreaux nés au cours de l'année, sur le nombre de reproductrices présentes dans le troupeau. Le taux de fécondité varie en fonction des régions. SHARRAY et al(6) rapportent des taux de fécondité de 141% et 171% respectivement, chez les chèvres de race peuhl dominante du Burkina-Faso, et chez la chèvre sahélienne de Massakory.

La fertilité quant à elle, est le rapport du nombre, de mise-bas au nombre de reproductrices présentes dans la même période. HAUMESSER cité par GUERBALDI(26) fait état des taux de fertilité de 124,5% et de 123,8%, respectivement chez la chèvre Touareg et chez la chèvre sahélienne du Niger. SHARRAY et al(6), à l'issue des travaux menés sur la chèvre de Massakory obtinrent un taux de prolificité moyen de 114%.

### **3.1.4.3. Avortements et mortalité**

De nombreux auteurs sont unanimes sur le fait que le taux d'avortement est élevé chez les caprins, alors que la mortalité est dans l'ensemble faible. Haumesser cité par GUERBALDI(26) donne un taux d'avortement moyen de 40%. GONGNET et MINGOAS-KILLEKOUNG, 1994(21), au terme d'une étude réalisée sur les petits ruminants de l'Est du Cameroun, rapportent des taux de mortalité moyens de 56,09% et 12,79%, respectivement dans les tranches d'âge de 0 à 6 mois et au-delà de 6 mois.

## **3.2. LACTATION**

Les travaux portant sur les performances laitières des chèvres d'Afrique en général, et de la chèvre du sahel en particulier, demeurent encore très

fragmentaires. Cependant, nous disposons de quelques informations résultant des travaux de BERTAUDIÈRE (1977) et de CHARRAY et al, (1980).

### **3.2.1. Production laitière journalière**

La production laitière moyenne de la chèvre du sahel est comprise entre 0,8 - 1,2 litre/jour. Cependant, des variations existent selon les races (BERTAUDIÈRE, 1977, CHARRAY et al, 1980).

Chez la chèvre Maure, la production journalière moyenne est de 1,5 litre en période de pleine lactation. Cette quantité chute à 1 litre/jour en fin de lactation. Des valeurs moins élevées sont obtenues chez la chèvre Touareg, avec 0,6 - 0,8 litre/jour. Quant à la chèvre de Massakory (Tchad), la production moyenne gravite autour de  $0,96 \pm 0,05$  litre/jour, avec un pic de lactation situé aux environs de 2,2 litres/jour. Le pic de lactation est atteint à environ 1 mois après la mise-bas...

### **3.2.2. Production laitière par lactation**

Selon BERTAUDIÈRE (2), la quantité totale de lait produite par la chèvre du sahel au cours d'une lactation est en moyenne de  $74,8 \pm 11,5$  litres, avec des extrêmes allant de 11 à 173 litres. CHARRAY et al(6) l'estiment à  $77 \pm 4,9$  litres pour une durée moyenne de 180 jours de lactation(2), travaillant sur la chèvre du sahel tchadien, rapporte une durée moyenne de  $144,6 \pm 12,5$  jours de lactation. Il note cependant des variations allant de 69 à 255 jours de lactation.

### **3.2.3. Persistance de la lactation**

La persistance de la lactation traduit le taux de décroissance de la production dans la phase descendante de la lactation. Elle s'exprime en pratique, par la moyenne des coefficients de persistance mensuels, ceux-ci étant

obtenus en faisant le rapport des productions déterminées lors de deux contrôles successifs :

$$CP = \frac{100}{n} \left( \frac{P_1}{P_m} + \frac{P_2}{P_1} + \dots + \frac{P_n}{P_{n-1}} \right)$$

Pour la chèvre du sahel, BERTAUDIÈRE(2) obtient un coefficient de persistance moyen de  $81 \pm 5$  p 100. Ce taux est relativement bas si l'on considère qu'une courte de lactation offre une persistance satisfaisante lorsque la production ne diminue pas plus de 10 p 100 d'un mois à l'autre. La faible persistance de la lactation chez la chèvre du sahel tien principalement à des facteurs alimentaires et génétiques.

Il existe une corrélation négative entre la production maximum journalière et la persistance de la lactation. Ainsi, les chèvres à forte production initiale "tiennent mal" leur lait.

Les caractéristiques de la lactation de la chèvre du sahel sont récapitulées dans le tableau 1.3.

**Tableau 1.3** Caractéristiques générales de la lactation de la chèvre du sahel (BERTAUDIÈRE, 1977)(2)

Durée de la lactation (jour)	$145 \pm 13$
Production journalière maximale (en Kg)	$0,964 \pm 0,106$
Production moyenne totale (kg)	$76,27 \pm 11,94$
Persistance de la lactation (cp en p.100)	$81 \pm 5$ p.100
Début de la décroissance de la lactation (jour)	$32 \pm 7$ jours

### **3.3. PROPRIETES DU LAIT DE CHEVRE**

#### **3.3.1. Importance alimentaire**

Le lait de chèvre est riche en protéines de haute valeur nutritive. En effet, un litre de lait de chèvre contient 32g de protéines et peut couvrir environ 70% des besoins nutritionnels quotidiens d'une femme enceinte ou allaitante. Il convient également pour un enfant jusqu'à l'âge de 11 ans. L'apport en calcium (17g/l) est aussi suffisant pour couvrir ses besoins quotidiens. (DEVENDRA, 1991).(12)

Le lait de chèvre est, soit autoconsommé, soit commercialisé. Il sert de matière première pour la fabrication de produits variés. C'est le cas du beurre, du lait caillé, du yaourt et du fromage. En Asie, le yaourt est souvent dilué avec de l'eau et consommé après addition de sel, tandis que le lait caillé est largement consommé avec du riz (DEVENDRA, 1991)(12).

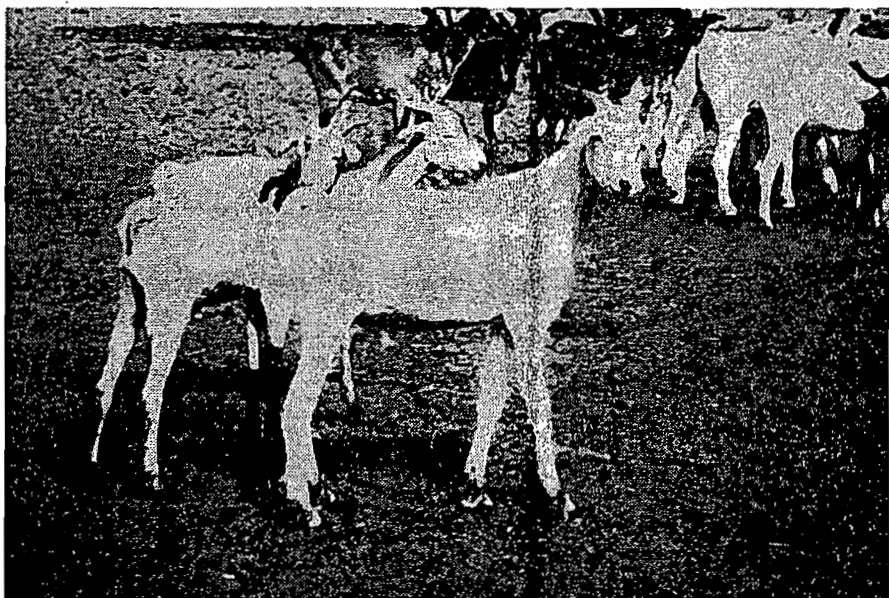
En Afrique, le lait de chèvre est consommé par la famille et rarement vendu sur le marché. Il peut être bu à l'état frais, bouilli ou fermenté pour donner du lait caillé, lequel est utilisé dans de nombreuses préparations à base de céréales.

#### **3.3.2. Importance thérapeutique**

De nombreux auteurs sont unanimes sur le fait que le lait de chèvre est exempt de germes tuberculeux (NATTAM., 1936(40), CREPIN et CREPIN., 1948(10), DEVENDRA et BURNIS., 1970(12). Il est particulièrement recommandé aux enfants, convalescents et vieillards (FRENCH, 1971)(20), et peut soulager ceux qui souffrent de l'ulcère du duodénum, de l'asthme, de la dépression nerveuse ou de débilité générale (FRENCH, 1971)(20).

Le lait de chèvre est également indiqué dans diverses maladies telles que la gastro-entérite infantile et la chloro-anémie des jeunes filles pubères (CREPIN et CREPIN, 1948)(10), l'allergie au lait de vache et la xérophtalmie (BERINSTAIN-BAILLY., 1922)(1).

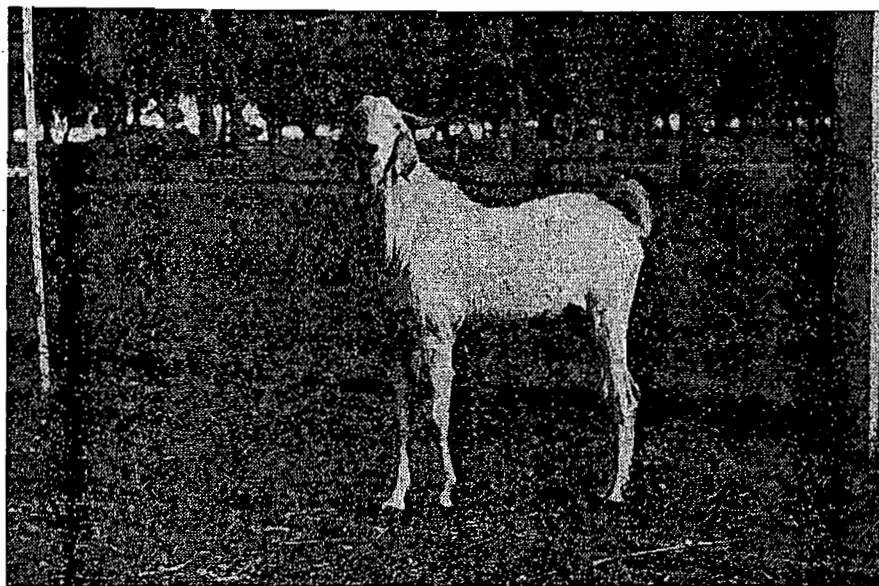




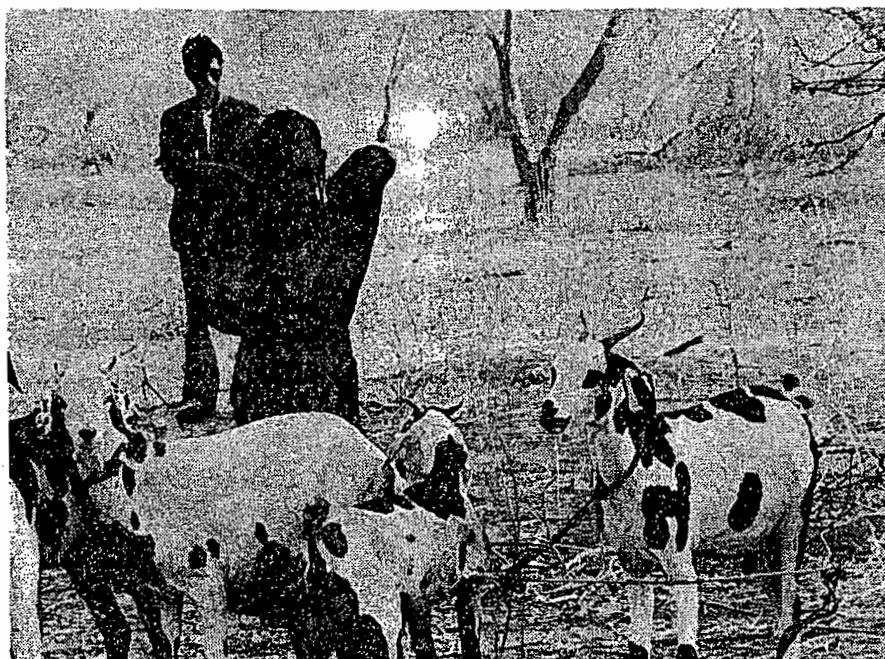
**1.** Chèvres sahéliennes  
près de Dahra (Sénégal)

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

**2.** Bouc du Sahel tchadien  
Farcha (Tchad)



**3.** Chèvres du Sahel  
tchadien Farcha (Tchad)



**4-2** Caprins du Sahel nigérien. Campement Bouzou, au nord de Dakoro (Gadabedji)

INSTITUTS  
DES SCIENCES VÉTÉRINAIRE  
VÉTÉRINAIRES DE DAKAR  
BIBLIOTHEQUE



**4-5** Caprin du Sahel nigérien. Campement Peul Wodabee, au nord de Dakoro (Birmou)

**CHAPITRE II**

**GENERALITE  
SUR LE METABOLISME PHOSPHO-CALCIQUE  
CHEZ LES RUMINANTS**

## **INTRODUCTION**

Le calcium et le phosphore sont deux éléments minéraux essentiels de l'organisme des mammifères. Dans l'étude qui va suivre, le calcium(Ca) et le phosphore(P) seront considérés ensemble, dans la mesure où leur métabolisme est lié et les besoins de l'organisme en ces éléments dépendent des concentrations de l'un ou de l'autre. Les carences et les excès de l'un peuvent influencer l'utilisation digestive de l'autre. Ces deux minéraux sont indispensables non seulement, à la formation, du développement et à la croissance du squelette, à la reproduction et aux productions, mais aussi au bon déroulement de diverses réactions enzymatiques.

L'étude qui va suivre se résume en une brève synthèse des connaissances actuelles, sur, le métabolisme phospho-calcique, les signes des carences et les apports recommandés de ces minéraux dans l'alimentation de ruminants.

## **2- UTILISATION DIGESTIVE DU CALCIUM ET DU PHOSPHORE**

### **2.1. RAPPEL DE TERMINOLOGIE**

#### **2.1.1. L'Absorption**

"L'absorption apparente" est la différence entre l'ingéré(I) et l'excrétion fécale totale(F).

Le "coefficient d'utilisation digestive apparent" (CUDa) est l'absorption apparente exprimée en pourcentage de l'ingéré.

$$CUDa = \frac{I - F}{I} \times 100$$

Le terme "excrétion fécale totale" ne rend pas compte de l'excrétion fécale due à la seule fraction non digérée de l'aliment. En effet, une partie de l'excrétion fécale n'est pas d'origine alimentaire directe ou exogène, mais d'origine endogène et correspond à la desquamation du tube digestif et aux sécrétions intestinales nonréabsorbées. Cette excrétion est désignée sous le nom d'"excrétion fécale endogène"(Fe). Le "coefficient d'utilisation digestive réel" (CUDr) est l'"absorption vraie" exprimée en pourcentage de l'ingéré.

$$\text{CUDr} = \frac{\text{I} - \text{Fécale indigérée}}{\text{I}} \times 100$$

L'excrétion fécale indigérée (Fi) = Fécale totale - Fécale endogène.

$$\text{CUDr} = \frac{\text{I} - (\text{F} - \text{Fe})}{\text{I}} \times 100$$

Le nutritionniste étudie généralement la digestibilité apparente en se limitant à faire le bilan entre les nutriments des ingestats et des excretats. En effet, le CUDa est une donnée globale d'intérêt pratique, le seul habituellement utilisé en alimentation animale. Quant au CUDr, il a surtout une signification physiologique. Le physiologiste cherche à faire la distinction entre digestion, absorption et excrétion, et à discriminer dans l'élimination fécale, la part qui revient à l'aliment de celle qu'on ne peut lui attribuer, c'est-à-dire les déchets métaboliques.

La mesure du CUDr est toujours délicate et nécessite l'utilisation de marqueurs radioactifs. Dans certains cas, elle est irréalisable, car l'élément métabolique peut être pratiquement impossible à déterminer chez les animaux.

### **2.1.2. L'efficacité biologique**

L'efficacité biologique désigne les critères indiquant la part de l'élément réellement utilisée par l'organisme, soit en valeur absolue, le bilan, soit en valeur relative, le coefficient de rétention (CR).

Le bilan est la part ingérée et retenue de l'élément par l'organisme, en d'autres termes, l'ingéré diminué de l'excrétion de rétention (CR) est le bilan affecté d'un coefficient 100, pour que le CR soit exprimé en pourcentage de l'ingéré.

$$CR(\%) = \frac{I - (F + U)}{I} \times 100$$

### **2.2. SOURCES DE CALCIUM ET DE PHOSPHORE CHEZ LES RUMINANTS**

Le calcium et le phosphore ont chez les ruminants, une origine double:

- une origine exogène, car provenant des apports de Ca et de P contenus dans les aliments tels que, les fourrages, les céréales, les sels minéraux etc...

- Une origine endogène résultant de la mobilisation du Ca et P à partir de l'os. Ceci se produit essentiellement lorsque les apports de ces minéraux dans les aliments sont insuffisants, ou pendant le dernier tiers de la gestation, période durant laquelle de grandes quantités de ces minéraux sont nécessaires pour la minéralisation du squelette du fœtus et pour la préparation d'une lactation éventuelle.

La digestibilité de ces minéraux sera variable en fonction de leurs sources.

### **2.3. UTILISATION DIGESTIVE DU Ca ET DU P CHEZ LES RUMINANTS**

Dans les pays tempérés, de nombreux travaux ont été entrepris pour déterminer les coefficients d'utilisation digestive, et les apports recommandés en Ca et P dans l'alimentation, en vue de couvrir les besoins des bovins et de la brebis. En Afrique tropicale, très peu d'études ont été entreprises dans ce sens sur les ruminants. En Afrique tropicale, tout comme en pays tempérés, les différents coefficients d'utilisation digestive et les apports recommandés utilisés chez des caprins, sont ceux obtenus expérimentalement chez le mouton, la chèvre n'ayant pas fait l'objet d'études poussées.

Comme nous l'avons rappelé, il existe une digestibilité apparente (CUDa) qui ne tient compte que de l'excrétion fécale totale des nutriments et une digestibilité réelle (CUDr) qui tient compte des pertes endogènes fécales. Cette digestibilité réelle ne peut être évaluée que si l'on dispose de traceurs radioactifs. Rivière., 1991(42) rapporte que les pertes endogènes chez les bovins des régions tempérées, sont en moyenne de 18mg de Ca et 25mg de P par jour et par Kg de poids vif.

L'évaluation des apports de minéraux recommandés dans l'alimentation, utilise les coefficients d'utilisation digestive qui traduisent les pourcentages des quantités ingérées, et qui sont disponibles pour satisfaire les besoins des animaux.

L'utilisation digestive des minéraux varie avec la forme sous laquelle ces minéraux se trouvent dans les aliments. De plus, certaines combinaisons chimiques existant dans l'aliment ou formées dans l'intention sont insolubles et ne peuvent pas être absorbées. C'est le cas du phosphore physique des céréales

non disponible pour le porc, et les volailles mais disponible pour les ruminants, lesquels disposent dans le rumen, une flore microbienne, qui secrète la phytase (GUEGUEN et Call, 1988).(25). Ces auteurs rapportent également que l'absorbabilité des minéraux et des oligo-éléments des fourrages est en général inférieure à celle des sels minéraux (chlorures, sulfates...), ou organiques (lactate, gluconate,...) utilisés dans la fabrication des aliments. C'est le cas du calcium des légumineuses, très abondants mais mal extrait par les liquides digestifs. GUEGUEN et Call, 1988(25) signalent cependant que tous les sels minéraux ne sont pas très solubles. Ainsi, l'utilisation digestive du phosphore des phosphates peut varier de moins de 20% à plus de 75% chez le mouton en croissance.

KODDEBUSCH(L) et PFEFFER(E), 1988(32), travaillant sur la chèvre Saanen en lactation, obtiennent un CUDa du P de 90% avec le phosphate monocalcique et le phosphate bicalcique. Plus récemment, GONGNET(GP) et al, 1995(22) travaillant également sur la chèvre Saanen en lactation, rapportent un CUDa du P de 64% avec le phosphate tricalcique. Quant à la digestibilité apparente du calcium chez la chèvre en lactation, elle varie de 6 à 30% et des valeurs plus faibles peuvent être obtenues. Ces valeurs de la digestibilité apparente du Ca, sont semblables à celles obtenues chez la brebis et la vache. Toutefois, la digestibilité des minéraux peut être améliorée lorsque le fourrage est complété par des céréales chez les ruminants.



Le tableau 2.1 donne quelques CUD moyen du P et du Ca en fonction de leurs sources.

**Tableau 2.1. :** Sources de phosphore et utilisation digestive

(L. GUEGUEN)

PHOSPHATES	CUD moyen du phosphore (%)	CUD moyen du calcium (%)
<b>Phosphates solubles</b>		
- acide phosphorique	80	-
- phosphate monocalcique	60 - 70	15 - 16
- pyrophosphate de sodium	60 - 70	-
<b><u>Phosphates peu solubles</u></b>		
- phosphate monobicalcique	60 - 70	20
- phosphate bicalcique hydraté (minéral ou précipité d'os)	60 - 65	23 - 24
- phosphate bicalcique anhydre	60 ou <	29
- phosphate tricalcique d'os	50 - 55	27 - 33
- farine de viande osseuse	50 - 55	12 - 16

Source : Alimentation des ruminants domestique en milieu tropical. I.E.M.V.T., 1991 (42)

### **3- METABOLISME PHOSPHO-CALCIQUE CHEZ LES RUMINANTS**

Les métabolisme phospho-calcique chez les ruminants a largement été étudié par de nombreux auteurs (GUEGUEN et LAMAND, 1978(24), McDOWELL, 1985(45), YANO et al., 1991(50), RODEHUTSCORD et al., 1994(43)...). Tous reconnaissent que le Ca et le P sont deux constituants minéraux essentiels de l'organisme des ruminants. Le squelette contient environ 99% du Ca total et 78% du P total de l'organisme. Ces deux minéraux sont liés sous forme d'hydroxy-apatite. Seulement 1% du Ca total se trouve dans les tissus mous et le liquide extracellulaire, et joue un rôle important dans la

transmission nerveuse et intervient dans de nombreuses réactions enzymatiques, lesquelles sont indispensables au bon fonctionnement de l'organisme. 20% du P total entre dans la constitution de la membrane cellulaire, assure le maintien de l'équilibre acido-basique de l'organisme, et enfin une source vitale d'énergie pour le métabolisme. Le Ca et le P sous la forme d'hydroxy-apatite, représentent une importance réserve, mobilisable lors des carences alimentaires, ou lors des demandes importantes en ces minéraux qui surviennent en fin de gestation et en début de lactation.

### **3.1. ABSORPTION ET SECRETION**

#### **3.1.1. Absorption**

De multiples travaux ont été menés par divers chercheurs dans le but de mieux connaître les sites d'absorption du Ca et du P dans le tractus gastro-intestinal des ruminants. Ainsi de nombreux chercheurs (GRACE et al., 1974, BREVES et al., 1985, GREENE et al., 1988, GRINGS and MALES., 1987) cités par YANO et al., 1991(50) rapportent une absorption de Ca de l'ordre de 0,5 à 4,3g/jour dans l'abomasum de brebis. YANO et al(50) citant PFEFFER, 1968 et YANO et al., 1978 ayant travaillé sur la brebis, respectivement, l'un avec du calcium radioactif ( $^{45}\text{Ca}$ ), les autres avec la technique de détermination des différences de concentrations en éléments minéraux dans le sang veineux et artériel du rumen, rapportent l'existence d'une perméabilité de la paroi du rumen en ions  $\text{Ca}^{2+}$  dans les deux sens. CARE et al., 1984(5) observent une augmentation de l'absorption du Ca lorsque la concentration de la solution administrée dans la poche du rumen augmente de 2 à 8mmlo/litre. Plus tard, HOLLER et al., 1988(29) étudiant les flux de Ca à travers la paroi du rumen in vitro par des stimulations électriques, mettront en évidence l'existence d'un flux significatif d'ions  $\text{Ca}^{2+}$  de la face muqueuse à la face séreuse de l'épithélium

du rumen. Ce flux est aboli lorsqu'ils ajoutent de l'ovalbumine dans la solution de la face séreuse. Ce résultat démontre le caractère unidirectionnel du flux de Ca, et sa dépendance vis-à-vis du transport actifs de Na<sup>+</sup> qui est réalisé par le système Na<sup>+</sup> - K<sup>+</sup> ATPase.

Jusqu'aux années 1970, des opinions controversées existeront sur la perméabilité de la paroi du rumen au phosphore inorganique, et sur l'absorption du phosphore alimentaire et salivaire dans cette partie du tractus gastro-intestinal. Il faudra attendre les résultats des travaux de HOLLER et al., 1988,(28) avec la technique des variations de différence de potentiel sur les faces de l'épithélium du rumen, pour comprendre que le flux de P à travers l'épithélium du rumen dépendait du gradient de concentration de part et d'autre de la paroi. Selon ces auteurs, le flux de P est régi par des mécanismes de cotransport.

D'autres chercheurs s'intéresseront à l'absorption du Ca et P dans l'intestin grêle et le colon.

PHILLIPSON and STORRY, (1968) cités par YANO et al., (1991)(50) suggèrent que le principal site d'absorption du Ca chez la brebis est le duodénum descendant et la partie supérieure du jéjunum, et soutiennent l'hypothèse selon laquelle, l'absorption du Ca serait proportionnel à la concentration dans le tube digestif, bien que le processus d'absorption n'est pas une simple diffusion. SCHNEIDER et al, 1985(47) démontreront le double mécanisme d'absorption du Ca dans la première moitié de l'intestin grêle. Selon eux, il se produit dans un premier temps un transport actif, puis secondairement une diffusion passive. Ces deux mécanismes sont saturables. Le transport actif du Ca est stimulé chez la brebis par un apport très faible de Ca dans

l'alimentation, que ce soit en présence d'un niveau faible ou élevé de P. Chez les ruminants, un apport faible de Ca dans l'alimentation se traduit par une augmentation de la production du 1,25 dihydroxycholécalférol, lequel accroît l'absorption des ions calcium au niveau intestinal.

SCHARRER, (1985) cité par YANO et al.,(50) s'intéressera à l'absorption du P à différents sites de l'intestin chez les agneaux recevant une alimentation lactée. Cet auteur rapporte que, la majeure partie du phosphore est absorbée dans le jejunum moyen. Il note cependant que des quantités considérables de P sont absorbées au niveau du jejunum proximal et du niveau du colon de la première à la quatrième semaine d'âge chez les agneaux, mais cette absorption n'existe pas chez des animaux âgés. HOLLER et al.,(28) observent chez la brebis une sécrétion et une absorption simultanées de Ca et de P dans le colon, et démontrent que le flux de Ca dans cette portion du tube digestif résulte d'une simple diffusion. YANO et al.,(50) citant les résultats des travaux de WASSERMAN and TAYLOR (1973), rapporte que le transport actif du P est saturable et qu'en présence d'une concentration élevée de ce dernier dans l'intestin grêle, il y a prédominance de l'absorption passive. De plus l'absorption du P est réduite lorsque la concentration de ce dernier dans les digestes est élevée. Les résultats seront confirmés par les travaux de CARE et al (1980) cités par YANO et al.,(50). Ces chercheurs travaillant sur l'intestin grêle de brebis, rapportent que l'absorption effective du P chute de 70% à 35% lorsque la concentration du liquide de perfusion passe de 5mmol de P/litre à 50mmol de p/litre.

L'absorption du P n'est cependant pas complètement inhibée par la saturation du système de transport, elle est tout simplement réduite par l'augmentation de la concentration du P dans les digestats.

### **3.1.2. Sécrétion salivaire**

Il est reconnu que les ruminants domestiques sécrètent de grandes quantités de salive. Cette sécrétion salivaire peut atteindre 100 litres/jour chez les bovins, et 10 litres/jour chez la brebis. La salive des ruminants contient des quantités non moins importantes d'éléments minéraux. YANO et al., 1991(50) rapportent chez les bovins des concentrations salivaires de 16-30mg de Ca/litre et, 1-20mg de Ca/litre dans la glande salivaire parotidienne alors la concentration du plasma est de 100mg de Ca/litre. Ils rapportent également chez les bovins une concentration salivaire moyenne de 370-720mg de P/litre, alors que celle de la glande salivaire parotidienne est de 1200mg de P/litre. Ces valeurs sont très élevées par rapport à la phosphatémie qui est de 60mg/litre. Ces données montrent le rôle important joué par la salive des ruminants dans la sécrétion du Ca et du P et par conséquent dans la régulation du métabolisme phospho-calcique en général, et du phosphore en particulier.

En conclusion, le principal site de sécrétion du Ca et du P chez les ruminants est la glande salivaire parotidienne alors que celui d'absorption des mêmes minéraux est l'intestin grêle. Toutefois, l'absorption est possible dans les réservoirs digestifs et le colon.

Selon GUEGUEN et al, 1988(25) le calcium est absorbé dans la première moitié de l'intestin grêle et, son absorption fait appel à la fois à un mécanisme de diffusion non saturable, et à un mécanisme de transport actif dans lequel intervient une protéine spécifique, le "calcium binding protéin" ou Ca B.P. Ces mêmes auteurs, rapportent que l'absorption du phosphore a principalement bien dans la seconde moitié de l'intestin grêle, et, de par sa localisation, et mécanismes mis en jeu, elle est indépendante de celle du calcium et elle est moins contrôlée par les besoins de l'animal.

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

Divers facteurs peuvent affecter l'absorption du Ca et au P dans le tractus digestif. C'est le cas de l'âge et de l'état physiologique, des sources de Ca et P, de l'absorption d'autres éléments minéraux et des facteurs divers.

#### **3.1.3.1. L'âge et l'état physiologique**

Plusieurs auteurs ont montré que l'absorption du Ca et du P variait avec l'âge. Parmi eux, HANSAND et al., 1954, cités par CHURCH, 1984(9), utilisant les marqueurs radioactifs rapportent que l'absorption du Ca décroît de 99% chez le veau, à 23% chez le bovin âgé de 12-15 ans. Cette absorption chute de 95% chez un veau de un mois, à 41% à l'âge de 6 mois.

Selon ces auteurs, la chute précoce de l'absorbabilité du Ca chez les bovins serait due à la grande absorbabilité de la forme de Ca présente dans le lait, alors que les formes présentes dans les aliments sont moins solubles. BRAITHWAITE et al., 1973 cités par CHURCH(7) signalent que l'absorption intestinale du Ca augmente chez la brebis pendant la gestation et, elle serait plus 29 - faible lors d'une gestation simple que lors d'une gestation double et notent que pendant la lactation, chez une brebis sous alimentée en Ca durant la gestation, l'absorption du Ca atteint jusqu'au double des quantités prévues pour la brebis en lactation. Ces auteurs suggèrent que ceci est dû principalement à un absorption active élevée. Enfin, SCHARRER ET AL.,(1985) cités par YANO et al(50) démontrent que l'absorption du phosphore décroît également avec l'âge chez les ruminants.

### **3.1.3.2. Les facteurs alimentaires et les sources de Ca et P.**

Ces facteurs sont très importants pour le calcium et le phosphore. En effet, le Ca et le P sont présents dans les aliments sous la forme de différents sels. (carbonates, phosphates, phytate et oxalates). Leur solubilité dans le tractus gastro-intestinal semble liée au pH prévalent dans le tractus digestif. PEELER,(1972) cité par FONTENOT et CHURCH, 1984(19) signale que la disponibilité biologique du Ca chez les ruminants est élevée avec la farine d'os, les phosphates monocalcique et bicalcique, elle est intermédiaire avec le calcaire et faible avec le foin.

GUEGUEN et al.,(25) rapportent que la digestibilité réelle du P est élevée avec les phosphates solubles, et faible avec les phosphates insolubles ou peu solubles. Celle du calcium varie de 20 à 60%, toutefois, la digestibilité apparente du Ca est habituellement très faible, environ 5-10%, ou même plus faible avec les animaux âgés. MUSCHEN,(1988)(37), RODEHUTSCHORD et al., 1994(44) rapportent que la digestibilité du P diminue d'une part, et une alimentation pauvre en P provoque une diminution de la digestibilité de ce dernier.

TILLMAN and BRETHOUR(1958) et HACTCH et al.(1972), cités par FONTENOT et CHURCH(19), rapportent respectivement les effets dépressifs des graisses sur l'utilisation du Ca chez les ruminants, et les effets stimulants du lactose et autres sucres dans l'absorption du Ca chez les autre espèces. Il semble toutefois que ce mécanisme de stimulation n'est pas spécifique au Ca, car l'absorption des acides animés, particulièrement celle de la lysine est également stimulée par ces sucres.

### **3.1.3.3. L'absorption d'autres minéraux**

De nombreuses expériences ont démontré que l'utilisation du Ca est affectée par les quantités de P dans la ration.

FONTENOT et CHURCH,(1984)(19) rapportent qu'en alimentant des bovins en croissance avec des rapports Ca/p compris entre 1,3 - 13,7, le niveau de P étant considéré comme suffisant, le Gain moyen quotidien décroît lorsque l'ingestion de Ca augmente, et les excès de Ca n'ont aucun effet sur la calcémie. Ces auteurs proposent un rapport Ca/p critique compris entre 4,3 - 9,1. Plus tard, des informations obtenues avec des marqueurs radioactifs montreront que un très grand rapport Ca/p avait très peu d'effet sur l'utilisation du p, toutefois, un apport insuffisant de P réduit le dépôt de Ca sur l'os ainsi que sa remobilisation. CLARK (1969)(9) démontra chez le mouton que, des quantités croissantes du magnésium dans la ration augmentaient l'élimination urinaire de calcium en même temps qu'elles diminuaient l'excrétion fécale. Par contre une insuffisance de magnésium dans la ration augmentait les pertes fécales de Ca. Ce même auteur rapportera qu'une carence en magnésium surajoutée à une carence en phosphore amplifiait les pertes fécales de calcium.

### **3.1.3.4. Les facteurs divers**

Nous signalerons essentiellement les effets d'hormones synthétiques et de la saison.

En effet, FONTENOT et CHURCH(19) rapportent chez les ruminants, les effets du diéthylstilbestrol, une oestrogène de synthèse. Selon ces auteurs, cette hormone entraîne chez les ruminants, une augmentation de la rétention du Ca et du P, par réduction de l'excrétion fécale du Ca d'une part, et par réduction de l'excrétion urinaire de P d'autre part. VASKSOV et al., (1969) cités par



CHURCH(1984)(7) obtiennent chez des ruminants, des concentrations plasmatiques élevées de phosphore pendant l'hiver et le printemps. Par ailleurs, ils obtiennent des valeurs basses de phosphatémie chez des animaux gestants ou allaitants.

### **3.2. VOIES D'EXCRETION**

Le Ca et le P sont éliminés par les matières fécales, les urines et par le lait chez les femelles en lactation. Il est actuellement reconnu que la principale voie d'élimination de ces minéraux est la voie fécale. En effet, FONTENOT and CHURCH, (1984)(19) rapportent que le phosphore ingéré est éliminé à 85% par les fécès. Par contre en administrant du  $^{45}\text{Ca}$  par voie veineuse à des bovins, ils constatent que 15% seulement du total administré est éliminé, dont 98% par les matières fécales et environ 2% par les urines. Ces mêmes auteurs citant les travaux de SHRODER and HANSARD(1958), ELLIS and TILLMAN (1961) rapportent qu'environ 95% de l'excrétion totale du phosphore chez la brebis est fécale, alors que l'excrétion urinaire du P est de 16% chez l'agneau. D'autres travaux confirmeront la prédominance de l'excrétion fécale chez les bovins et les chèvres, MUSCHEN et al., 1988,(37) RODEHUTCORD et al., 1994(44).

L'excrétion de Ca et de P se fait également dans le lait. Les quantités de Ca et P éliminées dans le lait sont importantes, et varient en fonction de la teneur en matière grasse. Mc DOWELL(1985) (35) rapporte que le lait de vache à 3,5% de matière grasse contient en moyenne 1,17% Co de Ca et 1,05% de P. MUSCHEN et al., 1988(37) travaillant sur des chèvres en lactation, montreront que les quantités de P et Ca éliminées dans le lait sont indépendantes des niveaux de phosphore de la ration d'une part, et que sous un régime alimentaire pauvre en P, les quantités de P et Ca présentes dans le lait restent supérieures aux quantités absorbées par l'animal. Ces auteurs obtiennent au bout de 16

semaines de lactation, une élimination moyenne de 0,86g de P et 1,34g de Ca par Kg de lait.

Ces résultats seront confirmés par ceux de RODEHUTSCORD et al., 1994(44). Ces auteurs démontrent que la composition du lait en Ca et P reste relativement constante quelque soit le niveau de phosphore de la ration. Par contre, la production laitière chute avec un rapport de phosphore alimentaire insuffisant.

En somme, il apparaît que l'élimination de Ca et P chez les ruminants se fait principalement par les matières fécales. Chez les femelles allaitantes, des quantités importantes sont éliminées par le lait et peuvent, lors de carence en phosphore être supérieures aux quantités absorbées.

### **3.3. REGULATION ENDOCRINIENNE DU METABOLISME PHOSPHO-CALCIQUE**

La régulation endocrinienne du métabolisme phospho-calcique est actuellement bien connue chez les mammifères domestiques. Tous les auteurs reconnaissent les rôles régulateurs de la calcémie et phosphatémie, joués par la parathormone(PTH), la calcitonine et de la vitamine D et ses métabolites.

Les valeurs normales de la calcémie et de la phosphatémie sont respectivement de 100mg de Ca/litre et 40 à 80mg de P/litre de rang.

### **3.3.1. Role de la parathormone (PTH)**

La PTH est secrétée par les parathyroïdes qui sont au nombre de 4 chez les ruminants. Cette sécrétion est stimulée par une hypocalcémie, alors que la phosphatémie n'a aucun effet sur elle.

La PTH agit alors par un effet hyperglycémiant et hypophosphatémiant qui résulte de ses actions au niveau de l'os, du tube digestif et du rein.

- sur l'os, il y a une activation des ostéoclastes qui se traduit par une libération de calcium et des phosphates de l'os ;

- au niveau du tube digestif, il y a une augmentation de l'absorption de Ca et P, chez les ovins, il y a en plus une augmentation de la sécrétion salivaire de phosphates. (GUEGUEN et BARLET 1978)(23);

- enfin, au niveau du rein, il y a une intensification de l'élimination urinaire des phosphates.

En somme, chez les ruminants, la PTH en réponse à une hypocalcémie, élève la calcémie, par libération du calcium osseux et par augmentation de son absorption au niveau de l'intestin grêle. Parallèlement, elle abaisse la phosphatémie en stimulant la sécrétion salivaire et l'excrétion urinaire des phosphates.

### **3.3.2. Role de la calcitonine (CT)**

La calcitonine (CT) est un polypeptide secrété par les cellules C de la thyroïde. Cette sécrétion est stimulée par toute élévation de la calcémie. Chez les ruminants, la CT a une action hypocalcémiante et hypophosphatémiante.

Chez la brebis et la chèvre adulte, cette action résulte essentiellement d'un blocage de la libération de Ca par l'os, et de l'augmentation de l'élimination urinaire des phosphates. Chez l'agneau nouveau-né, chez lequel le catabolisme osseux est très faible, et qui reçoit du colostrum, l'effet hypocalcémiant de la CT provient surtout d'un ralentissement de la vidange de la caillette. (GUEGUEN et BARLET 1978)(23).

La sécrétion de CT est également stimulée par diverses hormones gastro-intestinales, dont la sécrétion est déclenchée par l'arrivée des ions calcium au niveau de la muqueuse gastrique et duodénale. Ceci explique l'intensification de la sécrétion de CT au cours des périodes post prandiales d'une part, et d'autre part, l'absence de variations de la calcémie chez des chèvres ou des brebis soumises à de brutales variations de la teneur en calcium du régime alimentaire.(24)

### **3.3. LA VITAMINE D3 ou CHOLECALCIFEROL**

La vitamine D3 subit diverses transformations au niveau du foie et du rein. Les métabolites qui en résultent sont actuellement considérés comme de véritables hormones stéroïdes. Parmi ces métabolites, le 1,25 dihydroxy-cholécalciférol est le plus actif sur la régulation du métabolisme phosphocalcique. En effet chez l'adulte, en réponse à une hypocalcémie, il favorise l'absorption du calcium intestinal, et agit en synergie avec la PTH sur l'os pour stimuler l'ostéolyse. Chez le jeune par contre, le 1,25 (OH)<sub>2</sub> cholécalciférol est favorable à l'ostéogénèse et à la croissance, sa carence à cet âge se traduit par le rachitisme. Il agit au niveau rénal pour favoriser la réabsorption, tubulaire des phosphates.

En somme, la vitamine D3 par l'intermédiaire du 1,25(OH.)<sub>2</sub>- cholécalciférol a une action hypercalcémiant et hyperphosphatémiant.

#### **3.3.4. Les troubles du métabolisme phospho-calcique chez les ruminants**

Les troubles du métabolisme phosphocalcique se manifestent sous la forme des signes de carence. Ces troubles constituent un frein pour l'élevage dans la mesure où ils évoluent de façon silencieuse. En effet, les carences en Ca peuvent entraîner la fragilisation des os, les retards de croissance, des chutes des productions laitières et la tétanie, voire des convulsions dans les cas sévères de carence.

Chez la vache et la chèvre, GUEGUEN et BARLET(23), Mc DOWELL(34) rapportent que la parturition peut entraîner une hypocalcémie et une hypophosphatémie accentuée, entraînant des troubles connus sous l'appellation de "fièvre de lait". Les animaux atteints de "fièvre de lait" sont incapables de mobiliser le calcium et le phosphore osseux, pour faire face à la demande importante en ces minéraux qui caractérise le début de la lactation. Si les signes de carence en calcium sont facilement observables, tel n'est pas le cas des carences en phosphore qui vont d'évolution progressive.

En effet les carences sévères en phosphore se caractérisent par une faiblesse générale, la fragilisation osseuse, l'émaciation, la baisse de la production laitière, le pica, la dégradation de l'appétit, la raideur du squelette et des chaleurs silencieuses chez les femelles. Chez le jeune, les carences en calcium, phosphore ou en vitamine D, se traduisent par un ralentissement de la croissance, une grande sensibilité aux maladies parasitaires et surtout le

rachitisme. Chez l'adulte une carence prolongée en calcium et en phosphore se traduit par l'ostéomalacie, avec parfois des fractures spontanées des os.

En marge des troubles du métabolisme phosphocalcique dûs aux carences, il peut avoir des troubles dûs aux excès des minéraux. Ce sont essentiellement les excès de phosphore, qui peuvent se traduire chez les femelles gestantes par une inaptitude à mobiliser le calcium osseux et par conséquent la "fièvre du lait". Les excès de phosphore peuvent également conduire à des ostéodystrophies dont la plus fréquente chez les bovins est l'épaississement des os.

#### **4. APPORTS DE CALCIUM ET DE PHOSPHORE RECOMMANDÉS CHEZ LES RUMINANTS**

Compte tenu des fonctions fondamentales des éléments minéraux en général dans l'organisme, et du Ca et P en particulier, il est important de bien connaître les besoins alimentaires. Ces besoins peuvent être évalués sur la base des besoins nets (entretien, croissance, gestation, lactation) par la méthode utilisant les coefficients d'utilisation digestive réelle. Ces coefficients varient en fonction de l'animal et de l'aliment.

Les besoins en éléments minéraux et leur utilisation digestive réelle sont assez bien connus chez les bovins et les ovins. Ils sont connus de façon très sommaire chez les ruminants d'Afrique tropicale en général, et en particulier chez la chèvre tropicale. Les valeurs utilisées découlent beaucoup plus des connaissances sur les besoins en minéraux des animaux des climats tempérés et, que ce soit en climat tropical ou en climat tempéré, les apports recommandés de Ca et de P chez la chèvre, sont ceux en usage chez la brebis.

C'est ainsi que le National Research Council, 1985(39) préconise les apports de Ca et de P suivants : 0,18 - 1,04% de Ca et 0,18 - 0,70% de P pour l'alimentation des veaux en croissance et des génisses, 0,43 - 0,60% de Ca et 0,31 - 0,40% de P pour les vaches laitières, enfin pour la brebis et la chèvre 0,21 - 0,51% de Ca et 0,16 - 0,37% de P. MORAND-FEHR et SAUVANT, 1978(35), proposent pour une chèvre de 60Kg de poids vif 4g/jour de Ca et 3g/jour de phosphore pour l'entretien, ce qui correspond à un rapport Ca/p de 1,3.

Ces mêmes auteurs préconisent pendant les 4e et 5e mois de gestation un apport de 7,2 - 10g de Ca et 3,75 - 4,5g de P par jour, soit un rapport Ca/p de 2,2. JARRIGE et al., 1978(30) évaluent chez la chèvre les besoins nets d'entretien, de croissance et de lactation.

Ces auteurs estiment les besoins nets d'entretien chez la chèvre, à 30mg de calcium par Kg de poids et par jour, à 20mg de phosphore. Les valeurs utilisées pour la croissance sont selon l'âge, 11 à 8g de calcium par Kg de croît et 6,5 à 4,5g de phosphore. Enfin les besoins de lactation sont évalués en fonction de la teneur du lait Ca et P, et sont de moyenne de 1,3g de calcium par Kg et 1,0g de phosphore.

RIVIERE, 1991(42) proposent pour les caprins en milieu tropical, les besoins ci-dessous (Tableau 2.2.)

**Tableau 2.2. :** Besoins des caprins en calcium et en phosphore en milieu tropical (RIVIERE, 1991)(42)

	UF	CALCIUM (g/j)	PHOSPHORE (g/j)
<b><u>ENTRETIEN</u></b>			
(Poids vif)			
20	0,50	1,0	0,6
30	0,57	1,5	0,6
40	0,64	2,0	1,2
<b><u>GESTATION</u></b>			
(par animal/jour)			
4e mois	+ 0,25	+ 1,5	+ 1,8
5e mois	+ 0,40	+ 1,5	+ 1,8
<b><u>LACTATION</u></b>			
(par kg de lait)			
à 3,0 p.100 de MG	0,32	4	3
à 3,5 p.100 de MG	0,36	4	3
à 4,0 p.100 de MG	0,40	4	3



**ETUDE EXPERIMENTALE**

**CHAPITRE III**

**MATERIEL ET METHODES**

## **1 - MATERIEL**

### **1.1 - MATERIEL ANIMAL**

Dix chèvres du Sahel ont été utilisées dans l'expérience que nous avons entreprise au Département des Sciences biologiques et productions animales, Service de Zootechnie de l'E.I.S.M.V. de Dakar. Les animaux avaient un âge moyen de 2 ans en début de l'expérimentation.

### **1.2 - MATERIEL DE LABORATOIRE**

Nous disposons de toute la verrerie et de réactifs nécessaires à la réalisation d'analyses bromatologiques. Ajouté à cela, nous avons à notre disposition, les instruments suivants :

- Une balance de marque SCHENG-CHAN (50 - 15 000 kg).
- Une balance analytique (0,0001 à 160 g).
- Des étuves réglables.
- Des dessiccateurs.
- Des hottes d'extractions.
- Un bain-marie.
- Des Plaques chauffantes.
- Un spectrophotomètre.
- Un tour à moufle réglable (jusqu'à 2 000° C).
- Des cages de digestibilité.
- Un broyeur.

## **2 - METHODES**

### **2.1 - CONDUITE DES ANIMAUX**

Après une période d'adaptation au cours de laquelle les animaux ont subi des traitements antiparasitaires interne et externe, deux lots de cinq (5) chèvres chacun ont été constitués, dont un lot témoin (A) et un lot expérimental (B).

Les gestations ont été obtenues en partie après un traitement de chaleurs associant la Fluorogestone Acétate (FGA) et la PMSG, suivie de saillie par monte naturelle.

Une fois la gestation à son dernier tiers, les femelles gestantes ont été transférées en cage de métabolisme individuel de digestibilité, de façon à récolter séparément les urines et les fèces jusqu'au troisième mois de la lactation.

Les quantités d'aliments distribuées, le refus, les fèces et les urines ont été collectées puis pesées à intervalle régulier de 10 jours et pendant 3 jours consécutifs.

Les échantillons prélevés ont été conservés au congélateur à -20° C jusqu'au moment de leurs analyses.

### **2.2 - ALIMENTATION**

Les animaux ont reçu une alimentation composée de fanes d'arachides séchées, d'un concentré de céréales (maïs et sorgho) et du sel de cuisine.

Le lot expérimental (B) recevait en plus une complémentation en phosphate bicalcique, soit 4 p. 100 de la ration.

L'alimentation a été distribuée individuellement en deux repas par jour. Pour l'aliment de base à 10 heures et à 18 heures, en un seul repas pour le concentré une heure après l'aliment grossier du matin.

Les animaux ont disposé d'une eau d'abreuvement à volonté durant toute l'expérimentation.

Les compositions et les caractéristiques des rations sont récapitulées dans le tableau 3-1, soit un rapport de Ca/p de 3,04 dans le lot (A) et 1,69 dans le lot (B).

**Tableau 3-1 :** Caractéristiques et compositions des rations

INGREDIENTS	RATION : LOT A (TEMOIN)						RATION : LOT B (EXPERIMENTAL)					
	Qté (%)	MS (g)	UF	MAP (g)	CA (g)	P (g)	Qté (%)	MS (g)	UF	MAP (g)	CA (g)	P (g)
FANES D'ARACHIDES	46	691	0,44	58,2	7,2	0,8	44	691	0,44	58,2	7,2	0,8
MAÏS	25	220	0,29	25,8	0,05	0,7	25	220	0,29	25,8	0,05	0,7
SORGHO	25	225	0,25	15,5	0,06	0,9	25	225	0,25	15,5	0,06	0,9
SEL DE CUISINE	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
PHOSPHATE BICALCIQUE	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	2,7	3,5
TOTAL	-	-	0,98	99,5	7,3	2,4	-	-	0,98	99,5	10	5,9
Ca/p	3,04						1,70					

### **2.3 - Croissance pondérale des chevreaux et traite laitière**

Les chevreaux ont été pesés à la naissance, puis une fois par semaine jusqu'à l'âge de 3 mois.

La traite laitière a commencé pour chaque chèvre sept jours après la mise bas. Nous avons pratiqué une traite manuelle sur trois jours consécutifs à raison de deux traites par jour (le matin et le soir) suivie chaque fois d'une tétée par les chevreaux qui sont pesés avant et après la tétée. Ce qui nous a permis d'estimer les quantités lactières produites par jour et par chèvre.

Une partie du lait était prélevée et conservée sous froid à -20°C pour analyses bromatologiques, l'autre étant mise à disposition des chevreaux.

## **2.4 - METABOLISME PHOSPHO-CALCIQUE**

Les échantillons d'aliments, des fèces, d'urines et de lait ont été analysés pour la détermination de la teneur en calcium et en phosphore.

### **2.4.1 - Détermination de la matière sèche**

L'échantillon solide est broyé à l'aide d'un mortier. La matière sèche est alors déterminée après séchage dans l'étuve à une température de 103°C pendant 24 heures.

L'échantillon de lait est séché dans un premier temps à une température de 70°C pendant 24 heures, puis à une température de 103°C pendant 3 à 4 heures.

### **2.4.2 - Détermination des cendres brutes**

La teneur en cendre d'une substance alimentaire est conventionnellement le résidu de la substance après calcination.

Après séchage à l'étuve, les broyats sont incinérés au four à une température de 550°C pendant 5 heures.

#### **2.4.2.1 - Détermination de la teneur des cendres en calcium**

Les cendres sont traitées avec l'acide acétique et de l'oxalate d'ammonium selon la méthode de FERRANDO. Le calcium précipité sous forme d'oxalate de calcium.

Après dissolution du précipité dans l'acide sulfurique, l'acide oxalique formé est titré par une solution de permanganate de potassium.

#### **2.4.2.2. - Détermination de la teneur en phosphore**

L'échantillon est minéralisé avec l'acide nitrique concentré en présence de l'acide perchlorique.

La solution est traitée par le réactif vanado-molybdique, et la densité optique est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre par absorption à 430 nm.

#### **2.4.2.3 - Détermination de la matière azotée**

La matière azotée a été déterminée uniquement pour les aliments.

La méthode utilisée est celle de KJELDAHL. L'échantillon à analyser est minéralisé par l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur ; l'azote organique est transformé en azote ammoniacal ; l'ammoniac est ensuite déplacé par la soude puis par l'acide sulfurique titré.

#### **2.4.2.4 - Analyses statistiques**

Les résultats portés dans les tableaux sont les moyennes relevées par animal et par lot au cours de chaque période. Ils sont exprimés en moyenne plus ou moins l'écart-type.

L'analyse des variations observées dans l'ingestion de P et de Ca, dans l'excrétion urinaire et fécale et dans la sécrétion du P et Ca dans le lait, est faite par le test de FISCHER.

Les différences sont significatives entre les lots si  $P < 0,05$  et non significatives si  $P > 0,05$ .



**CHAPITRE IV**

**RESULTATS ET DISCUSSION**

**1 - RESULTATS****1.1 - METABOLISME PHOSPHO-CALCIQUE CHEZ LA CHÈVRE  
DU SAHEL EN GESTATION ET EN LACTATION****1.1.1 - Métabolisme du phosphore****Tableau 4.1.a - Influence des apports phosphocalciques sur le métabolisme du phosphore chez la chèvre du Sahel en gestation et en lactation:  
(Lot témoin A)**

Période (jours)	n	P. ingéré (g/j)	P. fécal (g/j)	CUDA (%)	P. absorbé (g/j)	P. Lait (g/j)	P. urinaire (g/j)	C.R (%)
43-41	3	1,63±0,16	0,59±0,05	64,26±1,88	1,04±0,05	-	0,014±0,010	63,46±1,85
26-24	3	1,57±0,12	0,50±0,07	68,55±2,61	1,07±0,07	-	0,007±0,010	68,19±2,65
16-14	3	1,48±0,03	0,46±0,01	69,30±0,60	0,92±0,02	-	0,007±0,001	68,80±0,62
6-4	3	1,55±0,02	0,62±0,17	0,93±0,12	0,93±0,12	-	0,002±0,002	59,65±1,38
<b>MISE - BAS</b>								
8-10	9	2,66±0,24	1,46±0,58	45,66±22,46	1,20±0,24	1,34±0,30	0,04±0,03	-6,77±0,8
18-20	6	2,69±0,20	1,10±0,19	58,19±7,43	1,59±0,18	1,22±0,20	0,02±0,01	13,09±7,48
28-30	9	2,61±0,26	1,51±0,52	46,73±17,84	1,10±0,52	0,98±0,30	0,01±0,01	4,18±0,1
38-40	9	2,69±0,22	1,15±0,25	59,32±9,67	1,54±0,26	0,80±0,33	0,01±0,06	26,98±1,63
48-50	9	2,46±0,23	1,14±0,24	55,89±7,56	1,32±0,24	0,86±0,32	0,01±0,06	18,37±1,21
58-60	9	2,12±0,24	1,22±0,29	46,88±18,54	0,90±0,29	0,65±0,16	0,02±0,02	11,04±1,68
73-75	9	1,23±0,11	1,23±0,11	44,21±6,82	0,89±0,11	0,59±0,25	0,01±0,01	13,73±0,93
88-90	9	1,23±0,32	1,23±0,32	43,05±13,08	0,75±0,32	0,01±0,01	0,01±0,01	1,00±0,94

**Tableau 4.1.b -**

Influence des apports phosphocalciques sur le métabolisme du phosphore chez la chèvre du Sahel en gestation et en lactation : (Lot Expérimental B)

Période (jours)	n	P. ingéré (g/j)	P. fécal (g/j)	CUDa (%)	P. absorbé (g/j)	P. Lait (g/j)	P. urinaire (g/j)	C.R (%)
42-40	3	3,48±0,01	0,46±0,02	86,75±0,52	3,02±0,01	-	0,01±0,00	86,51±00,57
32-30	3	2,19±0,02	0,48±0,04	78,03±1,66	1,71±0,02	-	0,01±0,00	77,63±1,56
22-20	6	3,69±1,13	0,64±0,14	82,66±3,74	3,05±0,12	-	0,02±0,01	82,24±0,89
12-10	6	3,69±0,18	0,58±0,11	84,18±2,86	3,11±0,14	-	0,02±0,01	83,74±2,21
2-0	6	3,31±0,74	0,72±0,11	77,74±3,07	2,55±0,68	-	0,02±0,01	73,85±2,87
<b>MISE - BAS</b>								
8-10	9	5,30±0,24	1,71±0,15	67,60±7,67	3,59±0,25	0,86±0,27	0,02±0,01	51,15±7,60
18-20	9	5,40±0,20	1,49±0,32	72,33±9,87	3,91±0,32	0,94±0,13	0,02±0,01	54,67±8,63
28-30	9	5,55±0,42	1,53±0,25	72,35±4,52	4,02±0,25	0,96±0,15	0,02±0,01	54,77±4,30
38-40	9	5,46±0,35	1,48±0,53	72,63±7,10	3,98±0,30	0,95±0,24	0,02±0,01	54,89±6,80
48-50	9	5,30±0,42	1,56±0,56	70,13±9,02	3,74±0,31	0,79±0,23	0,03±0,01	55,11±8,12
58-60	9	5,62±0,22	1,30±0,17	76,82±2,66	4,32±0,22	0,75±0,09	0,03±0,01	63,01±2,02
73-75	9	5,55±0,25	1,76±0,42	68,27±7,23	3,79±0,25	0,70±0,12	0,02±0,01	55,38±6,10
88-90	9	5,57±0,11	1,58±0,29	69,92±5,39	3,69±0,12	0,52±0,13	0,02±0,01	59,75±3,40

\* significatif

\*\* hautement significatif

\*\*\* très significatif

N.S. non significatif.

**Tableau 4-2** : Influence des apports phosphocalciques sur le bilan du phosphore pendant la gestation

	LOT A (Témoin)	LOT B (Expérimental)	DEGRE DE SIGNIFICATION A Vs B
P ingéré (g/j)	1,55±0,11	3,29±0,58	***
P fécal (g/j)	0,54±0,11	0,58±0,11	n.s.
CUDa (%)	65,50±6,97	82,11±3,69	***
P absorbé (g/j)	1,02±0,12	2,71±0,55	***
P urinaire (g/j)	±0,01	0,01±0,01	***
P retenu (g/j)	1,01±0,12	2,70±0,55	***
C.R. (%)	64,98±6,98	81,71±3,78	***

**Tableau 4-3** : Influence des apports phosphocalciques sur le bilan du phosphore pendant la lactation

	LOT A (Témoin)	LOT B (Expérimental)	DEGRE DE SIGNIFICATION A Vs B
P ingéré (g/j)	2,41±0,31	5,42±0,21	***
P fécal (g/j)	1,25±0,21	1,55±0,21	**
CUDa (%)	48,13±9,57	71,40±4,05	**
P absorbé (g/j)	1,16±0,22	3,88±0,21	***
P du lait (g/j)	0,89±0,26	0,81±0,14	n.s.
P urinaire (g/j)	0,02±0,01	0,02±0,01	n.s.
P retenu (g/j)	0,31±0,22	3,05±0,22	***
C.R. (%)	12,63±8,01	56,09±3,40	***

- \* significatif
- \*\* hautement significatif
- \*\*\* très hautement significatif
- n.s non significatif.

### 1.1.1.1 - Digestibilité du phosphore chez la chèvre du Sahel en gestation et en lactation

Les tableaux 4-1-a, 4-1-b, 4-2 et 4-3 montrent l'évolution de l'utilisation digestive apparente du phosphore au cours de la gestation et de la lactation. Sous l'influence d'une augmentation des apports de Ca et de P, nous constatons un accroissement de l'absorption digestive moyenne du P pendant la gestation qui passe de  $1,02 \pm 0,12$  g/jour soit 65,16 p. 100 de phosphore ingéré par les chèvres du lot (A) à  $2,71 \pm 0,55$  g/j, soit 82,37 p. 100 de phosphore ingéré pour celles du lot (B) d'une part et d'autre part, cet accroissement passe de  $1,16 \pm 0,22$  g/j, soit 48,16 p. 100 de phosphore ingéré par le lot (A) à  $3,88 \pm 0,21$  g/j, soit 71,40 p. 100 de phosphore ingéré par le lot (B) pendant la lactation. Les différences observées entre les lots A et B pendant la gestation et la lactation sont significatives ( $p < 0,001$ ).

L'élimination fécale moyenne diminue de  $0,54 \pm 0,11$  g/J, soit 34,80 p. 100 de phosphore ingéré par le lot A à  $0,58 \pm 0,11$  g/j, soit 17,63 p. 100 de phosphore ingéré par le lot B pendant la gestation, et de  $1,25 \pm 0,21$  g/1, soit 51,86 p. 100 de phosphore ingéré par le lot A, à  $1,55 \pm 0,21$  g/j, soit 28,60 p. 100 de phosphore ingéré par le lot B pendant la lactation.

Les différences ne sont significatives que pendant la phase de lactation ( $P < 0,01$ ).

L'élimination urinaire de phosphore diminue également et passe au cours de la gestation de  $0,01 \pm 0,01$  g/j, soit 0,4 p. 100 de phosphore ingéré par les animaux du lot A à  $0,01$  g/j, soit 0,3 p. 100 de phosphore ingéré par ceux du lot B, et pendant la lactation; elle passe de  $0,02 \pm 0,01$  g/j, soit 0,8 p. 100 de phosphore

ingéré par le lot A, à  $0,02 \pm 0,01$  g/j ; soit 0,4 p. 100 de phosphore ingéré par le lot B. Les différences observées dans les deux lots ne seront significatives qu'au cours de la gestation ( $P < 0,001$ ), alors que dans les deux lots, la différence d'élimination urinaire de phosphore n'est pas significative durant la lactation ( $P > 0,05$ ).

Quant à l'élimination du phosphore par le lait, elle est de  $0,89 \pm 0,21$  g/j, soit 1,32 g/kg de lait pour les chèvres du lot A et  $0,81 \pm 0,14$  g/j, soit 1,20 g/kg de lait pour celles du lot B. La différence d'exportation de phosphore par le lait des chèvres des lots A et B n'est pas significative ( $P > 0,05$ ). Nous constatons également que l'augmentation des niveaux de Ca et de P dans la ration entraîne un accroissement de l'utilisation digestive du phosphore pendant la gestation et pendant la lactation. Ainsi, le CUDa moyen du P pendant la gestation passe de  $65,50 \pm 6,97$  p. 100 pour les animaux du lot A à  $82,11 \pm 3,69$  p. 100 pour ceux du lot B. Pendant la lactation, il passe de  $48,13 \pm 9,57$  p. 100 à  $71,40 \pm 4,05$  p. 100 du lot A au lot B. Les CUDa moyens obtenus dans les deux lots respectivement pendant les phases de gestation et de lactation sont significativement différents ( $P < 0,001$ ). D'autre part, nous constatons une diminution similaire de l'utilisation digestive à la lactation. Ainsi, le CUDa moyen du phosphore passe de  $65,50 \pm 6,97$  p. 100 à  $48,13 \pm 9,57$  p. 100 dans le lot A et passe de  $82,11 \pm 3,69$  p. 100 à  $71,40 \pm 4,5$  p. 100 dans le lot B. Les différences observées sont également significatives ( $P < 0,01$ ).

Enfin, il nous a été donné de noter une chute de la digestibilité du phosphore à l'approche de la mise-bas, chute qui se maintient dans les dix jours qui suivent la mise-bas, puis la digestibilité augmente progressivement.

### 1.1.1.2 - Rétention du phosphore chez la chèvre du Sahel en gestation et en lactation

Les tableaux 4-1-a à 4-3, nous donnent les valeurs moyennes des coefficients de rétention de phosphore au cours de la gestation et de la lactation. Leurs évolutions sont illustrées par les figures 4-3-, 4-5, 4-6, 4-9 et 4-10.

La lecture de ces tableaux fait apparaître une augmentation de la rétention du phosphore lorsque les niveaux de Ca et de P augmentent dans la ration. Le coefficient de rétention du P croît significativement ( $P < 0,001$ ) de  $64,98 \pm 6,98$  p. 100 pour le lot A, à  $81,72 \pm 3,78$  p. 100 pour le lot B durant le dernier tiers de la gestation. Une élévation significative ( $P < 0,001$ ) est aussi observée durant la lactation. Ainsi le coefficient de rétention du P passe de  $12,63 \pm 8,01$  p. 100 pour le lot A à  $56,09 \pm 3,40$  p. 100 pour le lot B.

La rétention du P., comme sa digestibilité apparente diminue avant la mise-bas. Cette diminution se maintient dans les 30 jours qui suivent la parturition, avant de reprendre progressivement.

Nous constatons également une chute de rétention du phosphore au sein de chaque lot lorsque nous passons du stade de la gestation au stade de la lactation. Les coefficients moyens de rétention respectifs des lots A et B qui sont de  $64,98 \pm 6,98$  p. 100 et  $81,72 \pm 3,78$  p. 100 pendant la gestation, se situent à  $12,63 \pm 8,01$  p. 100 et  $56,09 \pm 3,40$  p. 100 au cours de la lactation.

Les apports de Ca et de P. dans la ration améliorent cependant le bilan du phosphore pendant la gestation (tableau 4-3) et pendant la lactation (tableau 4-4), malgré une élimination urinaire significative ( $P < 0,001$ ) au cours de la gestation.

### 1.1.1.3 - Digestibilité du phosphore sous forme de phosphate bicalcique chez la chèvre du Sahel

Selon le calcul de la digestibilité par différence de l'apport de phosphore minéral sous forme de phosphate bicalcique, le CUDA moyen du phosphore supplémentaire dans

la ration du lot B se situe à 98 p. 100 pendant le dernier tiers de la gestation et à 90 p. 100 pendant la lactation.

### 1.1.2 - Métabolisme du calcium

**Tableau 4.4.a** - Influence d'apports phosphocalciques sur le métabolisme du calcium chez la chèvre du Sahel en gestation et en lactation :  
(Lot A : Témoin)

Période (jours)	n	P. ingéré (g/j)	P. fécal (g/j)	CUDA (%)	P. absorbé (g/j)	P. Lait (g/j)	P. urinaire (g/j)	C.R (%)
43-41	3	6,14±0,77	5,44±0,69	11,57±1,97	0,70±0,70	-	0,07±0,03	10,05±0,96
26-24	3	5,45±0,40	3,68±0,47	31,31±6,16	1,70±0,40	-	0,01±0,02	30,34±6,86
16-24	3	6,12±0,13	4,62±0,50	24,49±7,07	1,50±0,17	-	0,02±0,01	24,16±7,14
6-4	3	6,04±0,59	4,17±0,67	31,3±5,33	1,87±0,17	-	0,01±0,01	30,61±5,40
<b>MISE - BAS</b>								
8-10	9	7,84±0,73	4,38±1,05	43,94±16,37	3,59±1,05	1,26±0,39	0,05±0,03	27,42±12,66
18-20	9	7,75±0,57	4,04±1,11	47,81±17,55	3,71±1,12	1,30±0,29	0,03±0,02	30,70±12,01
28-30	9	7,57±0,90	4,77±1,26	36,90±17,20	2,80±1,30	0,99±0,26	0,02±0,01	23,65±14,82
38-40	9	7,95±0,66	4,40±0,92	44,55±11,50	3,55±1,01	0,85±0,25	0,01±0,01	33,84±10,01
48-50	9	7,06±0,79	3,95±0,97	44,15±14,33	3,11±0,97	0,84±0,28	0,02±0,01	31,96±10,14
58-60	9	6,25±0,73	3,48±0,70	43,94±14,66	2,77±0,78	0,65±0,20	0,03±0,03	33,44±10,16
73-75	9	5,82±0,38	3,04±0,53	47,88± 7,46	2,78±0,66	0,59±0,14	0,01±0,01	37,46±5,48
88-90	9	5,03±1,02	2,66±0,45	46,8 ± 7,47	2,45±0,45	0,61±0,11	0,03±0,01	34,39±5



**Tableau 4.4.b** - Influence d'apports phosphocalciques sur le métabolisme du calcium chez la chèvre du Sahel en gestation et en lactation : (Lot Expérimental B)

Période (jours)	n	P. ingéré (g/j)	P. fécal (g/j)	CUDA (%)	P. absorbé (g/j)	P. Lait (g/j)	P. urinaire (g/j)	C.R (%)
42-40	3	8,48 $\pm$ 0,42	6,63 $\pm$ 0,56	21,48 $\pm$ 9,05	1,85 $\pm$ 0,40	-	0,08 $\pm$ 0,01	20,80 $\pm$ 0,05
32-30	3	7,39 $\pm$ 0,38	5,87 $\pm$ 0,53	20,82 $\pm$ 03 $\pm$ 3,25	1,52 $\pm$ 0,36	-	0,01 $\pm$ 0,00	20,29 $\pm$ 3,17
22-20	6	8,63 $\pm$ 0,70	6,71 $\pm$ 1,13	22,13 $\pm$ 10,53	1,92 $\pm$ 0,58	-	0,07 $\pm$ 0,03	21,34 $\pm$ 10,10
12-10	6	9,11 $\pm$ 0,79	5,75 $\pm$ 0,87	36,67 $\pm$ 9,43	3,36 $\pm$ 0,79	-	0,07 $\pm$ 0,06	36,10 $\pm$ 9,33
2-0	6	8,49 $\pm$ 0,61	5,91 $\pm$ 0,61	30,53 $\pm$ 12,48	2,58 $\pm$ 0,61	-	0,03 $\pm$ 0,03	34,83 $\pm$ 14,01
<b>MISE - BAS</b>								
8-10	9	9,93 $\pm$ 0,42	7,96 $\pm$ 1,14	19,83 $\pm$ 8,39	1,97 $\pm$ 1,05	0,80 $\pm$ 0,22	0,05 $\pm$ 0,02	11,28 $\pm$ 4,26
18-20	9	10,40 $\pm$ 0,62	7,23 $\pm$ 1,50	30,40 $\pm$ 14,33	3,17 $\pm$ 0,62	1,09 $\pm$ 0,11	0,03 $\pm$ 0,02	19,71 $\pm$ 8,01
28-30	9	10,55 $\pm$ 1,11	6,77 $\pm$ 1,41	35,37 $\pm$ 11,95	3,78 $\pm$ 1,11	0,95 $\pm$ 0,20	0,05 $\pm$ 0,03	26,35 $\pm$ 6,23
38-40	9	10,32 $\pm$ 1,24	6,49 $\pm$ 0,58	36,40 $\pm$ 10,40	3,83 $\pm$ 0,97	0,94 $\pm$ 0,10	0,04 $\pm$ 0,03	27,61 $\pm$ 5,60
48-50	9	9,74 $\pm$ 1,24	5,52 $\pm$ 1,50	43,48 $\pm$ 15,34	4,22 $\pm$ 1,12	0,87 $\pm$ 0,23	0,03 $\pm$ 0,02	34,09 $\pm$ 8,47
58-60	9	10,85 $\pm$ 0,80	5,51 $\pm$ 1,80	49,25 $\pm$ 11,55	5,34 $\pm$ 0,80	0,69 $\pm$ 0,15	0,04 $\pm$ 0,02	42,58 $\pm$ 7,61
73-75	9	10,61 $\pm$ 0,90	6,13 $\pm$ 1,65	42,47 $\pm$ 11,55	4,48 $\pm$ 0,90	0,67 $\pm$ 0,10	0,03 $\pm$ 0,02	35,63 $\pm$ 6,03
88-90	9	9,63 $\pm$ 0,39	5,21 $\pm$ 2,10	45,83 $\pm$ 10,35	4,42 $\pm$ 0,40	0,57 $\pm$ 0,10	0,05 $\pm$ 0,01	39,77 $\pm$ 5,65

**Tableau 4-5 :** Influence des apports phosphocalciques sur le bilan du calcium pendant la gestation

	LOT A (TEMOIN)	LOT B (EXPERIMENTAL)	DEGRE DE SIGNIFICATION A. Vs. B
Ca ingéré (g/j)	5,93±0,59	8,44±0,68	***
Ca fécal (g/j)	4,48±0,88	6,17±0,68	***
CUDa (%)	24,45±10,20	26,89±9,68	n.s.
Ca absorbé (g/j)	1,45±0,55	2,27±0,91	***
Ca urinaire (g/j)	0,03±0,03	0,05±0,03	*
Ca retenu (g/j)	1,42±0,57	2,24±0,91	***
C.R. (%)	24,48±10,53	26,12±9,44	n.s.

**Tableau 4-6 :** Influence des apports phosphocalciques sur le bilan du calcium pendant la lactation

	LOT A (TEMOIN)	LOT B (EXPERIMENTAL)	DEGRE DE SIGNIFICATION A. Vs. B
Ca ingéré (g/j)	6,91±1,11	10,26±0,65	***
Ca fécal (g/j)	3,84±0,84	6,36±1,04	**
CUDa (%)	44,43±7,78	38,01±10,60	n.s.
Ca absorbé (g/j)	3,08±1,11	3,90±0,65	n.s.
Ca lait (g/j)	0,89±0,26	0,82±0,17	n.s.
Ca urinaire (g/j)	0,03±0,01	0,04±0,01	*
Ca retenu (g/j)	2,16±0,29	3,04±1,03	n.s.
C.R. (%)	31,11±4,06	34,24±9,85	n.s.

### 1.1.2.1 - Digestibilité apparente du calcium chez la chèvre du Sahel en gestation et en lactation

Les tableaux 4-4 à 4-6 présentent les évolutions de l'utilisation digestive apparente du calcium au cours de la gestation et de la lactation.

L'absorption du calcium augmente avec les niveaux d'apport en Ca et en P pendant la gestation et pendant la lactation. Cette absorption passe de  $1,45 \pm 0,55$  g/j, soit 24,45 p. 100 de Ca ingéré par le lot A, à  $2,27 \pm 0,91$  g/j, soit 26,90 p. 100 de Ca ingéré par le lot B, au cours de la gestation. Pendant la lactation, cette absorption passe de  $3,08 \pm 1$ , à  $3,90 \pm 0,69$  g/j soit 38,01 p. 100 de calcium ingéré par le lot B. Les différences observées entre les deux lots pendant la gestation et pendant la lactation ne sont pas significatives ( $P > 0,05$ ).

L'excrétion fécale du calcium diminue avec l'augmentation des apports de Ca et de P. Elle passe au cours de la gestation de  $4,48 \pm 0,88$  g/j, soit 75,55 p. 100 de Ca ingéré par le lot A, à  $6,17 \pm 0,68$  g/j, soit 73,10 p. 100 de Ca ingéré par le lot B. Les différences observées entre les lots A et B sont significatives ( $P < 0,001$ ).

Par contre, cette excrétion fécale de Ca augmente de façon significative ( $P < 0,01$ ) chez la chèvre en lactation, de  $3,84 \pm 0,84$  g/j, soit 55,37 p. 100 de calcium ingéré dans le lot A, à  $6,36 \pm 1,04$  g/j, soit 61,99 p. 100 de calcium ingéré dans le lot B.

L'élimination urinaire de calcium régresse de façon significative ( $P < 0,05$ ) au cours de la gestation, de  $0,03 \pm 0,03$  g/j, soit 1 p. 100 du calcium ingéré par le lot A, à  $0,05 \pm 0,03$  g/j, soit 0,5 p. 100 du calcium ingéré par le lot B. Elle reste relativement constante pendant la lactation avec 0,4 p. 100 du calcium éliminé par les lots A et B. L'excrétion de phosphore par le lait varie de  $0,89 \pm 0,26$  g/j, soit 1,32 g/kg de lait à  $0,82 \pm 0,12$  g/j, soit 1,22 g/kg de lait respectivement pour les lots A et B. Les différences observées entre les deux lots ne sont pas significatives ( $P < 0,05$ ).

Le CUDa moyen du calcium augmente avec les apports de calcium et de phosphore au cours de la gestation. Ce CUDa moyen passe de  $24,45 \pm 10,20$  p. 100 dans le lot A, à  $26,89 \pm 9,68$  p. 100 dans le lot B. Par contre, le CUDa moyen du calcium diminue durant la lactation et, il est de l'ordre de  $44,43 \pm 7,78$  p. 100 pour le lot A et  $38,01 \pm 10,60$  p. 100 pour le lot B. Les différences entre les lots A et B dans le dernier tiers de la gestation et durant la lactation ne sont pas significatives ( $P > 0,05$ ). Le CUDa du calcium chute quelques jours avant et après la mise-bas, puis croît progressivement pour le lot B. Par contre, il augmente très rapidement après la mise-bas pour le lot A.

#### **1.1.2.2. Rétention du calcium chez la chèvre du Sahel en gestation et en lactation**

Les tableaux 4-4 à 4-6 font apparaître une augmentation non significative ( $P > 0,05$ ) de la rétention du calcium au cours de la gestation. Le coefficient de rétention est de  $24,48 \pm 10,53$  p. 100 dans le lot A et de  $26,12 \pm 9,44$  p. 100 dans le lot B. Pendant la lactation, le coefficient de rétention du calcium augmente de  $31,11 \pm 4,06$  p. 100 dans le lot A à  $32,24 \pm 9,85$  p. 100 dans le lot B. Les différences entre les deux lots A et B ne sont pas significatives. Toutefois, le bilan calcique est amélioré pendant la gestation, car le calcium urinaire intervient peu dans l'établissement du bilan de calcium, étant donnée la faiblesse relative de l'excrétion calcique par cette voie (1 p. 100 pour le lot A et 0,5 p. 100 pour le lot B).

Enfin, nous constatons également une chute de la rétention calcique à l'approche de la mise-bas. La chute est beaucoup plus accentuée dans le lot B que dans le lot A.

**1.1.2.3 - Digestibilité du calcium sous forme de phosphate bicalcique chez la chère du Sahel en gestation et en lactation**

Le calcul de la digestibilité par différence de l'apport de calcium minéral sous forme de phosphate bicalcique nous a donné un CUDa moyen de calcium supplémentaire dans la ration de lot B de 33 p. 100 dans le dernier tiers de la gestation et 25 p. 100 pendant la lactation.

**1.2 - CROISSANCE PONDERALE DES CHEVREAUX**

**Tableau 4-7 :** Influence des niveaux d'apport en Ca et en P sur la croissance pondérale des chevreaux

	LOT A (TEMOIN)	LOT B (EXPERIMENTAL)
AGE (Semaine)	POIDS VIF (Kg)	POIDS VIF (kg)
Naissance	2,06±0,33	2,35±0,24
1ère	2,78±0,41	3,15±0,32
2ème	3,76±0,57	4,10±0,49
3	4,53±0,88	4,68±0,39
4	5,36±0,68	5,33±0,29
5	5,96±0,72	6,17±0,24
6	6,36±0,75	6,93±0,55
7	6,65±0,89	7,53±0,63
8	7,29±0,90	8,07±0,53
9	7,91±0,98	8,52±0,37
10	8,18±0,87	9,05±0,72
11	8,33±0,87	9,68±0,53
12	8,50±0,90	10,00±0,40
G.M.Q. (g/j)	76,66±8,71	91,07±8,01

Le tableau 4-7 récapitule l'évolution des poids vifs moyens des chevreaux sur une période de trois mois après la naissance. Les gains de poids moyens obtenus sont de 6,44 kg pour le lot A et 7,65 kg pour le lot B. Les GMQ sont de

76,66±8,71 g/jour pour le lot A et 91,07±8,01 pour le lot B. Les différences observées entre les 2 lots sont significatives (P <0,05).

### 1.3 - PRODUCTION LAITIÈRE ET COURBE DE LACTATION

**Tableau 4-8 :** Influence des phosphocalciques sur la lactation de la chèvre du Sahel

	LOT A (TEMOIN)	LOT B (EXPERIMENTAL)
Période de lactation (jour)	Production journalière (Kg/j)	Production journalière (Kg/j)
10ème	0,967±0,252	0,715±0,056
20	0,956±0,222	0,797±0,097
30	0,781±0,220	0,786±0,46
40	0,668±0,235	0,769±0,134
50	0,660±0,239	0,721±0,141
60	0,478±0,166	0,596±0,101
75	0,431±0,099	0,551±0,146
90	0,458±0,043	0,425±0,152
Production moyenne (Kg/j/chèvre)	0,675±0,200	0,670±0,124

Le tableau 4-8 présente les quantités moyennes de lait produites par jour et par chèvre. Les productions laitières journalières moyennes sont respectivement de 0,675±0,200 kg/j dans le lot A et 0,670±124 dans le lot B. Les productions

maximales sont de  $0,967 \pm 0,252$  kg/j dans le lot A et  $0,797 \pm 0,97$  kg/j dans le lot B. Les différences entre les deux lots ne sont pas significatives ( $P > 0,05$ ).

Les productions moyennes totales après 3 mois de lactation s'élèvent respectivement à  $54,0 \pm 1,4$  kg de lait dans le lot A et à  $53,6 \pm 1,4$  kg de lait dans le lot B. Il n'y a pratiquement pas de différence entre les chèvres du lot A et celles du lot B ( $P > 0,05$ ).

## **2 - DISCUSSION**

### **2.1 - Influence des apports de Ca et de P sur le métabolisme du phosphore chez la chèvre du Sahel en gestation et en lactation**

#### **2.1.1 - L'absorption**

Les tableaux 4-2 et 4-3 montrent les différences dans l'absorption du phosphore chez les chèvres des deux lots au cours de la gestation et de la lactation. En effet, l'absorption de P est significativement ( $P < 0,001$ ) plus élevée chez les chèvres du lot B que celles du lot A d'une part, d'autre part, cette absorption est plus élevée pendant la gestation que pendant la lactation.

Ces résultats sont en conformité avec ceux de GUEGUEN et BARLET (23), GUEGUEN, LAMAND et MESCHY (25) qui notent qu'un excès de Ca dans la ration augmente de façon significative l'absorption de P si toutefois les apports de ce dernier sont suffisants. Ces auteurs constatent également que l'absorption digestive des minéraux est beaucoup plus active pendant les deux derniers mois de la gestation.

### **2.1.2 - L'excrétion fécale et urinaire**

L'excrétion fécale du P est réduite chez les chèvres du lot B par rapport aux chèvres du lot A, aussi bien dans le dernier tiers de la gestation que durant les trois premiers mois de la lactation. Si cette réduction de l'excrétion fécale du P n'est pas significative durant la gestation ( $P > 0,05$ ), elle l'est par contre pendant la phase de lactation ( $P < 0,01$ ).

L'excrétion urinaire du P est plus faible chez les chèvres du lot B que celles du lot A au cours de la gestation et de la lactation. Les variations observées entre les chèvres des deux lots sont significatives pendant la gestation ( $P < 0,001$ ) mais ne le sont plus durant la lactation ( $P > 0,05$ ). Ce qui confirme les résultats obtenus par GUEGUEN, LAMAND et MESCHY (25), lesquels rapportent qu'un apport suffisant de Ca et de P alimentaire améliore l'absorption intestinale et la réabsorption rénale de ces minéraux.

### **2.1.3 - L'excrétion du P dans le lait**

L'excrétion de P dans le lait n'a pas été affectée par l'augmentation des niveaux de Ca et de P dans l'alimentation. Bien que les lots A et B présentent des différences dans l'excrétion de phosphore par le lait, les variations observées ne sont cependant pas significatives ( $P > 0,05$ ). Ces résultats sont identiques à ceux obtenus par MUSCHEN et Al. (37), RODEHUTSCORD et Al. (44) qui notent que les quantités de P éliminées dans le lait restent relativement constantes durant toute la lactation quels que soient les niveaux de phosphore dans l'alimentation.



#### **2.1.4 - L'utilisation digestive apparente du phosphore**

La courbe d'évolution du coefficient d'utilisation digestive apparente du P (annexe 4-1) montre des différences entre les chèvres des deux lots. En effet, l'utilisation digestive apparente du P au cours de la gestation et de la lactation est plus élevée dans le lot B que dans le lot A. Cette utilisation digestive apparente chute dans les jours qui précèdent et qui suivent la mise-bas. Les variations observées sont significatives dans les phases de la gestation ( $P < 0,001$ ) et de la lactation ( $P < 0,01$ ).

Ces résultats confirment ceux de MORAND-FEHR, SAUVANT (36) qui notent que le métabolisme gravidique est beaucoup plus élevée dans le dernier tiers de la gestation, et chute au voisinage et de part et d'autre de la mise-bas suite à une baisse de la capacité d'ingestion alors que les besoins sont très élevés, d'une part, d'autre part l'organisme maternel utilise les réserves corporelles.

#### **2.1.5 - La rétention du phosphore**

Il existe des différences dans l'évolution de la rétention du P dans les deux lots de chèvres au cours de la gestation et de la lactation. La rétention de P est dans les deux cas plus élevée avec les chèvres du lot B qu'avec celles du lot A. Cette rétention de P est également plus élevée chez la chèvre du Sahel gestante que chez la même chèvre allaitante.

Les variations observées entre les deux lots de chèvres pendant ces deux stades physiologiques sont significatives ( $P < 0,001$ ), et de ce fait confirment les informations rapportées par de nombreux auteurs (25) qui font état d'une amélioration du bilan de phosphore avec des apports de P d'une part, d'autre

part par MUSCHEN et Al (37), RODEHUTSCORD et Al (43), KIRCHGESSNER (31) qui notent que les quantités importantes de phosphore sont exportées par le lait et que ces quantités peuvent parfois être supérieures aux quantités totales absorbées.

## **2.2 - INFLUENCE DES APPORTS DE CA ET DE P SUR LE METABOLISME DU CALCIUM CHEZ LA CHÈVRE DU SAHEL EN GESTATION ET EN LACTATION**

### **2.2.1 - L'absorption**

Les tableaux 4-5 et 4-6 font apparaître des différences dans l'absorption du calcium pendant la gestation et pendant la lactation. Cette absorption digestive du Ca est significativement plus élevée dans le lot B que dans le lot A durant le tiers terminal de la gestation ( $P < 0,001$ ), alors que chez la chèvre allaitante, l'élévation de l'absorption digestive du Ca dans le lot B par rapport au lot A n'est pas significative ( $P > 0,05$ ). Ces observations confirment les résultats obtenus par BRAITHWHITE et Al (50) chez la brebis, où ils constatent une augmentation de l'absorption digestive du Ca au cours de la gestation.

### **2.2.2 - L'excrétion fécale et urinaire**

Les quantités de Ca excrétées par les fèces sont plus élevées chez les chèvres du lot B que celles du lot A durant la gestation et la lactation. Les différences sont significatives aussi bien chez la chèvre sahélienne gestante ( $P < 0,001$ ) que chez la même chèvre allaitante ( $P < 0,01$ ).

Quant à l'excrétion urinaire, elle suit une évolution similaire à celle de l'excrétion fécale au stade terminal de la gestation, alors qu'elle reste relativement constante dans les trois premiers mois de la lactation. Les

variations observées entre les deux lots au cours de la gestation sont significatives ( $P < 0,05$ ).

### **2.2.3 - L'excrétion de Ca par le lait**

Les quantités de Ca excrétées par le lait sont plus élevées avec les chèvres du lot A que celles du lot B. Les variations entre les deux lots ne sont cependant pas significatives ( $P > 0,05$ ), mais elles confirment les résultats obtenus par de nombreux auteurs qui rapportent que des quantités considérables de Ca sont excrétées par le lait, indépendamment des niveaux de Ca et de P alimentaires (37), (44).

### **2.2.4 - L'utilisation digestive apparente du Ca**

Le CUDa du Ca dans son évolution durant le stade de la gestation ne montre pas de différences significatives ( $P > 0,05$ ). Ce CUDa du Ca est plus élevé avec les animaux du lot A que ceux du lot B au cours de la lactation. Toutefois, les différences observées ne sont pas statistiquement significatives ( $P > 0,05$ ).

Les valeurs atteintes au cours de la lactation sont plus élevées dans les deux lots de chèvres que celles obtenues chez les chèvres en gestation. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par BRAITHWHITE et Al (50) sur la brebis. Ces auteurs constatent que le CUDa du Ca peut durant la lactation atteindre le double de la valeur obtenue au cours de la gestation, et suggèrent que cela est dû à une absorption active plus élevée pendant la lactation.

### **2.2.5 - La rétention du Ca**

Il n'apparaît pas de différences statistiques significatives dans la rétention du Ca chez les chèvres du Sahel des lots A et B, aussi bien durant la gestation qu'à la lactation ( $P > 0,05$ ).

Ainsi, l'augmentation dans la ration des niveaux de Ca et de P n'a pas d'influence sur la rétention calcique au cours de la gestation et de la lactation.

### **2.3 - DIGESTIBILITE DU PHOSPHORE ET DU CA SOUS FORME DE PHOSPHATE BICALCIQUE**

Le coefficient d'utilisation digestive apparent du phosphore sous la forme de phosphate bicalcique chez la chèvre du Sahel est de 98% durant la gestation et de 90% pendant la lactation. celui du calcium dans la même source est respectivement de 33% et 25% chez la chèvre sahélienne gestante et en lactation.

En ce qui concerne le CUDa du Ca, les valeurs obtenues sont similaires à celles de GUEGUEN et BARLET (23) en début de la lactation (30%) et de KESSLER (24) au cours de la lactation (8-28%) chez les chèvres des régions tempérées.

Quant au CUDa du phosphore, les résultats obtenus sont supérieurs à ceux de GUEGUEN (24), GONGNET et Al (22), avec le phosphate tricalcique, tandis qu'ils sont identiques à ceux obtenus par KODDEBUDSCH et Al (32) avec le phosphate monocalcique et le phosphate bicalcique chez la chèvre.

En somme, gestation et lactation sont des stades physiologiques qui s'accompagnent d'une augmentation des besoins en Ca et P de la mère pour l'édification du squelette du fœtus et la production de lait (50).

Chez les ruminants domestiques, la couverture des besoins de la mère au cours des stades physiologiques, est en partie assurée par une augmentation de l'absorption intestinale de ces minéraux sous l'influence de la vitamine D (50).

Le CUDa du Ca et du P plus élevé au cours de la gestation qui en début de lactation serait probablement lié aux besoins en ces minéraux plus importants pendant la période de gestation que pendant la lactation.

Par ailleurs, il est admis que l'absorption intestinale du Ca et du P donc leur CUDa est fonction de la teneur de la ration en Ca. Une ration pauvre en Ca stimule l'absorption active du Ca et du P et par conséquent améliore leur CUDa.

En tenant compte de cette donnée, nous constatons que le métabolisme du P chez la chèvre est conforme à la littérature, par contre en ce qui concerne le Ca, nos résultats sont différents au cours de la lactation. Il est possible que chez la chèvre en lactation, l'absorption passive du Ca l'emporte sur l'absorption active, en ce sens que plus la ration est riche en Ca, plus le CUDa est élevé.

## **2.4 - INFLUENCE DES NIVEAUX D'APPORTS EN CA ET EN P SUR LES PERFORMANCES DE REPRODUCTION**

### **2.4.1 - La croissance pondérale des chevreaux**

Le QMG est plus élevé avec chevreaux du lot B qu'avec ceux du lot A à trois mois d'âge. Les variations observées sont significatives ( $P < 0,05$ ), toutefois il faut prendre ces résultats avec réserve du fait que les lots n'étaient pas homogènes.

### **2.4.2 - La production laitière**

Les quantités moyennes journalières du lait produit par chèvre et par lot ne présente pas de différences significatives ( $P > 0,05$ ). CHARRAY et al (6), DOUTRESSOULE (14) ont obtenu des productions journalières moyennes plus élevées.

## CONCLUSION

La maîtrise des productions animales en général, et des animaux domestiques à cycle de reproduction court, telle la chèvre du Sahel, doit être une priorité en Afrique au Sud du Sahara, si l'on veut atteindre autosuffisance en protéines d'origine animale. Cette maîtrise doit être orientée vers une amélioration quantitative et qualitative de la production.

Un tel objectif ne serait guère atteint sans une parfaite connaissance des besoins énergétiques, protéiques et minéraux de nos animaux, surtout si l'on admet d'une part, que les déséquilibres minéraux (excès ou carences) dans les sols et les fourrages tropicaux sont considérés depuis longtemps comme les causes majeures de production et reproduction médiocres des ruminants de pâturages tropicaux, et d'autre part, si l'on admet que les fourrages et les céréales utilisés dans l'alimentation des ruminants tropicaux sont déficients en plusieurs éléments minéraux majeurs essentiels à l'animal, parmi lesquels le calcium et le phosphore.

Notre contribution a donc consisté à étudier les influences des apports phosphocalciques sur le métabolisme du calcium et du phosphore chez la chèvre du Sahel en gestation, puis en lactation.

A cet effet, six chèvres sahéliennes, âgées de deux ans en moyenne, réparties en deux lots de trois chèvres chacun, ont été soumises durant la gestation et la lactation, à deux niveaux d'apport en Ca et en P alimentaires dont les rapports Ca/P étaient de 3,04 pour les chèvres du lot A et 1,7 pour les chèvres du lot B.

Quatre chèvres ont été utilisées pour établir les bilans de Ca et de P durant le dernier tiers de la gestation, et 6 chèvres ont servi à l'établissement de ces mêmes bilans au cours des trois premiers mois de lactation.

Les résultats suivants ont été obtenus :

- 1 - Les absorptions digestives apparentes du Ca et du P chez la chèvre du Sahel en gestations ont plus élevées dans le lot B que dans le lot A, et les variations observées entre les deux lots sont significatives ( $P < 0,001$ ).
- 2 - Pendant la lactation, si l'absorption digestive apparente du P reste significativement plus élevée chez les chèvres du lot B par rapport à celles du lot A ( $P < 0,001$ ), celle du Ca bien plus élevée dans le lot B par rapport au lot A, ne présente cependant pas de différence significatives ( $P > 0,05$ ).
- 3 - L'excrétion fécale du P chez la chèvre sahélienne gestante est moins élevée dans le lot B que dans le lot A, mais la différence observée n'est pas significative. Chez la chèvre allaitante, cette excrétion fécale du P est réduite de manière significative ( $P < 0,01$ ) dans le lot B par rapport au lot A.
- 4 - L'élimination du Ca par le fèces diminue significativement chez les chèvres gestantes du Lot B par rapport à celles du lot A ( $P < 0,001$ ). Elle est par contre beaucoup plus élevée au cours de la lactation chez les chèvres du lot B que chez les chèvres du lot A. La variation observée est significative ( $P < 0,01$ ).



- 5 - Dans le dernier tiers de la gestation, les apports phosphocalciques baissent de manière significative ( $P < 0,001$ ) ; l'excrétion urinaire du P chez les chèvres du lot B par rapport aux chèvres du lot A, tandis que celle du Ca augmente significativement chez les animaux du lot B ( $P < 0,05$ ). Pendant la lactation, ces apports de Ca et de P entraînent une diminution de l'élimination urinaire de P dans le lot B, mais la différence n'est pas significative entre le lot A et le lot B ( $P > 0,05$ ). Par contre l'excrétion urinaire du Ca dans cette période est plus élevée chez les chèvres du lot B que celles du lot A, la différence notée étant significative ( $P < 0,05$ ).
- 6 - Les sécrétions du Ca et du P dans le lait sont légèrement plus grandes avec les chèvres du lot A qu'avec celles du lot B. Toutefois, il n'existe pas de différence significative ( $P > 0,05$ ).
- 7 - Les CUDa moyens du P pendant la gestation et la lactation chez les chèvres du lot B sont supérieurs à ceux obtenus chez les chèvres du lot A. Les différences observées sont dans les deux cas statistiquement significatives ( $P < 0,01$ ).
- 8 - Les CUDa moyens du Ca ne subissent pas d'influence significative avec les apports de Ca et de P alimentaires durant la gestation et la lactation  
( $P > 0,05$ ).
- 9 - La rétention du P pendant la phase terminale de la gestation, et durant la phase de lactation, fait l'objet d'une amélioration

significative ( $P < 0,001$ ) chez les chèvres du lot B par rapport aux chèvres du lot A.

- 10 - Les apports phosphocalciques sous la forme de phosphate bicalcique n'ont pas d'effets significatifs sur le coefficient de rétention du Ca chez la chèvre du Sahel gestante et en lactation.
- 11 - Les CUDa moyens respectives du Ca et du P apportés sous la forme de phosphate bicalcique sont évalués à 33% et 98% pendant la gestation, et 25% et 90% pendant la lactation.
- 12 - En ce qui concerne les performances de reproduction,
  - les apports en Ca et en phosphore semblent ne pas avoir d'effets significatifs sur les poids vifs moyens des chevreaux à la naissance ( $P > 0,05$ ) ;
  - les GMQ obtenus sont significativement plus élevés chez les chevreaux du lot B que chez les chevreaux du lot A ( $P < 0,05$ );
  - aucune mortalité aussi bien des mères que des petits n'a été observée durant toute l'expérimentation ;
  - les suppléments du Ca et de P alimentaires n'influenceraient pas les productions laitières journalières moyennes ( $P > 0,05$ );
  - les pics de lactation obtenus sont situés à la deuxième semaine de lactation pour les chèvres du lot A, et à la troisième semaine pour celles du lot B.

A la lumière de cette étude l'augmentation des niveaux d'apport en Ca et en P alimentaires, agit sur ces minéraux aux niveaux digestifs et métabolique.

Le résultat global étant marqué par une amélioration de la rétention du P pendant la gestation et pendant la lactation.

Une augmentation des niveaux d'apports en Ca et en P alimentaires dans un rapport Ca/P de 1,7 pendant la gestation, décroît très significativement ( $P > 0,001$ ) la phosphaturie et augmente de façon significative l'absorption digestive apparente du P ( $P < 0,001$ ) d'une part, et d'autre part, elle améliore significativement l'absorption digestive apparente du Ca ( $P < 0,001$ ) et réduit la calciurie ( $P < 0,05$ ).

Pendant la lactation, l'absorption digestive du P augmente de façon significative ( $P < 0,01$ ) avec les niveaux de Ca et de P, alors la calciurie régresse ( $P < 0,005$ ).

L'amélioration du bilan du phosphore pendant la gestation pourrait s'expliquer par une meilleure absorption digestive apparente du P d'une part, et par une bonne réabsorption rénale de ce même minéral d'autre part.

Quant à l'amélioration du bilan du phosphore qui survient au cours de la lactation, elle semble plus être le fait d'une absorption digestive plus intense.

A la lumière de cette étude, nous pouvons envisager chez la chèvre du Sahel alimentée avec des fourrages séchés et des céréales, une complémentation en Ca et P apportés sous la forme de phosphate bicalcique de l'ordre de 4% dans la ration, durant les phases de gestation et de lactation. Ceci correspond à un apport de 9 g de calcium et 5 g de P par kilogramme de matière sèche.

Toutefois, des études complémentaires méritent d'être menées surtout en relation avec la vitesse et les mécanismes de mobilisation et de fixation du calcium et du phosphore chez la chèvre du Sahel au cours de ses différents stades physiologiques.

**BIBLIOGRAPHIE**

- 1 - BERINSTAIN-BAILLY, C. (1992) Les Caractéristiques du lait de chèvre.  
Capricorne, 5 : 5-12
- 2 - BERTAUDIÈRE, L. (1977) La race aprine du Sahel.  
Résultats d'une année d'observation : Rapport annuel de Farcha.  
E.I.M.V.T.
- 3 - BOURZAT, D. (1985) La chèvre naine d'Afrique Occidentale.  
Monographie.  
Addis-Abébas : C.P.E.A. - 68 p.
- 4 - BRAITHWAITE, G.D. (1984) Some observations on phosphorus  
homeostasis and requirements of sheep.  
J. Agric. Sci.Camb. 102, 295-306.
- 5 - CARE, A.D. ; BROWN. R.C. ; FARAR, A.R. and PICARD, D.W. (1984)  
Magnesium absorption from the digestive tract of sheep.  
Q. J. EXP. Physiol. 69, 577-587.
- 6 - CHARRAY, J ; COULOMB, J ; HAUMESSER, J. B. et al. (1980)  
Les petits ruminants d'Afrique Centrale et d'Afrique de l'Ouest  
Synthèse des connaissances actuelles.  
Maisons-Alport : E.I.M.V.T. - 295 p.

- 7 - CHEMINEAU, P. ; LEVY, F. et COGNIE, Y. (1984)  
L'effet bouc : mécanismes physiologiques (473-485).  
In. : Reproduction ds ruminants en zone ropicale. Réunion internationale,  
Pointe-à-Pitre, GUADELOUPE 8-10 juin 1983.  
INRA-publications, Versailles.
- 8 - CHURCH, D.C. (1984) Digestive physiology and nutrition of ruminants.  
Vol. 2 - Nutrition. Second edition.
- 9 - CLERK, I. (1969). Metabolic interaction of Ca, Mg and P.  
An. j. physiol, 217 3) : 871.
- 10 - CREPIN, J. et CREPIN, P. (1948). La chèvre : Encyclopédie des  
connaissances caprines.  
PARIS ; SIBONEY : 127 p.
- 11 - DEVENDRA, C. (1980). Milk production in goat compared to buffalo and  
cattle in humid tropics.  
J. Dairy. Sci., 63, 1755-1767.
- 12 - DEVENDRA, C. (1991) La production de lait de chèvre dans les pays en  
développement.  
Capricorne ; 1, 12-15.
- 13 - DEVENDRA. C ; BURNS, M. (1970). Goat production in the tropics.  
Londres, Common. Agrie. Bur.182 p.

- 14 - DOUTRESSOULE, G. (1947). L'élevage en Afrique Occidentale.  
Moissonneuve et Larose, Paris, 597 p.
- 15 - DUMAS, R. (1980). Contribution à l'étude des petits ruminants au Tchad.  
Rév. Elev. Méd.vét. pays trop., 33 (2) : 215-233
- 16 - EPSTEIN, H. (1971). The origin of domestic animals of Africa.  
New-York, African publishing Corporation.
- 17 - F.A.O. (1991). Annuaire-production. Direction statistique.  
ROME.
- 18 - FAUGERE, O. ; FAUGERE, B. ; MERLIN, P. et MOULIN, C.H. (1989)  
L'élevage des petits ruminants dans la région de Louga.  
DAKAR : ISRA/I.E.M.V.T./CIRAD- 139 p.
- 19 - FONTENOT, J.P. and CHURCH, D.C. (1984). The macro (major) minerals  
In. : Digestive physiology and nutrition of ruminants.  
08 B books, Inc.
- 20 - FRENCH, M.H. (1971). Observation sur la chèvre.  
ROME : FAO., 227 p.
- 21 - CONGNET, G.P. et MINGOS-KILLEKOUNG, J.P. (1994). Observations  
dans quelques élevages de petits ruminants en milieu traditionnel dans  
la province de l'Est Cameroun.  
Rév. Méd. vét., 145 (10) : 755-759.

- 22 - CONGNET, G.P. ; RODEHUSCORD, M. ; PFEFFER, E. (1995).  
Verwertbarkeit des phosphors aus tricalciumphosphat beilorktierenden  
ziegen.  
J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.
- 23 - GUEGUEN, L. et BARLET, J.P. (1978). Besoins nutritionnels en  
minéraux et vitamines de la brebis et de la chèvre. (19-37). In :  
Alimentation de la brebis et de la chèvre.  
I.N.R.A./I.T.O.V.I.C.
- 24 - GUEGUEN, L. et LAMAND, M. (1978). Minéraux (125-160).  
In : Alimentation des ruminants.  
Versailles : INRA-publications.
- 25 - GUEGUEN, L. ; LAMAND, M. et MESCHY, F. (1988). Nutrition  
minérale  
(95-11). In : Alimentation des ruminants.  
Versailles ; INRA-publications.
- 26 - GUERBALDI, P. (1978). L'élevage ds petits ruminants au Niger.  
Maison-Alfort : I.E.M.T.V.
- 27 - HAUMESSER, J.B. (1975). Quelques aspects de la reproduction chez la  
chèvre rousse de Maradi : Comparaison avec d'autres races tropicales et  
subtropicales.  
Rev. Elev. éd. vét. pays trop., 18 (2) : 225-234.



- 28 - HOLER, H. ; FIGGE, A ; RICHTER, J. and BREVES, G. (1988).  
Calcium and inorganic phosphat net absorpton from sheep Colon and  
rectum perfused in vitro.  
J. Anim. PHYSIOL. a. Anim. Nutr., 59, 9-15.
- 29 - I.L.C.A./C.I.P.E.A (1987). L'élevage des petits ruminants en Afrique  
tropicale.  
Addis-Abéba/C.I.P.E.A-Bull, 1-13.
- 30 - JARRIGE, R. (1978). Digestion (23-45). In : Alimentation des ruminants.  
Versailles ; INRA-publications.
- 31 - KIRCHGESSNER, M. (1993). Mitteilungen des Ausschusses für  
Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie.  
Proe. Soc. Nutr. Physiol. 1, 108-113.
- 32 - KODDEBUSCH, K. and PFEFFER, E. (1988). Untersuchungen zur  
ververtharkeit von phosphor verschiedener herkünfte aus luttierenden  
ziegen.  
J. Anim. Physiol.a. Anim. Nutr., 60 : 269-275.
- 33 - MACKENSIE, D. (1970). Goat husbandry.  
London, Faber and Faber, 3ed.
- 34 - MAZOUZ, A. (1993). Précis d'obstétrique vétérinaire.  
RABAT : Institut Agronomique et vétérinaire Hassan II., 95 p

- 35 - Mc DOWELL, L. R. (1985). Nutrition of grazing ruminants in warm climates : Animal feeding and nutrition.  
Academic press Inc.
- 36 - MORAND-FEHR, D. ; SAUVANT, D. (1978). CAPRINS (449-467)  
In : Alimentation des ruminants  
Versailles, INRA-publications.
- 37 - MÜSCHEN, H. ; PETRI, A. ; BREVES, G. and PFEFFER, E. (1988).  
Réponse of lactating goat to low phosphorus intake.  
Milk yields and fecal excretion of P and Ca.  
J. Agric. Sci., Camb. 111, 255-263.
- 38 - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (1981). Nutrient requirements of goats  
Angora : Dairy and meat in temperate and tropical countries.  
Washington D.C., Ed. National Academic Press.
- 39 - NATIONAL RESEARCH COUNCIL; (1985). Nutrient requirement of sheep.  
Washington D.C., Ed. National Academic Press.
- 40 - NATTAN, J. (1936). La chèvre et ses produits.  
Paris ; Maison-Rustique. 253 p.
- 41 - RAJKOWAK, C.K. and BORGHAIN, B.N. (1978). A note on the incidence and sign of oestrus in local does of ASSAM.  
Indian. J. of Anim.Sci., 44 (3) : 279-283.

- 42 - RIVIERE, R. (1991). Alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical.  
Paris : Ministère de la coopération. 530 p
- 43 - RODEHUTSCORD, M. ; PAUEN, A. WINDHAUSEN P. ; BRINTRUP, R. and PFEFFER, E. (1994).  
Effects of drastic changes in Intake on P Concentration in blood and rumen fluid of lactating ruminants.  
J. Méd.vét.A., 41, 611-619.
- 44 - RODEHUTSCORD, M ; PAUEN, A ; WINDHAUSEN, P. and PFEFFER, E. (1994).  
Balances of Phosphorus and calcium in dairy goats during period of phosphorus deficiency and subsequent phosphorus repletion.  
J. Anim. Physiol.a. Anim. Nutr. 72, 57-64.
- 45 - RUVUNA, F. ; CARTWRIGHT, T.C. ; BLACKBURN, H. ; OKEYO, M. and CHEMA, S. (1988).  
Gestation length, birth weight and growth rates of pure-bred indigenous goats and their crosses in Kenya.  
J. Agric. Sci. Camb. 111, 363-368.
- 46 - SAHNI, K.L.; ROY, A. (1967). A study on the sexual activity of the Barbarian goat and conception rate through artificial insemination.  
Indian. J. of. vét. Sci., 37 (4) : 269-277.

- 47 - SCHNEIDER, K.M. ; TERNOUTH, J.H. ; SEVILA, C.C. et al. (1985).  
A short-term study of calcium and phosphorus absorption in sheep fed on  
diet high and low in calcium and phosphorus.  
Aust. J. agric. Res., 36, 91-105.
- 48 - SHELTON, M. (1960). Influence of presence of a male goat on initiation  
of oestrus cycling and ovulation in Angora goat does.  
J. Anim. Sci., 19, 368-375.
- 49 - SHELTON, M. and SPILLER. (1977). Breeding season variations of  
spanish does. Research report sheep and goat wool and mohair.  
Texas. Agricul. experim. station.
- 50 - YANO, F. ; YANO, H. ; BREVES, G. (1991). Calcium and phosphorus  
metabolism in ruminants (227-195), In : Pysiological aspets of digestion  
and metabolism in ruminants.  
London, Academic Press Inc.

# **SERMENT DES VETERINAIRES DIPLOMES DE DAKAR.**

«Fidèlement attaché aux directives de CLAUDE BOURGELAT, Fondateur de l'Enseignement Vétérinaire dans le Monde, je promets et je jure devant mes maîtres et mes aînés :

- D'avoir en tous moments et en tous lieux le souci de la dignité et de l'honneur de la profession Vétérinaire,
- D'observer en toutes circonstances les principes de correction et de droiture fixés par le code de déontologie de mon pays,
- De prouver par ma conduite, ma conviction, que la fortune consiste moins dans le bien que l'on a, que 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».

DES  
VET  
BIBLIOTHEQUE

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

L E C A N D I D A T

VU  
LE DIRECTEUR  
DE L'ECOLE INTER-ETATS  
DES SCIENCES ET MEDECINE  
VETERINAIRES

LE PROFESSEUR, RESPONSABLE  
DE L'ECOLE INTER-ETATS DES  
SCIENCES ET MEDECINE VETERINAIRES

VU  
LE DOYEN  
DE LA FACULTE DE MEDECINE  
ET DE PHARMACIE

LE PRESIDENT DU JURY

VU ET PERMIS D'IMPRIMER \_\_\_\_\_

DAKAR, LE \_\_\_\_\_

LE RECTEUR, PRESIDENT DE L'ASSEMBLEE DE  
L'UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR

Lot A (naturel)  
Lot B (expérimental)

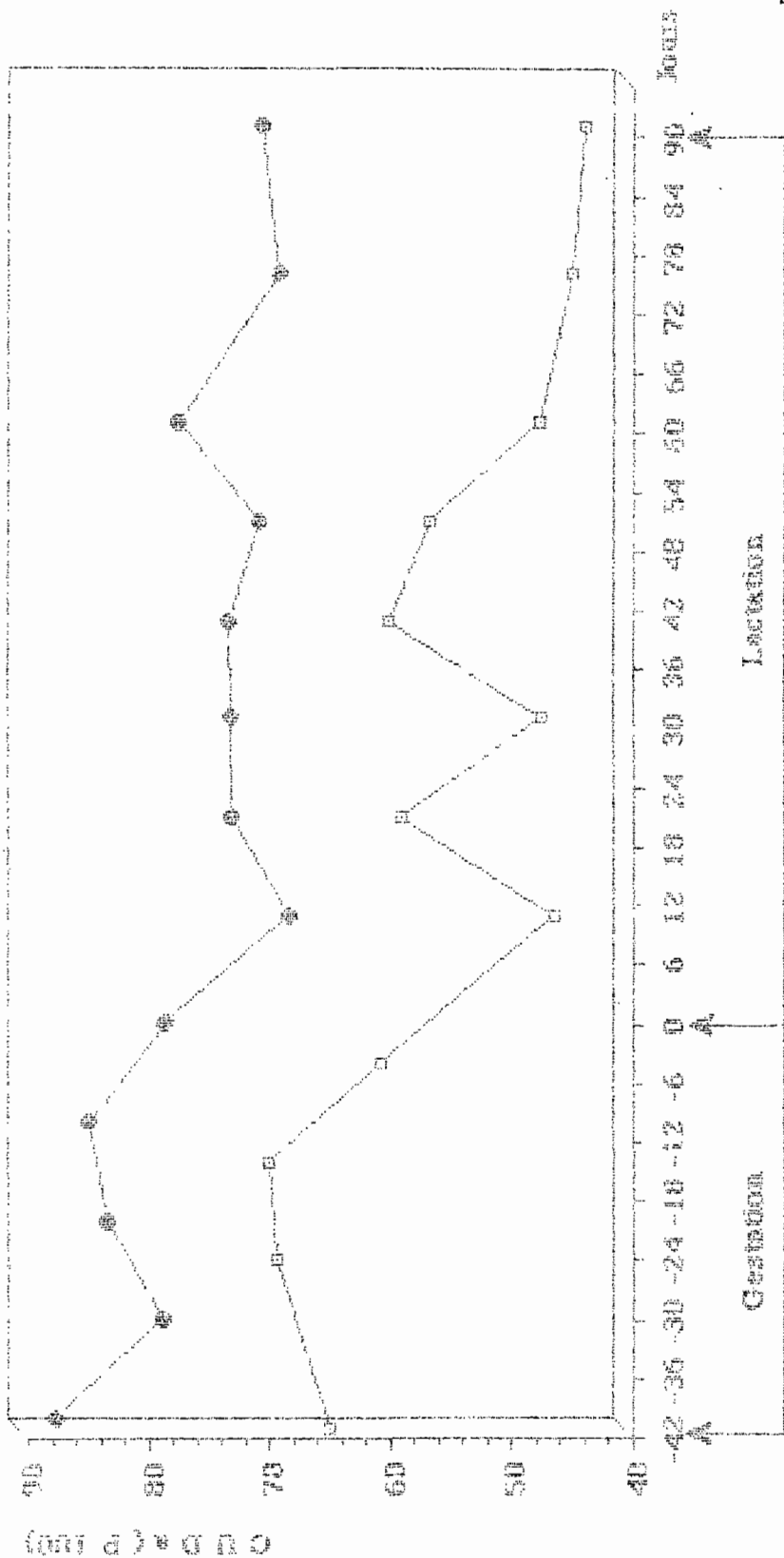


Figure 4-1 : Influence des apports phospho-calciques sur la digestibilité du phosphore durant la gestation et la lactation chez la chèvre du sahel.

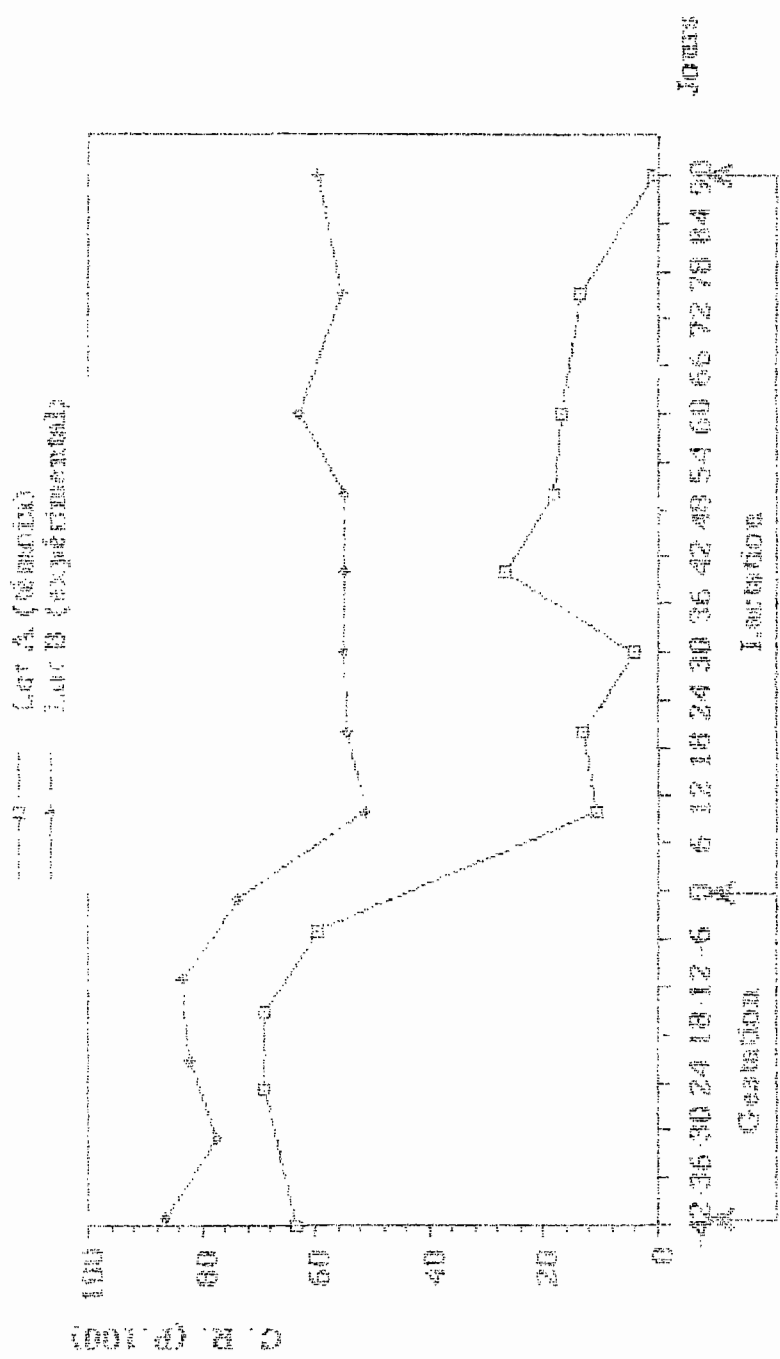


Figure 4-2 : Influence des apports phospho-calciques sur le coefficient de rétention du phosphore durant la gestation et la lactation chez la chèvre du sahel

Mise-les



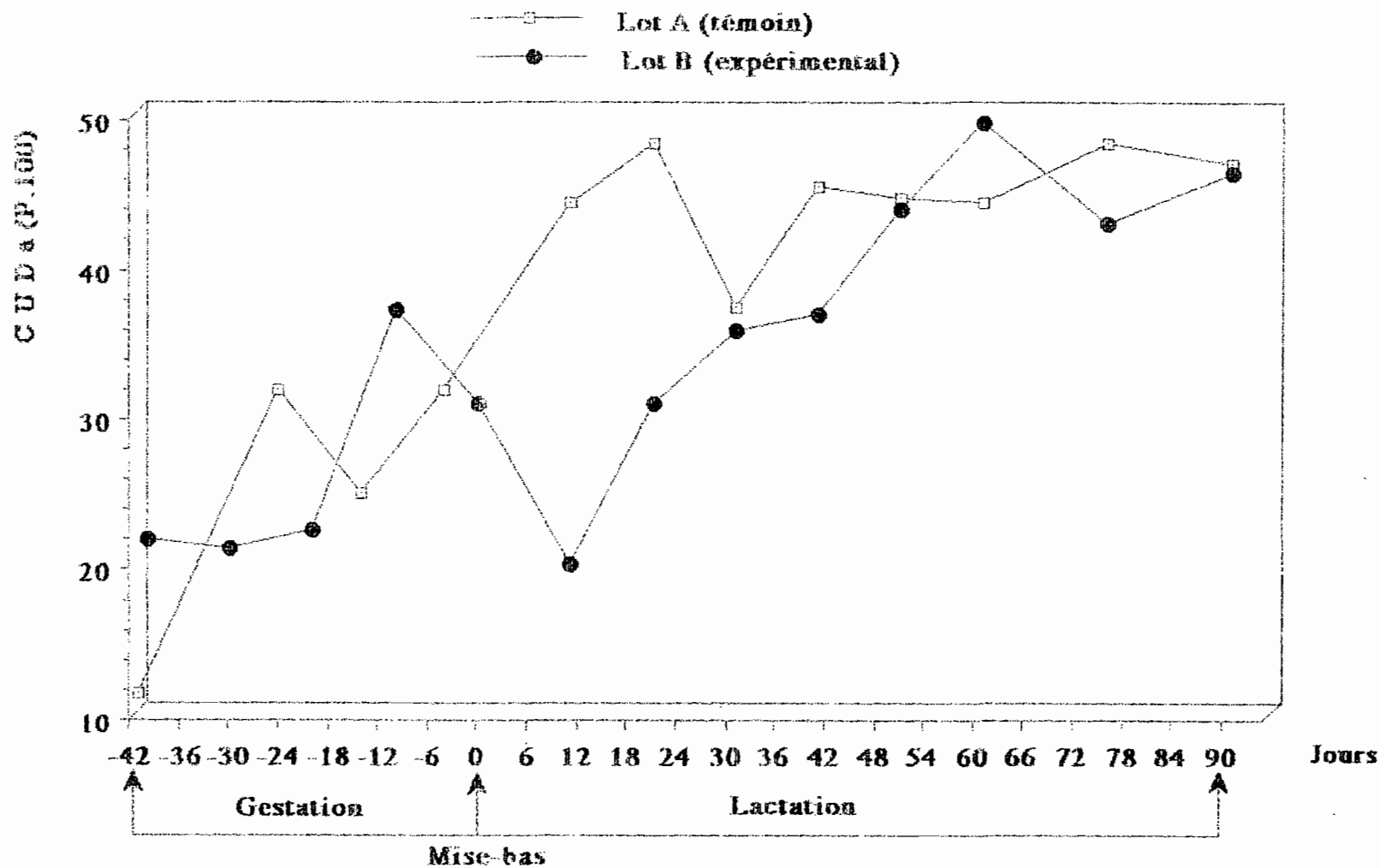


Figure 4-3 : Influence des apports phospho-calciques sur la digestibilité du calcium durant la gestation et la lactation chez la chèvre du sahel .

DR. MOHAMMED EL M. HUSSEIN  
 Laboratoire de Nutrition et Métabolisme  
 Institut National de la Recherche Scientifique  
 Casp. D. 21, BP. 3678, Alger, Algérie

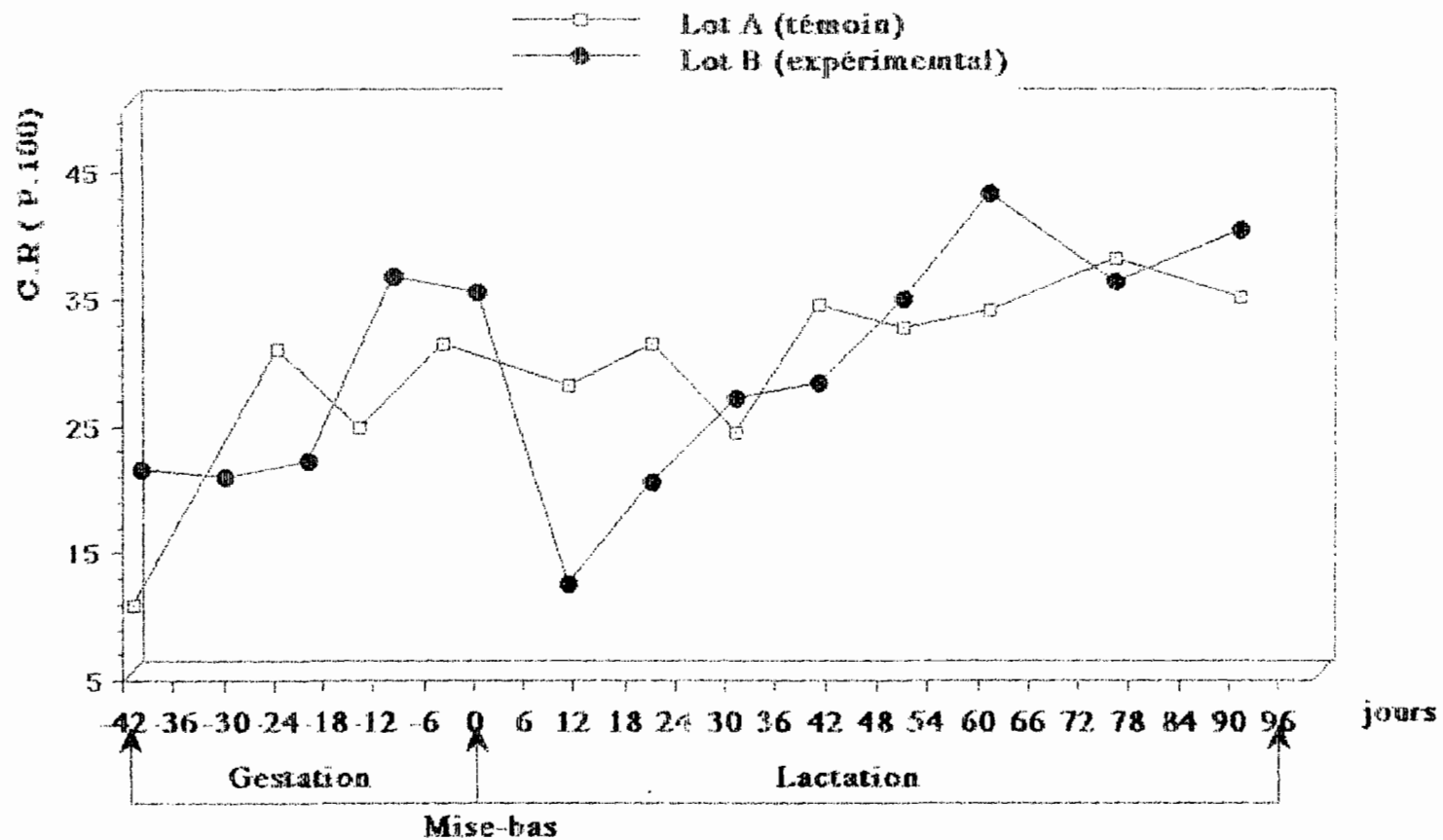


Figure 4-4 : Influence des apports phospho-calciques sur le coefficient de retention du calcium chez la chèvre du sahel en gestation et en lactation.

ECOLE NATIONALE D'ÉLEVAGE  
 DES ANIMAUX D'ÉLEVAGE  
 LABORATOIRE D'ÉLEVAGE  
 1970

-△- Phosphore  
 -□- Calcium

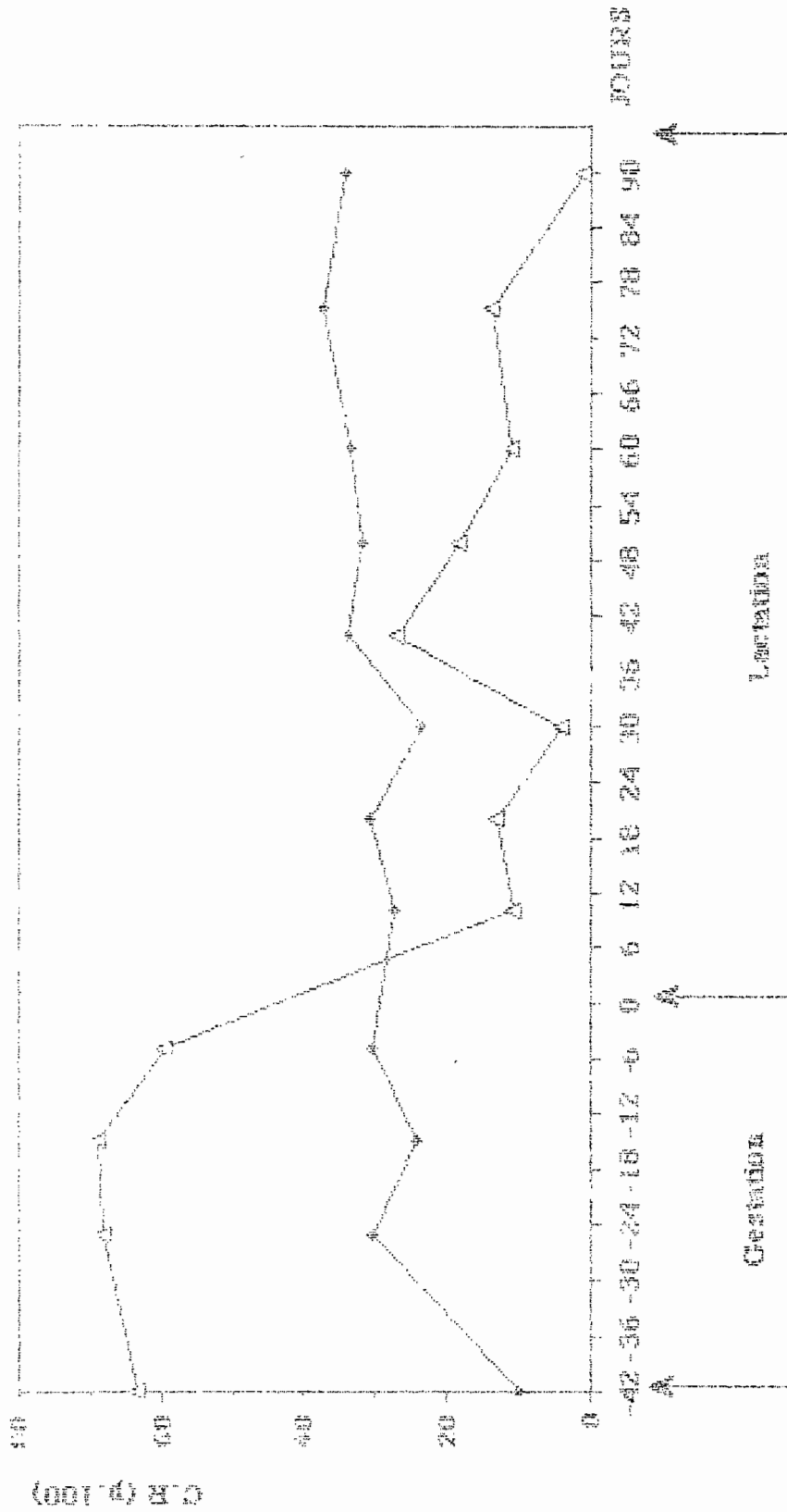


Figure 4-5: Influence des apports phospho-calciques sur la rétention du phosphore et du calcium pendant la gestation et la lactation. (Lot A (Néon))

ÉCOLE INTERNATIONALE  
 DES SCIENCES ET DE LA SANTÉ  
 VÉTÉRINAIRE DE GRIGNON  
 BIBLIOTHÈQUE

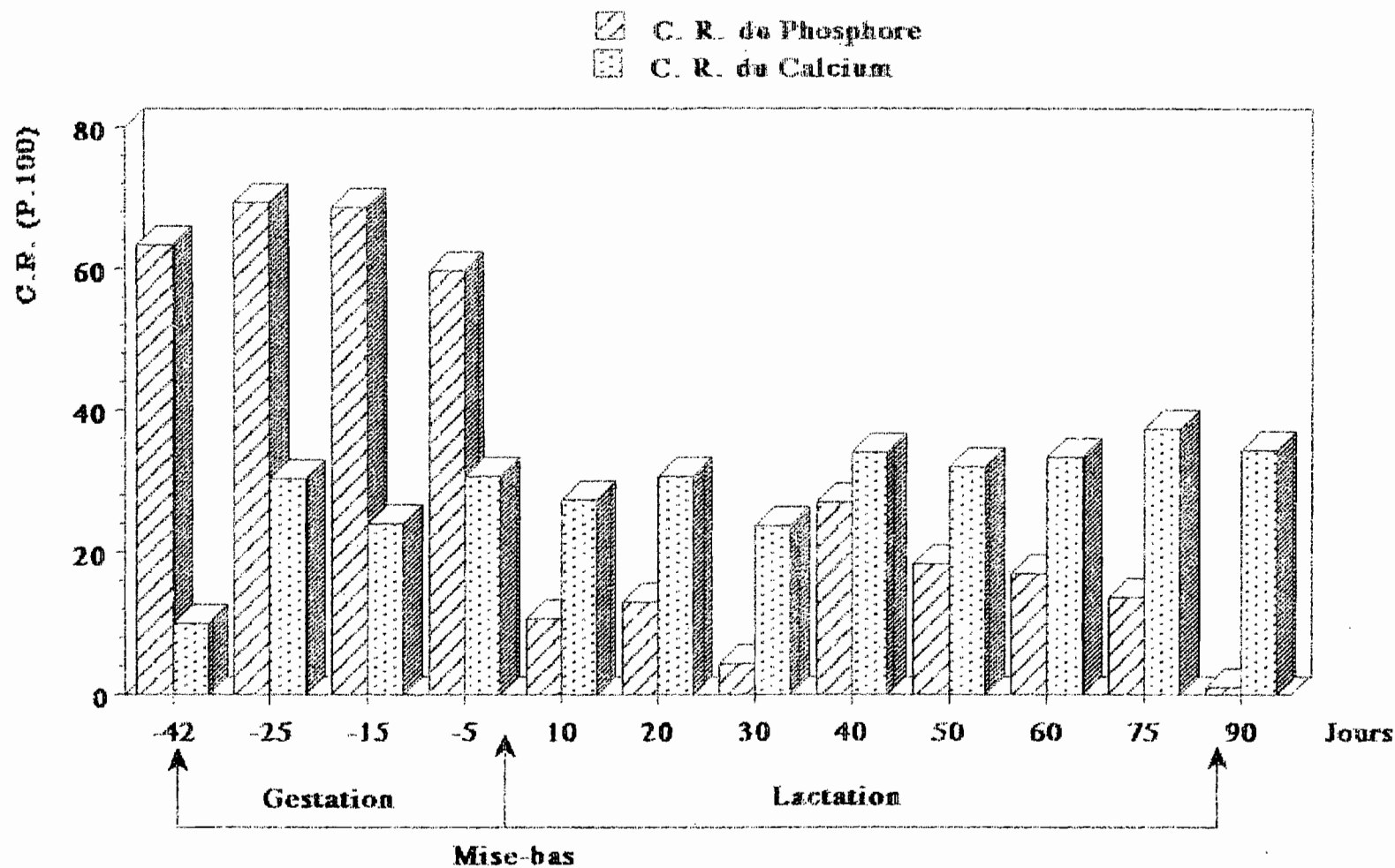


Figure 4-6 : Influence des apports phospho-calciques sur la rétention du phosphore et du calcium durant la gestation et la lactation chez la chèvre du sahel (Lot A) .

ANONIMOS  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ZOOTECNICAS  
 UNIV. NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

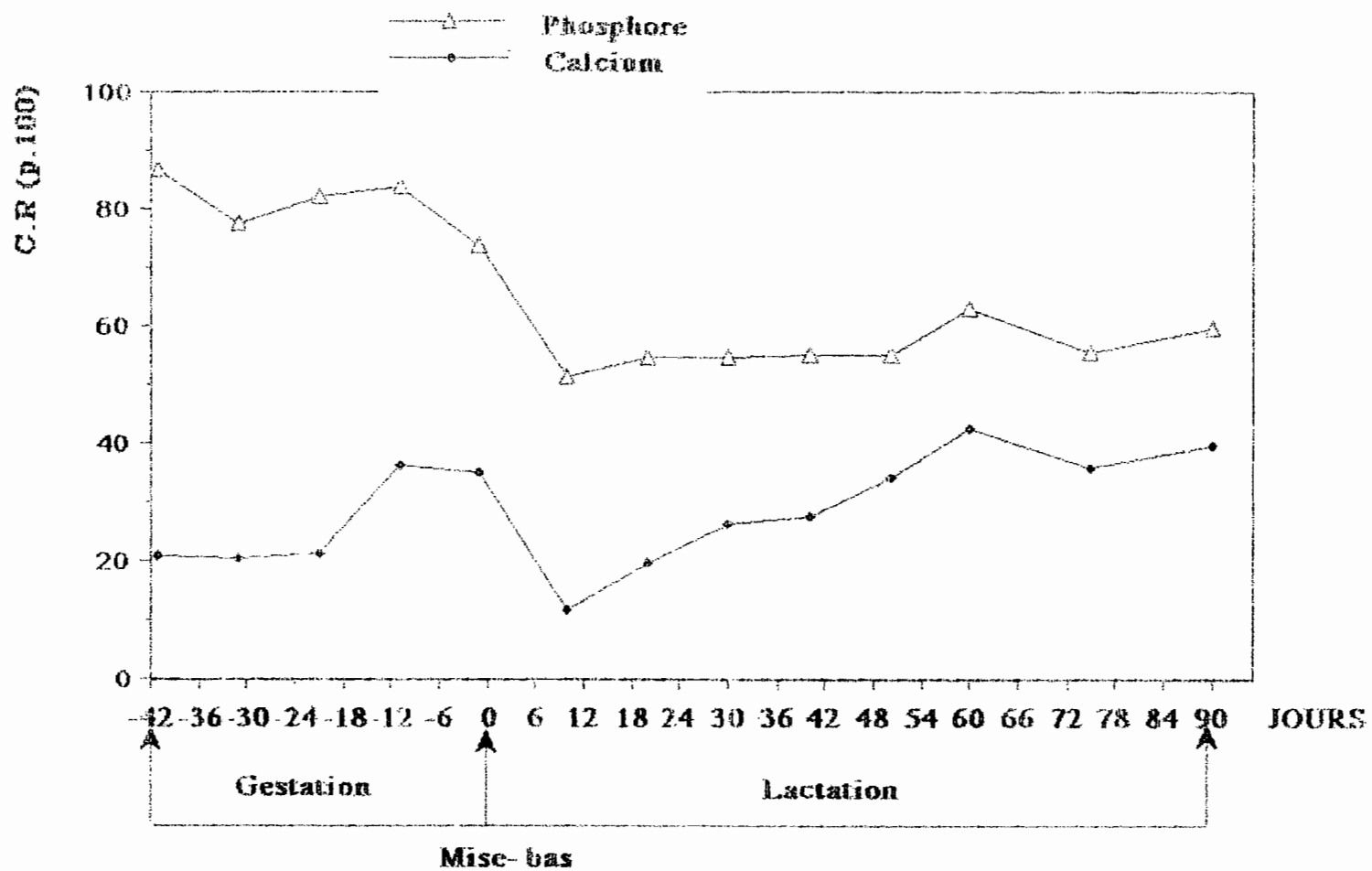


Figure 4-7 : Influence des apports phospho-calciques sur les coefficients de rétention du phosphore et du calcium pendant la gestation et la lactation. Lot B (expérimental)

ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE  
 ALPHONSE-LEGRAS  
 DES SAUVES  
 VÉTÉRINAIRE

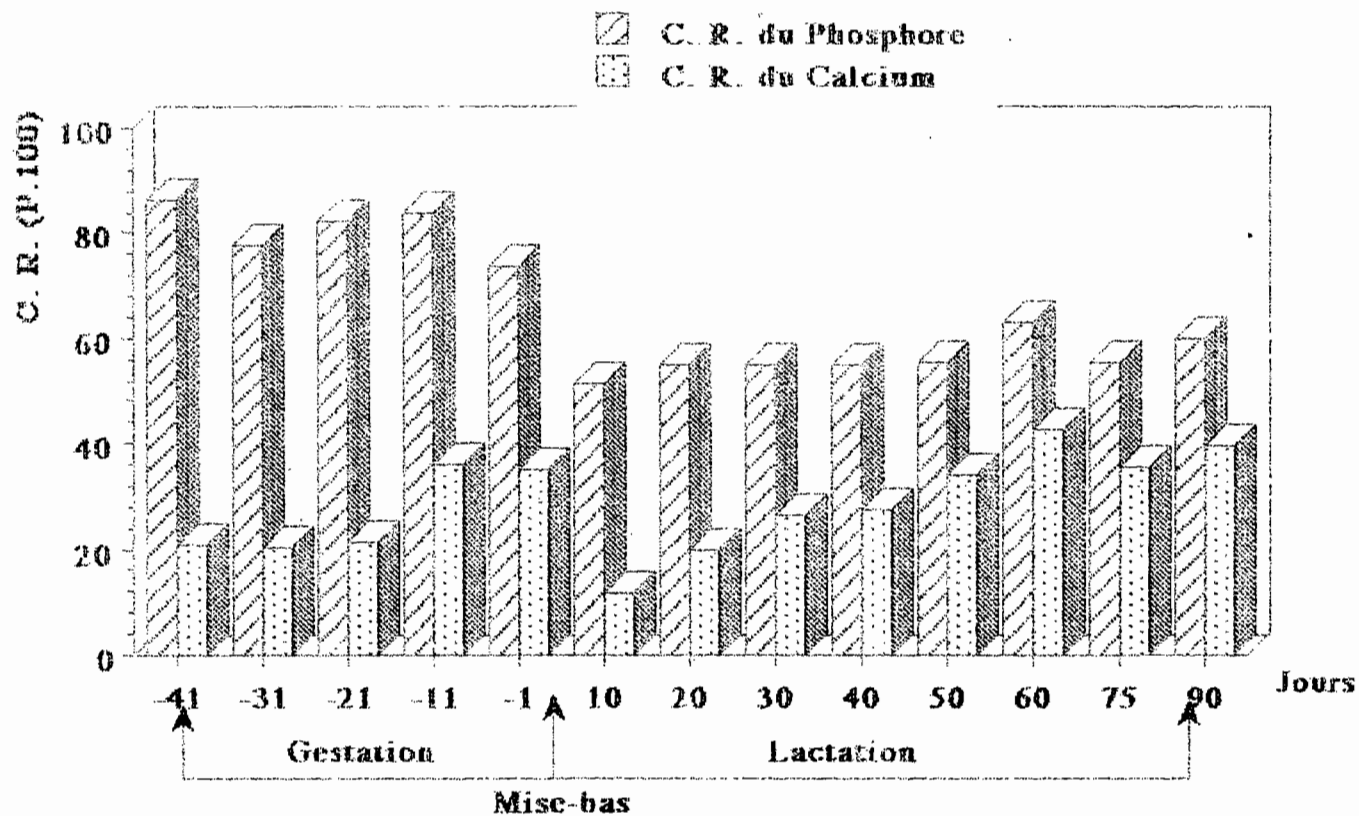
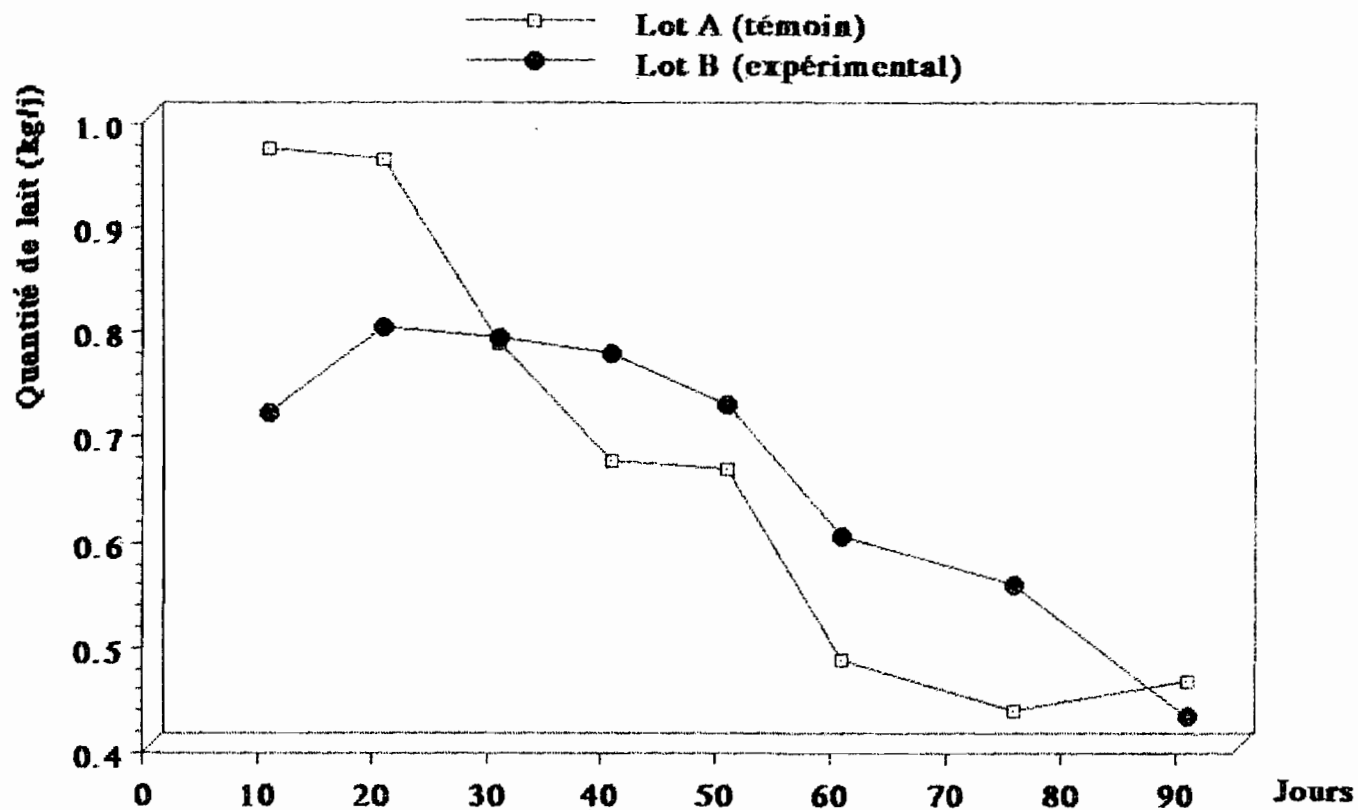


Figure 4-8 : Influence des apports phospho-calciques sur la rétention du phosphore et du calcium durant la gestation et la lactation chez la chèvre du sahel (Lot B).

ÉCOLE NATIONALE  
 DES SCIENCES ET MÉTIERS  
 VÉTÉRINAIRES ET OUVRIERS  
 VÉTÉRINAIRES



**Figure 4-9 : Influence des apports phospho-calciques sur la lactation de la chèvre du sahel .**

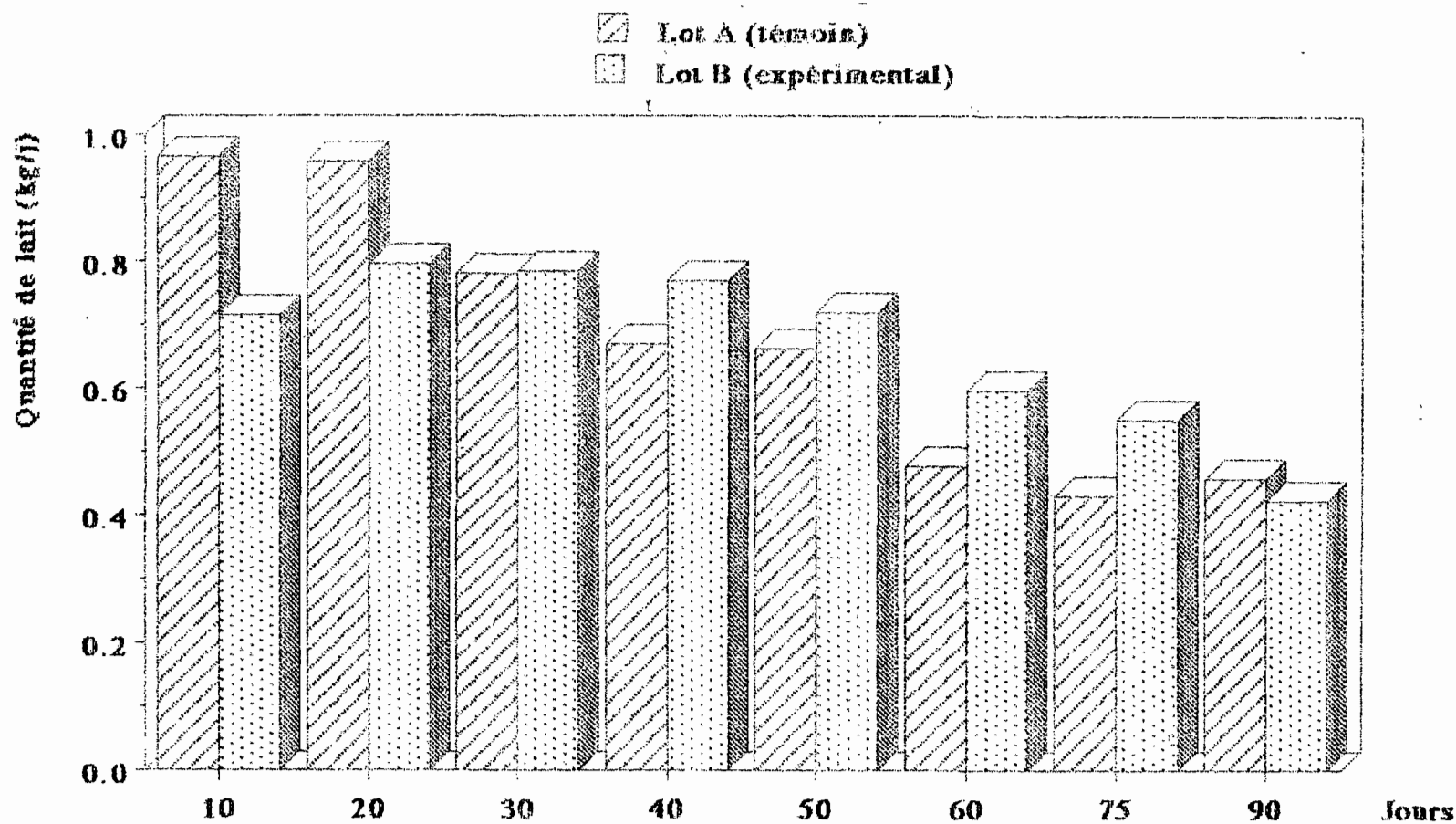


Figure 4-10: Influence des apports phospho-calciques sur la production laitière de la chèvre du sahel .