

**UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR**

**\*\*\***

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

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

**Année 1996**

**N° 34**

**Etude de l'influence des sources phosphocalciques sur les performances zootechniques et l'utilisation du calcium et du phosphore chez le Lapin en croissance**

**THESE**

**Présentée et soutenue publiquement le 29 Juillet 1996**  
**devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar**  
**pour obtenir le grade de DOCTEUR VETERINAIRE**  
**(DIPLOME D'ETAT)**

**par**

**Mr Samuel DIONDOH**

**né vers 1965 à Bémiran / Bénoye (Tchad)**

**Président du jury : Monsieur Pape Demba NDIAYE**

**Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar**

**Rapporteur : Monsieur Moussa ASSANE**

**Professeur à l'E.I.S.M.V. de Dakar**

**Membres : Monsieur Charles Kondi AGBA**

**Professeur Agrégé à l'E.I.S.M.V.**

**Monsieur Bhen Sikina TOGUEBAYE**

**Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques U.C.A.D. Dakar**

**Directeur de Thèse : Monsieur Gbeukoh Pafou GONGNET, Maître-Assistant à l'E.I.S.M.V.**

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

ECOLE INTER-ETATS DES SCIENCES  
ET MEDECINE VETERINAIRES



٢٠٠٦

ANNEE UNIVERSITAIRE 1995-1996

٢٠٠٦

COMITE DE DIRECTION

**1. LE DIRECTEUR**

- Professeur François Adéhayo ABIOLA

**2. LE DIRECTEUR ADMINISTRATIF  
ET FINANCIER**

- Monsieur Jean Paul LAPORTE

**3. LES COORDONNATEURS**

- Professeur Malang SEYDI  
Coordonnateur des Etudes
- Professeur Justin Ayayi AKAKPO  
Coordonnateur des Stages et Formation  
Post-Universitaires
- Professeur Germain Jérôme SAWADOGO  
Coordonnateur Recherche-Développement

# **LISTE PERSONNEL DU CORPS ENSEIGNANT**

**. PERSONNEL ENSEIGNANT EISMV**

**. PERSONNEL VACATAIRE (PREVU)**

**. PERSONNEL EN MISSION (PREVU)**

**. PERSONNEL ENSEIGNANT CPEV (PREVU)**

# I. PERSONNEL ENSEIGNANT EISMY

## A. DEPARTEMENT SCIENCES BIOLOGIQUES ET PRODUCTIONS ANIMALES

### CHIEF DU DEPARTEMENT

Professeur ASSANE MOUSSA

## S E R V I C E S

### 1. - ANATOMIE-HISTOLOGIE-EMBRYOLOGIE

Kondi Charles AGBA	Maître de Conférences Agrégé
Mamadou CISSE	Moniteur

### 2. - CHIRURGIE - REPRODUCTION

Papa El Hassane DIOP	Professeur
Mame Balla SOW	Moniteur
Ali KADANGA	Moniteur

### 3. - ECONOMIE RURALE ET GESTION

Cheikh LY	Maître-Assistant
Hélène FOUCHER (Mme)	Assistante
Marta RALALANJANAHARY (Mlle)	Monitrice

### 4. - PHYSIOLOGIE-THERAPEUTIQUE-PHARMACODYNAMIE

ASSANE MOUSSA	Professeur
Christain NGWE ASSOUMOU	Moniteur
Mouhamadou CHAIBOU	Moniteur

### 5. - PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES

Germain Jérôme SAWADOGO	Professeur
Jean Népomuscène MANIRARORA	Docteur Vétérinaire Vacataire
Soulèye Issa NDIAYE	Moniteur

### 6. - ZOOTECHNIE-ALIMENTATION

Gbeukoh Pafou GONGNET	Maître-Assistant
Ayao MISSOHOU	Maître-Assistant
Roland ZIEBE	Moniteur

**B. DEPARTEMENT SANTE PUBLIQUE ET ENVIRONNEMENT**

**CHEF DE DEPARTEMENT**

Professeur Louis Joseph PANGUI

**S E R V I C E S**

**1. - HYGIENE ET INDUSTRIE DES DENREES ALIMENTAIRES  
D'ORIGINE ANIMALE (H I D A O A)**

Malang SEYDI	Professeur
Mouhamadou Habib TOURE	Moniteur
Mamadou DIAGNE	Docteur Vétérinaire Vacataire

**2. - MICROBIOLOGIE-IMMUNOLOGIE-PATHOLOGIE INFECTIEUSE**

Justin Ayayi AKAKPO	Professeur
Rianatou ALAMBEDI (Mme)	Maître-Assistante
Kokouvi SOEDJI	Moniteur

**3. - PARASITOLOGIE-MALADIES PARASITAIRES  
ZOOLOGIE APPLIQUEE**

Louis Joseph PANGUI	Professeur
Morgan BIGNOUMBA	Moniteur
Alexandre GITEGO	Docteur Vétérinaire Vacataire

**4. - PATHOLOGIE MEDICALE-ANATOMIE PATHOLOGIQUE  
CLINIQUE AMBULANTE**

Yalacé Yamba KABORET	Maître-Assistant
Pierre DECONINCK	Assistant
Balabawi SEIBOU	Moniteur
Hamman ATKAM	Moniteur
Félix Cyprien BIAOU	Docteur Vétérinaire Vacataire

**5. - PHARMACIE - TOXICOLOGIE**

François Adébayo ABIOLA	Professeur
Papa SECK	Moniteur

**B. DEPARTEMENT SANTE PUBLIQUE ET ENVIRONNEMENT**

**CHEF DE DEPARTEMENT**

Professeur Louis Joseph PANGUI

**S E R V I C E S**

**1. - HYGIENE ET INDUSTRIE DES DENREES ALIMENTAIRES  
D'ORIGINE ANIMALE (H I D A O A)**

Malang SEYDI	Professeur
Mouhamadou Habib TOURE	Moniteur
Mamadou DIAGNE	Docteur Vétérinaire Vacataire

**2. - MICROBIOLOGIE-IMMUNOLOGIE-PATHOLOGIE INFECTIEUSE**

Justin Ayayi AKAKPO	Professeur
Rianatou ALAMBEDI (Mme)	Maître-Assistante
Kokouvi SOEDJI	Moniteur

**3. - PARASITOLOGIE-MALADIES PARASITAIRES  
ZOOLOGIE APPLIQUEE**

Louis Joseph PANGUI	Professeur
Morgan BIGNOUMBA	Moniteur
Alexandre GITEGO	Docteur Vétérinaire Vacataire

**4. - PATHOLOGIE MEDICALE-ANATOMIE PATHOLOGIQUE  
CLINIQUE AMBULANTE**

Yalacé Yamba KABORET	Maître-Assistant
Pierre DECONINCK	Assistant
Balabawi SEIBOU	Moniteur
Hamman ATKAM	Moniteur
Félix Cyprien BIAOU	Docteur Vétérinaire Vacataire

**5. - PHARMACIE - TOXICOLOGIE**

François Adébayo ABIOLA	Professeur
Papa SECK	Moniteur

## **II. - PERSONNEL VACATAIRE (Prévu)**

### **. Biophysique**

**Sylvie GASSAMA (Mme)**

**Maître de Conférences Agrégé  
Faculté de Médecine et de Pharmacie  
UCAD**

### **. Botanique**

**Antoine NONGONIERMA**

**Professeur  
IFAN  
UCAD**

### **. Agro-Pédologie**

**Alioune DIAGNE**

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



**. Physique et Chimie  
Biologiques et Médicales**

**- P. BENARD**

**Professeur  
ENV - TOULOUSE**

**. Pathologie Infectieuse**

**- J. CHANTAL**

**Professeur  
ENV - TOULOUSE**

**. Pharmacie-Toxicologie**

**- L. EL BAHRI**

**Professeur  
ENMV - SIDI THABET**

**- G. KECK**

**Professeur  
ENV LYON**

**. Chirurgie**

**- A. CAZIEUX**

**Professeur  
ENV - TOULOUSE**

**. Obstétrique**

**- MAZOUZ**

**Maître de Conférences  
IAV Hassan II - RABAT**

## IV - PERSONNEL ENSEIGNANT CPEV

### 1 - MATHÉMATIQUES

Sada Sory THIAM

Maître-Assistant  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD - DAKAR

#### . Statistiques

Ayao MISSOHO

Maître-Assistant  
EISMV - DAKAR

### 2 - PHYSIQUE

Issakha YOUM

Maître de Conférences  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD - DAKAR

#### . Chimie Organique

Abdoulaye SAMB

Professeur  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD - DAKAR

#### . Chimie Physique

Serigne Amadou NDIAYE

Maître de Conférences  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD - DAKAR

Alphonse TINE

Maître de Conférences  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD - DAKAR

#### . Chimie

Abdoulaye DIOP

Maître de Conférences  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD - DAKAR

### **3- BIOLOGIE**

#### **. Physiologie Végétale**

Papa Ibra SAMB

Chargé d'Enseignement  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD - DAKAR

Kandioura NOBA

Maître-Assistant  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD - DAKAR

### **4 - BIOLOGIE CELLULAIRE**

#### **. Reproduction et Génétique**

Omar THIAW

Maître de Conférences  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD - DAKAR

### **5- EMBRYOLOGIE et ZOOLOGIE**

Bhen Sikina TOGUEBAYE

Professeur  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD - DAKAR

### **6 - PHYSIOLOGIE ET ANATOMIE COMPAREES DES VERTEBRES**

Cheikh Tidiane BA

Chargé d'enseignement  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD - DAKAR

### **7 - BIOLOGIE ANIMALE**

D. PANDARE

Maître-Assistant  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD - DAKAR

Absa Ndiaye GUEYE (Mme)

Maître-Assistante  
Faculté des Sciences et Techniques  
UCAD - DAKAR

**8 - ANATOMIE ET EXTERIEUR**  
**DES ANIMAUX DOMESTIQUES**

Charles Kondi AGBA

Maître de Conférences Agrégé  
EISMV - DAKAR

**9 - GEOLOGIE**

A. FAYE  
R. SARR

Facultés des Sciences et Techniques  
UCAD - DAKAR

**10 - TP**

Maguette MBOW (Mlle)

Monitrice



## DEDICACES

Je dédie ce travail :

- Au **TOUT PUISSANT**, Créateur de l'Univers.

" L'Eternel est mon berger : je ne manquerai de rien. Il me fait reposer dans les vertes pâturages. Il me dirige près des eaux paisibles".

Psaumes 23 : 1-2

- A mon Père **BANHIGUEL** Pierre.

Orphelin, tu t'étais battu pour fonder ta famille que tu aimes de toute ta force et à laquelle tu as placé ta confiance.

Puisse ce modeste travail adoucir ton attente;

Admirations filiales.

- A ma Mère **DEYO** Hélène (in mémorium).

Tant de sacrifices pour tes enfants ; j'aurais souhaité t'avoir à mes côtés à cet instant, mais le destin en a décidé autrement. Ce modeste travail est le fruit de tes sacrifices et témoigne mon amour pour toi. Repose en Paix, "Köm".

- A mes frères et soeurs : **MEKONYO, MORENDENG, YONDOLEGUELEM, MEMHODJIM, DOSSOUM, DENDOH, MAMADJIBEYE.**

Puisse Dieu raffermir nos liens et que notre famille demeure soudée pour toujours.

- A mon grand frère **DIONBO** Clément (in mémorium)

- A mes oncles et tantes de Bémiran, Madana, Mékounti, Koutoroï, Dobé, Bourou, .....

- A mes cousins et cousines **MOBE, NADJIBE, BOINDE, KOUMDE, DJIMTANGAR, NADJITAM, NADJIMBAYE NGONN-MOUSSA, NONTANEEL, DORKAS, DINGAMNAJI NANDA**, etc

Il est parfois difficile de tout exprimer.

- A mes neveux et nièces :

vous êtes dans un monde difficile où seuls le courage, la bravoure, et la persévérance dans l'effort doivent être vos principales armes pour surmonter les obstacles.

Je vous passe le flambeau.

- A mon ami et frère **KULARAMBAYE BWAYOM**.

Amis, nous sommes devenus plus que frères. Puisse ce travail renforcer notre fraternité et être source de joie pour nos familles. Mes affections fraternelles.

- Aux Docteurs **ALLADOUM, NGARAITA, GONDJE** et **MBAIOGAO**. pour les moments de peine et de joie passés ensemble . Affections fraternelles.

- A mon frère et ami, le Docteur Ibrahim **LO**. Pour tes multiples bienfaits à mon endroit. Ce travail est tien.

- A la famille **TOURE** : maman, **Sadio, Amadou, Aminata, Halima, Matou**.

Vous avez rendu mon séjour radieux et merveilleux ; j'ai quitté une grande famille pour retrouver une autre à Dakar.

Ce travail est le vôtre car vous y avez contribué efficacement. Merci pour Tout.

- A Mme Rénée **HIDAIR**.

Vos conseils me seront d'un secours inestimable. Merci.

- Au Docteur Ali **KADANGA** :

En souvenir du 16 mars 1995 à 16 h à l'amphi 213. Reconnaissances renouvelées.

- A mes amis **MOGUELDE, NGANTAR, NDOUBAHIDI, BAGDE, NGADJADOUM, NODJIBOUGADA, MOURDOUMNGAR, BEKOUTOU**, Abdouramane **DIOP, ZOUA, TAO, Francine MILAMEM, Bernice, Bétel**

- Aux familles **Mbaïdjol, Miaro, Baba, Yaya, Eiba Laodion, Mbaïtoloum, Gongnet, Toguebaye**

- Au Maître Abdoulaye **SENE** :

Tu m'as donné l'occasion d'apprendre à connaître le Vovinam-viet-vo-Dao. Je me souviendrai de tes instructions.

- Aux Me Youssouf **Kaboré, Lamine, Mallam Hakim, Hamza** et à tous les voshin de Dakar :  
pour les bons moments passés ensemble.

- A l'**AEVD et ses militants**

- A l'**EISVM et au PAIS**

- Au corps enseignant de l'**EISMV**, Merci pour l'outil de développement que mettez entre les mains de vos jeunes frères

- A la **23 ème Promotion (Lamine NDIAYE)**.

Pour les moments de peine et de joie passés ensemble à l'**EISVM**

- A l'**UGEST/S et ses militants**

- A tous mes anciens camarades de l'école de Bourou, Djodo-gossa, Kiagor, Gounou-Gaya, Moundou, et de Fac de sciences appliquées de Farcha

- A tous ceux qui ont faim et soif

- A tous ceux qui sont victimes de l'injustice, de l'intolérance et de l'incompréhension

- Aux braves cultivateurs et éleveurs d'Afrique.

Unissez-vous afin que la famine soit définitivement vaincue

- A **Bémiran**, Terre de mes aïeux

- Au **Tchad**, mon Pays

- Au **Sénégal**, pour sa TERANGA.

## A NOS MAITRES ET JUGES

**Monsieur Pape Demba NDIAYE,**

**Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar.**

Vous nous faites l'insigne honneur de présider ce jury de thèse.

Veillez trouver ici, l'expression de notre profonde reconnaissance et de notre admiration.

**Monsieur Moussa ASSANE,**

**Professeur à l'E.I.S.M.V. de Dakar.**

Votre rigueur scientifique et vos qualités humaines forcent notre admiration.

En acceptant de rapporter notre travail, vous nous faites un grand honneur.

hommages respectueux.

**Monsieur Ben Sikina TOGUEBAYE,**

**Professeur à la Faculté des Sciences et techniques U.C.A.D. de Dakar.**

C'est avec plaisir que vous avez accepté de siéger à ce jury, votre abord facile et votre disponibilité nous ont marqué durant notre séjour à Dakar. Soyez en remercié.

**Monsieur Charles Kondi AGBA**

**Professeur agrégé à l'E.I.S.M.V. de Dakar.**

C'est avec plaisir que vous avez accepté de siéger à ce jury de thèse, ce qui n'est pas étonnant ; nous gardons de vous l'exemple d'un enseignant disponible et à l'écoute de tous les problèmes socio-académique de ses étudiants.

Veillez accepter nos sincères remerciements.

**Monsieur Gbeukoh Pafou GONGNET.**

**Maître Assistant à l'E.I.S.M.V. de Dakar,**

Vous avez initié et conduit ce travail avec toute la compétence et la rigueur qu'on vous connaît.

Nous garderons de vous le souvenir d'un maître disponible, soucieux d'un travail bien fait et doué de qualités scientifiques et humaines inestimables. Nos sincères reconnaissances.

## **Nos sincères remerciements**

A tous ceux qui, de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail.

A notre Directeur de thèse, le Dr Gbeukoh Pafou GONGNET : vous vous êtes investi corps et âme pour la réalisation de ce travail. Vos qualités humaines et scientifiques sont les valeurs sûres.

Au personnel du service de zootechnie - Alimentation pour sa franche collaboration.

A Monsieur Baïla DIAGNE du L.E.R.N.V. de Dakar.

A Monsieur Baba ABATCHA.

A Monsieur MBAIDJOL Kabra.

Au Docteur Ibni Oumar Mahamat SALEH,  
vous nous avez donné la possibilité de continuer nos études. Sincères considérations.

A Mme Anna SAGNA SOW, épouse DIALLO.  
Vous m'avez permis d'éviter l'année blanche en 1995. Merci de tout Coeur.

A BANGLAR Bernice, pour le soutien moral et matériel.

A Monsieur SONGUELE.

A Monsieur MEKONYO Banhiguel, pour les multiples soutiens qu'il n'a cessé de nous apporter pendant tout le long de notre formation.

A Mme Mariam DIOUF, pour la documentation.

Au Professeur SAWADOGO, pour l'appui bibliographique.

Au personnel de Doba Service.

A Mme Rosalie TCHANIA de l'Eglise Protestante de Dakar.

A la Communauté Tchadienne à Dakar.

" 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  
donner aucune approbation  
ni improbation."

## SOMMAIRE

INTRODUCTION	PAGES
<b>PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	<b>3</b>
<b>CHAPITRE I : Généralités sur la digestion chez le lapin</b>	<b>3</b>
1.1. Rappel anatomique de l'appareil digestif	3
1.2. Particularités physiologiques	4
1.2.1. Le transit digestif	7
1.2.2. Mécanisme de la Caecotrophie	7
1.2.3. Conséquences de la Caecotrophie	8
<b>CHAPITRE II : Généralités sur le métabolisme phosphocalcique</b>	<b>9</b>
2.1. Les apports minéraux	9
2.1.1. Notion de besoin	9
2.1.2. Détermination des besoins en minéraux	10
2.1.3. Besoins en calcium en phosphore des lapreaux	11
2.2.1. Sources de calcium	11
2.2.2. Sources de phosphore	12
2.2.3. Absorption digestive du calcium et du phosphore	16
2.2.3.1. Mécanisme	16
2.2.3.2. Absorption du calcium.	16
2.2.3.3. Absorption du phosphore	17
2.3. Facteurs de variation du calcium et du phosphore	17
2.3.1. Facteurs internes	17
2.3.2. Facteurs nutritionnels	18
2.4. Distribution du calcium et du P dans l'organisme	20
2.4.2. Distribution du phosphore	21
2.4.3. Facteurs influençant la biodisponibilité du Ca et de P	22
2.4.3.1. La rétention du calcium et du phosphore	22
2.5. Les pertes du calcium et du phosphore	23
2.5.1. Excrétion urinaire	23
2.5.1.1. Excrétion du calcium	23
2.5.1.2. Excrétion des phosphores	23
2.5.2. Excrétion fécale du Ca et du P	23
2.5.3. Pertes par les productions	24
2.5.3.1. Le foetus	24
2.5.3.2. Le lait	24
2.5.4. Autres voies	25
<b>CHAPITRE III : Régulation endocrinienne du métabolisme phosphocalcique</b>	<b>26</b>
3.1. La vitamine D	26
3.4. Récepteurs - contrôle - régulation	28
3.4.1. L'intestin	28
3.4.2. Le rein	29
3.4.3. Le tissu osseux	30

**DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE**

<b>CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODES</b>	32
1.1 Le matériel	32
1.1.1. Matériel animal et aliments	32
1.1.2. Conditions d'élevage	33
1.1.3. Les aliments	33
1.1.4. Matériel technique et de laboratoire	35
1.2. Méthodes et protocole expérimental	35
1.2.1. Phase d'adaptation	35
1.2.2. Phase expérimentale	36
1.2.2.1. Alimentation et abreuvement	36
1.2.2.2. Collectes des déjections et des urines	37
1.3. Analyse des échantillons	37
1.3.1. Analyse chimique des fèces	38
1.3.1.1. Préparation des échantillon	38
1.3.1.2. Méthodes d'analyse	38
1.3.2. Analyse des urines	39
1.3.3. Analyse statistique	40
<b>CHAPITRE II : RESULTATS</b>	41
2.1. Composition chimique des aliments	41
2.2. Performances Zootechniques	41
2.2.1. Consommation alimentaire	41
2.3. Utilisation du phosphore et du calcium	41
2.3.1. Utilisation du phosphore	42
2.3.1.1. Ingestion du phosphore	42
2.3.1.2. Digestion du phosphore	43
2.3.1.3. Excrétions du phosphore	43
2.3.1.4. Rétention du phosphore	43
2.3.2. Utilisation du calcium	44
2.3.2.1. Ingestion du calcium	45
2.3.2.2. Digestion du calcium	45
2.3.2.3. Excrétion du calcium	45
2.3.2.4. Rétention du calcium	46
<b>CHAPITRE III : DISCUSSION</b>	47
<b>CONCLUSION GENERALE</b>	47
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	54

## LISTE DES TABLEAUX

Pages

Tableau I : Composition des fèces et des coecotrophe du Lapin domestique	6
Tableau II : Composition des deux types d'excrements du Lapin	6
Tableau III : Teneur en phosphore phytique de certaines matières premières en alimentation animale	13
Tableau IV : Relation entre teneur en phosphore et calcium des farines animales	13
Tableau V : Composition chimique de la poudre d'os	14
Tableau VI : Caractéristiques des sources hydrosolubles de phosphore en P.100 de produit	14
Tableau VII : Composition chimique des phosphates	15
Tableau VIII : Caractéristiques des sources hydrosolubles de phosphore P. 100 de produit brut	15
Tableau IX : Valeur moyenne de la calcémie et de la phosphatémie chez la Lapine reproductrice	22
Tableau X : Comparaison de la teneur en Ca et P des principaux mammifères	25
Tableau XI : Composition du lot A	32
Tableau XII : Composition du lot B	32
Tableau XIII : Composition du lot C	33
Tableau XIV : Formule des aliments expérimentaux	34
Tableau XV : Composition chimique des aliments expérimentaux	34
Tableau XVI : Plan du déroulement de l'expérience	36
Tableau XVII : Composition chimique des aliments	41
Tableau XVIII : Influence des différentes sources phosphocalciques sur les performances zootechniques des Lapins en croissance	42
Tableau XIX : Influence de la supplémentation en différentes sources phosphocalciques sur l'utilisation du P alimentaire chez le Lapin en croissance	44
Tableau XX : Influence de la supplémentation en différentes sources phosphocalciques sur l'utilisation du Ca alimentaire chez le Lapin en croissance	46

**LISTE DES FIGURES :**

Figure 1 : Différents segments de l'Appareil digestif du Lapin.....5

Figure 2 : Métabolisme de la vitamine D<sub>3</sub> .....28

## INTRODUCTION GENERALE

Confrontée aux énormes difficultés économiques, aux aléas climatiques auxquels s'ajoute sa population galopante sans commune mesure avec sa production agricole, l'Afrique au Sud Sahara, notamment le Sahel, devrait se tourner vers l'exploitation des espèces animales à cycle court pour remédier aux insuffisances protéiniques afin de juguler les problèmes de famine et de la malnutrition qui lui semblent endémiques.

L'élevage des espèces animales à cycle court comme le lapin de chair constitue une des solutions aux graves problèmes posés par les insuffisances en protéines animales.

Mais la réussite de la production de lapin de chair comme celle de toutes les autres espèces animales nécessite une bonne conduite de l'élevage et surtout une maîtrise de l'alimentation, respectant des apports convenables en matière azotée, en énergie, en lest, en vitamines et en minéraux.

Ces derniers dont les plus importants sont le Calcium et le Phosphore, jouent un rôle très important dans l'organisme animal.

Leur apport sous des formes assimilables et dans un rapport optimal est la condition d'un équilibre harmonieux entre les différentes fonctions de l'organisme. Leur influence sur la productivité des animaux est bien connue (**FALL et SAWADOGO**, 1991). La carence en ces minéraux provoque chez les jeunes une baisse de croissance et chez les adultes, une chute de productivité.

Selon **CASTAING** (1979) les besoins du lapin en croissance en ces minéraux sont de 0,9 à 1,1 p. 100 pour le Calcium et 0,6 à 0,7 p. 100 pour le Phosphore total dans la ration.

Par contre, les auteurs de l'**I.N.R.A** proposent 0,40 p 100 et 0,30 p 100 respectivement pour le Ca et le P. dans la ration. (**I.N.R.A**, 1989)

Dans tous les cas, le rapport Ca/P doit être supérieur à 1 pour donner des bonnes performances.

Un secteur prometteur de l'élevage semble être la cuniculture qui n'a pas encore bénéficié de l'attention des pouvoirs publics et des éleveurs malgré les atouts qu'il recèle.

Parmi ces atouts nous pouvons citer :

- la facilité de l'élevage et la non utilisation de gros investissements ;
- l'utilisation d'une alimentation simple comportant des aliments riches en cellulose, des restes de cuisine donc moins cher ;
- la production d'une viande de haute qualité nutritive très appréciée des consommateurs .

Eu égard aux avantages que présente la cuniculture, nous avons choisi d'étudier l'influence des différentes sources phosphocalciques sur les performances zootechniques et l'utilisation du Calcium et du Phosphore chez le lapin en croissance.

Pour ce faire, trois régimes ont été formulés et utilisés :

- un régime pauvre en Calcium et en Phosphore minéraux à savoir l'aliment A ou aliment témoin;
- deux régimes enrichis en Calcium et en Phosphore, c'est-à-dire l'aliment B qui est l'aliment témoin auquel nous avons incorporé 2 p.100 de la poudre d'os et l'aliment C qui est l'aliment témoin plus 2 p. 100 de polyfos.

Le but de notre étude est d'identifier la source de Ca et P qui conduit à des meilleurs résultats afin de la conseiller aux fabricants d'aliments et/ou éleveurs de lapin de chair.

Notre travail est divisé en deux grandes parties :

- Une première partie portant sur la synthèse bibliographique, fait le point de quelques résultats déjà disponibles sur cette problématique ou question.
- Une deuxième partie qui est notre contribution porte sur l'étude de l'influence des sources phosphocalciques sur les performances zootechniques et l'utilisation du Calcium et du Phosphore chez le lapin en croissance.

Les paramètres zootechniques et d'utilisation de Calcium et de Phosphore qui sont pris en compte sont :

- Paramètres zootechniques : consommation alimentaire, évolution pondérale, gain moyen quotidien et l'indice de consommation.
- Utilisation phosphocalcique : coefficient d'utilisation digestive apparente du Calcium et du Phosphore, les excréments fécaux et urinaires du Calcium et du Phosphore, les excréments fécaux et urinaires du Calcium et du Phosphore, les quantités de Phosphore retenues dans l'organisme des animaux et le taux de rétention de ces éléments.



*PREMIERE PARTIE :*  
*SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE*

## CHAPITRE I GENERALITES SUR LA DIGESTION CHEZ LE LAPIN

### 1-1 Rappel anatomique de l'appareil digestif

Le lapin est un herbivore monogastrique; son tube digestif se caractérise par l'importance relative de deux organes: l'estomac et le caecum (figure 1) adaptés à la consommation des grandes quantités d'aliments riches en lest. Ces deux "réservoirs" renferment la majeure partie du contenu digestif (80 p.100) qui peut représenter 10 p.100 environ du poids vif (COLIN, 1975) chez le lapin adulte (4 - 4,5 kg) où le tube digestif a une longueur totale d'environ 4,5 à 5 mètres (NZIMULINDA, 1995).

Après la bouche, vient l'oesophage qui est court, suivi de l'estomac se présentant comme une dilatation du tube digestif, d'une capacité d'environ 100 g ; son contenu est plus ou moins pâteux (COLIN, 1975). L'intestin grêle qui lui fait suite mesure environ 3 m avec un contenu liquide, surtout dans la partie proximale. Cet intestin grêle débouche à la base du caecum, vaste réservoir qui mesure 30 à 50 centimètres de longueur pour un diamètre moyen de 3 à 4 centimètres et qui est particulièrement développé. Il a une capacité de 100 à 120 grammes chez le lapin adulte.

A l'entrée du caecum se trouve le départ du colon. L'examen de l'aspect extérieur du colon permet d'en considérer 2 parties bien distinctes (NATALYS, 1972) :

- le colon proximal, long de 40 centimètres environ, a un grand diamètre. Sa surface est striée transversalement.
- le colon distal est plus étroit, sa surface est lisse (environ 1 mètre).

Le développement du tube digestif est précoce et sa croissance pondérale est pratiquement terminée à 9 semaines d'âge. De ce fait le tube digestif est relativement plus développé chez le jeune que chez l'adulte (COLIN, 1975 ; NZIMULINDA, 1995).

Le tube digestif reçoit la sécrétion de deux glandes importantes : le foie et le pancréas.

Globalement nous retiendrons plus particulièrement les deux fait suivants :

- le caecum et l'estomac sont des vastes réservoirs qui contiennent à eux seuls 70 à 80 p 100 du contenu sec total du tube digestif.
- la longueur de l'intestin grêle (3 - 3,5 mètres) avec son faible contenu relatif.

## 1 - 2 PARTICULARITES PHYSIOLOGIQUES

### 1.2.1 Le Transit digestif

Comme chez les autres monogastriques, le tube digestif du lapin est le siège d'une activité motrice, coordonnée depuis l'estomac jusqu'au gros intestin. Ce qui permet le brassage des aliments avec les sucs digestifs et favorise ainsi l'action des enzymes digestives.

Les aliments consommés arrivent rapidement dans l'estomac et y trouvent un milieu très acide avec un pH compris entre 1,7 et 2,7 (COLIN, 1975). Ces aliments séjournent pendant 3 à 6 heures dans l'estomac où les transformations chimiques semblent faibles.

Il y a à ce niveau un brassage des différents bols alimentaires et leur acheminement progressif dans l'intestin grêle grâce aux contractions stomacales dès l'entrée dans l'intestin grêle ; le contenu gastrique est dilué par les sécrétions biliaires puis pancréatiques.

Les éléments bien dégradés par ces enzymes sont libérés et ils traversent la paroi intestinale pour se retrouver dans le sang en direction des cellules de l'organisme

Ceux par contre non dégradés après 1 h 30 mn de séjour dans l'intestin grêle, entrent dans le caecum pour y séjourner pendant environ 10 heures. Là, ils subissent l'attaque des enzymes des bactéries vivant dans le caecum (NZIMULINDA, 1995).

Les éléments ayant subi cette nouvelle attaque sont principalement la cellulose et les Hemi-celluloses qui libèrent des acides gras volatils ; ces derniers franchissent également la paroi du tube digestif pour se retrouver dans le sang. Alors le contenu du caecum est évacué vers le côlon. C'est un mélange de particules alimentaires grosses et petites n'ayant pas été dégradées. Jusqu'à ce niveau le fonctionnement du tube digestif du lapin n'est pas réellement différent de celui des autres Monogastriques.

Mais la particularité de la digestion du lapin est le fait du colon proximal (RAYNAUD cité par MEGARD, 1970 ; NZIMULINDA, 1995) qui fabrique deux types de fèces :

- les crottes habituelles, qui sont sèches et appelées "crottes dures". Elles se présentent sous la forme de grains bien séparés les uns des autres et d'aspect hétérogène (MEGARD, 1970)

- les caecotrophes ou "crottes molles" plus humides, ces fèces sont plus foncées à cause de la présence des pigments biliaires. Elles sont enveloppées d'une pellicule de mucus et sont riches en eau, en protéines mais pauvres en cellulose brute.

Les crottes dures sont évacuées tandis que les caecotrophes sont récupérés dès leur émission à l'anus par le lapin et se retrouvent dans l'estomac où ils représentent les 3/4 du contenu.

L'excrétion des fèces molles est directement liée aux heures de repas et à la tranquillité de l'animal.

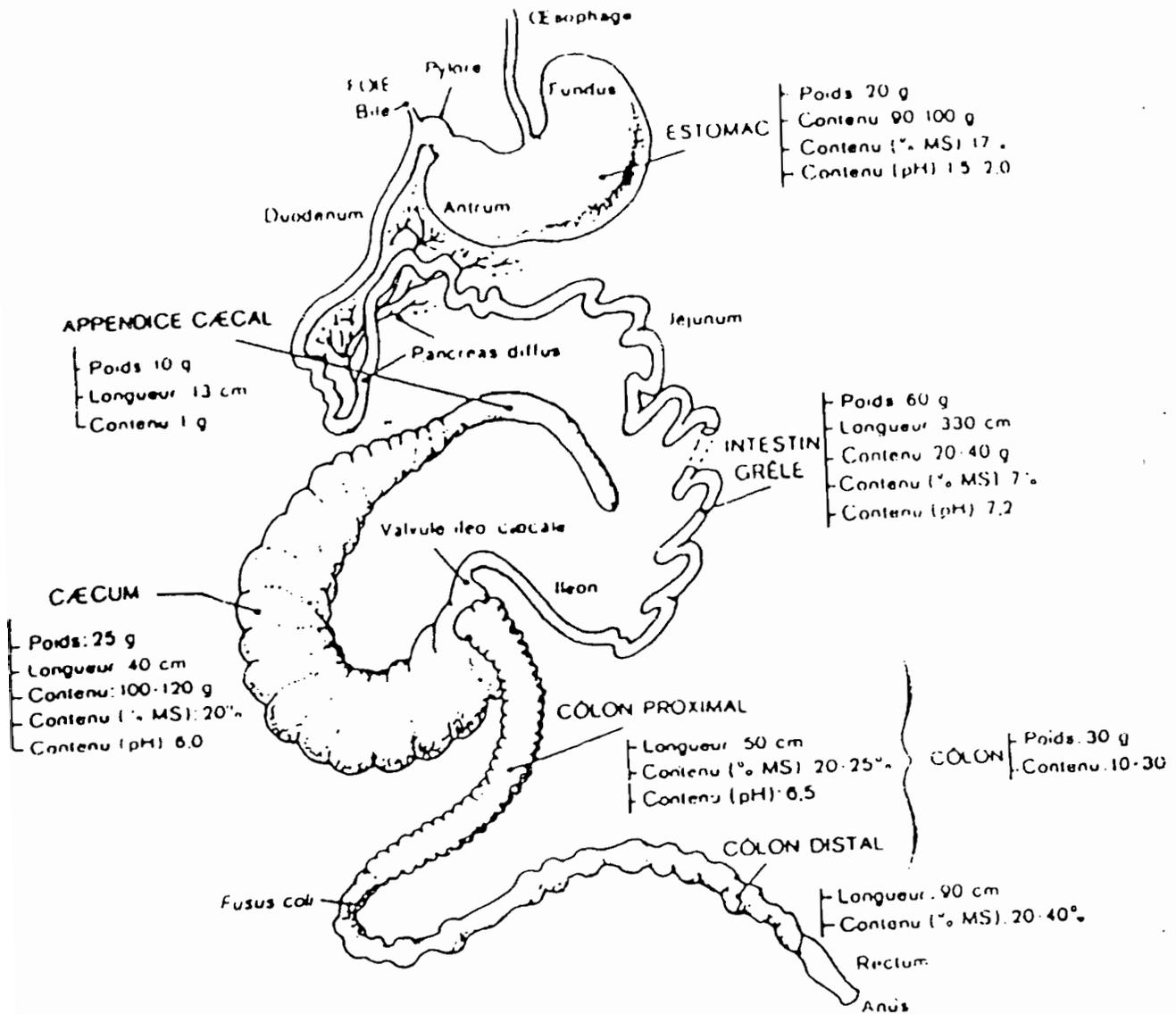


Schéma des différents segments de l'Appareil digestif du Lapin (LEBAS et al., 1989)

Une fois reingérés, les caecotrophes subissent un brassage avec les autres bols alimentaires et vont subir à nouveau une digestion identique. Ce qui justifie la durée du transit digestif du lapin qui est de 18 h à 30 h.

Les crottes molles sont composées des résidus alimentaires non totalement dégradés, les restes des sécrétions du tube digestif (pigments biliaires, sécrétions pancréatiques) et les corps bactériens (tableau I)

- un 3ème type de fèces est intermédiaire entre caecotrophes et crottes dures.

**Tableau I : Composition des fèces et des caecotrophes du Lapin domestique  
(HENNING et HIRD cités par NATALYS, 1972)**

Constituants	Unités	Fèces dures	Caecotrophes	Contenu caecal
Protéines	g/100g de MS	14,8	37,8	36,4
Graisse		1,8	1,5	1,8
Cellulose brute		28,8	14,3	13,4
Cendres		1	14,8	14,3
Acide nicotinique	µg/g de M.F.	39,7	139,1	-
Riboflavine		9,4	30,2	-
Acide pantothenique		8,4	51,6	-
Vitamine B12		0,89	2,92	-
Bactérie		$3,0 \times 10^{11}$	$14 \times 10^{11}$	$14,5 \times 10^{11}$

**Tableau II : Composition des deux types d'excréments du Lapin  
(PROTO cité par COLIN, 1975)**

Composition	Crottes dures	Caecotrophes
Matières sèches (M.S.) p.100	58,9	29,3
Protéines brutes p.100 M.S	10,7	32,3
Matières grasses p.100 M.S.	2,7	2,2
Cellulose p.100 M.S	51,1	28,5
Cendres p.100 M.S.	5,2	7,9
Extractif non azoté p.100 M.S.	30,2	29,5

Les caecotrophes, par leur composition permettent au lapin de récupérer une quantité importante de substances de haute valeur biologique telles que les vitamines, les protéines et les acides gras volatils. La pratique de la caecotrophe constitue un des processus propres à

cette espèce qui lui permet de récupérer une partie des synthèses microbiennes (NATALYS, 1972).

### 1.2.2 Mécanisme de la caecotrophie

La caecotrophie, encore appelée par certains auteurs coprophagie physiologique ou "pseudo-rumination", est un acte par lequel le lapin réingère une partie de ses fécalomes (MEGARD, 1970). Ces fécalomes ou caecotrophes sont recouverts de pellicules de mucus et se différencient des crottes dures qu'on voit dans les clapiers. C'est un acte très discret dans ses manifestations extérieures: l'animal porte sa tête entre les postérieurs et semblent fouiller son anus (MEGARD, 1970 ; MOZOT cité par NATALYS, 1972).

cette ingestion, qui se ferait par aspiration buccale, n'entraîne aucune déformation des caecotrophes qui arrivent intacts dans la lumière gastrique ( MOROT, et al. , cités par NATALYS, 1972 ; COLIN, 1975 ) pour se mélanger aux aliments.

Les caecotrophes sont expulsés sous forme de grappes de 5 à 10 petites boules enveloppées dans une pellicule de mucus.

Les auteurs sont en effet unanimes sur le fait que les lapins privés de caecotrophie maigrissent; selon YOSHIDA cité par NATALYS (1972), les lapins axéniques ne pratiquent jamais la caecotrophie. Par ailleurs, selon BACQUES rapporté par le même auteur, l'ablation du caecum qui abrite une très grande partie de la flore digestive, supprime la caecotrophie.

Ces deux observations nous autorisent à penser que la caecotrophie est un acte physiologique permettant le maintien de la flore digestive indispensable à la digestion et la synthèse des substances nécessaires au lapin.

La caecotrophie, selon beaucoup d'auteurs, commence très tôt : les lapereaux commencent à pratiquer la caecotrophie dès le nid pendant l'allaitement en ingérant les caecotrophes de leur mère et vers l'âge de deux à trois semaines en ingérant leurs propres caecotrophes quand ils commencent à consommer des aliments solides.

Dans les conditions naturelles, l'excrétion des caecotrophes est directement liée aux heures de repas et à la tranquillité de l'animal.

Les auteurs contemporains semblent unanimes sur l'excrétion des caecotrophes qui a lieu à n'importe quel moment de la journée en général 8 à 12 h après le repas soit en moyenne 9 h ; les fecès dures sont expulsées 2 à 8 h après (LAPLACE, 1969).

La position de ces auteurs contemporains permet de lever l'équivoque sur les termes "crottes du jour" pour les crottes dures et "crottes de nuit", les caecotrophes.

### 1.2.3 Conséquences de la caecotrophie

Comme pour les autres espèces, l'utilisation digestive des nutriments est généralement évaluée par le coefficient d'utilisation digestive (C.U.D) **COLIN**, (1975).

$$\text{CUD}_a (\%) = \frac{\text{quantité ingérée} - \text{quantité excrétée}}{\text{quantité ingérée}} \times 100$$

Cette utilisation digestive est susceptible de varier avec de très nombreux facteurs, liés principalement à l'animal ou à l'aliment.

Selon **FERRANDO et al.**, 1964, les phosphores digestibles représentent environ 32 p. 100 de la matière sèche des caecotrophes. Ce taux, bien que variant suivant l'alimentation, demeure toujours à un niveau élevé.

La caecotrophie fournit à l'animal des quantités équivalentes des glucides et de lipides qui entrent dans la constitution des corps microbiens et qui sont également des éléments de haute valeur biologique.

L'ingestion des caecotrophes apporte des acides organiques. Mais les acides volatils ne représentent qu'une faible proportion de la production caecale (**HENNING et HIRD** cités par **NATALYS**, 1972) qui est en majorité absorbée sur les lieux de sa transformation.

La présence en quantité importante de vitamines du groupe B et K semble couvrir les besoins d'entretien de l'animal, sauf peut être pour la vitamine B<sub>6</sub> et la choline.

La caecotrophie retarde l'élimination de la vitamine B<sub>12</sub> par les fèces et l'urine.

Elle maintient une haute population microbienne dans l'estomac et l'intestin grêle du lapin.

Globalement, la caecotrophie constitue le dernier acte d'un comportement qui repose sur une structure cérébrale et qui est évocable par les incitations digestives, liées probablement à la présence de certains acides gras dans les caecotrophes (**NATALYS**, 1972).

Ces conséquences sont multiples (**YOSHIDA et al.**, cités par **NATALYS**, 1972) :

- recyclage des éléments nutritifs ;
- utilisation des produits du métabolisme microbien ;
- valorisation d'une alimentation non équilibrée ou de qualité moyenne ;
- maintien d'une haute teneur en flore microbienne de l'estomac et de l'intestin grêle.

## CHAPITRE II : GENERALITES SUR LE METABOLISME PHOSPHOCALCIQUE

ECOLE NATIONALE  
DES SCIENCES  
VETERINAIRES DE LYON  
BIBLIOTHEQUE

Le métabolisme du calcium et celui du phosphore sont étroitement liés. DELAVENNE (1985) a étudié les voies métaboliques chez le lapin en croissance.

### 2.1 Les apports des minéraux

Les minéraux sont en général apportés par l'alimentation. On fait souvent recours à la supplémentation quand on connaît les besoins des animaux en ces minéraux.

#### 2.2.1 Notion de besoin

Pour définir l'apport minéral dans une ration alimentaire il faut rappeler que :

- différentes fonctions physiologiques peuvent, chez un même animal, requérir des apports différents,
- L'optimum économique d'une production peut ne pas correspondre à l'optimisation d'un critère technique.

On rappellera aussi que toute recommandation doit avant tout tenir compte du niveau de production des animaux ; elle doit également intégrer un grand nombre de facteurs externes à l'animal, par exemple :

- la complexation éventuelle dans la source utilisée ;
- les interactions entre les nutriments ;
- le niveau énergétique des aliments ;
- la température ambiante ;
- les stress (maladies, surpopulation ...).

Ces facteurs justifient donc l'existence d'une marge de sécurité entre les besoins déterminés en station et les recommandations pratiques mais qui n'autorisent jamais à multiplier par deux (et encore moins par trois) les premiers (I.N.R.A, 1989).

Outre le gaspillage économique qui en résulterait, on sait en effet que des excès, même modérés, de certains minéraux peuvent être néfastes.

Le cas du sélénium est sans doute le mieux connu de ce point de vue ; un excès de calcium entraîne parfois une carence en zinc chez le lapin en croissance et une déficience en phosphore chez la lapine allaitante ; un excès de magnésium réduit l'utilisation digestive du phosphore chez le porc ; un excès de phosphore abaisse le poids de la coquille de l'oeuf chez la poule etc... (PARIGI-BINI, 1986).

### 2.1.2 Détermination des besoins en minéraux

Elle est toujours délicate et parfois très difficile chez certaines espèces dont la séparation des fèces d'avec les urines est impossible (cas des volailles). Deux approches complémentaires peuvent être utilisées pour déterminer les besoins en un élément minéral. Les cas de calcium et de phosphore vont illustrer les deux approches.

La première approche dite "globale" consiste à distribuer à des animaux des aliments renfermant des doses croissantes de l'élément et à mesurer les différentes caractéristiques zootechniques telles que :

- La vitesse de croissance, l'indice de consommation, la fréquence des troubles locomoteurs etc... de l'animal en croissance ;
- le poids et la taille des portées, le nombre et le poids d'oeufs etc... chez les femelles adultes.

On choisira alors l'apport optimisant le paramètre jugé intéressant si tous ne le sont pas simultanément.

Cette deuxième dite "factorielle" repose sur l'évaluation des besoins nets liés à chaque fonction physiologique (entretien, croissance, gestation, lactation etc...) et sur l'application du facteur d'utilisation digestive tenant compte de l'absorption intestinale réelle.

La détermination de ces coefficients d'utilisation digestive réelle (C.U.D.r) exige deux conditions :

- pouvoir séparer les fèces de l'urine, ce qui est impossible chez les volailles ;
- pouvoir apprécier l'excrétion endogène fécale.

Il s'agit donc, en pratique, d'une mesure réservée aux mammifères et réalisable seulement au niveau du laboratoire.

En plus des difficultés purement techniques, il existe d'autres critères qui guident le choix entre les deux approches d'estimation de besoins : il est ainsi facile d'estimer l'exportation de calcium que réalise une femelle dans sa portée, son lait ou les coquilles de ses oeufs et d'utiliser en conséquence une approche factorielle.

A l'opposé, le besoin net des minéraux pour la croissance est plus difficile à définir, car on ignore quelle doit être la composition optimale de croît.

Il faut noter les variations du (C.U.D.r) chez un même animal dans le temps ; c'est le cas chez le porc où le C.U.D.r du calcium chute de 75 à 55 p.100 lorsqu'il passe de 10 à 55 kg de poids vif alors que chez la poule pondeuse l'absorption intestinale du calcium passe chaque jour de 40 à 70 p.100 lorsque débute la formation de la coquille d'oeufs (I.N.R.A, 1989).

Il importe de ne pas extrapoler une valeur du C.U.D.r au-delà des limites fixées par les conditions même de la mesure.

### 2.1.3 Besoins en calcium et en phosphore des lapereaux en croissance

L'alimentation minérale des animaux en croissance est capitale. Un apport insuffisant risque de compromettre leur développement.

#### - Calcium

Les besoins du lapereau en croissance sont de 0,9 à 1,1 p.100 (CASTAING, 1979) ; selon le même auteur, un excès de calcium peut conduire à une carence en zinc chez l'animal en croissance où à une déficience en phosphore chez la lapine gestante.

Les besoins en Ca chez le lapin en croissance sont estimés à 0,40 p.100 de la ration (I.N.R.A, 1989).

#### - Phosphore

Les besoins en phosphore total sont de 0,6 à 0,7 p.100 (CASTAING, 1979) de la ration alors que les auteurs de l'I.N.R.A préconisent 0,30 p. 100 (I.N.R.A, 1989) de la ration.

#### Le Rapport Phosphocalcique

Le rapport Ca/P optimal recommandé est supérieur 1 chez plusieurs espèces.

## 2.2 Sources de calcium et de phosphore

Les sources de calcium et de phosphore sont en général alimentaires. Mais c'est surtout la supplémentation des rations en poudre d'os et en phosphore inorganique qui semble le meilleur moyen d'apporter le calcium et le phosphore aux animaux.

### 2.2.1 Sources de calcium

Les carbonates de calcium et les phosphates de calcium sont couramment utilisés dans l'alimentation de bétail comme sources de calcium.

La disponibilité biologique du calcium dans les calcaires varie de 95 à 100 p.100 ; mais elle peut descendre quelquefois en dessous de 90 p.100.

La disponibilité des sources dites "biologiques" telles que les coquilles (mollusques marins ou d'oeufs) est bonne (PARIGI-BINI, 1986). Les autres formes de présentation de calcium (plâtre, ciment) présentent trop d'inconvénients liés aux éléments ou groupes chimiques en présence (aluminium, silice, sulfate).

### 2.2.2 Sources de phosphore

Le phosphore trouvé dans l'organisme des animaux provient de l'alimentation.

Sa teneur dans les végétaux est variable selon l'espèce végétale, l'âge de la plante et de son stade végétatif et également de la nature du sol.

La supplémentation des aliments en sources de phosphore inorganique (phosphate monocalcique, polyfos etc...) est indispensable pour une bonne production animale dans les régions sahéliennes où les végétaux deviennent pauvres en Phosphore en saison sèche.

Le problème le plus souvent discuté est l'utilisation du Phosphore phytique présent dans les graines des végétaux et qui représente couramment 60 à 70 p. 100 du phosphore total (cas des céréales).

Les céréales sont moyennement riches en Phosphore, leurs issues (son, farine basse etc...) en sont bien pourvues (plus de 1 p 100 de MS) bien que ce Phosphore ne soit pas facilement disponible comme le montrent les tableaux III et V : Teneur en Phosphore phytique de certaines matières premières en alimentation animale (**POINTILLART**, 1994).

**Tableau III : Teneur en phosphore phytique de certaines matières premières en alimentation animale (POINTILLART, 1994)**

	Phosphore phytique g/kg	Phosphore phytique/ phosphore total p.100
Blé	1,7-2,5	60-67
Maïs	1,7-2,2	66-85
Orge	1,9-2,5	51-66
Sorgho	1,8-2,2	60-74
Pois	1,2-1,7	40-50
Son de blé	8,1-9,7	70-90
Remoulage du blé	4,7-5,8	66-85
Tourteaux		
- soja	3,2-3,8	51-61
- arachide	3,2-4,3	47-69
- coton	7,0-9,2	70
- tournesol	6,2-9,2	73-80
- colza	6,0-7,3	60-63

Les produits animaux terrestres et aquatiques constituent d'excellentes sources aussi bien du calcium que du phosphore notamment la poudre d'os, les farines de viande, farine de poisson et le lait (Tableau IV)

**tableau IV : Relation entre teneur en Phosphore et Calcium des farines animales (I.N.R.A 1989)**

	Phosphore en p.100 de M.S	Calcium en p.100 de M.S	Ca/P
Farine de viande	0,78	1,08	1,38
Farine de poisson	0,66	0,86	1,30

D'autres sources de phosphore sont représentées par les phosphates inorganiques apportés dans la supplémentation des animaux ; il s'agit de :

- phosphate bicalcique ;
- phosphate tricalcique (couramment appelé calcium) ;
- polyfos.
- etc...

C'est dans la dernière source que l'on fait souvent recours pour couvrir les besoins des animaux.

**Tableau V : composition chimique de la poudre d'os (L.N.E.R.V. 1986)**

élément minéral P. 100	Farine de mâchoire	Farine d'os de comillons
Calcium	17.6	17.9
Phosphore	9.8	11.4
Magnésium	2.18	
Fluor		
Silice	1.6	0.5
Ca/p	1.7	1.5
Disponibilité biologique		haute

Ces dernières sources de P sont nombreuses et variées.

**Tableau VI : Caractéristiques des sources hydrosolubles de phosphore en P. 100 de produit brut (PARIGI-BINI, 1986)**

Source de P.	Phosphore total	calcium
phosphate de bicalcique dihydraté anhydre	17,5 - 19 21	23 - 26 28
Phosphate monobicalcique	20	18 - 21
phosphate tricalcique	19,5	37
phosphate de roche naturels défluorés	13 - 18 32 -	28 - 39 32
Farine d'os non traitée dégelatinée	11,2 14,1	23,5 30,7
phosphate ca-Mg-Na	17,3	9,5

**Tableau VII : Composition chimique des phosphates  
(SAWADOGO et al. , 1992)**

Elément minéral P. 100	Phosphate de Taïba *	Phosphate de Thiès **
Calcium	36	6,4
Phosphore	15,8	12,8
Fluor	3,7	0,8
Magnésium	0,01	—
Aluminium	0,56	16,1
Silice	2,66	—
Fer	0,37	7
Manganèse	0,03	—
Rapport Ca/P	2,2	0,5
Solubilité à l'acide citrique 2 P. 100	45	32
Disponibilité Biologique	Intermédiaire ***	Intermédiaire ***
Digestibilité	—	20

\* D'après la Compagnie Sénégalaise des phosphates de Taïba (CSPT)

\*\* D'après la Société Sénégalaise des phosphates de Thiès (SSPT)

\*\*\* D'après CONRAD et al. , (1985)

**Tableau VIII : Caractéristiques des sources hydrosolubles de phosphore en P. 100 de produit brut (PARIGI-BINI, 1986)**

Source de P.	Phosphore total	calcium
Acide phosphorique	24 - 28	
Phosphate monosodique dihydraté	19,8	
anhydre	25	
Phosphate monoammonique	26,7	
phosphate diammonique	23,2	
Triphosphate de sodium	24,7	
Phosphate mono calcique hydraté	21 - 24	17 - 20

L'utilisation de sources de P inorganique a donné des bons résultats surtout chez les bovins et les volailles au sahel. Les sources fréquemment utilisées sont consignées sur le tableau VII

### 2.2.3 Absorption digestive du calcium et du phosphore

Dans l'alimentation, le Calcium peut être combiné sous forme minérale (carbonate...) ou organique ( oxalate, citrate, malate etc...) ; le Phosphore se présente également sous les deux formes: la forme minérale qui comprend les phosphates solubles alcalins ou alcalino - terreux monométalliques) et la forme organique qui comprend les (phospholipides, phytines etc...) (BARICAULT, 1960).

L'acidité gastrique solubilise certains composés, faisant apparaître des ions  $\text{Ca}^{++}$  et phosphates bivalents assimilables.

Les phosphatases alcalines de la bile jouent un rôle important, libérant du phosphate à partir des composés organiques.

Une partie non négligeable du Calcium et du Phosphore absorbée par l'intestin est d'origine endogène ( sécrétions digestives).

#### 2.2.3.1 Mécanisme

##### 2.2.3.1.1. Absorption du Calcium

Beaucoup d'auteurs s'accordent que le Calcium est absorbé de manière active dans le duodénum et de manière passive dans le jéjunum.

Pour beaucoup d'espèces, on sait que le taux (ou l'efficacité) d'absorption est élevé dans le duodénum et, en général, décroît au delà du duodénum (BARICAULT, 1960 ; WASSERMAN, 1976,).

Dans l'absorption active, le Calcium passe de la lumière intestinale dans le sang en trois étapes :

le passage de la face muqueuse de cellule (bordure en brosse), la migration dans le cytoplasme vers la membrane basale et le franchissement de la basale (MABALO, 1993). Ce mécanisme nécessite la synthèse des protéines dont une protéine transporteuse (Calcium Binding Protein) ou protéine de Wasserman.

La synthèse de cette protéine transporteuse est sous la dépendance d'un dérivé actif de la vitamine  $\text{D}_3$ , la 1,25 dihydroxycholécalférol (1,25  $(\text{OH})_2 \text{D}_3$ ) ou 1,25  $(\text{OH})_2 \text{CC}$ )

Le transport passif quant à lui, a lieu au niveau de l'iléon (1/3) selon certains auteurs et dans le jéjunum selon d'autres.

### 2.2.3.1.2 Absorption du phosphore :

Chez la plupart des monogastriques l'absorption intestinale des ions phosphates s'effectue essentiellement au niveau jéjunal, l'iléon et le duodénum étant le siège d'une absorption beaucoup plus réduite (**BARLET et al.** , 1995)

Le transport du phosphore à travers la muqueuse intestinale est lié à la présence de l'ion  $\text{Ca}^{++}$ . Le taux d'absorption est fonction des besoins de l'animal mais surtout de la biodisponibilité du minéral .

Le rôle respectif de chaque segment du tube digestif dans ces mécanismes varie au cours du développement : chez les lapereaux de 15 jours, un transport actif de Phosphore est démontré au niveau du duodénum, du jéjunum proximal et distal et de l'iléon proximal, chez les animaux de 3 mois, ce transport n'existe plus qu'au niveau du duodénum et du jéjunum proximal (**BOROWITZ et GRANRUD**, 1993). Comme la plupart des minéraux majeurs, le Phosphore peut franchir la barrière intestinale selon un processus de transport passif ou actif, en fonction de la concentration luminale en Phosphore à ce niveau.

L'absorption digestive du Calcium et du Phosphore a lieu au niveau du duodénum pour les 2/3 et le dernier 1/3 est absorbé dans l'iléon et le jéjunum.

L'absorption du Calcium par le lapin en croissance est toujours élevée, les coefficients d'utilisation réelle varient de 40 à plus de 50 p. 100 (**GUEGUEN**, 1970).

L'efficacité de leur absorption dépend de la présence d'une régulation endocrinienne.

## 2.3 Facteurs de variation de l'absorption du calcium et du phosphore

Nous distinguerons des facteurs internes et des facteurs nutritionnels :

### 2.3.1 facteurs internes

- Tube digestif :

l'intégrité de la muqueuse intestinale et son bon fonctionnement sont très importants pour l'absorption des substances résultant de la digestion. Or, les diarrhées et les infestations parasitaires diminuent la capacité d'absorption. les diarrhées sont très fréquentes chez le lapin. En effet, tout se passe comme si cet animal répond à toutes les agressions par la diarrhée.

- Influences hormonales :

° L'hormone de croissance, la GH (growth hormon) stimule l'absorption intestinale du calcium et du phosphore (**COULIBALY**, 1992 ; **BARLET**,1995).

° La parathormone (PTH) ne contrôle pas directement l'absorption de phosphore (**WALING** cité par **BARLET et al.** , 1995), mais est cependant

capable d'accroître la synthèse rénale de  $1,25\text{ (OH)}_2\text{ D}_3$  (**GARABEDIAN et al.**, 1972) et par suite la captation de Phosphore (**FLEET et al.**, cités par **BARLET et al.**, 1995).

- ° La calcitonine : son action sur l'intestin fait encore l'objet de controverses chez plusieurs auteurs ; c'est une hormone hypocalcémiante apparemment antagoniste de la PTH. Elle a un rôle relativement important dans la mesure où son action hypocalcémiante ne se manifeste que sur les animaux jeunes alors que chez l'adulte cette action n'a pas lieu. Néanmoins son rôle n'est pas négligeable puisqu'en produisant l'hypocalcémie, elle empêche la destruction de l'os.
- ° Vitamine D et les hormones sexuelles augmentent l'absorption et la réabsorption du Calcium et du Phosphore au niveau de l'intestin.
- ° L'insuline et la cortisone augmentent l'absorption du phosphore en potentialisant l'effet stimulant du calcitriol (**CORRADINO, YEH et ALOIA**, cités par **BARLET**, 1995)

### 2.3.2 Facteurs nutritionnels

Ces facteurs agissent directement sur l'état du Calcium et du Phosphore dans l'intestin, ou indirectement en modifiant le métabolisme de la vitamine D.

- l'apport calcique :

Beaucoup d'auteurs s'accordent sur le fait que le Calcium est efficacement absorbé lorsqu'il est en faible quantité dans la ration (**BESANCON et LEBAS**, 1969 ; **CRETON**, 1976)

Généralement la proportion d'absorption de Calcium diminue lorsque les apports augmentent.

Cependant, le lapin soumis à des hauts niveaux d'ingestion calcique, présente la particularité de ne pas réduire sa capacité d'absorption intestinale, comme le font la plupart des espèces animales. Il accroît les excréments urinaires et fécaux du Calcium pour retenir juste la quantité nécessaire aux besoins de l'organisme (**BESANCON et LEBAS**, 1969).

- l'apport de Phosphore :

Un régime pauvre en Phosphore entraîne une augmentation de l'absorption calcique chez le rat jeune et le poulet (**TANAKA et al.**, **MORISSEZ et WASSERMAN** cités par **CRETON**, 1976). Le phosphate du régime intervient aussi sur le métabolisme de la vitamine D.

S'il y a excès de phosphate par rapport au Calcium, il apparaît du phosphate tricalcique insoluble et non absorbable dans l'intestin (**CRETON**, 1976).

L'équilibre phosphocalcique le plus favorable à une bonne rétention osseuse des deux éléments semble se situer entre 2 et 3 pour les quantités ingérées et être voisin de 2 pour les

## - Les graisses

A faible dose, les acides gras seraient mêmes favorables à l'utilisation du calcium (BARICAULT, 1960) mais lorsqu'ils sont en excès dans l'intestin, avec le Calcium, ils forment des "savons insolubles" non absorbés (CRETON, 1976 ; REGNIER, 1976)

### Autres facteurs :

Ils interviendraient dans l'absorption du calcium et / ou du phosphore par des processus variés de façon plus ou moins marqué (CRETON, 1976) il s'agit de l'eau, des acides aminés.

Les facteurs internes, nutritionnels et divers auront des effets sur la distribution du calcium et du phosphore dans l'organisme.

## 2 - 4 Distribution du Calcium et du Phosphore dans l'organisme

Dans l'organisme le Calcium et le Phosphore se retrouvent en presque totalité dans le squelette et les dents. L'os contiendrait à lui seul 99 p.100 de calcium total et 80 à 85 p. 100 du Phosphore total ; une très faible partie se trouve répartie entre les liquides organiques et les tissus mous qui contiennent seulement 1 p.100 du Calcium total et 20 p.100 du Phosphore de l'organisme (CRETON, 1976).

### 2 - 4 - 1 Distribution du Calcium

#### a) le calcium de l'os :

Le calcium osseux existe sous "formes chimiques" :

- Le phosphate tricalcique ( $\text{Ca}_3 (\text{P04})_2$ ) représentant les 3/4 du calcium osseux.
- Le carbonate de calcium ( $\text{Ca CO}_3$ ), environ 10 P. 100
- Le reste étant combiné à l'acide citrique, l'acide lactique ou les protéines.

Les calcium et le phosphore interviennent toujours dans le rapport :  $\text{Ca/P} = 2,2$  au niveau de l'os et ceci n'est pas altéré par les conditions de déminéralisation de l'os (KANEKO et CORNELUS cités par REGNIER, 1976).

#### b) le calcium dans le sang et le secteur extracellulaire.

La calcémie est une constante fixe chez un même individu. Cette calcémie est très étroitement contrôlée par différents facteurs vitaminiques et hormonaux, ses limites de variations physiologiques sont ainsi très faibles:

On compte trois formes de calcium plasmatique (WOLTER cité par REGNIER, 1976)

quantités absorbées, l'utilisation digestive du Calcium alimentaire étant en général inférieure à celle du Phosphore (MABALO, 1993)

#### **- les vitamines**

A côté de son rôle primordial dans l'absorption du Calcium, la vitamine D accroît la teneur intestinale en phytase, au moins chez le rat (ROBERTS et YUDKIN cités par CRETON, 1976).

La vitamine A, nécessaire à l'intégrité des épithéliums telle que la muqueuse intestinale, intervient indirectement aussi sur l'absorption de calcium et de phosphore.

#### **- Protides :**

Un excès de protéines entraverait l'absorption du Calcium et nécessiterait une supplémentation minérale (BARICAULT, 1960). Mais certains auteurs pensent au contraire qu'une quantité importante de protéines améliore cette absorption (MAC CANCE et al. , ROYER et al., cités par CRETON, 1976 ; REGNIER, 1976) en particulier les protéines phosphorées du lait.

#### **- glucides :**

A doses convenables les glucides augmentent l'absorption calcique ; c'est le cas du lactose, du D ou L -xylose, du L -arabinose dans la partie iléale.

#### **- Sels minéraux :**

Certains métaux influent sur l'absorption du calcium ; le fer, le baryum et le strontium donnent des phosphates insolubles non absorbés. Le sodium, le potassium à fortes doses ont une action inhibitrice sur l'absorption du Calcium (WASSERMAN, 1976).

Le magnésium quant à lui favorise l'absorption calcique lorsque le régime est pauvre en Calcium, et inversement limite cette absorption quand le régime est riche en Calcium (KAUDOIN cité par REGNIER, 1976 ; WASSERMAN, 1976).

#### **- Les acides**

L'acide oxalique forme des sels insolubles avec le Calcium.

L'acide phytique est un facteur "anticalcifant" reconnu par la majorité des auteurs dans les céréales.

## - Les graisses

A faible dose, les acides gras seraient mêmes favorables à l'utilisation du calcium (BARICAULT, 1960) mais lorsqu'ils sont en excès dans l'intestin, avec le Calcium, ils forment des "savons insolubles" non absorbés (CRETON, 1976 ; REGNIER, 1976)

### Autres facteurs :

Ils interviendraient dans l'absorption du calcium et / ou du phosphore par des processus variés de façon plus ou moins marqué (CRETON, 1976) il s'agit de l'eau, des acides aminés.

Les facteurs internes, nutritionnels et divers auront des effets sur la distribution du calcium et du phosphore dans l'organisme.

## 2 - 4 Distribution du Calcium et du Phosphore dans l'organisme

Dans l'organisme le Calcium et le Phosphore se retrouvent en presque totalité dans le squelette et les dents. L'os contiendrait à lui seul 99 p.100 de calcium total et 80 à 85 p. 100 du Phosphore total ; une très faible partie se trouve répartie entre les liquides organiques et les tissus mous qui contiennent seulement 1 p.100 du Calcium total et 20 p.100 du Phosphore de l'organisme (CRETON, 1976).

### 2 - 4 - 1 Distribution du Calcium

#### a) le calcium de l'os :

Le calcium osseux existe sous "formes chimiques" :

- Le phosphate tricalcique ( $\text{Ca}_3 (\text{P04})_2$ ) représentant les 3/4 du calcium osseux.
- Le carbonate de calcium ( $\text{Ca CO}_3$ ), environ 10 P. 100
- Le reste étant combiné à l'acide citrique, l'acide lactique ou les protéines.

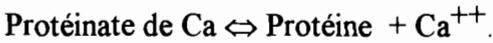
Les calcium et le phosphore interviennent toujours dans le rapport :  $\text{Ca/P} = 2,2$  au niveau de l'os et ceci n'est pas altéré par les conditions de déminéralisation de l'os (KANEKO et CORNELUS cités par REGNIER, 1976).

#### b) le calcium dans le sang et le secteur extracellulaire.

La calcémie est une constante fixe chez un même individu. Cette calcémie est très étroitement contrôlée par différents facteurs vitaminiques et hormonaux, ses limites de variations physiologiques sont ainsi très faibles:

On compte trois formes de calcium plasmatique (WOLTER cité par REGNIER, 1976)

- le calcium non diffusible lié aux protéines plasmatiques (albumines) par une liaison réversible. Cette fraction (non diffusible) représente 40 p. 100 du calcium plasmatique et obéit à la relation:



Cette forme de calcium liée aux protéines constitue une réserve de première urgence qui participe à la régulation du taux de calcium diffusible.

- Le calcium ionisé: représente environ 60 p. 100 du calcium plasmatique. Son taux sanguin dépend de l'équilibre acido-basique ; ainsi, l'acidose augmente le calcium sanguin ionisé par libération de calcium lié aux protéines pour assumer plusieurs fonctions physiologiques.

- Le calcium extra - cellulaire non plasmatique : se trouve dans les espaces interstitiels, principalement sous forme de calcium ionisé.

Au total la calcémie comprend 3 formes de Calcium et cette calcémie est objet des variations, notamment à l'approche du part chez plusieurs espèces animales.

#### 2 - 4 -2 Distribution du phosphore

Dans l'organisme, 85 p.100 du phosphore se trouve au niveau de l'os et 15 p.100 dans les tissus mous.

**a) Dans l'os** : le phosphore est abondant dans le squelette, car l'acide orthophosphorique forme avec le calcium des composés difficilement solubles (hydroxyapatite et phosphate de calcium amorphe). Le phosphore est principalement sous forme d'orthophosphate inorganique mais aussi de faibles quantités de pyrophosphates inorganiques (JOUBLAIN, cité par REGNIER, 1976)

**b) Dans le sang** : le phosphore est dans le sang sous forme organique et inorganique.

. Phosphore organique : Il est prédominant à l'intérieur des globules rouges. Il est représenté par les molécules de grand intérêt biologique comme : les nucléotides, et les acides nucléiques, les phospholipides et les esters phosphoriques d'oses. Ce phosphore joue un rôle très important car il entre dans la formation des éléments vitaux de la cellule ; il sert d'une part à de nombreuses synthèses et dégradations, et d'autre part, à des liaisons phosphorées à haute énergie jouant un rôle de stockage, de transfert et de libération d'énergie (KANEKO et al. , cités par REGNIER, 1976).

. Phosphore inorganique : C'est habituellement le phosphore dosé dans le sérum. Son taux sanguin (phosphatémie) est moins fixe que la calcémie. Il est compris entre 30 et 40 mg/l chez le lapin et en général de 31 à 110 mg/l chez les autres espèces animales. D'autre part, la phosphatémie est toujours plus élevée chez le jeune que chez l'adulte.

Il faut noter que le phosphore inorganique est diffusible et ultrafiltrable sauf la faible portion liée aux protéines.

**Tableau IX : Valeur moyenne de la calcémie et de la phosphatémie chez la lapine Reproductrice (DELA VENNE, 1985).**

Auteurs	Stades physiologiques du lapin	Calcium m mol / l	Phosphore m mol / l
<b>FISHER (1980)</b>	Lapines gestante puis allaitante : aliment granulé commercial	3,58	1,52
<b>JOUGLAR (1983)</b>	Lapines gestante puis allaitante : aliment granulé commercial	3,72	1,50
<b>VIARD et al.,</b>	Lapines gestante puis allaitante : aliment granulé commercial	-	1,16

Or cette distribution est soumise aux facteurs influençant la biodisponibilité du calcium et du phosphore.

### **2 - 4 - 3 Facteurs influençant la biodisponibilité du calcium et du phosphore**

Il s'agit le plus souvent d'interactions entre éléments minéraux pouvant affecter la calcémie et la phosphatémie de différentes manières (COULIBALY, 1992)

#### **2 - 4 - 3 -1 La rétention du calcium et du phosphore.**

Bon nombre d'auteurs sont unanimes sur le fait que la rétention est meilleure lorsque le régime a une teneur faible en calcium et phosphore ; inversement il y a gaspillage de ces minéraux quand le régime en est riche. Cet excès est éliminé par les urines et les fèces (BESANCON et LEBAS, 1969 ; GUEGUEN et TRUELLE, 1972).

La rétention calcique chez le lapin en croissance est généralement faible ; le coefficient de rétention exprimé en pourcentage est de 27,6p.100 (BESANCON et LEBAS, 1969)

Le coefficient de rétention du phosphore est plus élevé (60p.100 de l'ingéré) selon TRUELLE, (1972).

En définitive, l'absorption digestive du phosphore est plus faible que celle du calcium mais sa rétention est plus élevée.

Le calcium et le phosphore absorbés ne sont pas totalement retenus dans l'organisme ; une partie est éliminée et constitue les pertes.

## **2 -5 Les pertes du calcium et du phosphore**

### **2 - 5 -1 Excrétion urinaire :**

#### **2 - 5 -1 - 1 Excrétion du calcium**

##### **a) filtration glomérulaire**

Seul le calcium diffusible du sérum, c'est - à - dire le calcium ionisé et le calcium complexé (phosphates, bicarbonates et citrates), traversent le glomérule. La fraction liée aux albumines reste dans les espaces vasculaires.

##### **b) réabsorption tubulaire**

Elle se fait au niveau de tubules rénaux. La calciurie est influencée par plusieurs facteurs :

- le régime alimentaire par le taux de calcium absorbé au niveau de l'intestin en particulier le cas d'hyperabsorption qui conduit à une hypercalcémie.  
Par contre , un régime sans calcium ne supprime pas la calciurie, mais l'abaisse de façon discrète.
- les hormones : la parathormone stimule la réabsorption tubulaire du Calcium. Ce qui a pour conséquence une hypercalciurie.

La calcitonine augmente la calciurie en diminuant la réabsorption tubulaire.

#### **2 - 5 - 1 - 2 Excrétion des phosphates.**

L'excrétion rénale des phosphates se fait par filtration glomérulaire et réabsorption au niveau de la partie proximale des tubules.

Ces mécanismes de filtration et de réabsorption du phosphore sont sous la dépendance non seulement de la quantité de phosphore du régime, mais aussi de l'action directe de l'hormone parathyroïdienne qui diminue la réabsorption et provoque une hyperphosphaturie (REGIME, 1976).

#### **2 - 5 - 2 Excrétion fécale du calcium et du phosphore.**

La principale élimination du phosphore est faite par la voie fécale chez la plupart des espèces animales. Quel que soit le régime alimentaire, on retrouve une certaine quantité de calcium et de phosphore dans les fèces. Ces deux minéraux, ont une origine exogène (alimentaire) non absorbée et une origine endogène (production intestinale). BESANCON et

LEBAS (1969)) estiment que 14 p.100 des pertes fécales de calcium sont d'origine endogène chez le lapin en croissance.

### **2 - 5 - 3 Pertes par les productions**

#### **2 - 5 - 3 - 1 Le foetus :**

Les besoins des femelles gestantes en calcium et phosphore sont élevés surtout vers le dernier 1/3 de la gestation pour permettre l'édification du squelette du foetus. C'est pourquoi une augmentation du taux du régime habituel des animaux en calcium et phosphore est indispensable à ce stade.

En général, les femelles gestantes mobilisent le calcium et le phosphore de leurs réserves du squelette vers le foetus. Cette mobilisation, si elle est excessive entraîne la fragilisation des os maternels et souvent est responsable de la fièvre vitulaire chez la vache.

#### **2 -5 - 3- 2 Le Lait**

Cette voie d'élimination n'est pas la moindre ; compte tenu de la richesse du lait en calcium et en phosphore nécessaires pour l'édification du squelette du nouveau - né.

A partir de l'étude de la composition minérale des laits de plusieurs espèces animales, Gueguen, 1971 a dressé le tableau suivant :

**Tableau X : Comparaison de la teneur en Ca et P des laits des principaux mammifères (mg / l) (Gueguen, 1971).**

Composition espèces	Cendres	Ca	P	Ca/P
Femme	2300	320	160	2
Jument	4000	1000	6000	1,6
Vache	7200	1250	950	1,31
Eléphante	7300	1320	840	1,57
Bufflonne	7800	1800	840	1,57
Chèvre	7800	1800	1300	1,38
Brébis	8700	1900	1500	1,26
Girafe	9000	1540	1050	1,48
Truie	9400	2200	1550	1,42
Lapine	20000	5000	350	1,43

Il ressort de ce tableau que la lapine exporte par le lait deux à quatre fois plus de minéraux que la vache et la truie. Ceci montre que la lapine allaitante a un métabolisme minéral intense et des sollicitations importantes qui l'obligeront à exporter les réserves osseuses.

#### **2 - 5 - 4 Autres voies :**

L'élimination par la sueur est faible chez le lapin ; elle est importante surtout chez le cheval.

La sueur assure une certaine excrétion de phosphore.

Les pertes de calcium et de phosphore sont amoindries grâce aux différents mécanismes de régulation, mécanismes que nous allons traiter dans le prochain chapitre.

### CHAPITRE III : REGULATION ENDOCRINIENNE DU METABOLISME PHOSPHOCALCIQUE

La régulation endocrinienne du métabolisme phosphocalcique est assurée principalement par 3 hormones :

- 1,25 dihydroxycholéciferol, ( $1,25 (OH)_2 D_3$ ) qui est un dérivé de la vitamine D
- la parathormone (PTH), hypercalcémiant,
- la calcitonine (CT), essentiellement hypocalcémiant, qui jouerait un rôle relativement mineur (HIOCO, 1975)

#### 3 -1 La vitamine D

Les vitamines D appartiennent au groupe des stérols. Les deux représentants majeurs de ce groupe sont la vitamine D<sub>2</sub> (ergocalciferol) d'origine végétale, et la vitamine D<sub>3</sub> (cholecalciferol) d'origine animale.

La vitamine D n'est qu'une prohormone. Après son absorption intestinale surtout dans la partie moyenne du jejunum (FORMAN et al., cité par CRETON, 1976), ou sa synthèse dans la peau à partir du 7 - dihydrocholestérol grâce aux rayons ultra-violet, la vitamine D est amenée par le système circulatoire et va subir une double hydroxylation : la première au niveau du foie, puis la deuxième au niveau du rein.

La première hydroxylation a lieu au niveau du foie en présence des enzymes, ce qui donne un composé polaire, la 25 hydroxycholéciferol ou  $25 (OH) D_3$  ; la  $25 (OH) D_3$  est alors transportée par une gamma - globuline jusqu'au rein où il subit une deuxième hydroxylation par la  $25 (OH) D_3$  1 - alpha - hydroxylase pour donner la 1,25 dihydroxycholéciferol ( $1,25 (OH)_2 D_3$ ) qui est la forme active de la vitamine D<sub>3</sub>.

Il y a également après la deuxième hydroxylation, la synthèse de  $24, 25 (OH)_2 D_3$  dont l'action sur le métabolisme serait moindre par rapport à la  $1,25 (OH)_2 D_3$ .

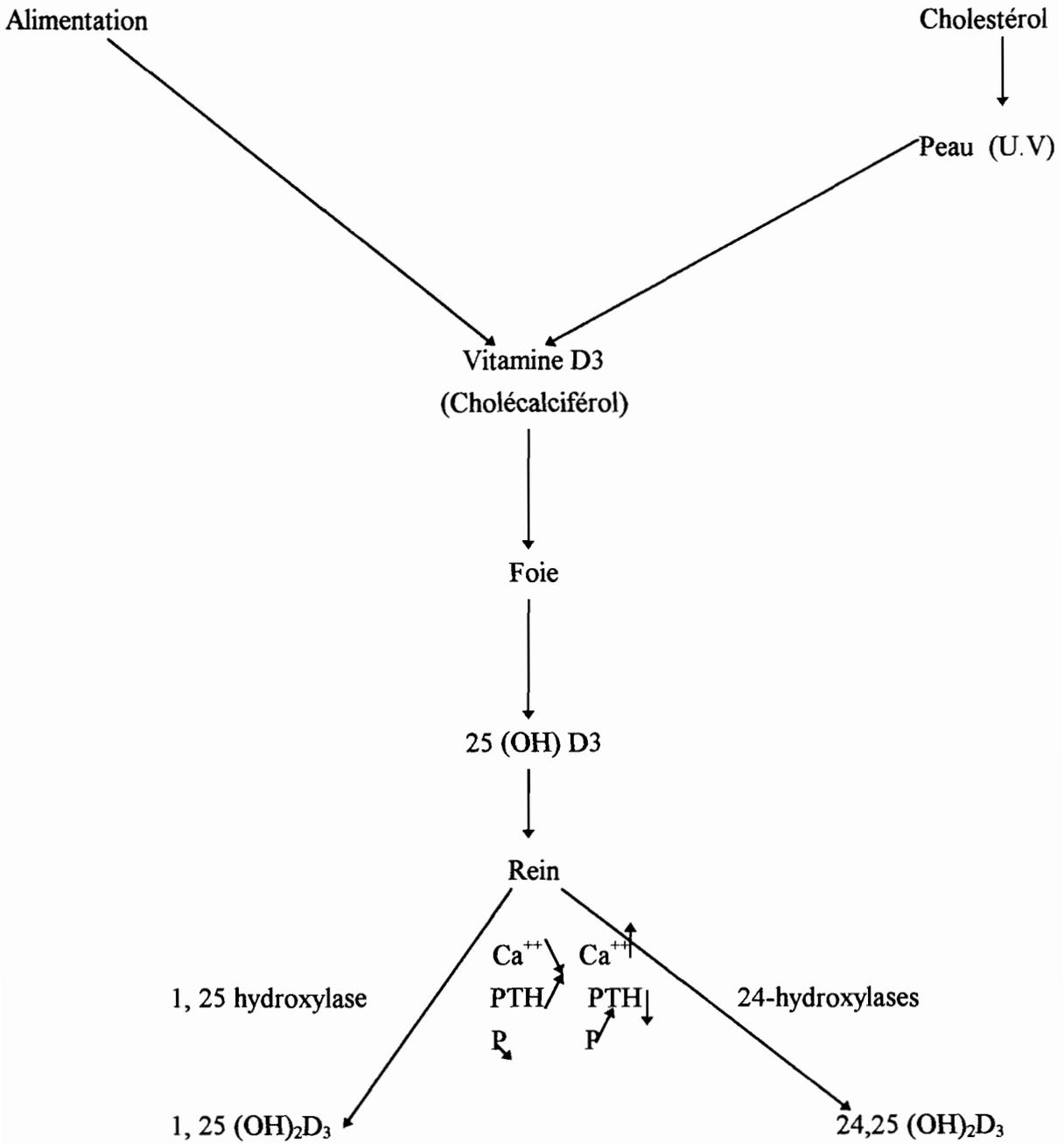


Figure 2 : Métabolisme de la vitamine D<sub>3</sub> (WRIGHT, 1989)

### 3 - 4 Récepteurs - Contrôle - régulation.

L'homéostasie phosphocalcique est essentiellement contrôlée par les 3 hormones précitées ( $1,25 \text{ (OH)}_2 \text{ D}_3$ , PTH, CT). Ces hormones possèdent des actions biologiques sur trois récepteurs privilégiés : l'intestin, le rein et l'os.

#### 3 - 4 -1 L'intestin

C'est au niveau de l'intestin que le calcium et le phosphore sont absorbés et ensuite ils passent par le courant circulatoire pour retrouver leurs sièges en fonction des besoins de l'organisme.

Dans l'intestin, 50 p. 100 du calcium ingéré est absorbé ; cette absorption se fait de 2 manières :

- **absorption active** : qui a lieu au niveau du duodénum et représente  $2/3$  de calcium absorbé. Différents facteurs de régulation interviennent à ce niveau.
- **absorption passive** : elle a lieu le long de l'iléon et correspond à environ  $1/3$  du calcium absorbé.

Au reste du calcium non absorbé, s'ajoute le calcium endogène.

Ainsi donc l'intestin joue un rôle primordial dans l'absorption du calcium et du phosphore ; il joue également un rôle important dans la régulation de cette absorption.

#### a) actions biologiques de la $1,25 \text{ (OH)}_2 \text{ D}_3$

La  $1,25 \text{ (OH)}_2 \text{ D}_3$  est responsable de l'absorption du calcium au niveau intestinal. Elle se fixerait à un récepteur au niveau de la membrane de la cellule intestinale et ensuite le complexe hormone - récepteur serait transféré au niveau du noyau de l'entérocyte.

A ce niveau la  $1,25 \text{ (OH)}_2 \text{ D}_3$  induit la synthèse d'une protéine transporteuse de calcium : Calcium Binding Protein (protéine de Wasserman) et d'une enzyme, le Ca/Na - AT Pase.

La protéine de Wasserman va se charger de capter le calcium dans la lumière intestinale pour l'amener dans l'entérocyte ; de là, les mitochondries vont se charger du transport jusqu'au pôle basal de l'entérocyte et à ce niveau le Ca va être échangé contre le sodium (Na) sanguin ; cet échange étant activé par le Ca - Na- AT-Pase.

Par ailleurs, la  $1,25 \text{ (OH)}_2 \text{ D}_3$  agit sur le pH du contenu intestinal en l'abaissant. Ce qui favorise une bonne absorption du calcium mais surtout du phosphore (**FERRANDO**, 1964).

### **b) actions biologiques de la parathormone**

la parathormone intervient directement pour favoriser l'absorption intestinale du calcium en stimulant la synthèse de la  $1,25 (OH)_2 D_3$  qui en est la principale hormone.

La PTH est hypercalcémiant et hypophosphatémiant.

Le contrôle de la sécrétion de la PTH est assuré par la calcémie : l'hypocalcémie entraîne la sécrétion de la PTH et l'hypercalcémie entraîne l'inverse.

### **c) actions biologiques de la calcitonine**

la calcitonine a peu d'effet sur l'absorption intestinale du calcium. Mais selon certains auteurs elle inhiberait l'absorption intestinale du calcium de manière directe en intervenant pour inhiber la synthèse de la  $1,25 (OH)_2 D_3$ .

La calcitonine est hypocalcémiant et hypophosphatémiant.

## **3 -4 - 2 Le rein**

Le rôle du rein dans le métabolisme phosphocalcique est double.

- élaboration de la  $1,25 (OH)_2 D_3$

- élimination du calcium

La fonction rénale est assurée par 3 mécanismes :

-La filtration glomérulaire

- la réabsorption tubulaire

-la sécrétion tubulaire

### **a) Actions biologiques de la $1,25 (OH)_2 D_3$**

La  $1,25 (OH)_2 D_3$  augmenterait la réabsorption tubulaire du calcium et du phosphore.

En conclusion, la  $1,25 (OH)_2 D_3$  est une hormone hypercalcémiant et

hyperphosphatémiant

### **b) actions de la parathormone**

Elle a une action inverse de celle de la  $1,25 (OH)_2 D_3$ , puisqu'elle diminue la clearance du Calcium et par conséquent tend à diminuer la Calcémie alors qu'elle augmente la clearance du phosphore tendant ainsi à diminuer la phosphatémie (NZIMULINDA, 1995)

### c) actions biologiques de la calcitonine

la calcitonine abaisse la phosphatémie en augmentant l'excrétion urinaire des phosphates (GUEGUEN et BARLET cités par COULIBALY, 1992)

#### 3- 4 - 3 Le tissu osseux

Pendant toute la vie, le tissu osseux est le siège d'un renouvellement permanent, conséquence de l'intrication du processus constructif (resorption du tissu préexistant). C'est ainsi que le tissu osseux peut remplir son rôle métabolique (libération des sels minéraux lors de sa destruction ) et son rôle de soutien (adaptation architecturale aux changements de conditions mécaniques) (POITIER et DUMAS, 1988).

Les processus constructifs ou phase anabolique sont l'apanage des ostéoblastes qui synthétisent et sécrètent les glycoprotéines et mucopolysaccharides qui vont entrer dans la constitution de la substance fondamentale osseuse ainsi que les molécules de tropocollagène qui vont s'assembler à l'extérieur de la cellule en fibres de collagène. Cette matrice organique réalise la substance pré-osseuse non encore minéralisée (tissu ostéoïde). Ensuite il y a dépôt de sel phospho- calcique peu soluble dans la matrice osseuse, à l'intérieur des fibres de collagène entre elles pour enfin se minéraliser.

- Les processus destructifs ou phase catabolique sont l'oeuvre des ostéoclastes et des ostéocytes.;

\* Les ostéoclastes concourent à la déminéralisation du tissu par la sécrétion de plusieurs enzymes qui solubilisent la substance minérale, dépolymérisent les glycoprotéines et muco polysaccharides et enfin attaquent les fibres de collagène.

\* Les ostéocytes quant à eux concourent à la déminéralisation par leur activité plus lytique que synthétique et lysent le tissu osseux qui les entoure (BOULANGER, POLONOVSKI et al, 1981).

Cette activité osseuse est également contrôlée par les hormones précitées.

#### a) La 1,25 (OH)<sub>2</sub> D<sub>3</sub>

Elle joue un rôle très important dans la minéralisation.

Son absence entraîne la formation d'un tissu osseux qui ne se calcifie pas.

Les besoins en vitamine D chez les jeunes en croissance sont particulièrement élevés car les processus de calcification nécessitent l'apport de grandes quantités de calcium et de phosphore. Mais un apport excessif de vitamine D (à partir de 2300 UI/Kg)entraîne une calcification rénale et aortique chez le lapin. Le seuil de 2000 UI / Kg ne devrait jamais être dépassé (HIOCO, 1975).

En somme, la vitamine D favorise l'absorption intestinale du calcium et du phosphore et, au niveau osseux, elle augmente le dépôt des sels calciques.

### **b) la parathormone :**

Elle a pour effet de mobiliser le calcium de l'os c'est -à - dire d'activer l'ostéolyse et ceci par le relais des cellules osseuses.

La PTH entraîne une nette augmentation de la résorption osseuse due à 4 effets :

- augmentation individuelle des ostéoclastes,
- augmentation de l'activité individuelle des ostéoclastes,
- diminution de l'activité individuelle des ostéoblastes (en bloquant la formation du collagène pré-osseux).
- Diminution du nombre des ostéoclastes

(MICHAND, cité par REGNIER, 1976)

La PTH exerce également son action au niveau des ostéocytes qui, en sa présence, agrandissent leurs lacunes par dissolution de l'os marginal (ostéolyse péri-ostéocytaire). Cette résorption péri-ostéocytaire semble jouer un grand rôle dans l'homéostasie calcique car elle apparaît comme une adaptation rapide et transitoire à l'augmentation de la PTH plasmatique. Alors que la résorption ostéoclastique n'interviendrait qu'en cas de dérèglement prolongé et intense (KAPLANG, cité par REGNIER, 1976).

Elle favorise aussi la transformation de la vitamine D en  $1,25 (OH)_2 D_3$ .

### **c) la calcitonine**

son action s'oppose à celle de la PTH : elle diminue la mobilisation du calcium osseux et favorise le dépôt du calcium dans l'os et protège donc le squelette contre la mobilisation.



DEUXIEME PARTIE :  
ETUDE EXPERIMENTALE

## CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODES

### I.1 LE MATERIEL

#### I.1.1 Matériel animal et aliments

L'étude a porté sur 9 lapins en croissance de race locale âgés de 60 jours. Ils ont été tous placés dans les mêmes conditions d'élevage ; ils sont maintenus dans des cages individuelles de 58,7 cm de longueur, 48,5 cm de largeur et 37 cm de hauteur dont le plancher comporte 320 trous de 1,5 cm de diamètre. Ces cages sont rangées sur batterie simple dans un local fermé à clef, bien aéré et éclairé.

Les lapins ont été répartis en trois lots (A, B et C) de 3 animaux (A1 à A3 ; B1 à B3 ; C1 à C3) chacun. L'expérience a été menée en carré latin : 3 x 3, soit 9 répétitions par traitement (Tableau XI). Au début des expériences, le poids moyen des lapins était de  $1,41 \pm 0,5$  kg

**Tableau XI : Composition du lot A**

N° de lapin	A1	A2	A3
Sexe	♀	♀	♀
Poids vif (kg)	1,5	1,225	1,57

Poids moyen du lot A ( Kg) :  $1,43 \pm 0,14$

**Tableau XII : Composition du lot B**

N° de lapin	B1	B2	B3
Sexe	♀	♀	♀
Poids vif (kg)	1,1	1,55	1,39

Poids moyen du lot B (Kg) :  $1,34 \pm 0,18$

**Tableau XIII : Composition du lot C**

N° de lapin	C1	C2	C3
Sexe	♀	♀	♀
Poids vif (kg)	1,54	1,4	1,49

Poids moyen du lot B (Kg) :  $1,47 + 0,05$

### 1.1.2 Conditions d'élevage

Les lapins ont été maintenus individuellement dans des cages métalliques (décrites plus haut). Sous chaque cage est glissé un plateau métallique qui permet de recueillir les déjections. Au dessus du plateau, un grillage d'environ 0,5 cm de maille est posé afin de permettre les récoltes séparées des fèces et des urines.

Les cages sont rangées en batterie simple dans un local fermé à clef, bien aéré et suffisamment éclairé ; faute de thermohygromètre, nous n'avons pas pu relever l'humidité relative et la température de la salle.

La durée d'éclairage est celle du jour.

### 1.1.3 Les aliments

Trois(3) régimes expérimentaux ont été mis au point à partir des matières premières achetées sur le marché de Dakar(Sénégal) et mélangées avec soin pour obtenir trois rations les plus homogènes que possibles.

Le tableau XIV montre la composition centésimale des rations.

Ces rations comprennent :

- aliment A = aliment témoin (sans calcium et phosphore minéraux)
- aliment B = aliment témoin + poudre d'os (2 p.100)
- aliment C = aliment témoin + polyfos (2 p.100)

Un échantillon de chaque ration a été prélevé et analysé pour déterminer la composition chimique comme présentée au tableau XV.

**Tableau XIV : Formule des aliments expérimentaux (composition centésimale)**

Ingrédients	Aliment A	Aliment B	Aliment C
Maïs rouge concassé	37	35	35
Sorgho blanc	17	17	17
Tourteau de sésame	17	17	17
Farine de poissons	7	7	7
Huile	2	2,2	2,2
Poudre d'os (p.o.)	-	2	-
Folyfos (p.f.)	-	-	2
Fane d'arachide	18,2	18	18
Coquille d'huître	1,8	1,8	1,8
	100,00	100,00	100,00

**Tableau XV : Composition chimique des aliments expérimentaux (p.100)**

Eléments analysés	Aliment A	Aliment B	Aliment C
Matière sèche (p. 100 M.F)	91,05	90,70	90,70
Matière protéique(p.100 M.S.)	16,10	16,10	16,10
Matière grasse(p.100 M.S.)	9,05	9,13	9,18
Matières minérales(p. 100 M.S.)	6,20	6,02	6,10
Calcium (p.100 M.S)	0,59	0,68	0,77
Phosphore total (p.100 M.S.)	0,17	1,28	1,6
Ca / P	3,47	0,53	0,48
Matière cellulosique (p.100 M.S.)	9,10	9,25	9,17

M.S. = Matière sèche

M.F. = Matière fraîche

### **1.1.4 Matériel technique et de laboratoire**

Ce matériel est très varié et comprend :

- un congélateur et un réfrigérateur pour la conservation des échantillons ;
- deux rampes de minéralisation ;
- deux balances électroniques de marque METTLER ;
- un digesteur de marque BUCHI ;
- des petits pots en plastique servant à la pesée des aliments ;
- des flacons en plastique pour la collecte des fèces et des urines ;
- des creusets ;
- une balance pour peser les animaux ;
- trois étuves pour le séchage des échantillons et verrerie ;
- un four pour la minéralisation des échantillons ;
- un moulinex pour le broyage des échantillons ;
- eau distillée ;
- un mixeur ;
- un spectrophomètre de marque spectronic 20 ;
- du petit matériel et des réactifs pour le dosage du phosphore pour les fèces et les urines, du calcium, de la cellulose, de la matière azotée et en plus du phosphore pour les aliments.

## **1.2 Méthodes et protocole expérimental**

### **1.2.1 Phase d'adaptation**

La phase d'adaptation a duré sept jours et a permis aux animaux de s'adapter à leurs régimes alimentaires. C'est au cours de cette phase que la prophylaxie contre la coccidiose a été faite à l'aide de l'amprolium (ND). Aucune autre mesure préventive n'a été prise jusqu'à la fin de l'expérience.

L'étude s'est déroulée en 3 séries conformément au dispositif expérimental en carré latin.

Ce qui a permis d'éliminer les effets éventuels des cages des animaux. Sauf les effets d'aliments sont retenus.

Chaque série est divisée en deux phases :

Une phase d'adaptation qui a duré 7 jours dans la première série, 5 jours dans les deux autres séries et d'une phase de collectes de 5 jours consécutifs dans chaque série.

Les échantillons aussi bien de fèces que d'urines collectés au cours de ces 5 jours sont mis ensemble pour former un échantillon par série de collecte et par animal.

### 1.2.2 Phase expérimentale

Pendant cette phase, une attention particulière a été portée sur les animaux ; les cages, les flacons d'eau de boisson, les mangeoires sont nettoyés au début de l'expérience et après chaque série. L'expérience a comporté 3 séries (tableau XVI) et c'est le système de carré latin qui a été utilisé à cette fin. Ce système permet d'éliminer aussi bien les effets cages que animaux pour ne prendre en compte que les effets de traitement, c'est-à-dire les trois régimes.

**Tableau XVI : Plan du déroulement de l'expérience**

	Aliment A			Aliment B			Aliment C		
Première série	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
Deuxième série	C1	C2	C3	A1	A2	A3	B1	B2	B3
Troisième série	B1	B2	B3	C1	C2	C3	A1	A2	A3

#### 1.2.2.1 Alimentation et Abreuvement

Les animaux ont disposé de l'aliment et de l'eau à volonté pendant toute la durée de l'expérience. L'aliment était distribué deux fois par jours : 08 heures et 18 heures. Au début de l'expérience, chaque lapin recevait 100 g d'aliment (50 g matin et 50 g le soir) ; au fur et à mesure que les animaux grandissaient nous avons augmenté la ration à 120 g/j et par animal (2ème série) pour atteindre 130 g/J et par animal à la dernière série. Les refus d'aliments (aliments non consommés) sont récupérés le lendemain et pesés quotidiennement avant la

distribution de la nouvelle ration. L'eau de boisson est distribuée dans des flacons munis de tétine métallique permettant le goutte à goutte. Ces flacons ont l'avantage de garder l'eau toujours propre.

#### **1.2.2.2. Collectes des fèces et des urines**

Les collectes ont lieu après une semaine d'adaptation et portent sur cinq jours successifs.

##### **\* Fèces**

Un grillage placé dans un plateau sous chaque cage permet de récupérer séparément les fèces (au-dessus du grillage) et les urines (au fond du plateau). Les fèces sont recueillies après 24 heures et pesées afin de déterminer l'excrétion fécale quotidienne par lapin. Ces collectes sur cinq jours successifs constituent un échantillon par série et par animal est conservé au congélateur jusqu'à son analyse chimique.

##### **\* Urines**

Les urines collectées sont prélevées dans des flacons avec un peu d'eau distillée. Les collectes sur cinq jours consécutifs constituent l'échantillon qui est conservé au congélateur jusqu'à son analyse chimique. Il faut noter que pour passer d'une série à une autre, les cages, les grillages et les plateaux sont soigneusement nettoyés. Au total 5 collectes d'urines et autant pour les fèces ont été faites par lapin et par série.

### **1.3. Analyse des échantillons**

Après trois séries de collectes, nous avons eu vingt-sept échantillons de fèces et vingt-sept d'urines soit cinquante quatre échantillons pour les analyses chimiques.

### 1.3.1 Analyse chimique des fèces

#### 1.3.1.1 Préparation des échantillons

Les fèces sont décongelées et broyées à l'aide d'une mortier et pilon métalliques ; ce qui nous a permis d'avoir les particules fines et homogènes et ensuite une certaine quantité représentative est prélevée pour l'analyse.

#### 1.3.1.2. Méthodes d'analyse :

Les méthodes sont celles utilisées pour l'analyse d'aliment pour bétail appliquées à l'I.E.M.V.T.

##### a) Détermination de la matière sèche

3 à 5 g de fèces broyées sont pesées dans des creusets préalablement séchés à l'étuve à 105°C pendant trois heures. la perte de poids est déterminée par pesée.  
soit P1 : poids de l'échantillon.

P2 : poids du creuset contenant l'échantillon de fèces avant séchage

P3 : poids du creuset contenant l'échantillon de fèces après séchage.

. Humidité (p100) =  $\frac{P2 - P3}{P1} \times 100$

. Matières sèches (p 100) = 100 - humidité (p 100)

##### b) Dosage du phosphore :

Le principe repose sur la minéralisation d'une prise d'essai et traitement de la solution par le réactif vanado-molybdique et mesure de l'absorbance de la solution jaune ainsi obtenue spectrophomètre à 430 nm

#### Mode opératoire

1 gramme environ de fèces est mis dans un matras. On y ajoute 10 ml d'acide nitrique pur et 4 ml d'acide perchlorique ; l'ensemble est porté à ébullition jusqu'à dissolution complète.

Après refroidissement, le contenu est transféré dans un ballon de 200 ml. On compète à 200 ml avec de l'eau distillée après refroidissement total du ballon ; on prélève ensuite 2 ml de cette solution dans un tube à essai, on y ajoute 2 ml de réactif vanado-molybdique déjà préparé. On laisse réagir puis la densité optique (D.O) de cette solution est lue au spectrophotomètre à 430 mn. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de phosphore présent dans la solution.

### **Résultat des analyses**

A partir de l'étalonnage connu, la quantité de phosphore dans la quantité de fèces minéralisée est déterminée. Ainsi, la quantité de phosphore est rapportée à la quantité totale de fèces, ce qui donne la quantité totale de phosphore excrétée dans les fèces par lapin et par série.

### **c) Dosage du calcium**

3 à 5 grammes de fèces broyées sont pesées puis incinérées dans un four à moufle à 550°C. Les cendres ainsi obtenues sont reprises dans un erlenmeyer avec 25 ml d'acide cétrique 20 p.100. Le creuset est lavé avec 10 ml d'eau distillée bouillante.

Puis on ajoute 10 ml d'oxalate d'ammonium et 2 gouttes de rouge de méthyle. L'ensemble est porté au bain-marie bouillant pendant 20 mn. L'échantillon est ensuite passé sur filtre sans cendres. L'erlenmeyer est rincé à l'eau distillée bouillante et le filtre lavé à l'eau ammoniacale à 10p.100 jusqu'à ce que le filtrat ne réagisse plus au sel de calcium.

Le filtre est mis dans un erlenmeyer avec 50 ml d'eau distillée bouillante puis 25 à 30 ml d'acide sulfurique à 20 p.100 pour dissoudre le précipité de calcium. L'erlenmeyer est porté au bain-marie à +70°C.

Le dosage est fait à chaud avec le permanganate de potassium ( $\text{KMnO}_4$ ) N / 10 jusqu'au virage au rose pendant quelques secondes.

1 ml de  $\text{KMnO}_4$  N / 10 = 2,004 mg de calcium.

### **1. 3. 2 Analyse des urines**

Le protocole d'analyse est le même que celui de fèces en prenant 10 ml d'urine préalablement décongelée à l'air libre, dans un matras. Ici il n'y a pas d'incinération. 10 ml sont pipetés puis mis dans l'erenmeyer.

Les étapes suivantes sont les mêmes que celles du dosage des fèces.

### **1. 3. 3 Analyse statistique**

Le traitement statistique des données est fait sous forme des moyennes. Pour la comparaison entre les 3 lots, nous avons utilisé l'analyse de la variance selon le test de **Fischer** au seuil de la signification de 0,05.

Les valeurs à P inférieur à 0,05 sont considérées comme significatives.

## CHAPITRE II : RESULTATS

### 2.1. Compostion chimique des aliments

L'analyse chimique des aliments de chaque lot nous a permis d'obtenir les résultats comme le présente le tableau XVII. Il est à noter que toutes les trois rations ont un même niveau protéique de 16 p.100 ainsi que la teneur en cellulose brute qui est quant à elle de 9 p.100. Les trois régimes alimentaires sont pauvres en Ca. La ration A a un faible niveau de phosphore avec 0,17 p.100 ; par contre les rations B et C sont très riches en P avec respectivement 1,28 et 1,60 p.100.

**Tableau XVII : Composition chimique des aliments expérimentaux (p.100)**

Eléments analysés	Aliment A	Aliment B	Aliment C
Matière sèche (p.100 M.F)	91,05	90,70	90,70
Matière protéique(p.100 M.S.)	16,10	16,10	16,10
Matière grasse(p.100 M.S.)	9,05	9,13	9,18
Matières minérales(p. 100 M.S.)	6,20	6,02	6,10
Calcium (p.100 M.S)	0,59	0,68	0,77
Phosphore total (p.100 M.S.)	0,17	1,28	1,6
Ca / P	3,47	0,53	0,48
Matière cellulosique (p.100 M.S.)	9,10	9,25	9,17

M.S. = Matière sèche

M.F. = Matière fraîche

### 2.2 Performances zootechniques

#### 2.2.1 Consommation alimentaire

Pendant la durée de l'expérience, nous avons constaté une augmentation progressive de la prise alimentaire au fur et à mesure que les animaux grandissaient, passant de 100g de matière fraîche (M.F) à la première série à 130g M.F à la troisième série.

Cette consommation s'est révélée plus importante chez les animaux soumis à la ration B avec 75,08g contenant la poudre d'os que chez ceux des 2 autres lots A et C avec respectivement : 59,58g MS / anim / j dans le lot B, 66,0g MS / anim / j comme le montre le tableau XVIII. Cette différence de consommation alimentaire entre les trois lots n'est pas significative ( $P > 0,05$ ). Par contre les variations sont plus importantes chez les animaux soumis à la ration pauvre en calcium et phosphore que dans les deux autres lots.

**Tableau XVIII : Influence des différentes sources phosphocalciques sur les performances zootechniques des lapins en croissance**

Paramètres étudiés	Lot A ( Ca et P organiques)	Lot B (poudre d'os)	Lot C (polyfos)	Différence statistique
<b>M.S consommée</b>				
. Qté totale (g)/période	776,59 ± 244	904,3 ± 186,0	804,3 ± 104	NS
. g/anim/j	59,58 ± 18,70	75,08 ± 15,20	66,00 ± 11,00	NS
<b>Evolution pondérale</b>				
. gain de poids /période	123,37	168,38	170,11	NS
. G.M.Q. (g)	13,7 ± 13,09	18,07 ± 11,70	18,90 ± 7,30	NS
. indice de consommation	3,6 ± 1,5	4,1 ± 1,3	4,0 ± 1,8	NS

## 2. 3 Utilisation de phosphore et de calcium

### 2. 3. 1 Utilisation de phosphore

Le tableau XIX résume l'influence de la supplémentation en différentes sources phosphocalciques sur l'utilisation alimentaire du P chez le lapin en croissance.

#### 2. 3. 1. 1 Ingestion de phosphore

L'ingestion phosphorée a augmenté de manière progressive durant notre travail ; elle est directement proportionnelle à la quantité d'aliment ingéré. La consommation de phosphore est plus élevée dans le lot C (1,05g) dont les animaux ont la ration contenant le polyfos que dans les lots B (0,96g) dont la ration contient de la poudre d'os et enfin le lot A (0,10g) dont la ration ne contient aucune source de Ca et P minéraux. Cette différence d'ingestion de P entre les 3 lots n'est pas statistiquement significative.

### 2. 3. 1. 2 Digestion du posphore

La meilleure utilisation digestive du posphore est obtenue chez les animaux soumis à la ration C enrichie du polyfos. Elle est de 59,04 p. 100 contre 48,95 p.100 dans le lot B et négative dans la lot A (-220 p.100). La différence statistique est non significative pour les 3 lots.

### 2. 3. 1. 3 Excrétions de phosphore

#### \* Excrétion fécale

Elle est de 50,47 p.100 pour les animaux du lot C ; 59,37 p.100 pour ceux du lot B et enfin 380 p.100 pour le lot A.

#### \* Excrétion urinaire

Nous avons observé une faible excrétion urinaire avec des taux respectifs de 18,86 p.100 pour les animaux du lot C ; 15, 78 p.100 pour les animaux du lot A et 14,03 p.100 pour ceux du lot B.

Notre étude montre que la principale voie d'élimination du phosphore est la voie fécale. Elle représente plus de 3/4 du phosphore éliminé par le lapin.

L'analyse statistique montre que la différence entre les excrétions fécale et urinaire du phosphore est significative entre les trois lots d'animaux.

### 2. 3 1. 4 Rétention du phosphore

Le phosphore digéré n'est pas retenu en totalité par l'animal ; une certaine proportion est éliminée avec les urines et par les productions (cas des femelles en lactation).

La rétention est déterminée à partir de la formule générale suivante :

$$\text{Rétention ( p. 100) } = \text{P. ingéré} - (\text{P. fécal} + \text{P. urinaire}) / \text{P. ingéré} \times 100$$

Nous avons obtenu une rétention plus élevée chez les animaux du lot C soumis à la ration enrichi de polyfos avec 49,52 p.100 contre 40,62 p.100 dans le lot B dont les lapins ont

été soumis à une ration contenant de la poudre d'os ; elle est négative (-280 p. 100) pour le lot A dont le régime est pauvre en Ca et en P.

Mais aucune différence n'est significative ( $P > 0,05$ ) entre les trois lots.

Le bilan est positif dans les lots C et B alors que dans le lot A, le bilan est négatif ce qui traduit une mobilisation du phosphore des réserves osseuses chez ces animaux.

**Tableau XIX : Influence de la supplémentation en différentes sources phosphocalciques sur l'utilisation du P alimentaire chez le lapin en croissance**

Paramètres étudiés	Aliment A (organique)	Aliment B (poudre d'os)	Aliment C (polyfos)	Différence statistique
P. ingéré (g/anim/j)	0,10 ± 0,03	0,96 ± 0,19	1,05 ± 0,17	NS
P. fécal (g/anim/j)	0,32 ± 0,21	0,49 ± 0,16	0,43 ± 0,16	NS
P. digéré (g/anim/j)	- 0,22 ± 0,01	0,47 ± 0,03	0,62 ± 0,01	NS
C.U.D. a (p.100)	- 220 ± 0,7	48,95 ± 15,78	59,04 ± 5,88	NS
p. urinaire (g/anim/j)	0,06 ± 0,0	0,08 ± 0,05	0,10 ± 0,11	NS
Taux d'excrétion (p.100)	380 ± 0,02	59,37 ± 0,6	50,47 ± 0,20	NS
Bilan (g/anim/j)	- 0,28 ± 1,7	0,39 ± 0,15	0,52 ± 0,01	NS
Taux de rétention (p.100)	- 280 ± 2,8	40,62 ± 2,5	49,59 ± 12,50	NS

NS = Non Significative

P = Phosphore

g = gramme

anim = animal

C.U.D.a = Coefficient d'utilisation digestive apparente

j = jour

### 2.3.2 Utilisation du calcium

Le tableau XXI résume l'influence de la supplémentation en différentes sources phosphocalcique sur l'utilisation de Ca alimentaire chez le lapin en croissance.

### 2.3.2.1 Ingestion du calcium

L'ingestion de calcium a augmenté de manière progressive, ce, proportionnellement avec l'augmentation de la consommation alimentaire. Comme pour le phosphore l'ingestion de Ca est plus importante dans le lot C avec 0,56g / j que dans le lot B avec 0,51 et enfin le lot A avec 0,35g /j.

La différence statistique entre les trois lots n'est pas significative

### 2.3.2.2 Digestion du calcium

La meilleure utilisation digestive du Ca est obtenue dans le lot C dont la ration a été enrichie du polyfos ; elle est de 75 p.100 contre 68,75 p.100 dans le lot A dont les lapins recevaient la ration est pauvre en Ca et 60,78 p.100 dans le lot B dont la ration est enrichie de la poudre d'os.

De même la différence statistique n'est pas significative ( $P > 0,05$ ).

### 2.3.2.3 Excrétion du calcium

L'excrétion du Ca est plus faible dans le lot C avec 28,57 p.100 contre 36,28 p.100 dans le lot A et 45,09 p.100 pour le lot B.

La différence d'excrétion calcique n'est pas significative entre les trois lots.

Comme pour l'excrétion du phosphore, nous avons observé une excrétion fécale prédominante par rapport à l'excrétion urinaire.

En effet l'excrétion fécale des animaux du lot A est de 86,61 p.100 de Ca contre 13,38 p.100 pour l'excrétion urinaire ; dans le lot B, elle représente 86,95 p.100 de Ca fécal contre 13,04 p.100 de Ca urinaire.

Enfin les valeurs respectives d'élimination du Ca dans le lot C sont de 87,5 p.100 pour la voie fécale contre 12,5 p. 100 pour la voie urinaire.

Il ressort de cette étude que la voie fécale reste la principale voie d'élimination du Ca.

### 2.3.2.4 Rétention du calcium

La rétention la plus importante a été observée dans le lot C avec un taux de 71,42 p.100 contre 63,71 p.100 dans le lot A et 54,90 p.100 dans le lot B.

L'analyse statistique montre que les différentes sources phosphocalciques n'influent pas significativement la rétention du Ca

Le bilan calcique est resté positif dans tous les trois lot avec 0,4g /anim/j dans le lot C ; puis vient le lot B avec 0,28g/anim/j et enfin le lot avec 0,22g/anim/j bien que la différence statistique ne soit pas significative ( $P>0,05$ ) ; c'est dire que l'élimination de Ca durant l'expérience est restée plus faible que son ingestion, donc une bonne utilisation en a été faite.

**Tableau XX : Influence de la supplémentation en différentes sources phosphocalciques sur l'utilisation du Ca alimentaire chez le lapin en croissance**

Paramètres étudiés	Aliment A (organique)	Aliment B (poudre d'os)	Aliment C (polyfos)	Différence statistique
Ca. ingéré (g/anim/j)	0,35 ± 0,00	0,51 ± 0,11	0,56 ± 0,08	NS
Ca. fécal (g/anim/j)	0,11 ± 0,06	0,20 ± 0,06	0,14 ± 0,05	NS
Ca. digéré (g/anim/j)	0,24 ± 0,00	0,31 ± 0,01	0,42 ± 0,02	NS
C.U.D. a (p.100)	68,57 ± 6,50	60,78 ± 3,20	75,00 ± 9,20	NS
Ca. urinaire (g/anim/j)	0,017 ± 0,06	0,03 ± 0,02	0,02 ± 0,01	NS
Taux d'excrétion (p.100)	36,28 ± 4,00	45,09 ± 11,6	28,57 ± 14,10	NS
Bilan (g/anim/j)	0,22 ± 0,00	0,28 ± 0,10	0,40 ± 0,05	NS
Taux de rétention (p.100)	63,71 ± 0,90	54,90 ± 11	71,42 ± 17,00	NS

NS = Non Significative

Ca = Calcium

g = gramme

anim = animal

C.U.D. a = Coefficient d'utilisation digestive apparente

j = jour

### CHAPITRE III : DISCUSSION

Les essais de supplémentation avec les différentes sources phosphocalciques, notamment la poudre d'os et les phosphates naturels, ont été faits chez les Ruminants (NDIAYE, 1986 ; SAWADOGO et al., 1990), chez le porc, chez le poulet de chair (MABALO, 1992 ; TANKO, 1995).

Ces essais ont donné des résultats relativement bons malgré les risques d'intoxication signalés par certains auteurs chez les Ruminants par le fluor lorsque ce dernier se trouve en excès dans les phosphates (SAWADOGO et al, 1990).

Notre étude a la particularité d'aborder l'étude de l'utilisation des sources phosphocalciques disponibles dans nos pays (Sénégal, Togo) chez le lapin en croissance. Dans l'ensemble la consommation alimentaire a augmenté progressivement pendant l'expérience ; ceci s'explique par l'accroissement des besoins (alimentaires) de l'organisme avec l'âge et / ou les stades physiologiques des animaux.

Les quantités d'aliments ingérés dans notre étude (75,08g M.S. pour les animaux du lot A, 66g M.S. pour le lot C et 59,58g M.S. pour ceux du lot A) sont inférieures à celles rapportées par un bon nombre d'auteurs entre autre GUEGEN, 1972 qui a obtenu 101g ; 96,6g. LEBAS (1973, 1984) et les auteurs de I.N.R.A (1989) et NZIMULINDA (1995) sur des lapereaux de race locale âgés de 45 jours.

Ce dernier auteur a obtenu 78,59g et 80,04g MS/anim/j.

Nos valeurs sont conformes à celles obtenues par COULIBALY, 1992 chez des lapines gestantes qui sont de 75,2g M.S./anim/j et 68g M.S.

Par contre nos données sont supérieures par celles enregistrées par GONGNET et al., 1993 sur des lapins en croissance âgés de 5 mois au Tchad.

Nos valeurs relativement inférieures à celles du premier groupe d'auteurs s'expliqueraient par la présentation et la nature des aliments auxquelles s'ajouteraient les facteurs climatique et racial.

En effet ces auteurs ont nourri leurs animaux avec des rations sous forme de granulés ; ce qui expliquerait la bonne ingestion alimentaire, mais aussi le climat tempéré favoriserait cette ingestion.

Néanmoins les valeurs relativement supérieures de NZIMULINDA tiendrait à la composition, à la nature des aliments et à l'âge de ses aliments. L'auteur a travaillé sur des animaux âgés de 45 jours et les a nourri avec une ration contenant la phytase ; cette phytase aurait permis l'utilisation efficace du P des rations.

Par contre les performances relativement faibles obtenues par **GONGNET et al** ; 1993 s'expliqueraient par l'âge de leurs animaux (5 mois) relativement élevé également l'arbre génétique local.

L'augmentation de la consommation alimentaire de la première série à la troisième série explique la prise progressive de poids dans les trois lots.

Toutefois dans ces lots, les gains moyens quotidiens les plus élevés ont été enregistrés au niveau de la deuxième série correspondant à 92 jours d'âge.

Nos résultats sont inférieurs à ceux de **LEBAS** (1973, 1984,1989), **I.N.R.A** (1989), de **PEREZ et al.**, (1994) chez le lapin "européen" en croissance, **NZIMULINDA** (1995) chez le lapin de race locale en croissance.

Par contre conformes à ceux obtenus par **GUEGUEN et TRUDELLE** (1972), et **LEBAS et COLIN** (1973).

Enfin supérieurs à ceux de **GONGNET et al.** , (1993) au Tchad.

Pour les premiers auteurs dont les résultats sont supérieurs aux nôtres, les raisons raciale et climatique et de présentation d'aliment pourraient expliquer leurs meilleurs résultats.

Quant à **NZIMULINDA** (1995), qui a travaillé sur les lapins de race locale, les G.M.Q. relativement élevés dans son travail seraient dûs à l'utilisation de la phytase dans ses rations et aussi ses animaux étaient plus jeunes que les nôtres

Les résultats de **GUEGUEN et TRUDELLE** (1972), **LEBAS et COLIN** (1973) qui sont conformes aux nôtres, et ce, dans les conditions européennes signifient que les sources phosphocalciques que nous avons utilisées dans notre étude méritent d'être employées dans la cuniculture.

Enfin, pour **GONGNET et al.**, (1993), il nous semble que l'âge serait le facteur déterminant dans ces G.M.Q. relativement faibles que les nôtres.

Les G.M.Q. des 3 lots ne présentent pas entre eux de différence statistiquement significative malgré qu'ils soient respectivement de 13,7g pour les animaux du lot A ; 18,7 pour ceux du lot B et enfin 18,9 pour ceux du lot C.

Ces résultats confirment ceux obtenus par **MABALO** (1993) et **TANKO** (1995) qui ont utilisé le polyfos chez le poulet de chair pour avoir des G.M.Q. satisfaisants par rapport aux lots témoins

Nos indices de consommation (3,6 ; 4,1 et 4,0) pour les lots A, B et C sont supérieurs à ceux de **NZIMULINDA** (1995) qui a obtenu 2,5 et 2,8 chez le lapin en croissance, **PEREZ et al.** , (1994) qui ont obtenu : 2,26 à 2,3 chez le lapin à l'âge de sevrage à 49 jours d'âge.

Ces valeurs obtenues dans notre étude sont conformes à celles d'un bon nombre d'auteurs entre autre **CASTAING** (1979) avec les indices de consommation de 3,1 à 3,5 ; **I.N.R.A** (1989) : 3,7 à 4,1 ; et enfin à celles de **GONGNET et al.**, (1993) : 3,6 ; 3,3 et 4,1.

La différence des indices de consommation entre les trois lots n'est pas significative

Dans notre étude le taux de rétention de calcium le plus intéressant est enregistré dans le lot C dont les animaux sont soumis à la ration enrichie de polyfos où il est de 71,42 p.100 contre 63,71 p.100 dans le lot A dont les lapins sont soumis à la ration sans source de Ca et de P minéraux et de 54,90 p. dans le lot B où les animaux ont reçu la poudre d'os dans leurs rations. La rétention de phosphore est également plus importante dans le lot C (49,52 p.100) suivi du lot B (40,62 p.100) contre le lot A avec un taux de rétention de - 280 p. 100.

D'autre part les taux de rétention de Ca et de P obtenus dans la présente étude sont supérieurs à ceux observés par **GUEGUEN ET DURAND** (1969). Chez le mouton en croissance qui est de 34 p. 100, **Besançon et Lebas** (1969) ont enregistré 27,6 p.100 chez le lapin en croissance recevant un régime riche en Ca et en P.

Les coefficients d'utilisation digestive apparente (C.U.D.a) restent élevés chez nos animaux dans le lot B avec 48 p.100 et dans le lot C avec 59,04 p.100 comparé à ceux trouvés par **Besançon et Lebas** (1969) chez des lapins en croissance qui est de 33 p. 100.

Dans notre étude nous avons enregistré un coefficient d'utilisation digestive apparente inférieur et même négatif dans le lot A (- 220 p.100).

Par ailleurs, **ASSANE et al.**, (1994) sont parvenus à une gestabilité moyenne de 25,46 p. 100 sur la lapine gestante.

L'utilisation digestive du Ca et du P dans notre travail semble satisfaisante pour le bilan du Ca qui est positif et relativement supérieur à celui trouvé par certains auteurs (**BESANÇON et LEBAS**, 1969 ; **GUEGUEN et DURAND**, 1976). Ceci nous autorise à conseiller l'utilisation du polyfos dans la supplémentation des lapins en croissance.

Le bilan négatif du P dans le lot A dont les animaux sont soumis à une ration pauvre en Ca et P s'expliquerait par la faible teneur en P et surtout par la richesse de la ration en céréale dont le P se trouve lié aux phytates à 60 p.100 ce qui empêcherait son utilisation digestive par les animaux recevant cette ration.

Ce point de vue rejoint celui de **POINTILLART** (1994) qui démontre que le lapin a une activité phytasique intestinale faible.

Mais en contradiction avec celui de **NZIMULINDA** (1995) qui suppose une activité non négligeable de la phytase intestinale chez le lapin.

Nous avons constaté que pour les trois régimes, l'excrétion fécale de Ca et du P est plus élevée que l'excrétion urinaire, ce qui est en accord avec les données de **BESANÇON** et **LEBAS** (1969), **GUEGUEN** et **TRUELLE** (1972) **NZIMULINDA** (1995) qui ont tous travaillé sur des lapins en croissance.

L'analyse statistique montre une différence significative entre les deux voies d'élimination ( $P < 0,05$ ).

## CONCLUSION GENERALE

Le lapin, rongeur domestique est capable de transformer les protéines végétales de moindre valeur en protéines de haute valeur biologique sans entrer en concurrence avec l'homme. De plus, c'est une espèce très prolifique et à cycle de reproduction très court. Il est pour cela une source potentielle importante de protéines animales à prendre en considération dans nos pays confrontés aux problèmes alimentaires (famine, malnutrition etc..) ; mais son élevage pourtant facile est peu développé dans nos pays.

Il convient donc de bien maîtriser son élevage dont l'un des facteurs déterminants est l'alimentation comme c'est le cas des autres espèces animales.

En effet, dans l'alimentation animale, les coûts des minéraux constituent 30 p. 100 des coûts totaux. Ces minéraux sont en général importés ; ce qui entraîne une hémorragie financière pour nos économies déjà agonisantes.

C'est dans l'espoir d'éviter à nos pays ces hémorragies financières que nous avons choisi d'étudier l'influence des différentes sources phosphocalciques sur les performances zootechniques, l'utilisation du calcium et du phosphore chez le lapin en croissance.

Notre travail a la particularité d'utiliser les sources phosphocalciques produites localement (Sénégal).

Pour mener cette étude, trois lots de 3 lapins chacun ont été constitués : un lot témoin A, dont l'aliment est pauvre en calcium et phosphore.

- deux lots expérimentaux dont :

- ° le lot B qui se distingue du lot A, c'est à dire du lot témoin par l'enrichissement à la poudre d'os à concurrence de 2 p.100.
- ° le lot C est la ration A à laquelle nous avons incorporé 2 p.100 de polyfos.

L'expérience est menée en carré latin (3 lapins X 3 traitements) soit 9 répétitions par traitement; c'est-à-dire 3 niveaux de traitement et 3 séries d'expérience avec chacune 3 lapins par lot.

Les lapins ont été pesés individuellement au début et à la fin de chaque série qui a duré 12 jours afin de déterminer les G.M.Q. (gains moyens quotidiens). Les 12 jours de chaque série ont comporté 7 jours d'alimentation suivi de 5 jours de collectes de fèces et des urines.

Les fèces et les urines ont été récoltées, puis analysées afin de déterminer la quantité de calcium et de phosphore excrétée ; la quantité ingérée étant déduite de la quantité d'aliment consommée.

Au terme de cette étude, les résultats suivants ont été obtenus.

### **A) Performances zootechniques :**

1°) La meilleure consommation alimentaire est obtenue chez les animaux du lot B où a source minérale est constituée de la poudre d'os avec 75,08 g MS/j contre 66 g MS/j dans le lot C où les lapins ont été soumis à la ration enrichie de polyfos et enfin 59,58 g MS/j dans le lot A où la ration ne contient aucune source phosphocalcique minérale.

Il est à noter que la différence des niveaux de consommation alimentaire des animaux dans ces 3 lots ne diffère pas statistiquement.

2°) Des G.M.Q. satisfaisants ont été obtenus dans les lots expérimentaux B avec 18,7 g et C avec 18,9 g contre 13,7 g pour le lot A.

Toutefois la différence n'est pas significative ( $P > 0,05$ )

3°) Le meilleur indice de consommation est obtenu dans le lot témoin (A) avec 3,6 contre 4,0 pour les animaux du lot C et 4,1 pour le lot B.

La différence entre ces indices de consommation n'est pas significative ( $P > 0,05$ ).

### **B) Utilisation phosphocalcique :**

1°) La meilleure consommation du phosphore a été observée dans les lots expérimentaux B avec 0,96 g/anim/j et 1,05 g/anim/j dans le lot C contre 0,10 g/anim/j dans le lot témoin (A).

Quant à la consommation calcique, elle est également meilleure dans les lots expérimentaux B avec 0,5 g/anim/j et 0,56 g/anim/j contre 0,35 g/anim/j dans le lot témoin (A).

Il faut signaler que la différence de la consommation phosphocalcique entre les 3 lots n'est pas statistiquement significative ( $P > 0,05$ )

2°) L'utilisation digestive du phosphore et du calcium est globalement meilleure dans les lots expérimentaux avec les meilleurs coefficients d'utilisation digestive apparente (C.U.D.a) dans le lot C par rapport au lot témoin bien que la différence statistique ne soit pas significative.

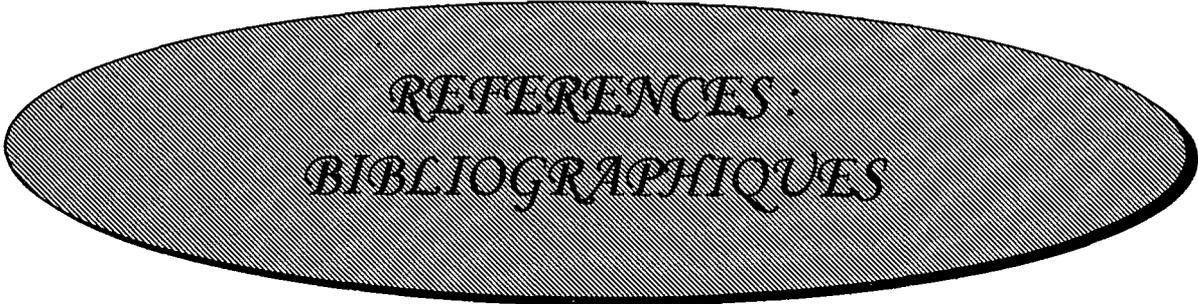
3°) les excréments phosphocalciques sont plus importantes dans le lot témoin A suivi du lot (B) contre le lot C .

4°) La rétention la plus importante est enregistrée dans les lots expérimentaux aussi bien pour le calcium que pour le phosphore avec le meilleur taux de rétention chez les animaux du lot C (71,42 p.100 le Ca et 49,59 p.100 pour le P).

D'une façon générale, les résultats obtenus à partir de la supplémentation des aliments en sources phosphocalciques, à savoir : la poudre d'os et le polyfos militent en faveur de l'utilisation du polyfos.

Toutefois, cette étude loin d'être complète, nécessite des travaux complémentaires :

- en utilisant des lapins aux différents stades physiologiques (jeunes après sévrage, femelles en gestation femelles en lactation etc..) en supplémentant en polyfos seul avec les taux croissants de 1 ; 1,5 et 2 p.100
- en incluant la coquille huître produit également au Sénégal comme source de Calcium./..



REFERENCES:  
BIBLIOGRAPHIQUES

## Bibliographie

1. **ASSANE, M ; GONGNET, G. P. ; COULIBALY, A ; SERE, A, 1993**  
Influence du rapport calcium / phosphore de la ration sur la calcémie, la phosphatémie et la magnésémie de la lapine en gestation.  
Reprod. Nutr. Dév. ; 33 : 223 - 227.
  
2. **ASSANE M ; GONGNET, G.P. ; COULIBALY, A. ; SERE, A et GAYE, O. 1994**  
Influence du rapport calcium / phosphore de la ration sur le métabolisme phospho-calcique et les performances de mise bas chez la lapine en milieu sahélien.  
Revue Med. Vét 145 (8-9) : 651-657.
  
3. **BARICAULT B.A ; 1960**  
Le calcium et le phosphore dans l'alimentation des animaux domestiques.  
Thèse Med Vet. : Toulouse, 40, 119 P
  
4. **BARLET, J.P ; DAVICCO, M.J; COXAM, V. ; 1995.**  
Physiologie de l'absorption intestinale du phosphore chez l'animal.  
Reprod. Nutr Dev ; 35 : 475-489.
  
5. **BESANÇON P et LEBAS F ; 1969.**  
Utilisation digestive réelle et rétention du calcium par le lapin en croissance recevant un régime riche en calcium et en phosphore.  
Ann. Zootech 18 (4) : 437-443.
  
6. **BLANCO, A ; GUEGUEN, F., 1975**  
Utilization of phosphorus from sun flower seed meal by rabbit.  
Nutr. Abst. and reviews 6 (8) : 324
  
7. **BOROWITZ S.M ; GRANRUD. G.S. ; 1993**  
Ontogeny of intestinal phosphate absorption in rabbits.  
Am. J. Physiol. 262 : 847-853.
  
8. **BOULANGER, P. ; POLONOVSKI, J. et al, 1981.**  
Biochimie médicale.  
2. Métabolisme et régulations  
Paris : Masson -334P.

9. **BOULANGER, P. ; POLONOVSKI, J. et al, 1989**  
Biochimie médicale  
1. Les constituants des organismes vivants  
Paris : Masson, 348 P.
10. **BURGI, A.R.F. ; 1995.**  
Mineral nutrition of rabbits  
Nutr. Abst. and review, 65 (4) : 127
11. **CANDAU, M. ; BERTRAND, B. et FIORAMONTI, 1972**
12. **CARABANO, R. ; FRAGA M.J. and DE BLAS J.C. 1989.**  
Effect of protein source in fibrous diets on performance and digestive parameters of fattening rabbits.  
Journal of applied rabbit research, 12 : 201-204.
13. **CASTAING, J ; 1979 ;**  
Aviculture et petits élevages 3em éd  
Londres : J-B baillière 312 P.
14. **CHAPMAN, H.L. ; KASTELIC, J. ; ASTON, G.C. ; CATRON, O.V ; 1995.**  
A comparison of phosphorus from different sources for growing and finishing swine.  
Journal of animal science ; 14(1) : 1073-1080.
15. **COLIN, M.X. 1975.**  
Besoins nutritionnels et alimentation pratique du lapin de chair (47-67) in : Le lapin : Règles d'élevage et d'hygiène  
Paris : Informations Techniques des services vétérinaires - 176 p.
16. **COULIBALY, A. 1992**  
Contribution à l'étude de l'influence du rapport calcium / phosphore alimentaire sur le métabolisme phosphocalcique et sur certains paramètres de reproduction chez la lapine.  
Thèse Méd. Vét : Dakar, 6
17. **CRETON, B.B. ; 1976**  
Contribution à l'étude du métabolisme phosphocalcique du chien.  
Thèse Méd. Vét : Alfort, 76.

18. **DELUCA, H.F.** ; 1979  
The vitamin D system in the regulation of calcium and phosphorus metabolism.  
Nutr. Rev. 37 : 161-366.
19. **DIALLO, I.** ; **SOW, R.** ; **NGOMA, A.** ; **DIOP B** ; 1985  
Utilisation des blocs melasse-urée comportant trois sources de phosphates naturels (Thiès - Thaïba - Matam), dans un essai de complémentation destiné à des genisses Gobra en élevage intensif (83-90).  
in : Rapport annuel C.R.Z. Dabra (I.S.R.A. Sénégal).
- 20 **DIOP, M.** ; **SAWADOGO, G.** ; 1991.  
Phosphates naturels et alimentation du bétail I.S.R.A. : laboratoire national d'élevage et des recherches vétérinaires et E.I.S.M.V. : service de physique et chimie biologiques médicales ; Phase I, rapport final. 70 P.
21. **FALL, S.** ; **DIOP, M.** ; **DOMINIQUE, F.** ; **MBAYE, N.** ; 1988  
Collaboration technique (Sarr, A. ; Korea, A. ; N'diaye, A)  
Projet d'étude des phosphates naturels dans l'alimentation du bétail.  
Dakar : L.N.E.R.V, 22 P.
- 22 **FEKETE, S.** ; **HULLAR, I.** ; 1994.  
Rol of phophorus as well as phosphorus additives in animal nutrition and possibilities for supplementation of reviews.  
Nutr. Abst. and reviews 65(5) : 325.
23. Fernadez **CARMONA, J.** ; **CERVECA, C.** ; **BLAS, E.** ; 1995.  
The effect of adding calcium soap to the diet and ambient temperature on growth rabbits.  
Nutr. Abst. and reviews 65(8) : 426
24. a **FERNADEZ, J. A.** ; 1995 calcium and phosphorus metabolism in growing pigs.  
1. absorption and balance studies.  
Nutr Abst. and reviews 65(6) : 426
25. b **FERNADEZ, J.A.** ; 1995.  
Calcium and phosphorus metabolism in growting pigs. 3 model resolution.  
Nutr Abst. and reviews 65(6) : 427.

26. **GIDENNE, T.** ; 1987.  
Utilisation digestive des rations riches en lignine chez le lapin de chair en croissance : mesures des flux et transit dans différents segments digestifs.  
Ann. Zootech, 36(2) : 95-108.
27. **GIDENNE, T** et **LEBAS, F.** ; 1987.  
Estimation quantitative de la caecotrophie chez le lapin en croissance : variations en fonction de l'âge.  
Ann. Zootech, 36(3) : 225-235.
28. **GUEGUEN, L.** ; 1962  
l'utilisation réelle du phosphore du foin de luzerne par le mouton mesurée à la l'aide du  $^{32}\text{P}$   
Ann Biol. Anim. Bioch. Biophys. 2(2) : 143-149.
29. **GUEGUEN , L.** ; 1969.  
Valeur comparée des phosphates minéraux comme source de phosphore pour les animaux.  
Ann Zootech, 10 (3) : 177-196.
30. **GUEGUEN, L.** ; 1970.  
Les critères de qualité nutritionnelle des compléments minéraux en alimentation animale.  
Extrait du bulletin de la société scientifique d'hygiène alimentaire de l'association Française des techniques de l'alimentation et de l'association Française de zootechnie. 58 (7 ; 8 et 9).
31. **GUEGUEN, L.** ; **BESANÇON, P.** et **RERAT, A.** 1970.  
Influence de la simultanéité ou de l'absorption du phosphore et du calcium sur l'efficacité de leur rétention : vérification à l'aide d'infusions intra-veineuses chez le porc.  
C.R. acad. SC. Paris : 2678-2681.
32. **GUEGUEN, L.** ; **TRUDELLE, F.** ; 1972.  
Influence de la simultanéité ou l'alternance des apports alimentaires de calcium et de phosphore sur leur utilisation chez le lapin.  
C.R. acad SC. Paris. 275 : 1645-1648.

33. **GUEGUEN, L. ; DURAND, M. et al, 1976.**  
Utilisation des principaux éléments minéraux du maïs ensilés par les moutons en croissance.  
Ann Zootech, 25(4) : 543-549.
34. **GUINOTTE, F. ; GAUTRON, J. ; NYS, y ; SOUMARMON, A. ; 1995.**  
Calcium solubilization and retention in the gastrointestinal tract in chicks (*Gallus domesticus*) as a function of gastric acid secretion inhibition of calcium carbonate particle size.  
Nutr. Abst. and reviews, 65(6) : 426.
35. **HIOCO, D. ; 1975.**  
Aspect récent du métabolisme phosphocalcique.  
Anim. Comp. 17-27.
36. **HUYGHEBAERT, G. ; DE GROOTE, G. et KEPPENS, L. , 1980.**  
The relative biological availability of phosphorus in feed phosphates for broilers.  
Ann. Zootech, 29(3) : 245-263.
37. **I.N.R.A. (Institut National de la Recherche Agronomique), 1989.**  
L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles ;  
2<sup>e</sup> édition Paris VI<sup>e</sup>.
38. **ISAR, O. ; STAVRI, S. ; FLOREA, E. ; 1980.**  
Aminoacid, calcium and phosphorus requirements of meat rabbits.  
Nutr. Abst. and reviews serie B 50,(11) :620.
39. **JEAN-BLAIN, M. ; 1971.**  
Métabolisme du calcium et du phosphore chez les animaux domestiques.  
Cahier méd. Vét. ; 40 100-129.
40. **JONGBLOED, A.W. EVERTS, H and KEMME, P.A. 1983.**  
Phosphorus availability and requirements in pigs.  
Research institute for livestock feeding and nutrition.

41. **JONGBLOED, AW.** , 1987.  
Phosphorus in feeding of pigs. effects of diet on the absorption and retention of phosphorus by growing pigs.  
Institut Voor Veevoedingsonderzoek.
42. **LAMDAU, U. ; BARGAI, U ; NITZEM ZAFRICA. ; BEN ASHER, A. ; NIR, I,** 1985.  
The relationship between calcium and phosphorus retention in young calves and metacarpal radiographic photometry.  
Ann. Zootech, 34(2) : 237-244.
43. **LEBAS, F.** , 1973.  
Possibilité d'alimentation du lapin en croissance avec les régimes présentés sous forme de farine.  
Ann. Zootech, 22(2) : 249-251.
44. **LEBAS, F. et COLIN, M.** ; 1973.  
Effet de l'addition d'urée à un régime pauvre en protéines chez le lapin en croissance.
45. **LEBAS, F. ; COUDET, P. ; ROUVIER, R et DE ROCHAUSBEAUH,** 1984.  
Le lapin : élevage et pathologie.  
Rome : FAO -298 P.
46. **LERMAN, S. ; KRIZEMAN, S. ; MILIC, P.** , 1976.  
Emplois du polyfos dans l'alimentation des bovins et des porcs.  
Communication personnelle, 9 P.
47. **LEEUWEN, Van. M. J. , RIEL, van W.J.** ; 1978.  
Quantification of phosphorus (p) metabolism in the rabbit by means of <sup>32</sup>P.  
Nutr Abst. and review, 40(10) : 528 .
48. **MABALO, K.** ; 1993.  
Influence de l'apport qualitatif du phosphore sur la consommation alimentaire, le métabolisme phospho-calcique et les performances de croissance du poulet de chair en milieu sahélien.  
Thèse. Méd Vét. : Dakar : 20.

49. **MATHIEU, H. ; CUISINIER-GLEIZES, P. ; GEORGE, A. ; C ; 1970.**  
Résorption osseuse par privation de phosphore chez le rat  
C.R. acad. Scient. 272 : 3180-3183.
50. **MEGARD, J.P. ; 1970.**  
Aspect alimentaire de la caecotrophie chez le lapin.  
Thèse. Méd. Vét. Alfort : 56.
51. **NATALYS, J.Y, 1972.**  
Les particularités de la digestion chez le lapin.  
Thèse : Méd . Vét : Lyon, 59.
52. **NDIAYE, V. 1986.**  
Utilisation des phosphates naturels dans l'alimentation des bovins tropicaux : cas du Sénégal.  
Thèse Méd. Vét. : Dakar ; 20.
53. **NZIMULINDA, J.C. ; 1995.**  
Contribution à l'étude de l'influence de la supplémentation en phytase microbienne (Aspergillus Niger) sur l'utilisation du phosphore alimentaire chez le lapin en milieu tropical.  
Thèse Méd. Vét.: Dakar ; 34.
54. **PARIGI-BINI, R. ; 1986.**  
Les bases de l'alimentation du bétail.  
Pise : Faculté de médecine vétérinaire. - 292 P.
55. **POINTILLART, A. ; 1971.**  
Interaction du calcium, du phosphore et du magnésium : conséquences nutritionnelles et endocriniennes.  
Thèse Méd Vét : Alfort, 78.
57. **REGNIER A. M. , 1976.**  
Métabolisme phosphocalcique et remaniements osseux chez le chien en croissance : aspects physiopathologiques.  
Thèse Méd. Vét. : Toulouse, 78

56. **ROUGEOT, J. ; COLIN, M. ; THEBAULT, R.G.** 1980.  
Définition des conditions expérimentales pour l'étude des besoins nutritionnels du lapin Angora : nature de la litière et présentation du lest alimentaire.  
Ann Zootech. ; 29(1) : 1-11.
58. **ROY V. Talmage ; RALPH A. , MEYER, Jr** ; 1976  
Physiological role of parathyroid hormone ( 343-350) in Hand book of physiology.  
Washington : A.P.S VII
59. **SAWADOGO, G.J. ; ZOMA, N.I. ; FALL, TOURE, S** 1990  
Effet de complémentation en phosphates naturels chez le zébu gobra du Sénégal.  
Dakar médical.
60. **SCHIERE, J.B.** 1983.  
élevage des lapins sous les tropiques Wageningen : CTA - 143 p.
61. **SOCIÉTÉ DES MINÉRAUX DE THIES (S.M.T.),** 1967.  
Le polyfos dans l'alimentation des vaches laitières, résultats de quatre années de démonstration. Société d'étude et d'application des minéraux de Thiès.  
Rapport technique ; 3 P.
62. **TANKO, S.** ;1995.  
Influence du niveau d'apport en phosphore ferro-alumino-calciq (polyfos) sur les performances de croissance du poulet de chair en milieu sahélien.  
Thèse Méd. Vét. : ; Dakar, 8
63. **TORIUM, H. ; OHBA, S. et al.** ; 1995.  
Effects of high calcium and phosphorus administration on secondary sex ratio in pigs.  
Nutr. Abst. and reviews. 65(7) : 514-515.
64. **VICENTE, S.S. ; PERIS, J.L. ; CAMACHO, J.** ; 1989.  
Digestive tract growth in meat rabbits. Journal of applied rabbit research, 12 : 177-180.
65. **VEMMER, H. ; OSLANGE, H.J.** ; 1973.  
Intestinal hydrolysis of inositol phosphoric ester and absorption of phytin phosphorus in pigs. 3. Intestinal absorption of total and phytin Phosphorus pigs with low phosphorus and calcium supplies.  
Nutr. Abst. and reviews. 43(12) : 993.

66. **WASSERMAN, R.H. ; TAYLOR, A.N.** 1976.  
Gastrointestinal absorption of calcium and phosphorus (137-155) in :  
hand book of Physiology.  
Washington : A.P.S. ; Vol. VII.
  
67. **WRIGHT, S.** ; 1989.  
Calcium, parathyroïde, calcitoline et vitamine D (604-611) in :  
Physiologie appliquée à la médecine. 2<sup>eme</sup> éd.

## Annexe I : Influence des sources phosphocalciques sur la conso

N° de Lapin	Aliment A		Aliment B (poudre d'os)	
	Qté totale	gMS/Anim/j	Qté totale	gMS/Anim/j
1	803.66	61.82	477.12	37,26
2	760.11	58.47	972.60	81,05
3	339.69	26.13	828.48	69,04
4	836.81	64.37	851.28	70,94
5	898.81	69.10	1020.84	85,07
6	466.83	35.91	960.00	80
7	1133.60	87.20	866.28	72,19
8	982.54	75.58	1094.16	91,18
9	749.84	57.68	1068.38	89,03
X + E.T	749,84 + 24,4	59,58 + 18,7	904,32 + 18,6	75,08 + 15,2

Annexe II : Recapitulatif de la consommation alimentaire, GMC et de l'indice de consommation

Aliment A = Aliment témoin (sans source de Ca et P minéraux)

N° Lapin	Quantité Totale gMS	gMS/ Al/j	GMQ	Indice de Consommation
1	803,66	61,82	16,92	3,6
2	760,11	58,47	13,46	4,3
3	339,69	26,13	-16,15	1,6
4	836,81	64,37	31,66	2
5	898,81	69,1	24,16	2,8
6	466,83	35,91	8,33	4,3
7	1133,6	87,2	16,66	5,2
8	982,54	75,58	15	5
9	749,84	57,68	13,33	4,3
X ± ET	774,59 ± 244	59,59 ± 18,7	13,7 ± 12,3	3,6 ± 1,2

Aliment B = Aliment A + Poudre d'os

N° Lapin	Quantité Totale gMS	gMS/ Al/j	GMQ	Indice de Consommation
1	477,12	37,26	-7,69	4,8
2	972,6	81,05	10,77	7,5
3	828,48	69,04	16,15	4,2
4	851,28	70,94	27,5	2,5
5	1020,84	85,07	34,16	2,4
6	960	80	29,16	2,7
7	866,28	72,19	12,5	5,7
8	1094,16	91,18	23,33	3,9
9	1068,38	89,03	22,5	3,9
X ± ET	904,32 ± 186	75,08 ± 15,2	18,7 ± 11,8	4,1 ± 1,5

Aliment C = Aliment A + Polyfos

N° Lapin	Quantité Totale gMS	gMS/ Al/j	GMQ	Indice de Consommation
1	607,32	50,61	6,15	8,2
2	705,94	58,82	11,53	5,1
3	734,05	61,17	10,77	5,6
4	674,18	56,18	25,83	2,1
5	894,7	74,55	25	2,9
6	854,05	71,17	22,5	3,1
7	785,08	65,42	22,5	2,9
8	747,56	87,29	20,83	4,1
9	936,64	70,05	25	2,8
X ± ET	804,3 ± 140,5	66,1 ± 10,4	18,9 ± 06,9	4,0 ± 1,8

Annexe III G.M.Q. par lot à la fin de l'expérience

N° Lapin	Lot A	Lot B	Lot C	Différences stat
1	16,92	,7,69	6,15	NS
2	13,46	10,77	11,53	NS
3	-16,15	16,15	10,77	NS
4	31,66	27,5	25,83	NS
5	24,16	34,16	25	NS
6	8,33	29,16	22,5	NS
7	16,66	12,5	22,5	NS
8	15	23,33	20,83	NS
9	13,33	22,5	25	NS
G.M.Q	123,37	168,38	170,11	NS
X+ ET	13,7 + 13,09	18,7+11,7	18,9+7,37	NS

NS = différence statistique non significative

*SERMENT DES VÉTÉRINAIRES  
DIPLOMÉS DE DAKAR*

ƒ idèlement attaché aux directives de  
CLAUDE BOURGELAT,  
Fondateur de l'enseignement vétérinaire dans le  
monde, je promets et je jure devant mes maîtres et aînés:

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

QUE TOUTE CONFIANCE ME SOIT RETIRÉE,  
S'IL ADVIENT QUE JE ME PARJURE

## Résumé

9 Lapereaux de race locale âgés de 60 jours au départ ont été utilisés pour étudier l'influence des sources phosphocalciques sur les performances zootechniques et l'utilisation du calcium et du phosphore.

Ces lapins ont été répartis en 3 lots de 3 lapins chacun.

L'étude a été menée en carré latin et comprend :

- Un lot témoin (A) dont les animaux ont reçu une ration pauvre en Ca et P.
- Deux lots expérimentaux :
  - . le lot B dont les lapins ont été nourris avec une ration enrichie en poudre d'os.
  - . le lot C dont les animaux ont reçu une ration enrichie en polyfos.

D'après les résultats, l'enrichissement de la ration en polyfos permet d'avoir aussi bien les performances zootechniques que l'utilisation de Ca et P satisfaisantes contrairement à la poudre d'os dont l'utilisation de Ca et P est médiocre.

A la lumière de cette étude, nous recommandons l'utilisation du polyfos chez le lapin plus jeune après sevrage (30 jours d'âge) avec les taux croissants de polyfos : 1 ; 1,5 et 2 p.100.

**Mots clés :** Poudre d'os, phosphore-ferro-alumino-calciq (polyfos)-croissance-lapin de race locale- sahel.

**Samuel DIONDOH BP. 5 N'DJAMENA**

**Tél : 51.60.10**

ECOLE INTER-ETATS  
DES SCIENCES ET MÉDECINE  
VÉTÉRINAIRE  
BIBLIOTHÈQUE