

COMITE DE DIRECTION

1. **DIRECTEUR**
Professeur François Adébayo ABIOLA
2. **DIRECTEUR ADMINISTRATIF**
Monsieur Jean Paul LAPORTE
3. **COORDONNATEURS**
 - . Professeur Malang SEYDI
Coordonnateur des Etudes
 - . Professeur Justin Ayayi AKAKPO
Coordonnateur des Stages et Formation Post-Universitaires
 - . Professeur Germain Jérôme SAWADOGO
Coordonnateur Recherche-Développement

I - PERSONNEL ENSEIGNANT

A - DEPARTEMENT SCIENCES BIOLOGIQUES ET PRODUCTIONS ANIMALES

CHEF DU DEPARTEMENT

Moussa ASSANE

Professeur agrégé

1. Anatomie-Histologie-Embryologie

Kondi AGBA
Pidemnéwé PATO

Professeur Agrégé
Moniteur

2. Chirurgie-Reproduction

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

Professeur
Moniteur
Docteur Vétérinaire Vacataire

3. Economie Rurale et Gestion

Cheik LY
Hélène FOUCHER (Mme)

Maître-Assistant
Assistante

4. Physiologie-Thérapeutique-Pharmacodynamie

Alassane SERE	Professeur
Moussa ASSANE	Professeur Agrégé
Adèle KAM (Melle)	Moniteur

5. Physique et Chimie Biologiques et Médicales

Germain Jérôme SAWADOGO	Professeur
Jean Népomuscène MANIRARORA	Moniteur

6. Zootechnie-Alimentation

Gbeukoh Pafou GONGNET	Maître-Assistant
Ayao MISSOHOU	Assistant
Georges Alain NDJENG	Moniteur

B - DEPARTEMENT SANTE PUBLIQUE ET ENVIRONNEMENT

CHEF DE DEPARTMENT

Louis Joseph PANGUI	Professeur
---------------------	------------

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

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

2. Microbiologie-Immunologie-Pathologie Infectieuse

Justin Ayayi AKAKPO	Professeeur
Jean OUDAR	Profeseur
Rianatou ALAMBEDJI (Mme)	Asistante
Mamadou Lamine GASSAMA	Moniteur
Ousseynou DIOUF	Docteur Vétérinaire Vacataire

3. Parasitologie-Maladies Parasitaires-Zoologie Appliquée

Louis Joseph PANGUI	Professeur
Aly CISSE	Docteur Vétérinaire Vacataire
Komlan Dégnon DJIDOHOUN	Moniteur

4. Pathologie Médicale - Anatomie Pathologique - Clinique Ambulante

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

5. Pharmacie-Toxicologie

François Adébayo ABIOLA
Mireille Cathérine KADJA(Melle)

Professeur
Moniteur

II - PERSONEL VACATAIRE (prévu)

. Biophysique

René NDOYE

Professeur
Faculté de Médecine et de Pharmacie -
UCAD de Dakar

Sylvie GASSMAMA (Mme)

Maître de Conférences Agrégé Faculté de
Médecine et de Pharmacie - UCAD de
Dakar

. Botanique

Antoine NONGONIERMA

Professeur
IFAN - UCAD de Dakar

. Pathologie Médicale du Bétail

Maguatte NDIAYE

Docteur Vétérinaire
Chercheur Laboratoire de Recherches
Vétérinaires de Hann - DAKAR

. Agro-Pédologie

Alioune DIAGNE

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

. Sociologie

Oussouby TOURE

Sociologue

. HIDAOA

Abdoulaye DIOUF

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

III - PERSONNEL EN MISSION (prévu)

. **Parasitologie**

Ph. DORCHIES
M. KILANI

Professeur ENV-TOULOUSE
Professeur ENMV - SIDI THABET

. **Anatomie Pathologie Générale**

G. VANHAVERBEKE

Professeur ENV - TOULOUSE

. **Anatomie**

A. H. MATOUSSI

Maître de Conférences ENMV-SIDI
THABET

. ~~Pathologie des Equidés et Carnivores~~

A. CHABCHOUB

Maître de Conférences ENMV-SIDI
THABET

. **Zootchnie-Alimentation**

A. BEN YOUNES
A. GOURO

Professeur ENMV-SIDI THABET
Maître de Conférences Université du
Niger

. **Denréologie**

J. ROZIER
A. ETRIQUI

Professeur ENV-ALFORT
Professeur ENMV-SIDI THABET

. **Physique et Chimie Biologiques et Médicales**

P. BENARD

Professeur ENV-TOULOUSE

. **Pathologie Infectieuse**

J. CHANTAL
M. BOUZGHAIA

Professeur ENV-TOULOUSE
Maître de Conférences ENMV-SIDI
THABET

. **Pharmacie-Toxicologie**

J. PUYT
L. EL. BAHRI

Professeur ENV-NANTES
Professeur ENMV - SIDI THABET

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

1 - Mathématiques

Samba NDIAYE

Assistant Faculté des Sciences - UCAD

Statistiques

Ayao MISSOHOU

Assistant E.I.S.M.V.

2 - Physique

Issakha YOUM

Maître de Conférences Faculté des Sciences - UCAD

Chimie Organique

Abdoulaye SAMB

Chimie Physique

Serigne Amadou NDIAYE

Maître de Conférences Faculté des Sciences - UCAD

Alphonse TINE

Maître de Conférences Faculté des Sciences - UCAD

Chimie

Abdoulaye DIOP

Maître de Conférences Faculté des Sciences-UCAD

3 - Biologie - Physiologie Végétale

Papa Ibra SAMB

Chargé d'Enseignement Faculté des Sciences - UCAD

Kandioura NOBA

Maître Assistant Faculté des Sciences - UCAD

4 - Biologie Cellulaire Reproduction et Génétique

Oumar THIAW

Maître de Conférences Faculté des Sciences - UCAD

5 - Embryologie et Zoologie

Bhen Sikina TOGUEBAYE

Professeur Faculté des Sciences - UCAD

6 - Physiologie et Anatomie comparées des vertébrés

Cheikh Tidiane BA

Chargé d'enseignement Faculté des
Sciences- UCAD

7 - Anatomie et Extérieur des animaux domestiques

Charles Kondi AGBA

Maître de Conférences Agrégé E.I.S.M.V.

8 - Géologie

A. FAYE

Faculté des Sciences - UCAD

R. SARR

Faculté des Sciences - UCAD

JE DEDIE CE TRAVAIL ...

- A DIEU TOUT PUISSANT et son fils JÉSUS-CHRIST

que ta volonté soit faite.

- A mon Père, Daniel DJIDOHOUN,

pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour nous et la confiance que vous nous avez portez.

- A ma mère, Justine S. ODAH,

pour l'éducation que vous nous avez donné. Ce travail est le fruit de vos entrailles.

- A mes frères et soeurs, pour l'unité de la famille.

- A Aimée HOUSSOUNOU, ce travail est aussi le vôtre

- A Charles DOSSOU et son épouse,

merci pour les précieux conseils et votre soutien moral et matériel.

- A Clémentine M. ADADEMEY, ma fiancée,

puisse le Seigneur nous aider à réaliser nos projets.

- A mes compagnons de lutte : Cyprien BIAOU et Mireille KADJA,

que le travail unit les hommes.

- A mes amis :

Funkey, Saturnin, Akpé, Khady, Sylvie-Chantal ; Sylvie LAWSON, Lucrece, tous ceux dont les noms ne figurent pas ici.

- A tous mes camarades de la 22ème promotion de l'EISMV.

- A tous les béninois vétérinaires sortis de l'EISMV.

- A tous les étudiants de l'E.I.S.M.V.

- A la C.E.V.E.C.

- A toute la communauté béninoise à Dakar.

- A tous les anciens camarades :

du Lycée d'Atakpamé,

du collège St Augustin de Togoville,

de l'Université Nationale du Bénin.

- A mon pays natal, le **TOGO**.

- A ma nation, le **BENIN**.

- A mon pays hôte, le **SENEGAL**.

REMERCIEMENTS

- *A la Coopération Belge.*
- *A Monsieur Von F.J. SCHÖNER qui a mis à la disposition du Service Zootechnie-Alimentaire, la phytase "NATUPHOS".*
- *Au Docteur GONGNET, pour la franche collaboration.*
- *Au Docteur DIEME du Complexe Avicole de MBAO pour nous avoir donné les poussins d'un jour.*
- *Au Docteur MISSOHOU pour les conseils pratiques.*
- *Au Docteur NYKIEMA pour nous avoir aidé à la saisie des données.*
- *Au Docteur VIAS.*
- *A Monsieur Malick HANE, Technicien au laboratoire de Zootechnie-Alimentation E.I.S.M.V.*
- *A Madame DIOUF, documentaliste à L'E.I.S.M.V.*

MERCI.

A NOS MAITRES ET JUGES

- **Monsieur Pape Demba NDIAYE**
Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar
Vous nous faites un grand honneur en acceptant de présider notre Jury de thèse.
Puisse le Tout-Puissant vous accorder une très longue vie.

- **Monsieur Joseph Louis PANGUI**
Professeur à l'E.I.S.M.V. de Dakar
Vous avez bien voulu rapporter notre travail. Votre simplicité et votre enthousiasme sont autant de qualités qui ne nous laissent pas indifférents.
Tout le temps passé dans votre service, des expériences acquises en parasitologie seront gravés-dans-nos-mémoires.
Sincère reconnaissance.

- **Monsieur Papa El Hassane DIOP**
Professeur à l'E.I.S.M.V. de Dakar
Nous vous remercions d'avoir accepté de juger ce travail.
Votre rigueur scientifique et vos qualités humaines nous ont beaucoup marquées.

- **Monsieur Mamadou BADIANE**
Maître de Conférences Agrégé à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar
C'est avec un réel plaisir que vous avez accepté de siéger dans ce jury de thèse.
Trouver ici nos sincères remerciements et profonde gratitude.

- **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 qu'on vous connaît.
Nous garderons de vous le souvenir d'un maître dévoué, disponible, soucieux d'un travail bien accompli et doué de qualités scientifiques et humaines inestimables.

**"PAR DELIBERATION, LA FACULTE ET L'ECOLE ONT DECIDE QUE
LES OPINIONS EMISES DANS LES DISSERTATIONS QUI LEUR
SERONT PRESENTEES, DOIVENT ETRE CONSIDEREES COMME
PROPRES A LEURS AUTEURS ET QU'ELLES N'ENTENDENT LEUR
DONNER AUCUNE APPROBATION NI IMPROBATION".**

SOMMAIRE

	Pages
Liste des abréviations utilisées	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
CHAPITRE I : CALCIUM ET PHOSPHORE DANS L'ALIMENTATION DES VOLAILLES	4
1. Différentes sources de calcium et de phosphore dans la ration des poulets de chair	4
1.1. Origine végétale	4
1.1.1. Calcium et phosphore disponible	4
1.1.2. Phosphore phytique	6
1.1.2.1. Définition	6
1.1.2.2. Localisation	7
1.1.2.3 Teneur en phosphore phytique	7
1.2. Origine animale	7
1.3. Carbonates et phosphates de calcium	8
1.3.1. Carbonates de calcium	8
1.3.2. Phosphates	8
2. Besoins en calcium et phosphore du poulet de chair	9
2.1. Règles d'utilisation du phosphore et du calcium	9
2.2. Apports recommandés en calcium et en phosphore	10
2.3. Effets des niveaux de calcium et de phosphore des régimes alimentaires sur la croissance des poulets de chair	11
2.4. Influence des niveaux de calcium sur la disponibilité du phosphore phytique	12
2.5. Influence du phosphore phytique sur la croissance	12
2.6. Influence des phytates sur les autres minéraux	13
2.7. Influence de la température sur les apports en calcium et en phosphore des rations pour poulet de chair	13
3. Métabolisme phosphocalcique chez le poulet de chair	14
3.1. Digestion	14
3.2. Absorption	15
3.2.1. Lieux d'absorption	15
3.2.2. Mécanisme de transport	15

3.2.3. Digestibilité du phosphore végétal	16
3.2.4. Facteurs de variations de l'absorption du phosphore	16
3.2.4.1 Facteurs liés à l'animal	17
3.2.4.2 Facteurs liés à la ration	17
3.2.4.3 Facteurs liés aux sources de phosphore	17
3.3. Distribution et rôle du calcium et du phosphore dans l'organisme	19
3.4. Excrétion du phosphore et du calcium	20
3.5. Régulation du métabolisme phosphocalcique	20
3.5.1. Rôle de la parathormone	21
3.5.2. Rôle de la vitamine D	21
3.5.3. Rôle de la calcitonine	23
 CHAPITRE II : IMPORTANCE DE LA PHYTASE DANS L'ALIMENTATION DES VOLAILLES	 24
1. Historique	24
2. Phytases	25
2.1. Phytases végétales	25
2.1.1. Sources et activités phytasiques	25
2.1.2. Répartition anatomique	26
2.2. Phytase intestinale	26
2.3. Phytases fongiques ou microbiennes	27
3. Mécanisme d'action des phytases	28
3.1. Activité phytasique	28
3.2. Mécanisme d'action	28
4. Facteurs influençant l'activité des phytases	29
4.1. Facteurs physico-chimiques	29
4.1.1. pH	29
4.1.2. Température	30
4.2. Autres facteurs	31
4.2.1. Humidité	31
4.2.2. Combinaison des phytates	31
4.2.3. Teneur en phytates	31
4.2.4. Forme de présentation	31
5. Critères utilisés dans l'étude des effets des phytases	32
5.1. Critères zootechniques de croissance	32
5.2. Critères biochimiques	32
6. Comparaison de l'activité des phytases végétales et des phytases fongiques	32

7. Influence des phytases sur l'utilisation digestive des protéines, des minéraux et de l'énergie métabolisable	33
7.1. Protéines et minéraux	33
7.2. Energie métabolisable	33
8. Influence des phytases fongiques sur les performances de croissance	34
8.1. Gain de poids, consommation et efficacité alimentaires	34
8.2. Effets des phytases sur la minéralisation osseuse et la disponibilité du phosphore	34
8.3. Effets des phytases sur la phosphatémie	35
8.4. Effets conjugués de la phytase et de la vitamine D ₃	35
8.5. Influence de l'apport des niveaux de phytases	35
9. Intérêt des phytases fongiques dans l'alimentation des monogastriques	36
9.1. Intérêt physiologique	36
9.2. Intérêt économique	36
9.3. Intérêt écologique	37
9.3.1. Lutte contre la pollution par les phosphates	37
9.3.2. Diminution de la teneur en cadmium des denrées d'origine animale	38

DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE 39

CHAPITRE I : MATÉRIEL ET MÉTHODES 40

1. Matériel	40
1.1. Les animaux	40
1.2. Matériel d'élevage	40
1.2.1. Essai d'alimentation (au sol)	40
1.2.2. Essai de métabolisme (en cage)	41
1.2.3. Matériel d'alimentation	41
1.2.4. Aliments	42
1.3. Matériel de laboratoire	43
2. Méthodes	44
2.1. Répartition des poulets en lot	44
2.1.1. Essai d'alimentation	44
2.1.2. Essai de métabolisme	45
2.2. Alimentation et abreuvement	45

2.3.	Pesée des volailles et détermination du rendement carcasse	45
2.4.	Collecte et pesée des déjections	46
2.5.	Prélèvement des tibias	46
2.6.	Contrôle sanitaire	46
2.7.	Analyses chimiques	47
	2.7.1. Humidité ou teneur en eau	48
	2.7.2. Teneur en cendres brutes	48
	2.7.3. Matière azotée totale ou protéines brutes	48
	2.7.4. Cellulose brute	49
	2.7.5. Taux de phosphore total	49
	2.7.6. Taux de calcium	49
2.8.	Calculs	50
2.9.	Analyses statistiques	50
CHAPITRE II : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS		51
1.	Résultats	51
1.1.	Essais d'alimentation	51
	1.1.1. Paramètres zootechniques	51
	1.1.1.1 Aliments	51
	1.1.1.2 Consommation alimentaire et indice de consommation	51
	1.1.1.3 Croissance et gain moyen hebdomadaires	53
	1.1.1.4 Taux de mortalité et de morbidité	56
	1.1.1.5 Rendement carcasse	58
1.2.	Essais de métabolisme	58
	1.2.1. Ingestion, excrétion et rétention du phosphore	58
	1.2.1.1 Ingestion du phosphore	62
	1.2.1.2 Excrétion et rétention du phosphore	62
	1.2.2. Teneur en cendres, en calcium et phosphore des deux tibias	69
2.	Discussion	71
2.1.	Critique de la méthode	71
	2.1.1. Protocole expérimental	71
	2.1.2. Alimentation	71
	2.1.3. Densité	71
	2.1.4. Mise en cage	71

2.2.	Discussion des résultats	72
2.2.1.	Consommation et efficacité alimentaires	72
2.2.2.	Croissance et gain moyen hebdomadaires	73
2.2.3.	Ingestion, digestibilité excrétion et rétention du phosphore	74
2.2.4.	Teneur en cendres, calcium et phosphore des deux tibias	76
2.2.5.	Rendement carcasse	77
CONCLUSION		78
BIBLIOGRAPHIE		83
ANNEXES		

ABREVIATIONS UTILISEES

al.	:	Alliés
C.M.V.	:	Complexe Minéral Vitaminé
°C	:	Degré Celsius
Ca	:	Calcium
EISMV	:	Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires
E.M.	:	Energie métabolisable
F.A.O.	:	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
Fig.	:	Figure
GMQ	:	Gain Moyen Quotidien
IEMVT	:	Institut d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux
INRA	:	Institut National de Recherches Agronomiques
j	:	Jour
Kcal	:	Kilocalories
Kg	:	Kilogramme
l	:	Litre
m	:	Mètre
mg	:	Milligramme
MJ	:	Méga-joule
ml	:	Millilitre
MS	:	Matière Sèche
N	:	Normal
nm	:	Nanomètre
N.R.C.	:	National Research Council
P	:	Phosphore
p.100	:	Pour-cent
U	:	Unité
µg	:	Microgramme
I ⁻	:	Ration sans phosphore minéral et sans phytase
I ⁺	:	Ration sans phosphore minéral et avec phytase
II ⁻	:	Ration avec phosphore minéral et sans phytase
II ⁺	:	Ration avec phosphore minéral et avec phytase

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau n° 1 : Composition en calcium et phosphore de quelques matières premières disponibles au Sénégal.
- Tableau n° 2 : Récapitulation des valeurs optimales du rapport Ca/P selon certains auteurs.
- Tableau n° 3 : Apports recommandés en phosphore et calcium pour poulet de chair en p.100 de régime.
- Tableau n° 4 : Récapitulation des résultats obtenus par la supplémentation du régime en phytase fongique chez les monogastriques (porc et volailles).
- Tableau n° 5 : Activité phytasique moyenne de quelques matières premières en Unité/kg.
- Tableau n° 6 : pH gastrique et intestinal chez le coquelet de race white leghorn.
- Tableau n° 7 : Calendrier de prophylaxie.
- Tableau n° 8 : Composition des aliments utilisée au démarrage (14 - 28 jours)
- Tableau n° 9 : Composition des aliments utilisée en phase de croissance-finition (29 - 49 jours).
- Tableau n°10 : Influence des niveaux d'apport phosphocalcique et la phytase microbienne sur la consommation et l'indice de consommation.
- Tableau n°11 : Influence des niveaux d'apport phosphocalcique et la phytase microbienne sur la croissance et le gain moyen hebdomadaire.
- Tableau n°12 : Influence des niveaux d'apport phosphocalcique et la phytase microbienne sur la rendement carcasse.
- Tableau n°13 : Influence des niveaux d'apport phosphocalcique et la phytase microbienne sur l'ingestion, l'excrétion et la rétention du phosphore alimentaire par poulet (4ème semaine).
- Tableau n°14 : Influence des niveaux d'apport phosphocalcique et la phytase microbienne sur l'ingestion, l'excrétion et la rétention du phosphore alimentaire par poulet (6ème semaine).
- Tableau n°15 : Influence des niveaux d'apport phosphocalcique et la phytase microbienne sur l'ingestion, l'excrétion et la rétention du phosphore alimentaire par poulet (7ème semaine).
- Tableau n°16 : Influence des niveaux d'apport phosphocalcique et la phytase microbienne sur la réduction de l'excrétion du phosphore d'un lot par rapport à un autre.
- Tableau n°17 : Influence des niveaux d'apport phosphocalcique et la phytase sur la teneur en cendres, en phosphore et en calcium des tibias des différents lots de poulets

LISTE DES FIGURES

- Fig. 1 : Structure chimique de l'acide phytique et des phytates
- Fig. 2 : Régulation du métabolisme calcique
- Fig. 3 : Influence des niveaux d'apport phosphocalcique et de la phytase sur l'indice de consommation
- Fig. 4 : Influence des niveaux d'apport phosphocalcique et de la phytase sur le gain moyen hebdomadaire des poulets
- Fig. 5 : Influence des niveaux d'apport phosphocalcique et de la phytase sur l'ingestion du phosphore
- Fig. 6 : Evolution de l'excrétion du phosphore par les différents lots de poulets.
- Fig. 7 : Evolution de la rétention du phosphore par les différents lots de poulets
- Fig. 8 : Effets des niveaux phosphocalciques et de la phytase sur la rétention du phosphore des différents lots de poulets
- Fig. 9 : Effets des niveaux phosphocalciques et de la phytase sur l'excrétion du phosphore
- Fig.10 : Influence des niveaux d'apport phosphocalcique et de la phytase sur la teneur en calcium et en phosphore des tibias

INTRODUCTION

L'accroissement démographique en Afrique et l'évolution des besoins alimentaires des populations ont poussé bon nombre de gouvernements des pays en développement, soit à encourager, soit à organiser des productions industrielles de volailles.

Cet élevage à cycle court a connu un grand développement au cours de cette dernière décennie. Au Sénégal par exemple, on note une nette progression des effectifs de poussins d'un jour. Il est passé de 640.000 en 1975 à 4.803.000 en 1992 (Direction de l'Élevage du Sénégal, citée par **NDIAYE, 1995**).

Cet essor est dû aux techniques de sélection et de croisement, à la maîtrise des pathologies dominantes et surtout à la connaissance de l'alimentation de la volaille.

L'alimentation représente 60 à 70 p. 100 du coût de la production totale (**DIALLO et al., 1994**).

La base de l'alimentation des monogastriques en général et des volailles en particulier est constituée par des céréales et des tourteaux. Ces derniers sont relativement riches en phosphore mais celui-ci se trouve en grande partie dans des molécules complexes appelées phytates. Dans ces graines végétales, la proportion de phosphore disponible est faible de l'ordre de 30 p. 100 tandis que 70 p. 100 se présentent sous forme de phytate. Le phosphore phytique non assimilé par les monogastriques se retrouve directement dans les matières fécales parce que ces animaux ne disposent pas dans leur tube digestif, l'enzyme hydrolysant les phytates. La découverte de la phytase microbienne permet l'hydrolyse du

phosphore phytique contenu dans les graines et de le rendre disponible chez les monogastriques.

La phytase microbienne utilisée en Amérique et en Europe (Allemagne, France, Hollande) pendant ces cinq dernières années, permet de limiter considérablement les excréments phosphorés et azotés et d'améliorer l'utilisation de ces produits.

Pour ce qui concerne les zones tropicales et notamment l'Afrique au Sud du Sahara, la phytase microbienne n'y a fait jusque-là, selon nos connaissances, aucun objet d'utilisation ni d'étude. C'est ce qui explique l'intérêt de cette étude que nous avons voulu mener au Laboratoire de nutrition et d'alimentation de l'Ecole Inter-Etats des Sciences et de Médecine Vétérinaires de Dakar (SENEGAL).

Le présent travail comporte deux parties :

- la première partie consacrée à la synthèse bibliographique, porte sur le calcium et le phosphore et l'importance de la phytase dans l'alimentation des volailles.
- La deuxième partie qui est notre contribution, est réservée à l'étude expérimentale. Elle comprend deux chapitres :
 - * le premier chapitre porte sur le matériel et les méthodes ;
 - * le second traite des résultats et discussions.

PREMIERE PARTIE :

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Calcium et phosphore dans l'alimentation des volailles

Chapitre II : Importance de la phytase dans l'alimentation des volailles

CHAPITRE I : CALCIUM ET PHOSPHORE DANS L'ALIMENTATION DES VOLAILLES

Les minéraux ou cendres utilisés en nutrition animale sont des éléments chimiques indispensables à la constitution du squelette et aux fonctions de l'organisme des animaux.

Ils sont apportés à l'animal soit sous forme inorganique, soit par les fourrages et les céréales, généralement sous forme organique. Ces minéraux sont classés en fonction de l'ordre de grandeur des besoins en macro-éléments et en oligo-éléments.

Dans l'étude des macro-éléments qui constitue le squelette et qui sont par ailleurs indispensables dans la nutrition des animaux domestiques en général et des volailles en particulier, il convient de donner une place de choix au calcium et au phosphore.

1. DIFFERENTES SOURCES DE CALCIUM ET DE PHOSPHORE DANS LA RATION DES POULETS DE CHAIR

Le calcium et le phosphore se trouvent dans les plantes, les produits animaux et les produits d'extractions minières.

1.1. Origine végétale

1.1.1. Calcium et phosphore disponible

Selon FERRANDO (1964), les tourteaux, les grains, les graines, les issues de céréales sont beaucoup plus riches en phosphore qu'en calcium à l'inverse des fourrages. Dans les

graines de végétaux 60 à 70 p.100 du phosphore total se présentent sous forme de phosphore phytique (INRA, 1989). Autrement dit, 30 p. 100 seulement sont disponibles.

Le phosphore du maïs est pratiquement indisponible en raison de l'absence de phytase active à l'intérieur du grain. Par contre, le phosphore du blé présente une disponibilité de 50 p.100 en moyenne car le blé contient de la phytase (LARBIER *et al.*, 1992).

Comme toutes les céréales, le maïs est presque dépourvu de calcium avec 0,02 p.100 dans la matière sèche comme le montre le tableau n°1.

La disponibilité du phosphore est en fait très variable selon les graines: moins de 30 p.100 pour le maïs et les protéagineux et le plus de 50 p.100 pour le blé et le triticale.

Tableau n° 1 : Composition en calcium et phosphore de quelques matières premières disponibles au Sénégal (ANSELME, 1987).

	Matière sèche	Calcium (p.100 de matière sèche)	Phosphore assimilable (p. 100 de matière sèche)
Maïs	86	0,02	0,28
Sorgho	88	0,05	0,34
Mil	89	0,05	0,32
Son de blé	88	0,1	1,04
Son de riz	94	0,07	1,5
Farine de cône	89	0,15	1,02
Tourteau d'arachide	91,6	0,18	0,12
Tourteau de coton	90,4	0,15	0,97
Farine de poisson	92	5,5	3,1
Coquillage	-	31,7	-
Poudre d'os	-	21	10
Farine de viande	93	8,29	3,23
Farine de sang	90	0,33	0,24
Levure	92	0,38	1,10

1.1.2. Phosphore phytique

1.1.2.1. Définition

Selon WEIL (1990), le phosphore phytique est un produit de l'estérification d'un polyalcool cyclique (myo-inositol) par l'acide phosphorique.

Ce produit hexa-estérifié est appelé acide phytique. Dans les graines, il est présent sous forme de phytine ; c'est un complexe peu soluble de sel de Ca^{2+} et de Mg^{2+} (SAUVEUR, 1989 ; WEIL, 1990).

D'autres cations tels que le Zn^{2+} , Fe^{2+} sont également présents comme présentés à la (fig. 1).

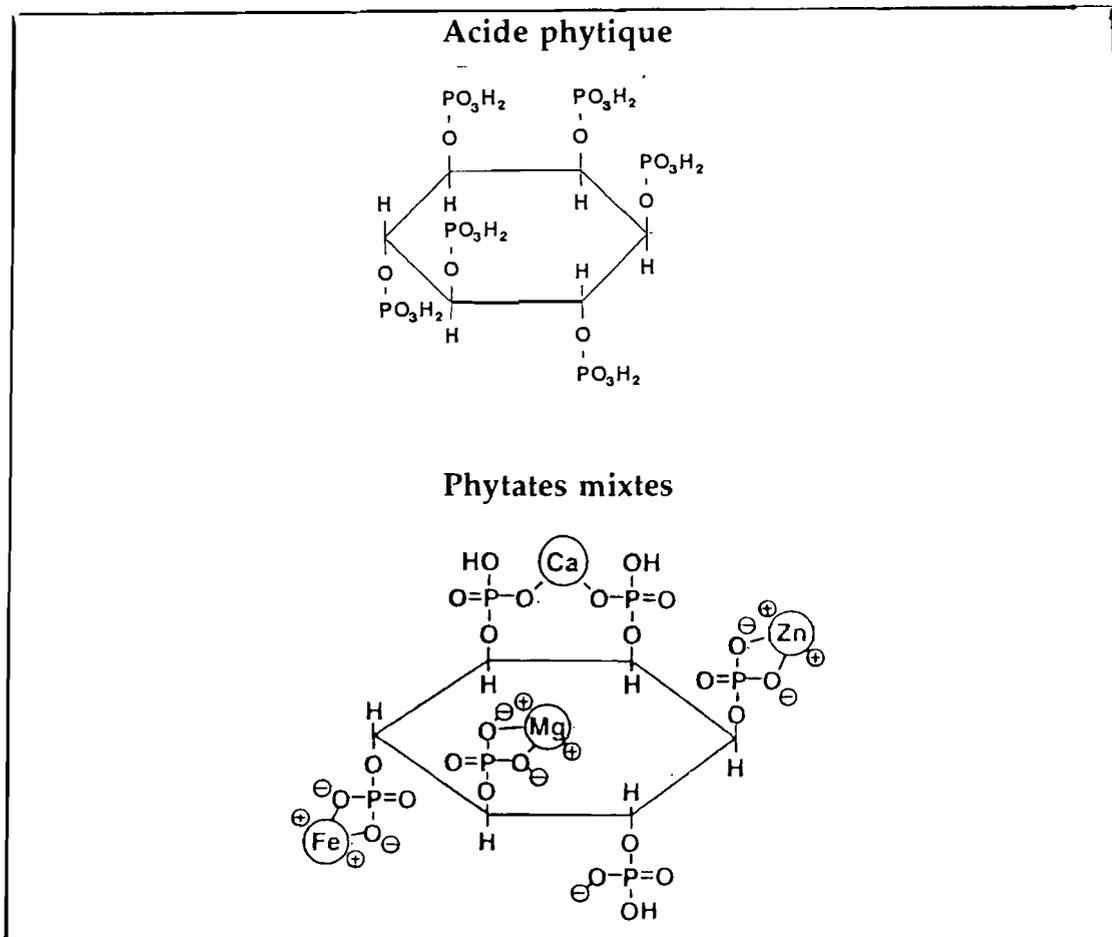


Figure 1 : Structure chimique de l'acide phytique et des phytates (SAUVEUR, 1989 ; GUILLOT *et al.*, 1994)

1.1.2.2. Localisation

Selon WEIL (1990), l'acide phytique est présent dans l'enveloppe des graines de céréales. Quant à SAUVEUR (1989), il pense que la localisation des phytates dans les graines n'est pas constante : dans la plupart des graines de monocotylédones 80 à 90 p.100 des phytates sont contenues dans les couches externes de graines, alors que le germe est la partie la plus riche en phytates du grain de maïs. Dans les graines de dicotylédones, les phytates sont surtout présentes dans les globoïdes et non dans les enveloppes externes (SAUVEUR, 1989 ; POINTILLARD, 1994).

1.1.2.3 Teneur en phosphore phytique

On a considéré jusqu'à présent que le phosphore phytique représente 60 à 70 p.100 du phosphore total. Selon SAUVEUR (1989) la teneur en phosphore phytique des graines végétales est variable. Elle est de :

- blé : 60 à 77 p.100
- sorgho : 60 à 74 p.100
- maïs : 67 p.100
- son de blé : 85 à 90 p.100

1.2. Origine animale

Ne seront pas évoquées ici la poudre d'os et les coquilles broyées.

OLIVETTI (1986) rapporte que la supériorité de la qualité des matières premières d'origine animale se situe également à leur taux élevé en calcium et en phosphore.

FERRANDO (1964) avait noté une teneur plus ou moins grande en calcium par rapport à la quantité de phosphore dans les protéines animales. C'est ainsi que la farine de viande titre 8,28 p.100 de calcium et 3,23 p.100 de phosphore (ANSELME, 1987).

1.3. Carbonates et phosphates de calcium

Le calcium et le phosphore le plus couramment utilisés en alimentation animale se présentent sous forme de carbonates de calcium et de phosphates de calcium.

1.3.1. Carbonates de calcium

La disponibilité biologique du calcium dans les calcaires est le plus souvent comprise entre 95 et 100 p.100, mais elle peut quelque fois descendre en dessous de 90 p.100 selon les sources (INRA, 1989).

La teneur moyenne en calcium des sources "biologiques" de carbonates (coquilles de mollusques marins, coquilles d'oeufs, etc.) est généralement bonne.

Quand aux carbonates calcomagnésiens, ils ne doivent pas être utilisés dans l'alimentation des monogastriques ; car l'excès en magnésium provoque d'une part la diarrhée et d'autre part, la réduction de l'utilisation du calcium et du phosphore (INRA, 1989).

1.3.2. Phosphates

Le phosphore minéral ajouté provient des sels minéraux appelés phosphate inorganique (LARBIER *et al.*, 1992).

Des travaux antérieurs rapportent que de tous les phosphates, ce sont les phosphates mono-, bi- et tricalciques qui sont à recommander (FERRANDO, 1964). On pourrait utiliser les phosphates naturels. Malheureusement, ces phosphates contiennent du fluor, élément peu recommandable pour les animaux, en particulier ceux de l'espèce bovine.

Cependant l'utilisation du phosphore ferro-alumino calcique (Polyfos) produit par la Compagnie Sénégalaise des Phosphates de Thiès (C.S.P.T.) chez les animaux domestiques

(porcs et taurillons) a donné des résultats satisfaisants (LERMAN *et al.* cités par FALL *et al.*, 1988).

C'est ainsi que MABALO (1993) en utilisant trois sources différentes de phosphore dans l'alimentation des poulets de chair de souche Jupiter (phosphate bicalcique anhydre, phosphate tricalcique et le polyfos) a trouvé que le polyfos incorporé dans les aliments démarrage - croissance et finition aux taux d'incorporation respectifs de 3,98 et 3 p.100 donne les meilleures performances de croissance suivis respectivement du phosphate tricalcique et du phosphate bicalcique.

Pour avoir une croissance normale, il faut nécessairement que les besoins nutritionnels des animaux soient couverts.

ÉCOLE INTER-ÉTATS
DES SCIENCES ET MÉDECINE
VÉTÉRINAIRES DE DAKAR
BIBLIOTHÈQUE

2. BESOINS EN CALCIUM ET PHOSPHORE DU POULET DE CHAIR

Selon TITUS (FAO, 1965) «le besoin nutritionnel d'un animal pour un nutriment donné est la quantité minimum de ce nutriment qui assure, lorsque tous les autres nutriments sont fournis en quantités convenables, une croissance et une production normales et empêche en même temps l'apparition de tout symptôme de carence alimentaire».

2.1. Règles d'utilisation du phosphore et du calcium

La couverture des besoins phosphocalciques impose un certain nombre de règles. Elles sont au nombre de quatre selon FERRANDO (1964).

1. Nécessité d'un apport minimum de calcium assimilable ;
2. Nécessité d'un apport minimum de phosphore assimilable ;

3. Un rapport phosphocalcique convenable chez les volailles ; ce rapport varie selon qu'il s'agit de poulets de chair ou de poules pondeuses. Le **tableau n°2** donne quelques valeurs préconisées par certains auteurs.
4. Un rapport de la vitamine D₃.

Tableau n° 2 : Récapitulation des valeurs optimales du rapport Ca/P selon certains auteurs

	FERRANDO (1969)	KOLB (1975)	LARBIER <i>et al.</i> (1992)	SMITH (1992)	MABALO (1993)
Poulet de chair	1,3 - 1,6	1,6	2	1 - 2	2 - 3
Poule pondeuse	2,4 - 4	3,7	-	-	-

L'équilibre entre calcium et phosphore dans la ration a perdu une bonne part de son intérêt. Les raisons sont nombreuses :

- certains auteurs soutiennent la thèse selon laquelle l'absorption du calcium et du phosphore ne se fait pas au même niveau du tube digestif (**JARRIGE, 1988**).
- D'autres rapportent que les apports en vitamine D₃ rendent les animaux en croissance moins sensibles à cet équilibre et que les effets ne se manifestent qu'en cas de carence en phosphore (**LARBIER *et al.*, 1992**).

Cependant, il existe des apports recommandés en calcium et en phosphore qui satisfont les besoins nutritionnels des volailles domestiques.

2.2. Apports recommandés en calcium et en phosphore

Il faut fournir aux animaux en général et aux volailles en particulier une certaine quantité de minéraux pendant une période donnée pour assurer à la fois la croissance la plus rapide, la production convenable et la meilleure efficacité alimentaire. Le **tableau n° 3**

indique quelques apports recommandés en calcium et en phosphore chez le poulet de chair.

Chez la poule pondeuse, on préconise des apports en calcium et en phosphore aux taux respectifs de 4 p.100 et 0,6 p.100 avec 0,35 p. 100 de phosphore disponible. Ces apports correspondent à ceux des pondeuses élevées en climat chaud (INRA, 1989).

Toute transgression de ces règles aboutit à des désordres.

Tableau n° 3 : Apports recommandés en phosphore et calcium pour poulet de chair en p.100 de régime (FAO, 1965 et INRA, 1989)

		FAO (1965)	INRA (1989)
DEMARRAGE	E.M. (Kcal/kg)	-	3000
	Calcium	1,0 - 1,2	1,03
	Phosphore total	0,75 - 0,8	0,68
	Phosphore disponible	0,45 - 0,6	0,43
CROISSANCE	E.M. (Kcal/kg)	-	3000
	Calcium	1,0 - 1,2	0,93
	Phosphore total	0,75 - 0,8	0,67
	Phosphore disponible	0,4 - 0,55	0,42
FINITION	E.M. (Kcal/kg)	-	3000
	Calcium	1,0 - 1,2	0,83
	Phosphore total	0,75 - 0,8	0,61
	Phosphore disponible	0,4 - 0,5	0,36

2.3. Effets des niveaux de calcium et de phosphore des régimes alimentaires sur la croissance des poulets de chair

Au Nigéria, SMITH *et al.* (1985) en étudiant l'influence d'un niveau d'apport de calcium et un rapport Ca/P élevé dans la ration poulet de chair concluent qu'une ration contenant 3 p.100 de calcium et un rapport Ca/P de 5 entraîneraient une réduction du taux de croissance, causant une déficience en manganèse et conduisant au perosis.

Des résultats analogues ont été obtenus par WILGUS cité par FERRANDO (1964), SCOTT *et al.* (1976). Les auteurs avaient suggéré que le calcium et le phosphore en excès

dans la ration deviennent solubles avec l'acidité gastrique. Mais au cours de leur progression dans le duodénum, les sels solubles non absorbés rencontrent un milieu alcalin et se précipitent en phosphate de calcium. Ces précipités absorbent le manganèse et l'entraînent le long du tractus digestif créant ainsi une déficience en manganèse.

RIDELL *et al* (1987), SAUVEUR (1989) ajoutent qu'un taux élevé de phosphore dans la ration entraîne la dyschondroplasie tibiale chez les poulets de chair et la fragilité des oeufs chez les poules pondeuses.

FERRANDO (1964), SCOTT *et al.*(1976) et LARBIER *et al.* (1982) trouvent qu'une carence en phosphore se traduit par une perte d'appétit, un ralentissement de la croissance, ~~des troubles locomoteurs graves et la mortalité chez le jeune animal.~~

2.4. Influence des niveaux de calcium sur la disponibilité du phosphore phytique

EDWARDS (1981) rapporte que la rétention du phosphore phytique est beaucoup plus élevée chez les poules pondeuses de souche Leghorn que chez les poulets de chair malgré le niveau élevé de calcium dans la ration.

Des essais similaires réalisés sur les poulets de chair par **GORDON *et al.* (1982)**, en utilisant des rations à deux niveaux de calcium et de phosphore contenant du son de riz, du son de blé et de la cellulose, arrivent à la conclusion que l'hydrolyse des phytates est beaucoup plus influencée par des niveaux élevés de calcium et la source du phosphore végétal que la présence de la cellulose et le niveau des phytates dans la ration.

2.5. Influence du phosphore phytique sur la croissance

HAYES *et al.* cités par SAUVEUR (1989) ont eu à observer au cours d'une complémentation d'un régime à base de maïs par du son de blé, un effet plus fort sur le gain de poids que sur la minéralisation osseuse. Ils sont parvenus à la conclusion que le phosphore phytique est légèrement moins efficace pour l'accrétion osseuse que pour

d'autres synthèses impliquées dans le gain de poids. Mais les auteurs n'ont pas précisé le taux de calcium dans la ration.

2.6. Influence des phytates sur les autres minéraux

SAUVEUR (1989) rapporte que les oligo-éléments d'intérêt nutritionnel sont fixés plus fortement par l'acide phytique que les macro-éléments alcalino-terreux.

DAVIES *et al.* cités par GORDON *et al.* 1982, LARBIER *et al.* (1992) sont d'avis qu'un taux élevé d'acide phytique peut entraîner une indisponibilité partielle du zinc alimentaire. L'antagonisme calcium-zinc signalé par bon nombre d'auteurs s'explique par les effets des phytates.

2.7. Influence de la température sur les apports en calcium et en phosphore des rations pour poulet de chair

Le poulet adapte sa consommation aux besoins énergétiques. Il s'en suit en période de forte chaleur une diminution de la consommation avec comme conséquence un apport insuffisant en nutriments essentiels. En climat chaud, il est donc conseillé d'augmenter le taux de ces nutriments d'environ 10 p.100 par rapport aux valeurs usuelles (**BOUSCHY *et al.*, cités par ANSELME, 1987**).

LEBBIE *et al.* (1988), en étudiant au Nigéria les effets de quatre niveaux de calcium (8 ; 10 ; 12 et 14 g/kg) et quatre niveaux de phosphore (4 ; 6 ; 8 et 10 g/kg) chez les poulets de chair de souche Harco, remarquent que la ration contenant un total de 8 g de calcium et 4 g de phosphore par kg est inadéquate pour induire une croissance normale. Pour une performance optimale, selon ces auteurs, les besoins des poulets en calcium se situent entre 10 - 12 g/kg, tandis que ceux du phosphore sont estimés entre 6 - 8 g/kg. Cette étude étant réalisée dans un milieu où la température ambiante variait entre 29°C et 32°C avec une humidité relative de 56 à 63 p.100.

D'autre part, ces résultats confirment ceux déjà obtenus par N.R.C. cité par ANSELME (1987) selon lesquels en dessous de 25-27°C, le poulet surconsomme pour lutter contre le froid et au dessus de 25 -27°C, il sous-consomme pour diminuer sa production d'extra-chaueur. L'efficacité de la conversion alimentaire est optimale entre 21°C et 26°C (SMITH, 1992).

3. METABOLISME PHOSPHOCALCIQUE CHEZ LE POULET DE CHAIR

Selon KOLB (1975), la digestion a pour but de "transformer les aliments en produits à bas poids moléculaire qui peuvent soit traverser directement la muqueuse intestinale, soit être absorbés grâce à divers mécanismes adjuvants. Par contre l'absorption intestinale désigne l'ensemble des processus qui permettent le passage de tous ces produits de la lumière de l'intestin dans les liquides corporels".

3.1. Digestion

Avant d'être absorbés, les composés phosphocalciques doivent être solubilisés dans le tube digestif. Cette solubilisation est due à l'acide chlorhydrique secrété par les glandes du proventricule qui transforme les sels de calcium (carbonates) en chlorure de calcium très soluble et les phosphates bi- et tricalciques en phosphate monocalcique (NICKEL *et al.*, 1977).

Au fur et à mesure de leur progression dans l'intestin grêle, les sels solubles non absorbés rencontrent un milieu de plus en plus alcalin et redonnent des sels insolubles (SCOTT *et al.*, 1976).

La bile joue chez les volailles un rôle analogue à celui des mammifères. En effet, les phosphates de la bile libèrent de l'acide orthophosphorique qui transforme les sels de calcium insolubles en phosphates monocalciques solubles. De même, la bile apporte les phosphatases qui permettent la formation des phosphates monocalciques.

3.2. Absorption

3.2.1. Lieux d'absorption

LARBIER *et al.* (1992) situent l'essentiel de l'absorption du calcium dans le duodénum et dans le jéjunum. il est lié alors à une protéine complexant le calcium appelée la protéine de WASSERMAN ou la Ca-BP (Calcium - Binding -proteine) dont la synthèse dépend d'un dérivé actif de la vitamine D, le 1,25 dihydrocholécalférol (1,25 (OH)₂ D₃).

Le phosphore est absorbé au niveau du jéjunum ; le 1,25 (OH)₂ D₃ stimule cette absorption.

3.2.2. Mécanisme de transport

Le transfert des nutriments obtenus après digestion de l'aliment est assuré par les entérocytes.

Le calcium est absorbé de manière active dans le duodénum et de manière passive dans le jéjunum.

Quant au phosphore, son utilisation dépend de sa source. En effet, lorsque le phosphore provient des phosphates inorganiques, il est disponible et absorbé sous sa forme ionique par simple diffusion.

Mais le problème le plus souvent discuté est celui de l'utilisation du phosphore phytique présent dans les graines végétales. Il est généralement considéré que ce phosphore phytique n'est que partiellement utilisé par les porcs et pas du tout par les volailles (INRA, 1989).

3.2.3. Digestibilité du phosphore végétal

Il faut toujours garder à l'esprit que tout le phosphore contenu dans la ration n'est pas absorbé, donc une partie demeure non utilisée par l'animal.

Chez la volaille, l'urine et les fèces sont mélangés au niveau du cloaque et excrétés ensemble ; ceci complique la détermination de la digestibilité des nutriments chez cette espèce animale. **POINTILLART (1994)** pense que les mesures de digestibilité ne sont pas réalisables chez les volailles à la différence des porcs ; il préconise la mesure de rétention en se bornant à faire le bilan entre la quantité ingérée (I) et la quantité totale excrétée par l'urine et fèces (F + U).

Le pourcentage de rétention se détermine de la manière suivante (**SCHÖNER *et al.*, 1993 ; PERNEY *et al.*, 1993**).

$$\text{Pourcentage de rétention} = \frac{I - (F+U)}{I} \times 100$$

En tenant compte des problèmes liés à l'utilisation du phosphore alimentaire, il s'avère nécessaire d'envisager les facteurs pouvant influencer la biodisponibilité du phosphore chez les oiseaux.

3.2.4. Facteurs de variations de l'absorption du phosphore

Les facteurs entravant l'absorption du phosphore peuvent dépendre de l'animal, de la source utilisée et/ou de la ration.

3.2.4.1 Facteurs liés à l'animal

Ils sont représentés par :

* L'âge : Il est généralement admis que le phosphore d'une même ration est bien retenu par un jeune animal en pleine croissance par exemple que par un animal adulte à l'entretien.

* L'état du tube digestif : L'intégrité de la muqueuse et son bon fonctionnement sont très importants, surtout chez les jeunes où les diarrhées et les infestations parasitaires ne sont pas rares. Il est fréquent de voir associés, chez un même jeune animal, diarrhée et rachitisme: (NOIRIT, cité par THIONGHANE, 1982).

3.2.4.2 Facteurs liés à la ration

Parmi les facteurs liés à la ration, on peut retenir les suivants :

* Les interactions avec les autres nutriments : En effet, les différents constituants d'un aliment interagissent entre eux. C'est ainsi que les excès de magnésium tendent à réduire l'utilisation du calcium et du phosphore (INRA, 1989). C'est aussi le cas notamment de la vitamine D.

* Le rapport phosphocalcique de la ration : un rapport Ca/P trop faible se traduit par une mauvaise absorption du phosphore.

3.2.4.3 Facteurs liés aux sources de phosphore

Nous envisageons deux cas : le phosphore issu des phosphates inorganiques et le phosphore phytique.

* Facteurs propres au phosphates inorganiques :

Il ne s'agit que des différences liées à la nature même du produit :

- la finesse des particules : **GILLIS *et al.* cités par MABALO (1993)**, en employant cinq degrés de mouture pour le phosphate tricalcique arrivent à la conclusion que les produits finement divisés et amorphes sont en général plus solubles que les produits grossiers et bien cristallisés ;

- la forme chimique et le degré de polymérisation : on remarque que, quelle que soit l'espèce animale, les orthophosphates purs (calciques, sodiques, potassiques) sont très bien utilisés. ~~Par contre, les métaphosphates et les formes polymérisées (pyrophosphates) ont~~ une valeur alimentaire très inférieure par faible digestibilité et mauvaise rétention du phosphore absorbé (**FARDEAU cité par THIONGHANE, 1982**) ;

- la forme cristalline : elle influe sur la digestibilité du phosphore au sein de chacun des groupes ortho-, méta- ou pyrophosphates. Ainsi les différences observées entre les phosphates bicalciques, anhydres et hydratés seraient vraisemblablement dues à une solubilité moindre de la forme anhydre (**EDWARD *et al.* cités par MABALO, 1993**).

* Phosphore phytique :

L'utilisation du phosphore phytique varie tant chez le porc que chez le poulet en fonction :

- de la forme chimique initiale : les phytates naturelles sont plutôt des phytates de Mg^+ et K^+ , solubles mais déplacés par les autres cations présents dans le régime, en particulier Ca^{++} , Zn^{++} et Fe^{++} . Une molécule d'acide phytique capte en moyenne 3 à 6 moles de calcium pour former des phytates insolubles au pH intestinal, ce qui rend indisponible et le phosphore et le calcium (**POINTILLART, 1994**) ;

- de la présence et l'activité de phytases : l'acide phytique ou les phytates doivent être hydrolysés pour libérer les orthophosphates et l'inositol, l'enzyme responsable étant une phosphatase particulière, acide, la phytase. Le blé, l'orge et le seigle contiennent des phytases beaucoup plus actives que celles du maïs, du sorgho ou des graines oléagineuses (INRA, 1989). En revanche, les monogastriques à la différence des ruminants ne disposent pas d'une grande quantité de phytase endogène ;

- des traitements subis par les matières premières : la chaleur ou la granulation inactive la phytase. En effet, l'activité de la phytase du son de blé est réduite de 90 p.100 à 72°C (COURTOIS, 1947).

3.3. Distribution et rôle du calcium et du phosphore dans l'organisme

Près de 99 p.100 du calcium et 80 p.100 des phosphates de l'organisme animal, sont localisés dans les os. Ces deux éléments sont associés dans la substance minérale sous forme d'hydroxyapatite dans un rapport voisin de 2,2 : 1.

Après leur absorption au niveau de l'intestin grêle, les ions calcium et phosphate gagnent le foie par la veine porte, une partie de ces éléments est utilisée dans la paroi intestinale pour la synthèse de composés organiques. Les phosphates subissent une estérification partielle dans le foie avant d'être repartis à la fois dans les espaces extracellulaires et dans les cellules. C'est pourquoi la phosphatémie reste assez constante chez les animaux domestiques (KOLB, 1975).

Au niveau des cellules, les phosphates sont incorporés dans des corps très importants comme la créatine-phosphate, l'ATP et les Hexoses-phosphates. La majeure partie du calcium et du phosphore entre dans la composition osseuse.

Lors des exportations pour les productions animales (jeune en croissance, poule pondeuse, vache en lactation, etc.) une partie du calcium et de phosphore osseux est mobilisée. Les échanges entre le sang et le squelette permettent ainsi de réguler les apports et leur utilisation.

L'action du calcium est en général liée à celle du phosphore. ils jouent deux rôles fondamentaux dans l'organisme :

- rôle plastique dans l'édification du squelette ;
- rôle métabolique ;

. le calcium intervient dans plusieurs fonctions notamment la régulation de l'excitabilité neuromusculaire, l'entretien de l'automatisme cardiaque, la coagulation du sang (le calcium joue le rôle de facteur IV),

. le phosphore joue un rôle catalytique par ses multiples interventions au cours du métabolisme et de l'activité enzymatique. En effet, le phosphore est un constituant de la vitamine B₁ (Thiamine pyrophosphate) laquelle intervient dans la décarboxylation oxydative de l'acide pyruvique. Il intervient dans les réactions de phosphorylation et de déphosphorylation régulant ainsi les phénomènes d'absorption intestinale et de construction musculaire.

3.4. Excrétion du phosphore et du calcium

Selon SCOTT *et al.* (1976), KOLB (1975), les composés calciques faiblement solubles ou insolubles sont surtout éliminés au niveau de l'intestin et se retrouvent dans les fèces. Cette excrétion est régie par une régulation vitaminique et hormonale du calcium et du phosphore.

3.5. Régulation du métabolisme phosphocalcique

Le dépôt ou la mobilisation du calcium et du phosphore osseux pour les besoins de l'animal est assuré par la parathormone ou PTH, la 1,25 dihydroxycholécalférol ou 1,25 (OH)₂D₃ et la calcitonine ou CT.

3.5.1. Rôle de la parathormone

En cas d'hypocalcémie (carence ou besoin intense de calcium), plusieurs mécanismes de contrôle d'origine hormonale sont mis en oeuvre (Figure 2). L'hypocalcémie entraîne une sécrétion de parathormone (PTH), hormone peptidique d'origine parathyroïdienne. La parathormone libère le calcium osseux et contribue à relever la calcémie. Par ailleurs, la parathormone favorise la synthèse rénale de la $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ dérivé actif de la vitamine D qui stimule l'absorption intestinale du calcium.

Enfin la PTH accroît la réabsorption rénale du calcium tout en inhibant celle du phosphore (fig. 2).

La phosphatémie est peu modifiée par la parathormone, puisqu'il y a superposition d'un effet hypophosphatémiant (excrétion rénale) et d'un effet hyperphosphatémiant (mobilisation osseuse).

3.5.2. Rôle de la vitamine D

Un dérivé actif de la vitamine D, la dihydrocholécalférol ou $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$, synthétisé en deux étapes par le foie (25 hydrocholécalférol) puis par le rein est considéré comme une véritable hormone stéroïde. Son principal récepteur est la cellule absorbante de la muqueuse intestinale, siège du transport actif du calcium. Il s'y fixe de la Ca-BP (Calcium Binding-Protein). Celle-ci permet le transport du calcium et son absorption digestive. Elle favorise aussi l'absorption du phosphore (PARIGI-BINI, 1986).

La $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ intervient indirectement dans la mobilisation du calcium osseux en ayant un rôle permissif vis-à-vis de la PTH.

Au niveau rénal, la $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ favorise la réabsorption du calcium et du phosphore. Elle est donc une hormone hypercalcémiant et hyperphosphatémiant. Sa synthèse est indirectement stimulée par l'hypocalcémie via la PTH (fig. 2) et directement par l'hypophosphatémie.

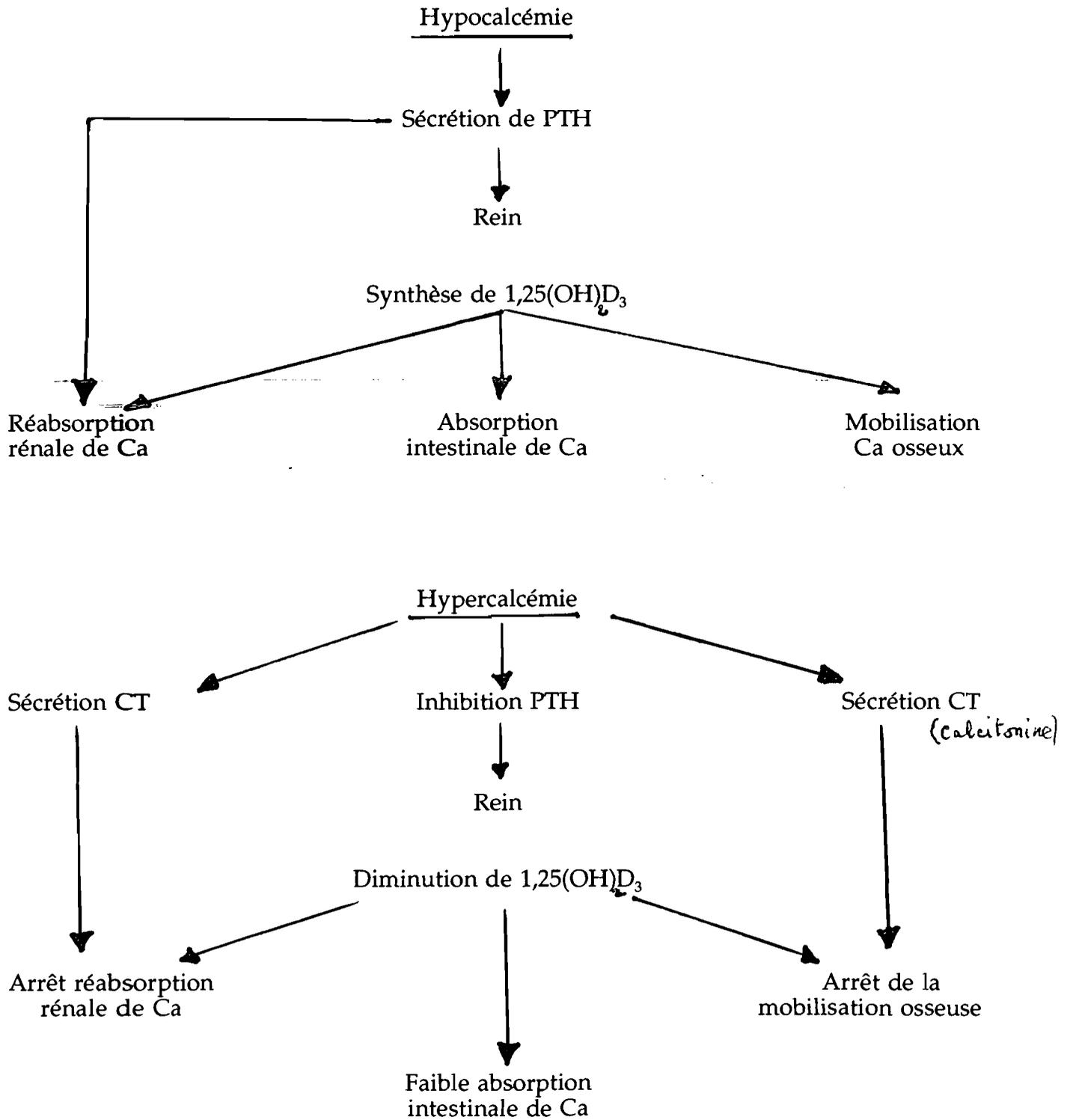


Figure 2 : Régulation du métabolisme calcique (LARBIER *et al.*, 1992)

3.5.3. Rôle de la calcitonine

En cas d'hypercalcémie chez les volailles due par exemple à l'ingestion d'un aliment très riche en calcium, il y a sécrétion d'une hormone peptidique d'origine ultimobranchiale. Il s'agit de la calcitonine. En effet, des expériences ont montré que l'augmentation de la calcémie par un régime riche en calcium entraîne une hypertrophie du corps ultimobranchial avec une augmentation de son activité (MUELLER *et al.*, cités par CALAMY, 1973).

La calcitonine chez le poulet de chair inhibe en cas d'hypercalcémie l'ostéolyse et par conséquent la libération du calcium. Elle augmente l'excrétion rénale du calcium, des phosphates et inhibe la synthèse rénale de la $1,25(\text{OH})_2 \text{D}_3$ (fig. 2).

CHAPITRE II : IMPORTANCE DE LA PHYTASE DANS L'ALIMENTATION DES VOLAILLES

1. HISTORIQUE

Selon SAUVEUR (1989), NELSON et ses collaborateurs furent les premiers à ajouter à la ration pour poulet de chair une préparation phytasique d'*Aspergillus ficuum*. Ils ont eu à observer une hydrolyse des phytates dans le tube digestif des poulets. Ce traitement a eu un effet positif aussi bien sur le gain moyen quotidien (GMQ) que sur la minéralisation osseuse des oiseaux.

SIMONS *et al.* (1990), dans une étude *in vitro* aux Pays-Bas, ont montré que 85 p.100 du phosphore présent dans le maïs sous forme de phytate sont hydrolysés après une heure d'incubation à 40°C en présence de phytase fongique. Ces mêmes auteurs en ajoutant 1.000 Unités/kg de phytase microbienne aux rations de porc montrèrent que l'enzyme augmentait la digestibilité du phosphore de 24 p.100 et réduisait l'excrétion du phosphore dans la matière fécale de 35 p.100. La même dose de l'enzyme entraîne chez le poulet de chair une augmentation de la disponibilité du phosphore de 60 p.100 et une réduction de l'excrétion fécale de 50 p.100.

FARREL *et al.* (1993) ont utilisé une phytase d'*Aspergillus ficuum* (NATUPHOS) dans la ration des poussins et des canetons en croissance aux doses respectives de 750 et 800 Unités/kg. Ils ont observé une augmentation de la rétention du phosphore de 18 p.100 chez le poulet âgé de 18 jours et de 29 p.100 chez les canetons de 17 jours.

Des études récentes ont été également conduites sur la possibilité de remplacer l'apport de phosphore minéral par des phytases fongiques dans les aliments des volailles adultes (VAN DER KLIIS *et al* cités par SAUVEUR, 1993).

Par contre, d'autres auteurs ont eu à utiliser des phytases végétales telles que celles du blé qui a une activité plus élevée (GORDON *et al.*, 1987). L'incorporation du son de

blé à une ration contenant du maïs, augmenterait ainsi la disponibilité du phosphore phytique chez le poulet de chair.

FOURDIN *et al.* (1988) ont obtenu des résultats identiques en ajoutant, à une ration contenant du tourteau de soja et de colza du son de seigle.

Les différents résultats obtenus jusque là par des auteurs lors de la supplémentation de la ration par la phytase fongique sont résumés dans le **tableau n° 4**.

Tableau n°4 : Récapitulation des résultats obtenus par la supplémentation du régime en phytase fongique chez les monogastriques (porc et volailles)

Auteurs	Pays	Espèces	Age (j)	Dose (U/Kg)	Résultats	
					Augmentation de la rétention du phosphore (p.100)	Réduction de l'excrétion (p.100)
SIMONS <i>et al</i> (1990)	Hollande	Porc	-	1000	24	35
SIMONS <i>et al</i> (1990)	Hollande	Poulet	24	1000	50	-
FARFEL <i>et al</i> (1993)	Angleterre	Poulet	18	750	18	-
FARFEL <i>et al</i> (1993)	Angleterre	Caneton	17	850	29	-
RICHTER <i>et al</i> (1993)	Allemagne	Poulet	35	500	-	24
BOUGON(1993a)	France	Poulet	21	600	-	26

2. PHYTASES

Il existe au moins trois sortes de phytases. Celle contenue dans les plantes, celle qui est présente dans le tube digestif de certaines espèces et celle d'origine microbienne (*Aspergillus ficuum* ou *Aspergillus niger*).

2.1. Phytases végétales

2.1.1. Sources et activités phytasiques

La phytase végétale, celle du blé notamment est connue depuis fort longtemps (COURTOIS, 1947).

La présence et l'activité de ces phytases varient largement en fonction des espèces végétales.

L'activité phytasique est très faible dans les tourteaux (soja, coton). Elle n'a pas été déterminée dans les graines de légumineuses. Le tableau n° 5 indique l'activité phytasique de quelques matières premières.

Tableau n° 5 : Activité phytasique moyenne de quelques matières premières en Unité/kg (SAUVEUR, 1989).

MATIERES PREMIERES	ACTIVITE PHYTASIQUE (Unité/kg)
<u>Céréales</u>	
Blé	600
Remoulages de blé	1900
Son de blé	1100
Seigle	4900
Son de seigle	6300
Maïs	30
Riz	125
<u>Tourteaux</u>	
Soja	6
Arachide	0

2.1.2. Répartition anatomique

Selon POINTILLART (1994), la phytase des grains et des graines se situe surtout, comme les phytates dans les enveloppes mais l'endosperme (amande du grain) présente une forte activité enzymatique.

2.2. Phytase intestinale

Les ruminants hydrolysent totalement le phosphore phytique grâce à la flore du rumen qui synthétise la phytase (JARRIGE, 1988).

Chez les monogastriques, la situation est variable : l'existence d'une phytase intestinale endogène chez les oiseaux a fait l'objet de plusieurs publications contradictoires malgré l'identification *in vitro* d'une activité phytasique dans la muqueuse intestinale par certains auteurs. **SIMONS** cité par **SAUVEUR (1989)**, n'a observé *in vivo* aucune hydrolyse intestinale de phytate, en dépit d'un pH favorable, lorsqu'aucune phytase exogène n'était apportée chez les oiseaux.

JONGBLOED et al (1992) ont rapporté que la phytase du contenu intestinal du porc est négligeable.

Par contre, **POINTILLARD (1994)** est d'avis que l'activité phytasique du poulet est moins négligeable que celle des autres espèces (le porc, le lapin et le cobaye). Il ajoute que le phosphore végétal est souvent mieux utilisé par les volailles qu'il ne l'est dans l'espèce porcine.

2.3. Phytases fongiques ou microbiennes

Les phytases fongiques ou microbiennes sont extraites de mycélium d'*Aspergillus ficuum* ou *Aspergillus niger* (**SAUVEUR, 1989 ; SIMONS et al., 1990**). Elles sont obtenues après fermentation et purification, certains sont produites par génie génétique (**POINTILLART, 1994**).

D'autres préparations enzymatiques issues de levures se sont révélées par la suite beaucoup moins efficaces (**NELSON cité par SAUVEUR, 1989**).

Certains travaux récents dont celui de **HAN et WILLFED** cités par **SAUVEUR (1989)** montrent que l'activité d'une même phytase varie avec le substrat : une même phytase fongique peut hydrolyser ainsi jusqu'à 85 p.100 de phosphore phytique du tourteau de soja et 67 p.100 seulement de celui du tourteau de coton.

3. MECANISME D'ACTION DES PHYTASES

3.1. Activité phytasique

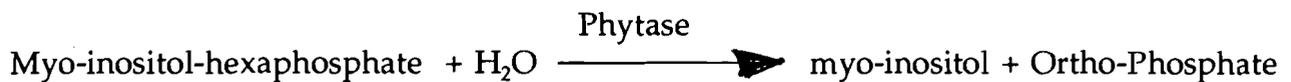
L'activité d'une phytase est exprimée en "Unité". Une unité de phytase est définie comme étant l'activité d'enzyme permettant de libérer un micromole de phosphore par minute à un pH de 5,5 et à une température de 37°C à partir d'une solution de phytate de sodium à 0,0015 mole par litre.

Il est supposé qu'un gramme de "NATUPHOS" renferme 5.000 unités. Ainsi pour une supplémentation de :

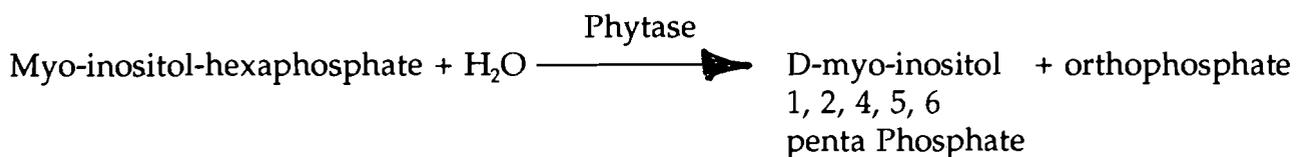
- * 300 unités/kg (U/kg), il faut 60 g/tonne d'aliment (RICHTER, 1993) ;
- * 500 unités/kg (U/kg), il faut 100 g/tonne d'aliment (SCHÖNER, 1991).

3.2. Mécanisme d'action

La phytase est une phosphatase qui hydrolyse les phytates (myo-inositol-hexaphosphate) en myo-inositol et orthophosphate (Phosphate inorganique).



Selon COSGROVE cité par JONGBLOED *et al* (1992) la phytase fongique (*Aspergillus ficuum*) catalyse la réaction suivante :



C'est une déphosphorylation qui se produit étape par étape en libérant cinq produits intermédiaires qui sont :

Myo - inositol- pentaphosphate (IP5)

Myo - inositol- tétraphosphate (IP4)

Myo - inositol- triphosphate (IP3)

Myo - inositol- biphosphate (IP2)

Myo - inositol- monophosphate (IP1)

Les trois derniers produits étant susceptibles de passer par la barrière intestinale (IP3 est un médiateur biochimique cellulaire connu) (POINTILLART, 1994). Cependant, ces réactions sont susceptibles de subir l'influence d'un certain nombre de facteurs.

4. FACTEURS INFLUENÇANT L'ACTIVITE DES PHYTASES

Ces facteurs concernent aussi bien les phytases végétales que les phytases fongiques.

4.1. Facteurs physico-chimiques

4.1.1. pH

SCHEUERMANN *et al.*(1988), SAUVEUR (1989) sont d'avis que les phytases végétales sont actives à un pH voisin de 5 ; elles sont sensibles aux variations de pH, les milieux trop acides ou trop alcalins peuvent les inactiver de façon irréversible. Les phytases végétales des aliments ne peuvent donc être actives que dans l'estomac des animaux, ce qui a été confirmé chez le porc, à l'aide de canules duodénales (JONGBLOED *et al.*, 1992). Il est à noter aussi que cette dégradation dépend fortement du temps de rétention de l'aliment dans l'estomac.

Les phytases fongiques diffèrent des phytases végétales par un profil *in vitro* avec deux pH optima : l'un à 2,5 et l'autre 5,5 (SIMONS *et al.*, 1990) ce qui amplifie son champ d'action au niveau de la digestion chez l'animal.

FERRANDO (1969) rapporte que le pH du tractus digestif du poulet de chair change sur toute sa longueur comme indiqué dans le tableau n°6.

Tableau n°6 : pH gastrique et intestinal chez le coquelet de race White leghorn (FERRANDO, 1969)

Localisation	pH optimum
Jabot	6,1 - 6,7
Proventricule	1,7 - 2,4
Gésier	2,1 - 3,6
Duodénum	6,3 - 6,5
Iléum	6,4 - 7,2

4.1.2. Température

Les phytases végétales et les phytases microbiennes sont inactivées par des températures élevées. La température optimale des phytases fongiques se situe entre 47 - 57° C (SCHEUERMANN *et al.*, 1988).

SIMONS *et al.*(1990) rapportent que la phytase "NATUPHOS" perd 17 p.100 de son activité à 84°C et 64 p.100 à 87°C. La phytase "ALKO" (FINASE) est totalement inactivée au delà de 60° C.

Comme pour les phytases de certaines céréales, ces données indiquent que certains procédés de fabrication ou de distribution des aliments peuvent, soit en amorçant l'hydrolyse phytasique (trempage) soit en inhibant l'enzyme (échauffement trop élevé, de certains granulations) modifier considérablement la digestibilité du phosphore phytique.

Le froid n'affecterait pas la phytase mais la congélation entraînerait la formation de cristaux de glace qui, en rompant les membranes, mettraient en présence l'enzyme et son substrat, ceci dans le cas des phytases végétales (FOURDIN, 1984).

4.2. Autres facteurs

4.2.1. Humidité

La phytase étant une enzyme hydrolytique, l'action conjuguée d'un air chaud (60°C) et saturé d'humidité peut hydrolyser jusqu'à 30 p.100 des phytates du blé et des haricots (FOURDIN, 1984).

4.2.2. Combinaison des phytates

Les phytates de calcium sont stables et résistent à l'attaque de l'enzyme (SAUVEUR, 1989).

Certains phytates formant des complexes avec les protéines dans les graines deviennent moins vulnérables à l'attaque phytasique (POINTILLART, 1994).

4.2.3. Teneur en phytates

La teneur élevée de certaines farines complètes peut en elle-même inhiber l'action de la phytase (POINTILLART, 1994).

4.2.4. Forme de présentation

La perte de l'intégrité structurale du grain peut modifier son activité phytasique (REDDY *et al.* cités par POINTILLART, 1994). Le grain moulu possède une activité phytasique plus importante que le grain entier : le substrat et l'enzyme séparés dans les conditions physiologiques, sont mis en présence grâce à la destruction partielle des membranes des cellules.

Ainsi, lorsque le substrat et l'enzyme bénéficient des conditions optimales, il paraît utile de voir les paramètres qui reflètent l'effet des phytases.

5. CRITERES UTILISES DANS L'ETUDE DES EFFETS DES PHYTASES

Un certain nombre de critères sont utilisés pour étudier l'influence de la supplémentation en phytase d'un régime chez un animal. Chez les poulets de chair les critères les plus utilisés sont de deux ordres : les critères zootechniques et les critères biochimiques.

5.1. Critères zootechniques de croissance

Il s'agit des mesures concernant (SIMONS *et al*, 1992) :

- le gain de poids et l'efficacité alimentaire ;
- la teneur en matière minérale ou la résistance à la rupture de l'os ;
- la disponibilité (ou biodisponibilité) du phosphore végétal. Elle s'apprécie en ayant recours à la rétention du phosphore (Phosphore ingéré - phosphore excrété) ;
- le taux de mortalité.

5.2. Critères biochimiques

Un seul critère est le plus souvent pris en compte la phosphatémie ou la phosphorémie (BROZ *et al.* cités par SAUVEUR, 1993).

6. COMPARAISON DE L'ACTIVITE DES PHYTASES VEGETALES ET DES PHYTASES FONGIQUES

Selon EECKOUT *et al.* (1992 a), la digestibilité chez le porc du phosphore phytique augmente de 20 p.100 sous l'influence de 500 U/kg de phytases fongiques par rapport à 500 U/kg de phytase de blé. Ce qui peut être expliqué par le fait que les conditions de définition de l'Unité d'activité phytasique *in vitro* ne sont pas reproduites *in vivo*.

Ces auteurs concluent que la plus grande efficacité de la phytase microbienne viendrait de son profil de pH plus étendu que celui de la phytase de blé. Cela est également constaté chez les volailles (SIX, 1992). Par contre chez le porc, il pourrait y avoir additivité des deux types de phytases (EECKOUT *et al.*, 1992 b), ce qui n'est pas forcément acquis chez les volailles (SIX, 1992).

7. INFLUENCE DES PHYTASES SUR L'UTILISATION DIGESTIVE DES PROTEINES, DES MINERAUX ET DE L'ENERGIE METABOLISABLE

7.1. Protéines et minéraux

Il est admis que l'acide phytique est aussi capable de former de complexe avec les protéines.

MROZ *et al.* (1994) rapportent que l'addition de 800 U/kg de phytase microbienne à un régime maïs-soja pour porc augmente la rétention d'azote, de calcium et de phosphore. En revanche, elle entraîne une diminution de l'excrétion de l'azote, du calcium et du phosphore respectivement de 5,5 ; 2,2 et 1,9 g/jour.

FARREL *et al.* (1993) en ajoutant 750 U/kg de "NATUPHOS" à une ration contenant du sorgho et du soja pour poulet de 18 jours ont observé une petite amélioration de la rétention d'azote de 56 p.100 à 57,5 p.100. SCOTT *et al.* (1976) ont eu à constater que l'hydrolyse des phytases entraînent également une nette réduction des besoins en zinc chez les poussins. Cela pourrait s'expliquer également par l'hydrolyse de cet élément (JEROCH, 1994).

7.2. Energie métabolisable

FARREL *et al.* (1993) ont pu observer que l'addition de la phytase fongique "NATUPHOS" fait passer l'énergie métabolisable de la ration de 12,8 à 13,1 MJ/kg chez les poulets.

ROJAS et SCOTT cités par SCOTT (1976) en ajoutant de la phytase extraite d'*Aspergillus ficuum* à différents types de tourteaux de coton ont obtenu une amélioration de la valeur de l'énergie métabolisable, les auteurs n'ont pas précisé l'espèce animale sur laquelle étaient réalisées les expériences.

8. INFLUENCE DES PHYTASES FONGIQUES SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE

8.1. Gain de poids, consommation et efficacité alimentaires

SIMONS *et al.* (1990), SCHÖNER *et al.* (1991) sont unanimes à reconnaître que l'addition de la phytase fongique à une ration contenant un niveau bas de phosphore disponible améliore de manière significative la croissance, la consommation et l'efficacité alimentaires chez le poulet de chair.

Les essais réalisés par PERNEY *et al.* (1993) chez les poussins ont montré que l'addition de la phytase fongique à une ration contenant 0,29 p.100 de phosphore disponible n'a aucun effet significatif sur la croissance, la consommation et l'efficacité alimentaires alors que l'effet est significatif lorsque le taux de phosphore disponible est de 0,44 p.100. Des remarques identiques ont été faites par FARREL *et al.* (1993).

RICHTER *et al.* (1992), chez les poulets âgés de 35 jours alimentés par des rations contenant 0 ; 338 ; 675 et 1350 mg/kg de phosphate inorganique, a observé une augmentation de la consommation alimentaire de 15 à 17 p.100 lorsqu'on ajoute de la phytase fongique à la dose respective de 300 et 700 U/kg.

8.2. Effets des phytases sur la minéralisation osseuse et la disponibilité du phosphore

Les essais réalisés sur l'utilisation des phytases fongiques dans la nutrition des poulets de chair ont montré l'efficacité de l'enzyme sur la rétention du phosphore végétal et la minéralisation osseuse.

Ainsi **RICHTER *et al.* (1993)** ont observé, pour des rations avec 1,35 g/kg de phosphore inorganique, supplémentées en phytase fongique à 300 et 700 U/kg, une amélioration de la résistance à la rupture de l'os de 11 à 13 p.100 respectivement. Ces observations confirment celle de **NELSON cité par SAUVEUR (1989)**.

8.3. Effets des phytases sur la phosphatémie

EDWARD (1993) en étudiant l'influence de trois niveaux de phosphore inorganique chez les poussins âgés de 9 jours eut à constater que l'addition de 0,2 p.100 de phosphore inorganique à la ration augmente la teneur du plasma en phosphore. Pour ce même niveau de phosphore, l'apport en vitamine D₃ (1,25 (OH)₂ D₃) et en phytase fongique (*Aspergillus niger*) n'a pas d'effet ni sur la phosphatémie ni sur la calcémie.

Par contre **PERNEY *et al.* (1993)** ont observé qu'en mélangeant 500 U/kg de phytase fongique à des rations contenant respectivement 0,21 et 0,29 p.100 de phosphore disponible chez le poussin de 7 jours, une élévation de la phosphatémie lorsque le taux de phosphore disponible est de 0,29 p.100. L'apport de la phytase n'influence pas de façon significative la phosphatémie.

8.4. Effets conjugués de la phytase et de la vitamine D₃

EDWARDS (1993) a pu montrer que pour des niveaux faibles de calcium et de phosphore inorganiques, l'addition de 10 µg/kg de (1,25 (OH)₂ D₃) à une ration supplémentée en phytase (600 U/kg) entraîne une augmentation de la rétention du phosphore phytique de 81 à 87 p.100 contre 53 à 65 p.100 lorsqu'on n'y ajoute pas de vitamine D₃ ; ceci chez les poussins de 9 jours.

8.5. Influence de l'apport des niveaux de phytases

SAUVEUR (1993) rapporte que la dose requise pour une performance maximale est vraisemblablement plus proche de 1000 U/kg que de 500 U/kg. Ainsi **NELSON cité par SAUVEUR (1989)** trouve que 950 U/kg d'aliment contenant 0,47 p.100 de phosphore total

entraîne une disponibilité de 43 p.100 alors que 3800 U/kg donne 100 p.100 de disponibilité chez les poulets de 21 jours.

Selon **POINTILLARD (1994)**, l'effet des taux de phytase entre 250 et 1.500U/kg sur la rétention du phosphore végétal chez le poulet de chair est presque linéaire.

9. INTERET DES PHYTASES FONGIQUES DANS L'ALIMENTATION DES MONOGASTRIQUES

L'usage des phytases fongiques dans l'alimentation des volailles et du porc se reprend un peu partout en Europe et aux Etats d'Amérique à cause de leur intérêt. Elles présentent un triple intérêt : économique, écologique et physiologique.

9.1. Intérêt physiologique

L'hydrolyse des phytates par les phytases fongiques libère les minéraux, les protéines et le myo-inositol. En revanche, ces éléments assurent la couverture des besoins des animaux en phosphore et autres éléments.

9.2. Intérêt économique

La part de charge pour l'alimentation animale représente 70 p.100 du coût d'exploitation.

Aujourd'hui, il est bien démontré, tant chez les volailles que chez le porc que l'addition de phytase microbienne peut faire diminuer le taux d'incorporation du phosphore minéral dans l'aliment.

En Allemagne, des gains de digestibilité de 26 points (500 U/kg) à 35 points (1000 U/kg, NATUPHOS) ont été obtenus chez des jeunes porcs ; ce qui équivaut à une économie de 0,2 p.100 de phosphore minéral (**PALLAUF et al., 1992**), tandis que les

conclusions hollandaises évaluent à 0,7 - 0,8 g/kg d'aliment les économies de phosphore digestible réalisées avec 500 U/kg (NATUPHOS).

BOUGON (1993 b) rapporte que la dose de 600 U/kg de phytase permet de diminuer de 1 g de phosphore provenant de phosphore monocalcique ou de 1,25 g de phosphore bicalcique.

SCHÖNER *et al.* (1991) trouvent que 700 U/kg équivalent à 1,0 g de phosphore inorganique.

9.3. Intérêt écologique

L'intérêt écologique des phytases est double : la lutte contre la pollution par les phosphates et la diminution de la teneur en cadmium des aliments (**GUILLOT *et al.* 1994**).

9.3.1. Lutte contre la pollution par les phosphates

Les élevages industriels des espèces à cycle court et plus particulièrement de porcs et de volailles ont connu des augmentations importantes ces dernières années surtout en régions péri-urbaines. Ces animaux rejettent des déjections riches en azote et en phosphore. De telles déjections portent un préjudice grave à notre environnement. Pour ce qui concerne les rejets de phosphore, ils provoquent une eutrophisation dans les eaux de surface (rivière, fleuve, mer) du fait d'écoulement directs du phosphore (**COILLARD, 1994**).

Cette pollution est due à la faible rétention du phosphore par les monogastriques. Ceci s'explique par une faible digestibilité du phosphore phytique qui est présent en grande quantité dans les végétaux et dont la faible utilisation digestive entraîne une excrétion du phosphore principalement au niveau fécal.

Pour réduire les rejets de phosphore, il importe donc d'intervenir sur les facteurs d'utilisation digestive. Pour cela, on peut améliorer la digestibilité du phosphore phytique

soit par l'utilisation des matières premières riches en phytase, soit par l'incorporation dans l'aliment de phytases d'origine microbienne.

Si l'on cumule l'augmentation de digestibilité du phosphore végétal et la réduction d'incorporation au régime de phosphore minéral qu'elle permet, la diminution possible de rejet de phosphore peut être estimée entre 40 et 50 p.100 (SIMONS *et al.*, 1990 ; SCHÖNER *et al.*, 1993).

9.3.2. Diminution de la teneur en cadmium des denrées d'origine animale

GUILLOT *et al.* (1994) s'intéressant à l'effet de la phytase microbienne (NATUPHOS) sur la rétention du cadmium chez le rat et la caille ont observé qu'une hydrolyse des phytates rendrait plus disponible les cations divalents (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} , ...) et provoquerait indirectement la diminution de la rétention cadmique. Etant donné que ces cations complexent le cadmium, ils favoriseraient chez le porc et les volailles l'élimination d'une grande quantité de ce métal dans les matières fécales.

De cette synthèse bibliographique, il ressort que la supplémentation des régimes en phytases fongiques chez le poulet de chair n'est effective qu'à partir des années 1990. La pratique et la recherche sur son utilisation se font de plus en plus pressantes en Europe et en Amérique.

Pour prévenir les pollutions par les phosphates et réduire les niveaux d'apport en phosphore minéral dans la ration des volailles, il est nécessaire que des essais de supplémentation des régimes en phytase démarrent en Afrique au Sud du Sahara avant l'utilisation effective de ces produits.

DEUXIEME PARTIE :
ETUDE EXPERIMENTALE

Chapitre I : Matériel et méthodes

Chapitre II : Résultats et discussions

CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODES

L'étude a été menée du 22 décembre 1994 au 8 février 1995 au Service de Zootechnie-Alimentation de l'E.I.S.M.V. de Dakar.

1. MATERIEL

1.1. Les animaux

Les essais ont porté sur 99 poulets de chair (mâles et femelles) de souche vedette âgés de 14 jours. Ces poussins sont les résultats de croisement des reproducteurs élevés au Sénégal par le Complexe Avicole MBAO.

1.2. Matériel d'élevage

L'élevage a été conduit en essai d'alimentation et en essai de métabolisme.

1.2.1. Essai d'alimentation (au sol)

Un local du service de Zootechnie-Alimentation a été aménagé pour servir de poussinière pendant deux semaines. Pour le contrôle de performances de croissance et d'engraissement la poussinière a été élargie et divisée en 4 compartiments d'un mètre carré (m²) chacun par des cloisons en carton d'une hauteur de 0,90 cm.

Ces cloisons sont soutenus à leur base par des planches et des briques et maintenus solidaires par des fils de fer. L'aération se fait par ventilation statique. Les températures (°C) de cette salle ont été relevées quotidiennement grâce à un thermomètre mural ; elles étaient en moyenne du 15^{ème} au 49^{ème} jour de :

* 10 heures :	24°7 ± 1
* 13 heures :	25°9 ± 0,6
* 16 heures :	26° ± 0,6
* 19 heures :	25°4 ± 1

1.2.2. Essai de métabolisme (en cage)

Afin de pouvoir prélever les matières fécales dans de bonnes conditions, 12 cages métalliques identiques ont été utilisées dans une deuxième salle préalablement aménagée. Chacune de ces cages présente les caractéristiques suivantes :

- longueur : 58,7 cm
- largeur : 48,5 cm
- hauteur : 37 cm

Le plancher est muni de 320 trous de 1,5 cm de diamètre. Deux des côtés présentent sur leur partie supérieure 17 trous chacun.

Les cages sont suspendues sur un dispositif de barres de fer. Ce dispositif permet de coulisser facilement sous les cages des plateaux à bords relevés. Ces plateaux de dimensions (60 cm x 53,3 x 7 cm) reçoivent les déjections des oiseaux qui tombent à travers les trous du plancher.

Comme dans le premier local, l'aération est assurée par la ventilation statique et l'éclairage par des ampoules néon.

1.2.3. Matériel d'alimentation

Au sol, le matériel est composé :

- de mangeoires métalliques fabriquées localement de dimensions réduites (93cm x 7 cm x 4 cm) utilisées du 15ème jour au 28ème jour ;
- de mangeoires métalliques de plus grandes dimensions (94 cm x 15 cm x 7cm) utilisées du 29ème au 49ème jour ;

- d'abreuvoirs en plastique de type xyphoïde de 1,5 litres du 15ème au 28ème jour et de 3 litres du 29ème au 49ème jour.

Dans chaque cage, une mangeoire métallique de 45 cm de long a été utilisée. Une plaque métallique de récupération d'aliment de dimension 48 cm x 15 cm à bord relevé a été placée sous chaque mangeoire. Les mangeoires ont été garnies de dispositif anti-gaspillage (anneau de fil de fer) au cours de l'expérimentation. Des pots en plastique de capacité 1 litre ont servi d'abreuvoir.

1.2.4. Aliments

~~Durant les deux premières semaines, les poussins ont été nourris par l'aliment de démarrage fabriqué par le Complexe Avicole MBAO.~~

La phase expérimentale proprement dite comprend une phase de démarrage (15ème au 28ème jour) et une phase de croissance-finition (29ème au 49ème jour).

Du 15ème au 28ème jour, 4 rations dites de démarrage ont été utilisées. Elles ont été formulées et mélangées au niveau du laboratoire de Zootechnie-Alimentation. Les régimes I et I* sans phosphore minéral ne diffèrent entre eux que par la présence (+) et l'absence (-) de phytase fongique. Les régimes II et II* avec phosphore minéral ne diffèrent entre eux que par la présence (+) et l'absence (-) de phytase fongique.

La phytase incorporée dans l'aliment est extraite d'*Aspergillus niger* (NATUPHOS). Elle est produite par un laboratoire allemand (BASF-Aktiengesellschaft). Elle est obtenue selon la méthode décrite par SIMONS *et al.* (1990). C'est un produit lyophilisé de couleur jaunâtre, conservé à +4°C dont l'activité est de 5.000 U/g d'enzyme. Nous avons incorporé 750 U/Kg d'aliment, ce qui correspond à 0,15 g/kg d'aliment.

Les matières premières d'origine végétale incorporées dans les rations sont le sorgho blanc et le tourteau d'arachide. Pour éviter un apport élevé de phytase végétale, le son de riz a été incorporé à la place du son de blé.

A partir du 29^{ème} jour jusqu'au 49^{ème} jour, un aliment préparé dans les conditions précédentes et dit de croissance-finition a été utilisé.

L'aliment se présente sous forme de farine de granulométrie différente selon la période.

1.3. Matériel de laboratoire

Il se compose de :

- une balance de marque Mettler P₂₀₀₀ (0,001 g à 2.000 g),
- une balance analytique (0,1 mg),
- une balance de marque chinoise de 50 g de précision est utilisée pour peser les aliments distribués,
- une balance électronique "Tefal" qui a permis de peser les volailles du début jusqu'à la fin de l'expérience,
- un réfrigérateur,
- un congélateur,
- des étuves universelles,
- un dessiccateur contenant de l'absorbant universel,
- des creusets en porcelaine,
- un four à moufle réglable à 550 °C,
- une plaque chauffante,
- un bain-marie,
- un buchi 315 (installation de distillation pour azote),
- de la verrerie, de l'eau distillée et des produits chimiques,
- des filtres sans cendre,
- des lames et manches de scalpel,

- des sachets en plastique,
- des mortiers en fer et porcelaine,
- un spectrophotomètre DMS 80 UV visible.

2. METHODES

Avant l'expérience proprement dite, les poussins d'un jour sont élevés au sol avec une litière constituée de copeaux de bois. Un appareil de chauffage réglable maintient plus ou moins constante la température de la salle. Cette phase pré-expérimentale a duré deux semaines.

2.1. Répartition des poulets en lot

2.1.1. Essai d'alimentation

Au 15^{ème} jour d'âge, les jeunes poulets sont pesés individuellement puis repartis au hasard sans distinction de sexe dans les quatre compartiments de 1m² de surface. Ces lots sont identifiés comme suit :

- I : 25 sujets
- I⁺ : 24 sujets
- II : 25 sujets
- II⁺ : 25 sujets

Sachant qu'un poussin d'un jour était mort 6 heures après leur réception.

Au 21^{ème} jour d'âge, après les avoir pesés, 9 oiseaux sont choisis au hasard dans chaque lot et placés dans des cages. Ce qui permet d'avoir dans les différents lots précédemment constitués les densités suivantes :

- I : 16 sujets/m²
- I⁺ : 15 sujets/m²
- II : 16 sujets/m²
- II⁺ : 16 sujets/m²

2.1.2. Essai de métabolisme

Compte tenu de l'étroitesse du premier local, 12 cages sont installées dans une deuxième salle. Les oiseaux prélevés sont placés dans ces cages en tenant compte de la répartition au sol. En effet, chaque lot comprend 3 cages en série parallèle à raison de 3 poulets par cage. Les oiseaux d'un même lot reçoivent le même traitement.

L'essai de métabolisme où les oiseaux sont élevés en cage permet de collecter les matières fécales dans de bonnes conditions, leurs teneurs en phosphore sont ensuite déterminées.

2.2. Alimentation et abreuvement

Les aliments sont pesés avant d'être distribués à raison de deux repas par jour, le matin à 8 heures et l'après-midi à 16 heures. A partir du 29ème jour, les animaux sont nourris trois fois par jour : 8 heures, 13 heures et 18 heures.

Chaque lot reçoit l'aliment qui lui est propre. Ainsi les poulets élevés en cage reçoivent la même ration que leur correspondant du sol.

La consommation alimentaire hebdomadaire est déterminée, en faisant la différence entre la quantité distribuée et la quantité non ingérée après 7 jours.

Les consommations d'eau et d'aliment se font à volonté.

2.3. Pesée des volailles et détermination du rendement carcasse

Les oiseaux sont pesés individuellement toutes les semaines à la même heure, avant qu'ils ne reçoivent leur ration quotidienne.

A l'âge de 49 jours, 10 poulets sont pris au hasard dans chaque lot élevé au sol, pesés et sacrifiés pour la détermination du rendement carcasse.

2.4. Collecte et pesée des déjections

Après 11 jours d'alimentation, des collectes de déjections sont effectuées sur 3 jours consécutifs et séparément ; afin d'éviter des pertes, le plateau est rincé à l'eau distillée. Les déjections sont mélangées, récupérées dans les sachets en plastique, identifiées, pesées et conservées au congélateur. 108 prélèvements ont été obtenus à partir des séries de collectes effectuées :

- à la 4ème semaine (à l'âge de 26, 27 et 28 jours) ;
- à la 6ème semaine (à l'âge de 40, 41 et 42 jours) ;
- à la 7ème semaine (à l'âge de 47, 48 et 49 jours).

2.5. Prélèvement des tibias

A la fin de l'expérience (49ème j), 6 poulets de chaque lot ont été sacrifiés par section de cou, plumés, les muscles de la cuisse incisés à l'aide d'un scalpel. Les tibias ainsi mis à nu ont été prélevés et conservés au congélateur, leur teneur en cendres, en phosphore et en calcium est ensuite déterminée.

2.6. Contrôle sanitaire

Durant l'expérience les volailles ont été vaccinées et ont reçu des traitements préventifs selon le calendrier du **tableau n°7**.

Tableau n° 7 : Calendrier de prophylaxie

Age	Produits	Indications	Voie d'administration	Mode d'emploi
Avant l'arrivée des poussins	Formol 10p.100	Désinfectant		Lavage + désinfection et vide sanitaire 15 j
1 ^{er} , 2 ^e , 3 ^e jours	Lutricyline + Sopemulti	Antistress	Eau de Boisson	(1g + 0,5 g)/l d'eau
4 ^e jour	HB ₁	Vaccin contre la maladie de Newcastle	Eau de Boisson	1 l/100 doses
	Lutricyline + Sopemulti	Antistress	Eau de Boisson	(1g + 0,5g)/l d'eau
10 ^e , 11 ^e jours	Lutricyline + Sopemulti	Antistress	Eau de Boisson	
12 ^e jour	Bursa-vac	Vaccin contre la maladie de Gumboro	Eau de Boisson	9,5 l/5000 doses
13 ^e jour	Lutricyline + Sopemulti	Antistress	Eau de Boisson	
18 ^e , 19 ^e , 20 ^e jours	Amprolium 20 p.100	Anticoccidien	Eau de Boisson	3 g/10 l d'eau
21 ^e jour	HB ₁	Vaccin contre la maladie de Newcastle	Eau de Boisson	1 l/100 doses
	Compaid	Antistress	Eau de Boisson	3g/l d'eau
27 ^e jour	Compaid	Antistress, entérites	Eau de Boisson	3g/l d'eau
34 ^e , 35 ^e jours	Lutricyline + Sopemulti	Antistress	Eau de Boisson	

2.7. Analyses chimiques

Les caractéristiques chimiques des aliments ont été déterminées ainsi que le taux de phosphore dans les déjections et la teneur en cendres, en phosphore et en calcium des tibias.

C'est un ensemble d'analyses simples universellement reconnues et appliquées par la Communauté Economique Européenne.

2.7.1. Humidité ou teneur en eau

La teneur en eau d'un aliment est par convention, la perte de masse qu'il subit en étant maintenu dans des conditions déterminées de dessiccation à 105°C pendant 4 heures dans une étuve.

Dans le cas des matières fécales et des os, une prédessiccation se fait d'abord à 70°C pendant 24 heures puis la température est montée à 105 °C pendant 3 à 4 heures.

Le pourcentage de matières sèches sera déduit de la matière fraîche par calcul, connaissant l'humidité.

2.7.2. Teneur en cendres brutes

Les cendres brutes sont le résidus obtenus après une incinération à 550 ± 10°C de l'aliment et des os pendant 6 heures dans un four à moufle.

2.7.3. Matière azotée totale ou protéines brutes

L'azote total est dosé par la méthode de KJELDHAL. L'échantillon d'aliment est minéralisé par l'acide sulfurique concentré en présence de catalyseur (sulfate de potassium + sélénium) puis dosé par la méthode semi-directe.

Le minéralisat est alcalinisé par une solution de soude (40 p.100). L'ammoniac libéré est entraîné par distillation et recueilli dans l'acide borique (4 p.100) puis titré par retour par l'acide sulfurique 0,1N (H₂SO₄).

Pourcentage de protéine brute (x p.100)

$$x p.100 = \frac{V \times 1,4008 \times 6,25 \times 100}{m}$$

V : volume d'H₂SO₄ ; 0,1 N délivré lors de la titration

1 ml H₂SO₄ 0,1 N correspond à 1,4008 mg d'azote

1 g d'azote correspond à 6,25 g de protéine

m : poids de matière sèche de la prise d'essai.

2.7.4. Cellulose brute

La méthode classique appelée méthode de Weende a été utilisée pour le dosage de la cellulose brute.

L'échantillon d'aliment est soumis à deux hydrolyses successives acide puis alcaline. Le résidu est ensuite séché puis calciné. La perte de poids résultant de la calcination correspond à la cellulose brute de la prise d'essai.

2.7.5. Taux de phosphore total

~~La détermination de la teneur en phosphore total des aliments se fait par colorimétrie.~~

L'échantillon est minéralisé par voie humide et mis en solution acide. La solution est traitée par le réactif vanado-molybdique. La densité optique de la solution jaune ainsi formée est mesurée au spectrophotomètre à 430 nm. La teneur en phosphore total sera déduite à partir d'une courbe d'étalonnage.

Pour le phosphore des tibias, les mêmes méthodes sont utilisées à la différence que le dosage a été fait à partir des cendres.

2.7.6. Taux de calcium

Cette méthode est valable aussi bien pour les aliments que pour les os. Les cendres obtenus sont traitées à l'acide acétique (20 p.100) puis à l'oxalate d'ammonium (10 p.100) et le calcium est précipité sous forme d'oxalate de calcium.

Après dissolution du précipité dans l'acide sulfurique à 20 p.100, l'acide oxalique formé est titré par une solution de permanganate de potassium 0,1 N.

1 ml de KMnO_4 (0,1N) correspond à 2,004 mg de calcium.

La composition chimique des rations en phosphore total au démarrage (15^e au 28^e j) est de 0,39 p.100 pour les régimes (I et I*) ; 0,77 p.100 pour les régimes (II et II*), voir **tableau n°8**, tandis qu'en phase dite de croissance-finition, le taux de phosphore total des régimes (I et I*) est de 0,44 p.100 et de 0,66 p.100 pour les régimes (II et II*)(**Tableau n°9**). La valeur de l'énergie métabolisable est déterminée par la méthode de PARENT *et al.* (1980).

2.8. Calculs

Les paramètres suivants ont été calculés :

$$* \text{ Indice de consommation hebdomadaire} = \frac{\text{quantité d'aliment consommé/semaine}}{\text{gain de poids/semaine}}$$

$$* \text{ Pourcentage de rétention du phosphore} = \frac{(\text{Phosphore ingéré} - \text{Phosphore fécal}) \times 100}{\text{phosphore ingéré}}$$

$$* \text{ Rendement carcasse} = \frac{\text{Poids carcasse} \times 100}{\text{poids vif}}$$

2.9. Analyses statistiques

L'ensemble de nos résultats est traité statistiquement à l'ordinateur MACINTOSCH II en utilisant le logiciel "Stat View", le test utilisé est le test de Fischer au seuil de signification de 0,05.

CHAPITRE II : RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. RESULTATS

1.1. Essais d'alimentation

1.1.1. Paramètres zootechniques

1.1.1.1 Aliments

Les compositions chimiques des différentes rations sont représentées dans les **tableaux n° 8 et 9**. On remarque que la teneur des rations I⁻ et I⁺ en phosphore et en calcium est faible par rapport aux apports recommandés. Il en est de même pour le taux de calcium des rations II⁻ et II⁺.

1.1.1.2 Consommation alimentaire et indice de consommation

La consommation moyenne et l'indice de consommation hebdomadaires sont indiqués dans le **tableau n°10**.

Au cours de 5 semaines d'expérimentation, nous avons noté une augmentation progressive de la consommation d'aliment dans les 4 lots. Toutefois les oiseaux nourris avec la ration I⁺ ont tendance à consommer plus que ceux nourris avec les autres rations. La quantité totale d'aliment consommé par poulet est de 2923,61 g ; 2992,19 g ; 2750,4 g et 2912,07 g respectivement pour les lots I, II⁻ et II⁺.

Pour ce qui concerne les indices de consommation, les résultats sont illustrés par la **fig. 3**. D'une façon générale, on remarque que pendant la période de 3 à 4 semaines, les indices de consommation les plus faibles sont enregistrés au niveau des rations I⁺ et II⁺ avec respectivement 1,55 et 1,60.

Tableau n°8 : Composition des aliments utilisées au démarrage (15 - 28j)

Ingrédients (p.100)	RATIONS			
	I	I ⁺	II	II ⁺
Sorgho blanc	70	70	69,5	69,5
Son de riz	3	3	2	2
Tourteau d'arachide	18,5	18,5	18	18
Farine de poisson	7	7	7	7
Lysine	0,5	0,5	0,5	0,5
Méthionine	0,25	0,25	0,25	0,25
Phosphate bicalcique	-	-	2	2
C.M.V.	0,5	0,5	0,5	0,5
Sel	0,25	0,25	0,25	0,25
	100	100	100	100
Phytase (Natuphos) U/Kg	-	750	-	750
Composition chimique				
Matière sèche (p.100 de M.F.)	89,26		91,97	
Protéines brutes (p.100 de M.S.)	23,53		23,34	
Cellulose brute (p.100 de M.S.)	5,79		5,26	
Matières minérales (p.100 de M.S.)	5,39		6,49	
Calcium (p.100 de M.S.)	0,24		0,76	
Phosphore total (p.100 de M.S.)	0,39		0,77	
E.M. (Kcal/kg)	3097,15		3018,52	

Tableau n°9 : Composition des aliments utilisées en phase de croissance-finition (29-49j)

Ingrédients (p.100)	RATIONS			
	I	I ⁺	II	II ⁺
Sorgho blanc	71	71	69,5	69,5
Son de riz	3	3	3	3
Tourteau d'arachide	17,5	17,5	17	17
Farine de poisson	7	7	7	7
Lysine	0,5	0,5	0,5	0,5
Méthionine	0,25	0,25	0,25	0,25
Phosphate bicalcique	-	-	2	2
C.M.V.	0,5	0,5	0,5	0,5
Sel	0,25	0,25	0,25	0,25
	100	100	100	100
Phytase (Natuphos) U/Kg	-	750	-	750
Composition chimique				
Matière sèche (p.100 de M.F.)	91,64		91,60	
Protéines brutes (p.100 de M.S.)	21,71		20,55	
Cellulose brute (p.100 de M.S.)	5,86		5,24	
Matières minérales (p.100 de M.S.)	5,86		6,46	
Calcium (p.100 de M.S.)	0,37		0,70	
Phosphore total (p.100 de M.S.)	0,44		0,66	
E.M. (Kcal/kg)	3053,17		2989,57	

A la 6ème semaine, on note des indices de consommation élevés avec les rations I et II⁺ avec respectivement 2,76 et 2,46.

Au total, pour tout le cycle de production, l'indice global varie entre 1,98 et 2,04.

Tableau n°10 : Influence des niveaux d'apport phosphocalcique et la phytase microbienne sur la consommation et l'indice de consommation.

	Age (semaine)	Ration I	Ration I ⁺	Ration II	Ration II ⁺
Consommation alimentaire hebdomadaire (g/sujet)	3	398,55	414,66	398,72	398,64
	4	430	430	446	430
	5	550	550	550	550
	6	698,56	697,13	650,81	691,43
	7	846,5	900,4	704,87	842,0
Totale		2923,61	2992,19	2750,4	2912,07
Indice de consommation	3	1,62	1,55	1,77	1,60
	4	1,98	1,86	1,84	1,81
	5	1,85	2,17	2,16	2,03
	6	2,76	2,31	2,19	2,46
	7	1,97	2,18	2	1,98
	3 - 7	2,04	2,01	1,99	1,98

1.1.1.3 Croissance et gain moyen hebdomadaires

Les poids vifs moyens et les gains moyens hebdomadaires sont consignés dans le tableau n°11.

Au début de la période expérimentale, le poids initial des lots d'oiseaux selon les traitements est de 238,4 ; 240,8 ; 228,4 et 240,4 g respectivement pour les rations I, I⁺, II et II⁺. L'analyse de variance indique qu'il n'y a aucune différence significative ($P > 0,05$) entre les poids vifs moyens des différents lots. Ainsi, ces lots d'oiseaux peuvent être considérés comme identiques.

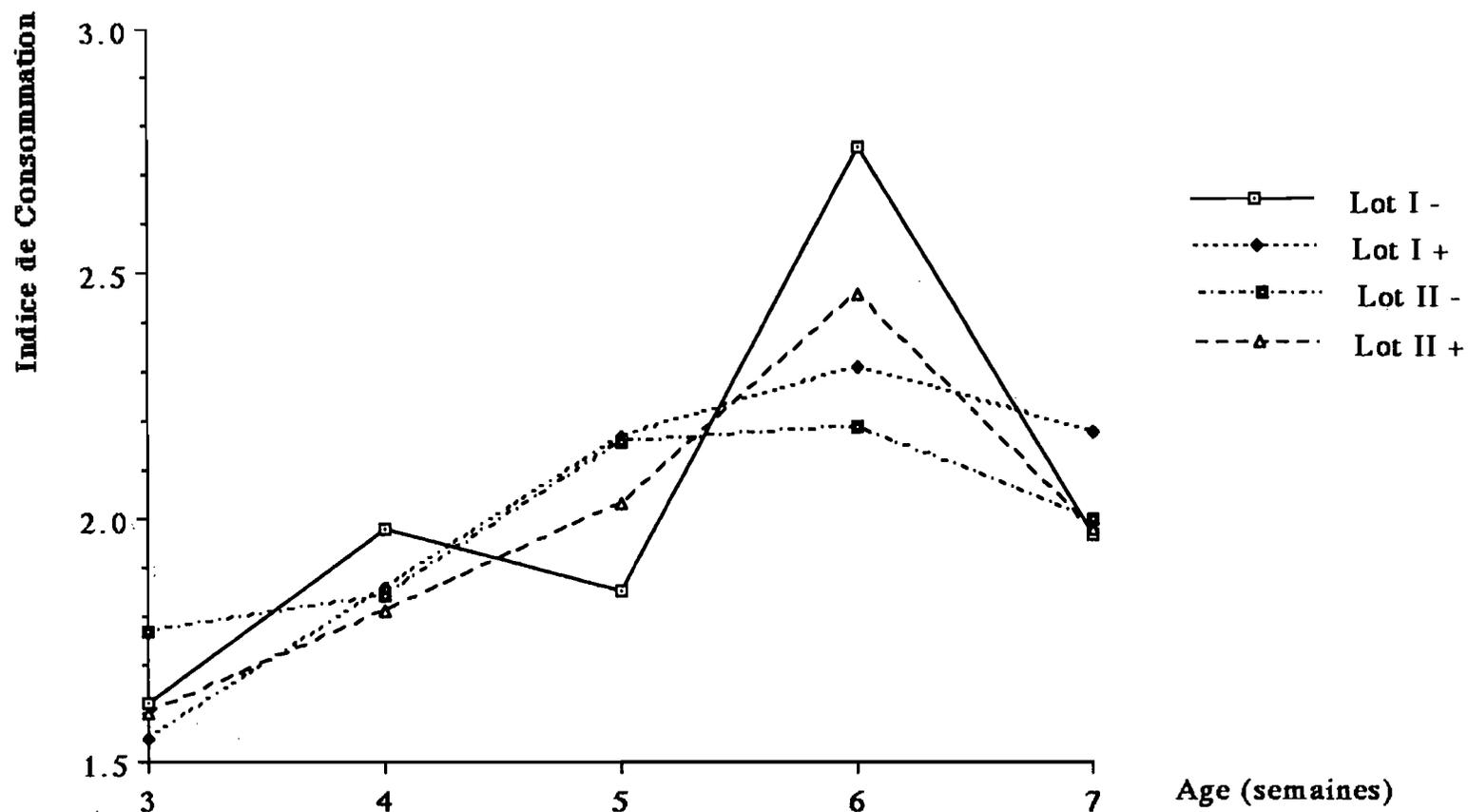


Figure 3 : Influence des niveaux d'apport phospho-calcique et de la phytase sur l'indice de consommation.

A la 7ème semaine d'âge, les rations ne produisent aucun effet significatif ($P > 0,05$) sur le poids vif. Cependant, les oiseaux nourris avec les rations I⁺ et II⁺ sont les plus lourds.

D'une manière générale, nous avons remarqué que pendant la phase de démarrage (3-4 semaine), les oiseaux sous les rations I⁺ et II⁺ grandissent plus vite que ceux nourris avec les autres rations. Cependant à la croissance-finition, les oiseaux sous la ration I ont tendance à grandir plus vite que ceux nourris avec les rations I⁺ et II⁺ (fig.4).

Tableau n°11 : Influence des niveaux d'apport phosphocalcique et la phytase microbienne sur la croissance et le gain moyen hebdomadaire.

	Age (semaine)	Ration I	Ration I ⁺	Ration II ⁻	Ration II ⁺
Poids vif moyen (g)	2	238,4 _± 29,53	240,8 _± 32,1	228,4 _± 46	240,4 _± 37,29
	3	484,2 _± 45,5	506,9 _± 47,29	453,3 _± 67	489 _± 72,6
	4	700,5 _± 91,24	738 _± 74,30	694,4 _± 88,1	725,8 _± 96,88
	5	997,2 _± 114,9	990,6 _± 131,9	948,2 _± 100,2	996,1 _± 114,44
	6	1250 _± 150,49	1292 _± 132,5	1244,2 _± 145,4	1276,2 _± 140,72
	7	1679,3 _± 148,56	1705 _± 166,9	1595 _± 160,9	1701 _± 155,23
Gain moyen hebdomadaire (g/sujet)	3	245,7	266	224,9	248,6
	4	216,25	231,1	241,1	236,8
	5	296,75	252,6	253,8	270,3
	6	252,75	301,4	296	280,1
	7	429,33	413	350,7	425,25

1.1.1.4 Taux de mortalité et de morbidité

Durant la phase expérimentale aucun signe clinique n'a été enregistré aussi bien sur l'état général que sur l'appareil locomoteur. Cependant, il a été noté chez les poulets élevés au sol au niveau du lot II, un cas de mortalité sur 16 sujets, ce qui correspond à un taux de mortalité de 6,25 p.100 par rapport aux autres lots.

Le taux de mortalité par rapport à l'effectif total pour le cycle de production est de 1 p.100.

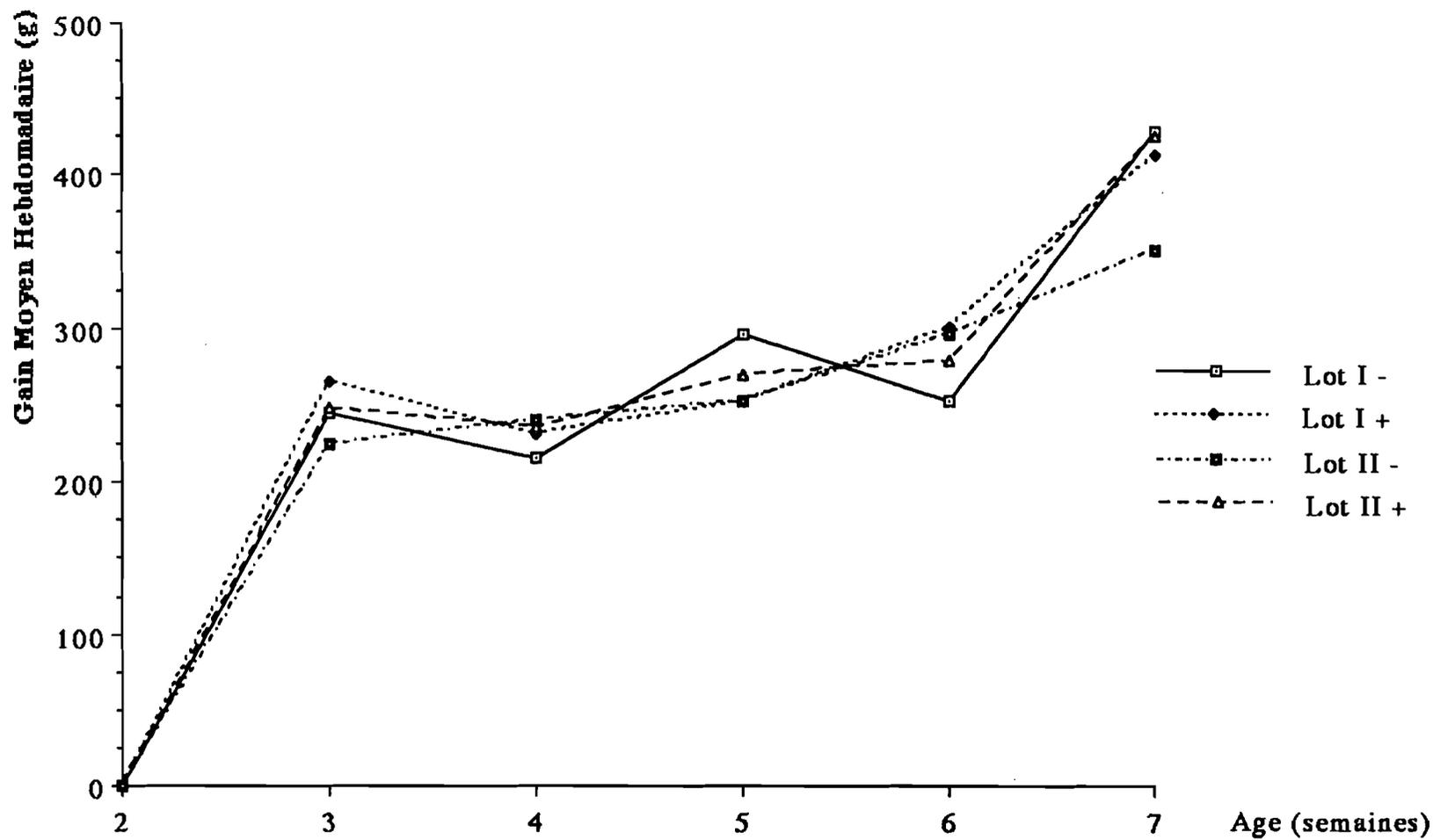


Figure 4: Influence des niveaux phospho-calciques et de la phytase sur le gain moyen hebdomadaire des poulets.

1.1.1.5 Rendement carcasse

Les rendements carcasses obtenus sur les poulets éviscérés sont consignés dans le **tableau n°12**.

Les meilleurs rendements carcasses obtenus sont 74,34 et 74,14 respectivement avec les rations II⁺ et I⁺. L'analyse de variance montre que la différence est significative ($P < 0,05$) entre les lots (II⁺ et II) ; (II⁺ et I) ; (I⁺ et II) ; (I⁺ et I).

Tableau n° 12 : Influence des niveaux d'apport phosphocalcique et de la phytase sur le rendement carcasse

	Lot I	Lot I ⁺	Lot II	Lot II ⁺
Rendement carcasse (p.100)	72,68	74,14	72,59	74,34

1.2. Essais de métabolisme

1.2.1. Ingestion, excrétion et rétention du phosphore

Avant la mise en cage, les poids moyens des poulets sont : $497,5 \pm 73,2g$; $501,1 \pm 54,26 g$; $500,8 \pm 90,23 g$; $492,2 \pm 61,3 g$ respectivement pour les lots I, I⁺, II et II⁺. Aucune différence significative ($p > 0,05$) n'est observée entre les lots.

Les résultats des paramètres sont présentés dans les **tableaux n° 13, 14 et 15**.

Tableau n° 13 : Influence des niveaux d'apport phosphocalcique et de la phytase sur l'ingestion, l'excrétion et la rétention du phosphore alimentaire par poulet (4ème semaine)

Rations	Phosphore total de l'aliment (p.100 de Matières Sèches)	Phytase U/kg	Phosphore ingéré mg/j	Phosphore excrété		Phosphore retenu		Augmentation de la rétention (p.100)
				mg/j	(p.100)	mg/j)	(p.100)	
I ⁻ (n=9)	0,39	0	205,44 ^a ± 3,64	123,34 ^a ± 13,54	60,05 ^a ± 6,6	82,1 ^a ± 13,73	39,95 ^a ± 6,6	15,24
I ⁺ (n=9)	0,39	750	209,30 ^b ± 1,85	93,78 ^b ± 9,86	44,81 ^b ± 4,47	115,52 ^b ± 10,05	55,19 ^b ± 4,74	
II ⁻ (n=9)	0,77	0	418,38 ^c ± 3,90	245,6 ^c ± 22,41	58,69 ^{ca} ± 4,98	172,69 ^c ± 20,56	41,30 ^{ca} ± 4,98	11,87
II ⁺ (n=9)	0,77	750	403,99 ^d ± 1,54	189,13 ^d ± 16,42	46,82 ^{db} ± 4,1	214,86 ^d ± 4,1	53,17 ^{db} ± 4,1	

a, b, c, d : Sur une même colonne, les chiffres affectés de lettres différentes sont significativement différents (P < 0,05).

I⁻ : Sans phosphore minéral, sans phytase

I⁺ : Sans phosphore minéral, avec phytase

II⁻ : Avec phosphore minéral, sans phytase

II⁺ : Avec phosphore minéral, avec phytase

n : nombre d'échantillons de déjections

Tableau n° 14 : Influence des niveaux d'apport phosphocalcique et de la phytase sur l'ingestion, l'excrétion et la rétention du phosphore alimentaire par poulet (6ème semaine)

Rations	Phosphore total de l'aliment (p.100 de Matières Sèches)	Phytase U/kg	Phosphore ingéré mg/j	Phosphore excrété		Phosphore retenu		Augmentation de la rétention (p.100)
				mg/j	(p.100)	mg/j)	(p.100)	
I ⁻ (n=9)	0,44	0	376,58 ^a ± 13,89	206,83 ^a ± 25,5	54,93 ^a ± 6,75	169,75 ^a ± 25,9	45,06 ^a ± 6,75	15,86
I ⁺ (n=9)	0,44	750	383,11 ^a ± 3,56	149,76 ^b ± 22,72	39,07 ^b ± 5,76	233,35 ^b ± 21,5	60,92 ^b ± 5,76	
II ⁻ (n=9)	0,66	0	570,19 ^b ± 5,79	313,34 ^c ± 37,33	54,95 ^{ca} ± 6,43	256,83 ^{cd} ± 36,9	45,05 ^{ca} ± 6,43	10,38
II ⁺ (n=9)	0,66	750	563,66 ^{cb} ± 7,45	251,27 ^d ± 21,51	44,59 ^{db} ± 3,93	312,48 ^d ± 23,57	55,42 ^{db} ± 3,93	

a, b, c, d : Sur une même colonne, les chiffres affectés de lettres différentes sont significativement différents (P < 0,05).

- I⁻ : Sans phosphore minéral, sans phytase
- I⁺ : Sans phosphore minéral, avec phytase
- II⁻ : Avec phosphore minéral, sans phytase
- II⁺ : Avec phosphore minéral, avec phytase
- n : nombre d'échantillons de déjections.

Tableau n° 15 : Influence des niveaux d'apport phosphocalcique et de la phytase sur l'ingestion, l'excrétion et la rétention du phosphore alimentaire par poulet (7ème semaine)

Rations	Phosphore total de l'aliment (p.100 Matières Sèches)	Phytase U/kg	Phosphore ingéré mg/j	Phosphore excrété		Phosphore retenu		Augmentation de la rétention (p.100)
				mg/j	p.100	mg/j)	p.100	
I ⁻ (n=9)	0,44	0	429,32 ^a ± 13,46	236,59 ^a ± 18,67	55,12 ^a ± 4,15	192,74 ^a ± 19,29	44,88 ^a ± 4,15	7,89
I ⁺ (n=9)	0,44	750	424,2 ^a ± 12,15	200,4 ^b ± 10,86	47,23 ^b ± 1,91	223,8 ^b ± 9,1	52,77 ^b ± 1,91	
II ⁻ (n=9)	0,66	0	651,18 ^b ± 6,4	336,89 ^c ± 38,05	51,7 ^{ca} ± 5,53	314,29 ^c ± 33,91	48,3 ^{ca} ± 5,53	4,27
II ⁺ (n=9)	0,66	750	641,97 ^b ± 5,61	304,65 ^d ± 29,01	47,43 ^{dc} ± 4,2	337,32 ^{dc} ± 25,05	52,57 ^{db} ± 4,2	

a, b, c, d : Sur une même colonne, les chiffres affectés de lettres différentes sont significativement différents (P < 0,05).

- I⁻ : Sans phosphore minéral, sans phytase
- I⁺ : Sans phosphore minéral, avec phytase
- II⁻ : Avec phosphore minéral, sans phytase
- II⁺ : Avec phosphore minéral, avec phytase
- n : nombre d'échantillons de déjections.

1.2.1.1 Ingestion du phosphore

Le phosphore ingéré par les poulets augmente progressivement durant toute la période expérimentale. Cette augmentation est proportionnelle au niveau d'apport du phosphore dans la ration (fig.5).

A la 4ème semaine et la 7ème semaine, les poulets du lot I ingèrent plus de phosphore que les oiseaux du lot I⁺. L'analyse de variance montre que la différence est significative ($P < 0,05$). On observe le même phénomène entre les poulets du lot II et du lot II⁺. Par contre à la 6ème semaine, les oiseaux du lot I⁺ ingèrent plus de phosphore que ceux du lot I. Cependant, aucune différence significative ($P > 0,05$) n'est signalée.

1.2.1.2 Excrétion et rétention du phosphore

L'excrétion du phosphore par les matières fécales augmente avec l'âge (fig.6) lorsque le taux de phosphore total de l'aliment passe de 0,39 à 0,77 p.100 (4ème semaine) ou de 0,44 à 0,66 p.100 (6ème et 7ème semaine), la teneur des déjections en cet élément augmente. La teneur des déjections en phosphore est d'autant plus importante que les rations sont dépourvues de phytase (I et II) et faible lorsqu'on y incorpore l'enzyme (I⁺ et II⁺).

A la 4ème semaine et la 6ème semaine, le pourcentage de phosphore excrété par rapport à l'ingéré n'est pas statistiquement différent ($P > 0,05$) entre le lot I et le lot II, ainsi qu'entre le lot I⁺ et le lot II⁺. Par contre la différence est significative ($P < 0,05$) entre les autres lots.

A la 7ème semaine, la différence est significative ($P < 0,05$) entre le lot I et le lot I⁺, entre le lot I et le lot I⁺ ainsi qu'entre le lot I⁺ et le lot II.

S'agissant de la rétention du phosphore par les poulets, elle augmente également avec l'âge (fig.7). Cette rétention est d'autant plus importante que le niveau du phosphore dans la ration est élevé. Elle est encore plus importante lorsque la ration est supplémentée en enzyme.

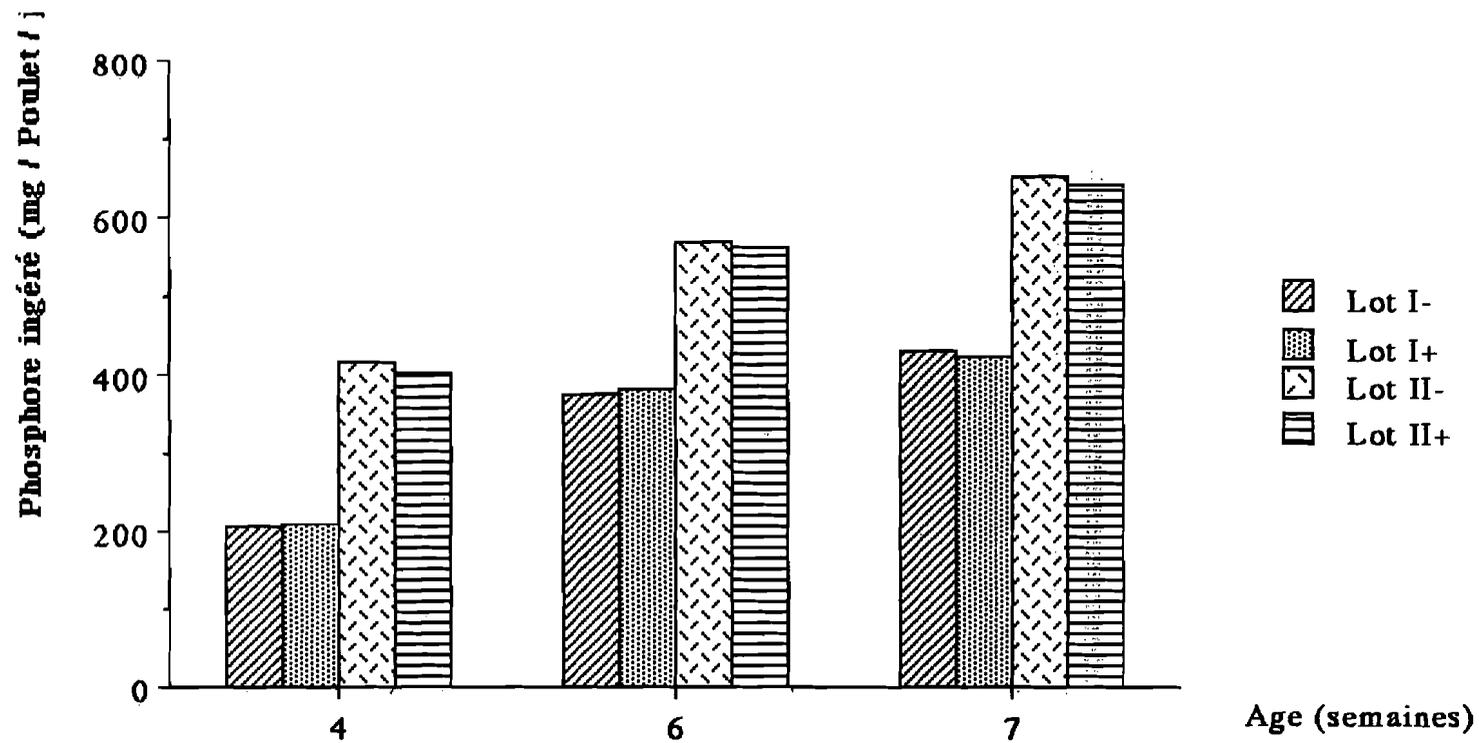


Figure 5: Influence des niveaux phospho-calciques et de la phytase sur l'ingestion du phosphore.

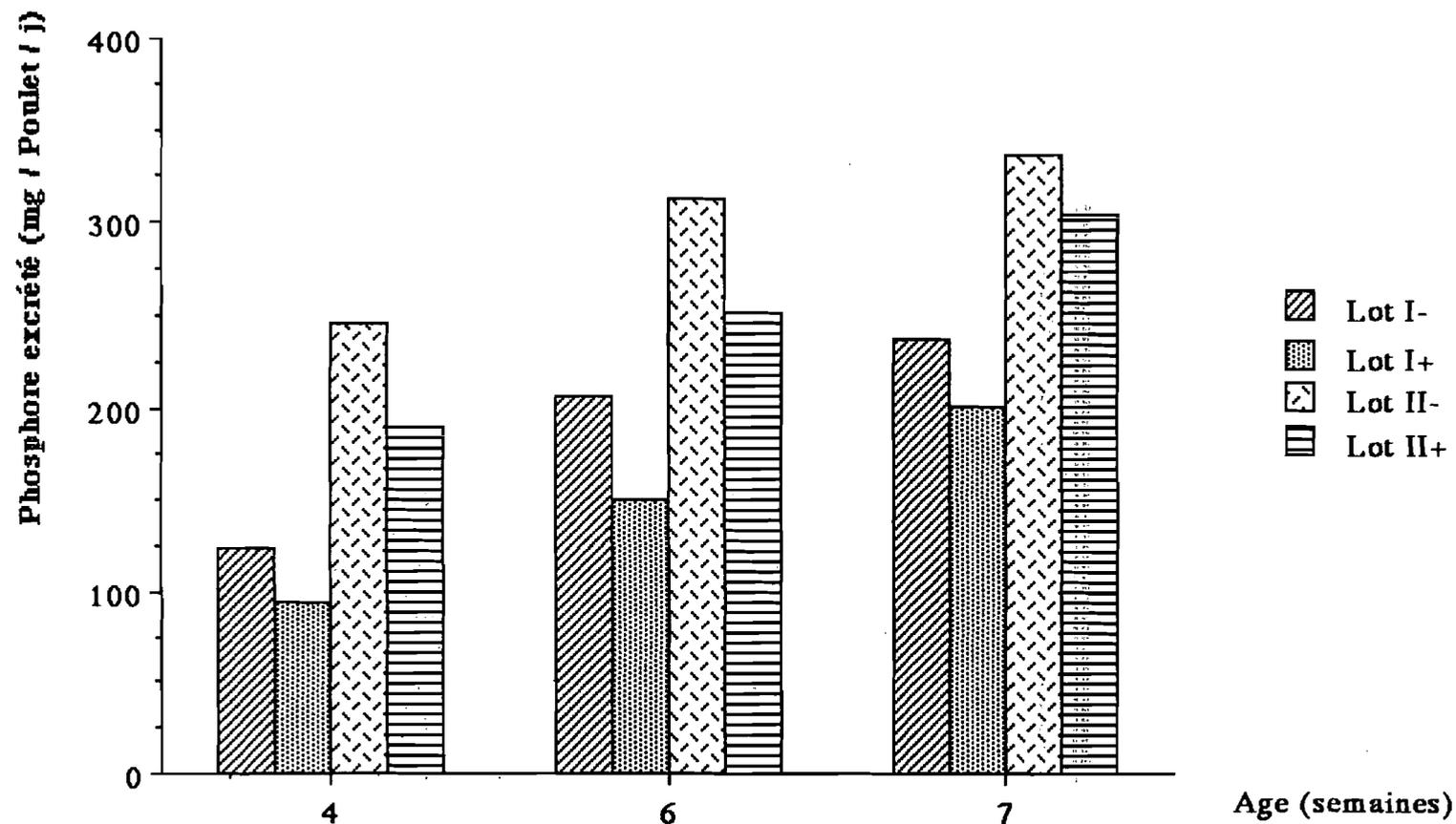


Figure 6: Evolution de l'excrétion du phosphore par les différents lots de poulets.

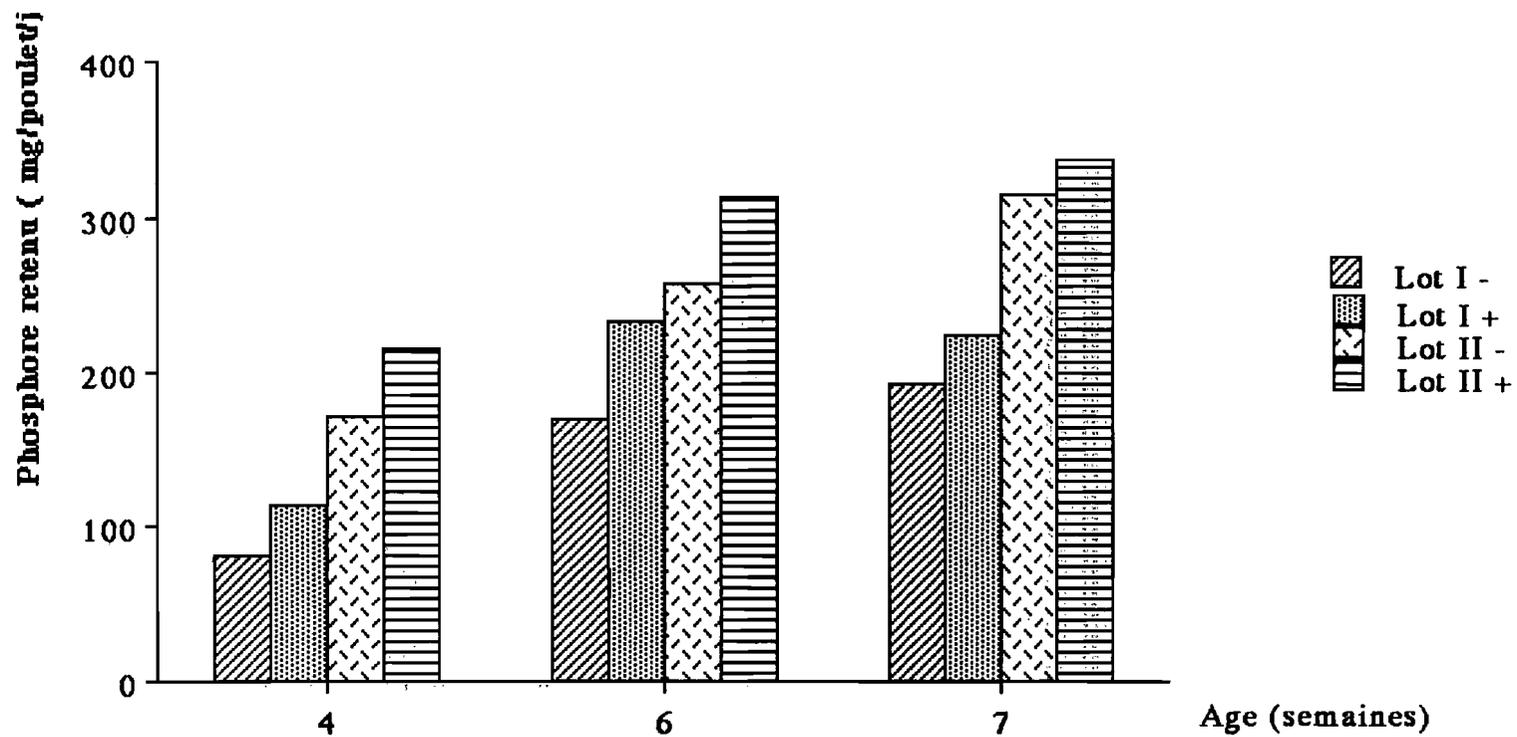


Figure 7: Evolution de la rétention du phosphore par les différents lots de poulets.

Les meilleurs taux de rétention sont obtenus à la 4ème et à la 6ème semaine avec une augmentation de 15,24 et 15,86 points pour le lot I⁺ par rapport au lot I⁻ ; 11,87 et 10,38 pour le lot II⁺ par rapport au lot II⁻. Ces résultats sont statistiquement différents (P < 0,05). Les taux de rétention ne sont pas significativement différents entre le lot I⁺ et le lot II⁺, de même qu'entre le lot I⁻ et le lot II⁻.

A la 7ème semaine, l'augmentation de la rétention du lot I⁺ par rapport au lot I⁻ est de 7,8 p.100 et de 4,2 p.100 pour le lot II⁺ par rapport au lot II⁻. Ces différences sont significatives (P < 0,05). Ces valeurs ne sont significativement différentes qu'entre le lot I⁺ et le lot II⁺, ainsi qu'entre le lot I⁻ et le lot II⁻.

Les fig. 8 et 9 indiquent le pourcentage de phosphore retenu et excrété par les poulets des différents lots.

La réduction de l'excrétion du phosphore d'un lot par rapport à un autre est indiquée dans le tableau n° 16

Tableau n° 16 : Influence des niveaux d'apport phosphocalcique et la phytase sur la réduction de l'excrétion du phosphore d'un lot par rapport à un autre (p.100)

1er lot/2ème lot	4ème semaine	6ème semaine	7ème semaine
I ⁺ /I ⁻	- 15,24	- 15,86	- 7,89
I ⁺ /II ⁻	- 13,89	- 15,88	- 4,47
I ⁺ /II ⁺	- 2,01	- 5,52	- 0,2
I ⁻ /II ⁻	+ 1,35	- 0,01	+ 3,41
I ⁻ /II ⁺	+ 13,23	+ 10,34	+ 7,69
II ⁺ /II ⁻	- 11,87	- 10,38	- 4,27

- * Le signe négatif indique que le 1er lot excrète moins de phosphore que le 2ème lot.
- * Le signe positif indique que le 1er lot excrète plus de phosphore que le 2ème lot
- * L'augmentation de la rétention (p.100) se fait dans le sens contraire de l'excrétion.

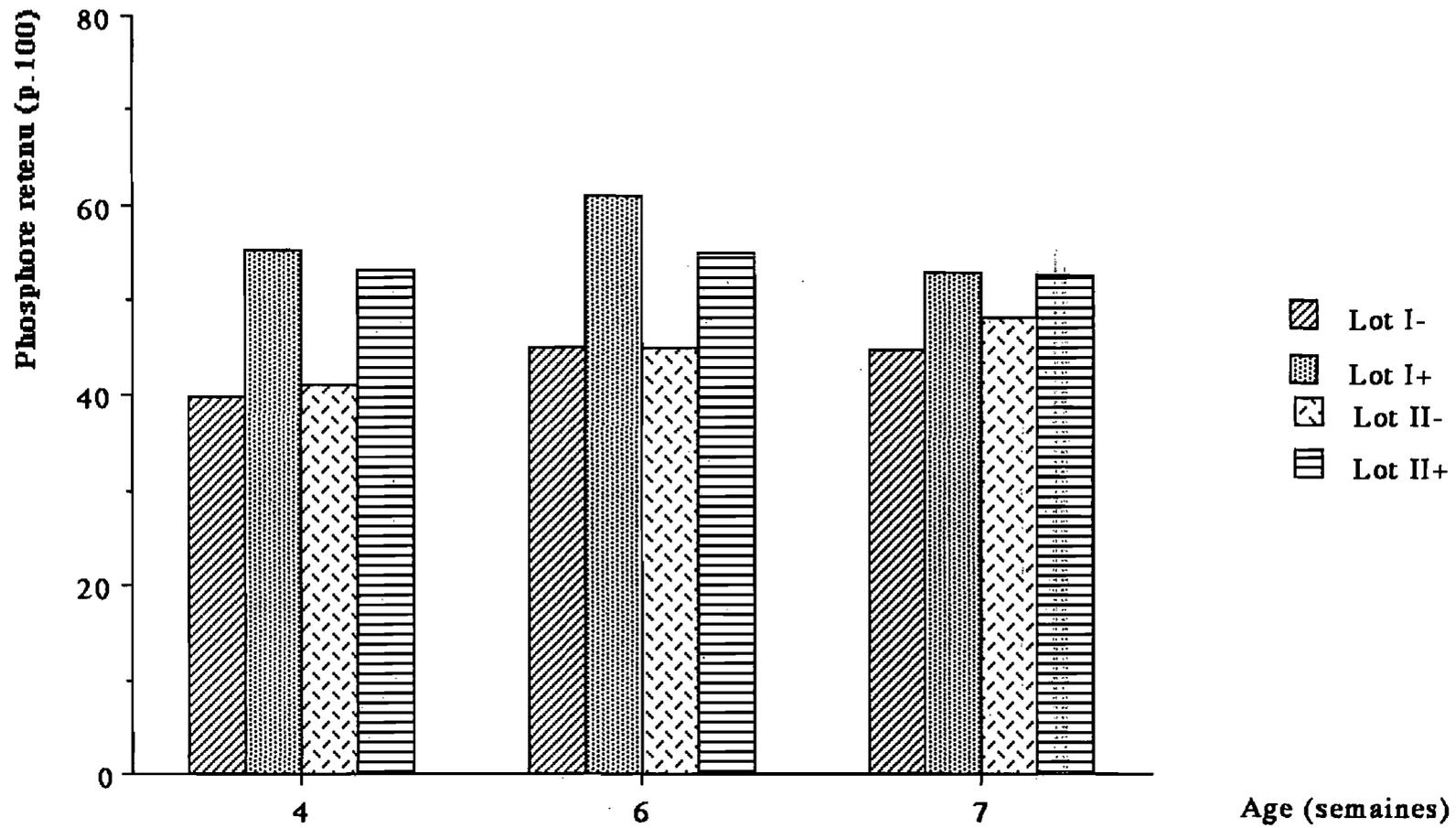


Figure 8 : Effets des différents niveaux phospho-calciques et de la phytase sur la rétention du phosphore des différents lots de poulets.

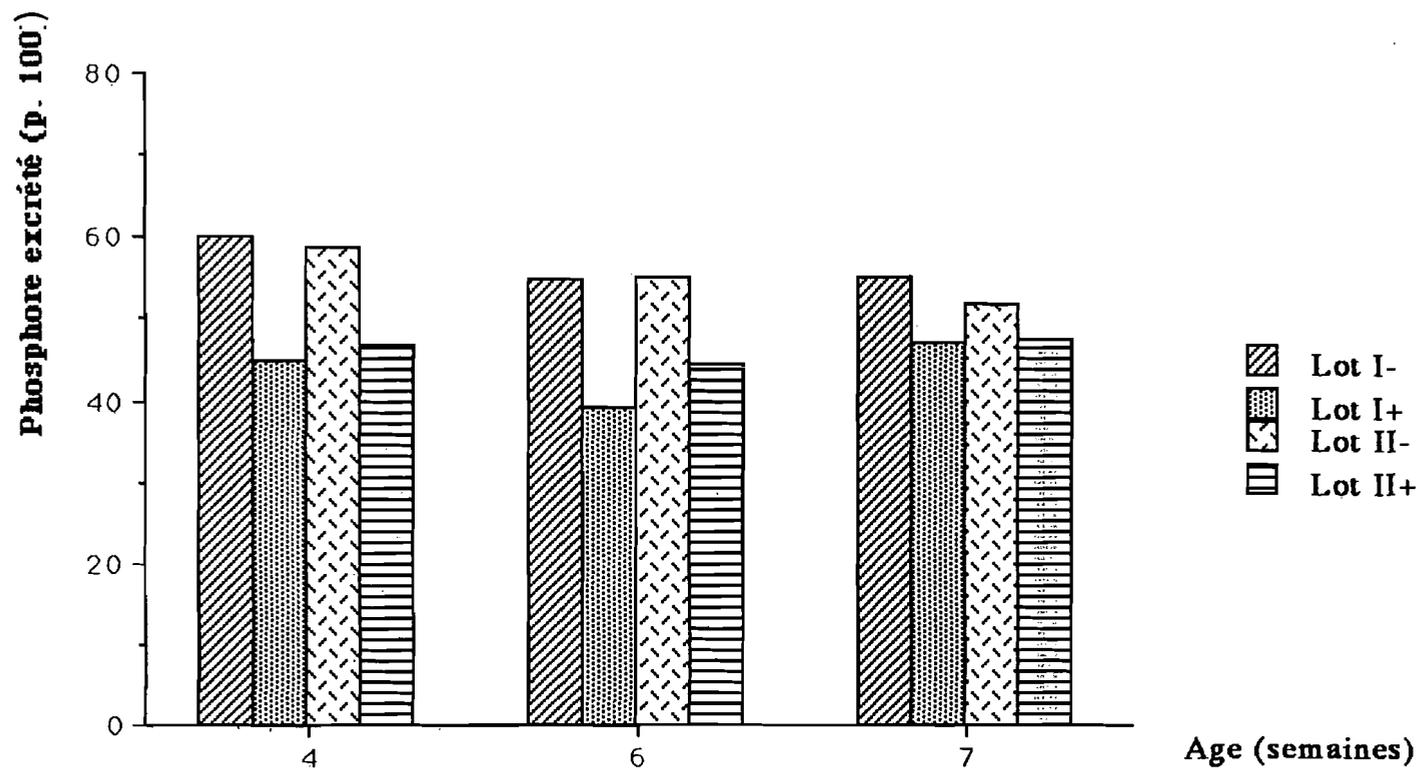


Figure 9. Effet des niveaux phospho-calciques et de la phytase sur l'excrétion du phosphore.

1.2.2. Teneur en cendres, en calcium et phosphore des deux tibias

Les résultats des teneurs en cendres, calcium et phosphore des tibias sont indiqués dans le **tableau n°17**. Ces résultats montrent qu'à l'âge de 7 semaines, la teneur en cendres des tibias des poulets des lots I, I⁺ et II est plus faible que celle du lot II⁺. L'analyse de variance révèle que la différence est significative ($P < 0,05$) entre le lot II⁺ et I.

Quant à la composition en calcium et en phosphore des tibias exprimée en p.100 de la cendre totale, on remarque que la teneur en calcium et phosphore des tibias est faible dans le lot I par rapport aux autres lots. Pour la teneur en calcium, la différence est significative ($P < 0,05$) entre les lots (I et I⁺) ; les lots (I et II⁺) ; (I⁺ et II) et (II et II⁺). En revanche, la composition des tibias en phosphore est significativement différente ($P < 0,05$) entre les lots (**fig. 10**).

Tableau n° 17 : Influence des niveaux d'apport phosphocalcique et la phytase sur la teneur en cendres, en phosphore et en calcium des tibias des différents lots de poulets.

		Lot I (n=6)	Lot I ⁺ (n=6)	Lot II (n=6)	Lot II ⁺ (n=6)
Cendres (p.100 de M.S.)		31,8±1,49	32,54±7,15	32,47±3,7	37,13±0,55
Calcium	p.100 de M.S.	5,13±0,6	6,24±1,22	5,63±0,64	7,13±0,47
	p.100 de cendres	16,22±1,31	19,12±1,27	17,4±0,91	19,33±1,22
Phosphore	p.100 de M.S.	2,95±0,23	4,84±1,19	3,96±0,69	5,95±0,83
	p.100 de cendres	9,35±0,68	14,65±0,72	12,19±1,11	16,7±2,11

n = nombre d'échantillons de tibias

M.S = matières sèches

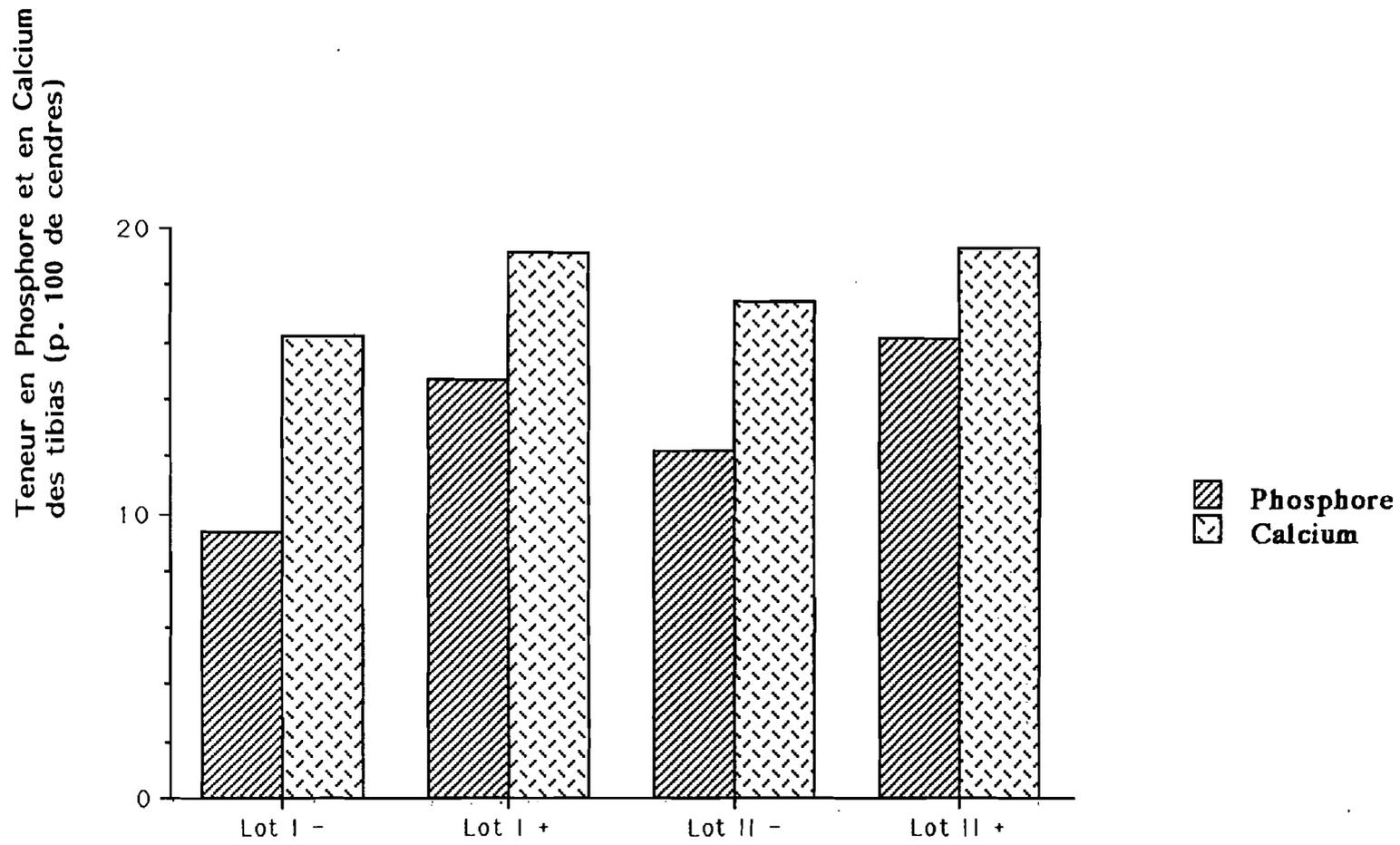


Figure 10. Influence des niveaux phospho-calciques et de la phytase sur la teneur en calcium et en phosphore des tibias.

2. DISCUSSION

2.1. Critique de la méthode

2.1.1. Protocole expérimental

L'inexistence des parallèles pour les 4 lots du sol (essai d'alimentation) diminue la précision des résultats. De même sans parallèles, on ne peut pas analyser statistiquement les valeurs moyennes des indices de consommations, les consommations alimentaires et les gains moyens hebdomadaires.

~~2.1.2. Alimentation~~

Le mélange à la main ne permet pas d'obtenir la ration la plus homogène possible de façon à ce que chaque animal absorbe dans sa consommation journalière la phytase microbienne et les autres éléments dont il a besoin.

2.1.3. Densité

La densité des poulets élevés au sol est de 16/m². PARENT *et al.* (1989) proposent d'élever 10 à 12 poulets/m². Cette densité élevée peut être un facteur de stress qui peut influencer les résultats, surtout pour les lots composés des poulets les plus lourds. Toutefois, SCHWARK *et al.* (1987) sont allés jusqu'à 26 poulets/m² sans avoir observé d'effets négatifs.

2.1.4. Mise en cage

La mise en cage des volailles est un facteur de stress qui se répercute sur certains paramètres (consommation alimentaire et gain de poids).

2.2. Discussion des résultats

2.2.1. Consommation et efficacité alimentaires

La quantité d'aliment consommée par oiseau du lot I⁺ (2992,19 g) durant les 49 jours est proche de celle rapportée par l'IEMVT (1991) qui est de 3000 g en moyenne.

Cependant, le même niveau de consommation alimentaire des différents lots s'explique par le rationnement appliqué durant les 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} semaines; ce qui ne permet pas d'observer exactement la consommation volontaire et de ce fait l'appétabilité des différentes rations bien que l'objectif de ce travail n'était pas d'étudier l'effet de la restriction alimentaire chez les poulets.

Aussi, les tanins présents dans le sorgho et le taux élevé de cellulose dans les rations ont un effet négatif sur la digestibilité. Ceci peut diminuer la qualité de l'aliment. Or RICHTER *et al.* (1993) rapportent que la phytase microbienne augmente la consommation alimentaire chez les poulets lorsque la ration est pauvre en phosphore inorganique. Mais PERNEY *et al.* (1993) trouvent qu'aux doses faibles, la phytase microbienne n'influence pas de manière significative la consommation alimentaire.

S'agissant de l'indice de consommation, la plus faible valeur obtenue avec la ration II⁺ durant le cycle de production concorde avec celle obtenue par l'IEMVT (1991) pour la même durée de production et avec la même souche de poulet (1,9). Cet indice est inférieur aux 2,83 trouvé par HABYARIMANA (1994) au Sénégal en milieu réel.

Cependant, nous avons observé à la 6^{ème} semaine des indices de consommation élevés avec les rations I et II⁺. Or bon nombre d'auteurs ont montré que l'addition de la phytase à une ration contenant 0,44 p.100 de phosphore disponible assure une meilleure efficacité alimentaire (PERNEY *et al.*, 1993 ; FARREL *et al.*, 1993).

Ces indices élevés s'expliquent par le fait que plus la quantité d'aliment distribuée augmente plus le gaspillage est important dans les lots de densités élevées.

2.2.2. Croissance et gain moyen hebdomadaires

A la 4ème semaine, les oiseaux les plus lourds (lot I⁺) pèsent 738 g. Cette valeur est inférieure aux 1087 g obtenus aux Pays-Bas par **SIMONS *et al.* (1990)**. Ces auteurs avaient utilisé une ration composée de maïs-soja et supplémentée en phytase microbienne (750 U/kg) entre 0 et 4 semaines.

A la 6ème semaine d'âge, les oiseaux du lot I⁺ qui sont les plus lourds pèsent 1292g. Ce résultat est proche des 1372 g obtenu à 39 jours en France par **BOUGON (1993 b)** avec une ration composée de 0,47 p.100 de phosphore total supplémentée en phytase (600 U/kg).

Dans notre étude les poids vifs moyens obtenus à 7 semaines 1705 g et 1701 g respectivement pour les lots I⁺ et II⁺ sont proches des 1735 g rapportés par **l'IEMVT (1991)** pour la même durée de production et pour la même souche de poulet. Ces poids sont supérieurs aux 1240 g obtenus à 7 semaines par **HABYARIMANA (1994)** en milieu réel au Sénégal.

Par rapport à l'apport en phytase, les poids vifs moyens obtenus ne sont que le reflet de la composition de l'aliment et de la consommation. Ces résultats font penser aux observations selon lesquelles les animaux des climats chauds consomment beaucoup moins que ceux des pays tempérés.

Malgré le rapport Ca/P faible (0,8) par rapport aux valeurs recommandées (1 à 3) la tendance des oiseaux du lot I⁺ à grandir plus vite que les autres pendant la phase de croissance-finition rejoint les observations de certains auteurs. En effet, **WALDROUP *et al.* cités par FERRANDO (1969), HAYES *et al.* cité par SAUVEUR (1989)**, après des expériences conduites avec les poulets de chair, rapportent que le phosphore phytique a une valeur d'assimilation égale sinon supérieure au phosphore minéral capable d'assurer la croissance globale. Cette valeur serait moindre en ne considérant que la calcification.

2.2.3. Ingestion, digestibilité excrétion et rétention du phosphore

*** Ingestion du phosphore**

La proportion de phosphore ingéré par les poulets montre que pour chaque niveau d'apport phosphocalcique, l'ingestion du phosphore des différents lots est indépendant de la présence ou l'absence de phytase dans la ration. Ces observations confirment celles de **PERNEY *et al.* (1993)** selon lesquelles la phytase n'améliore pas de manière significative l'ingestion du phosphore chez le poulet de chair.

*** Digestibilité et rétention du phosphore**

La digestibilité du phosphore en pourcentage de l'ingéré aux 4ème et 6ème semaines du lot I⁺ (55 à 60 p.100) avoisine les 60 p.100 obtenus par **SCHÖNER *et al.* (1991 et 1993)** tandis que celle obtenue avec le lot II⁺ (53 et 55 p.100) s'éloigne des valeurs de **SCHÖNER *et al.***

A la 7ème semaine, on note une réduction de la digestibilité à 52 p.100 aussi bien pour le lot I⁺ et le lot II⁺. L'augmentation de la rétention du phosphore de 15,20 à 15,86 p.100 par le lot I⁺ par rapport I⁻ est plus faible qu'aux 18 p.100 obtenus par **FARREL *et al.* (1993)** pour la même dose d'enzyme chez les poulets âgés de 18 jours, ainsi que dans le lot II⁺ et le lot II⁻ qui se situe entre 11,87 et 10,38 p.100 respectivement aux 4ème et 6ème semaines.

Ces valeurs sont comprises entre les 10 et 15 p.100 rapportés par **SAUVEUR (1994)** pour une ration supplémentée en phytase à la dose 500 U/Kg, mais inférieures aux 43 p.100 obtenus par **NELSON *et al.* cités par SAUVEUR (1989)** avec 950 U/Kg.

Ces résultats corroborent les observations selon lesquelles la dose d'obtention d'une rétention maximale du phosphore est plus proche de 1000 U (**SIMONS *et al.*, 1990 ; EDWARD, 1993**).

Selon **SIMONS *et al.* (1990)** l'hydrolyse des phytates par les phytases libère le phosphore, d'autres minéraux et de l'Inositol qui sont utilisés par les animaux. En revanche, le pourcentage de rétention du phosphore au niveau des poulets nourris avec la ration sans phosphore minéral et sans phytase (I) varie de 40 à 45 p.100. Or, il est admis que dans les graines végétales 30 à 40 p.100 du phosphore sont disponibles ; 60 à 70 p.100 se présentent sous forme de phytate. Ceci laisse penser que les volailles ne disposent pas d'une phytase intestinale ou tout au moins que son effet est négligeable.

*** Excrétion du phosphore (pollution phosphorée)**

Les poulets nourris aux rations I⁺ (pauvre en phosphore + phytase) et II⁺ (niveau de phosphore élevé + phytase) excrètent beaucoup moins le phosphore dans les déjections que leurs témoins respectifs I⁻ et II⁻. Le pourcentage de phosphore excrété par rapport à l'ingéré est de 40 p.100 pour les poulets nourris avec une ration contre 60 p.100 pour ceux nourris avec une ration sans phytase. Ces valeurs sont proches de celles rapportées par **SCHÖNER *et al.* (1991 et 1993)** ; **FARREL *et al.* (1993)**.

Avec l'aliment II⁺, le taux de phosphore dans les déjections se trouve réduit de 11,87 p.100 (4ème semaine) et 10,38 p.100 (6ème semaine) par rapport à l'aliment II⁻.

Par contre avec l'aliment I⁺, le taux de phosphore dans les déjections par rapport à la ration I⁻ se trouve réduit de 15,24 p.100 (4ème semaine) ; 15,86 p.100 (6ème semaine) et 7,89 p.100 (7ème semaine).

Ces observations rejoignent celles déjà rapportées par **SIMONS *et al.* (1990)**, **SCHÖNER *et al.*, (1991 et 1993)**, **FARREL *et al.*, (1993)**. Ces auteurs ont observé que la phytase fongique, en augmentant la biodisponibilité du phosphore alimentaire, entraîne une réduction de l'excrétion du phosphore, et en revanche, diminue la pollution de l'environnement par les phosphates.

2.2.4. Teneur en cendres, calcium et phosphore des deux tibias

Les résultats de notre étude suggèrent que les rations ayant un rapport phosphocalcique faible sont inadéquates pour assurer une minéralisation osseuse optimale. Les rations ayant un rapport phosphocalcique proche des valeurs usuelles (Ca/P = 1 pour la ration II) donnent une teneur en cendres des tibias de 32,42 p.100 pour le lot II⁻ et de 37,13 p.100 pour le lot II⁺. Ces valeurs sont inférieures aux 41 p.100 obtenus par NELSON *et al.* cités par SAUVEUR (1989) à partir d'une ration à faible niveau de phosphore et 950 U de phytase par kg d'aliment. Ces résultats confirment ceux rapportés par LEBBIE *et al.* (1988), LARBIER *et al.* (1992) qui soutiennent que la déficience en calcium diminue la minéralisation osseuse mais ne ralentit guère la croissance.

La teneur élevée en calcium et en phosphore observée dans le lot II⁺ par rapport aux autres lots confirme les observations de SAUVEUR (1994) qui rapporte qu'on ne peut pas obtenir une minéralisation osseuse maximale par usage exclusif de phytase sans ajout de phosphore minéral.

Aussi VOGT cité par RICHTER (1993) rapporte qu'une faible teneur en cendres des tibias des poulets est liée à un faible niveau d'apport en phosphore et en revanche une élévation de la teneur en cendre lors d'une supplémentation en phytase.

La faible teneur en calcium et en phosphore des tibias des lots I et II⁻ s'explique par le fait que la teneur des rations I et II⁻ en calcium est défavorable à une accréation osseuse du calcium. En effet, le déficit en calcium entraîne une stimulation de la glande parathyroïde. Cette dernière sécrète la parathormone qui, d'une part, entraîne une hypophosphatémie et de l'autre une hypercalcémie par la synthèse de la 1,25(OH)₂ D₃ par le rein. Ce dernier agit d'abord au niveau du rein pour entraîner une réabsorption du calcium, ensuite au niveau de l'intestin pour stimuler l'absorption du calcium et enfin au niveau l'os pour initier la mobilisation de ce minéral (NORMAN cité par BOUBACAR, 1992).

De plus au niveau des lots I et II environ 60 p.100 du phosphore ingéré sont rejetés par les matières fécales.

La teneur élevée du calcium dans les tibias du lot I⁺ corrobore les observations de SIMONS *et al.*, 1990, selon lesquelles l'amélioration de l'utilisation du phosphore s'accompagne la plupart du temps, d'une amélioration de l'absorption du calcium ^{chez} les volailles.

2.2.5. Rendement carcasse

Les meilleurs rendements obtenus dans notre étude sont inférieurs aux 75,5 p.100 obtenus au Sénégal par NDIAYE (1994) à 8 semaines avec les poulets de souche vedette. Nos résultats sont supérieurs aux 69,62 p.100 obtenus par GONGNET *et al* (1995) à 8 semaines toujours avec la même souche de poulet, mais avec une ration contenant 20,39 p.100 de protéine et 0,88 p.100 de phosphore total.

Mis à part le déséquilibre du rapport phosphocalcique observé dans les rations I et I⁺, les différentes rations présentent un meilleur équilibre dans l'apport des acides aminés indispensables. Les meilleurs rendements carcasses obtenus chez les poulets nourris avec les rations II⁺ et I⁺ peuvent trouver leur explication dans l'augmentation de l'utilisation digestive des protéines. En effet FARREL *et al.* (1993), MROZ *et al.* (1994) rapportent que l'addition de la phytase microbienne à une ration entraîne une diminution de l'excrétion d'azote.

Il est donc possible que l'addition de la phytase microbienne à la ration pour poulet de chair assure une meilleure efficacité protéique.

CONCLUSION

Les principales matières premières utilisées dans les formulations d'aliments des porcs et des volailles sont constituées de céréales et de tourteaux. Elles représentent environ 90 p.100 du taux des ingrédients.

Or, ces céréales et ces tourteaux sont relativement riches en phosphore; mais celui-ci se trouve en grande partie dans des molécules complexes appelées phytates. Ces phytates représentent 70 p.100 du phosphore total contenu dans les graines. Le phosphore phytique n'est pas assimilé par les porcs et les volailles; il est rejeté dans les matières fécales parce que ces molécules sont insolubles et nécessitent l'action des phytases, enzymes hydrolysant les phytates. Les monogastriques ne produisent pas cette enzyme ou tout au moins, si elle est présente, son effet est négligeable.

La découverte en 1971 par NELSON aux Etats-Unis de la phytase extraite de champignon permet donc l'utilisation du phosphore végétal par les porcs et les volailles. En hydrolysant les phytates, les phytases augmentent la digestibilité du phosphore alimentaire, réduisant considérablement l'excrétion du phosphore et de l'azote dans les déjections des animaux et en plus, elles permettent de diminuer la quantité du phosphore minéral dans la ration.

L'idée et la pratique d'ajouter ces phytases microbiennes se sont répandues en Europe et en Amérique. Il nous a paru nécessaire d'effectuer des essais afin d'étudier l'efficacité de ces enzymes dans nos conditions de productions en milieu chaud et avec nos matières premières (sorgho et tourteaux).

C'est la raison pour laquelle nous avons voulu tester le "NATUPHOS" extraite d'*Aspergillus niger* sur l'utilisation du phosphore alimentaire chez le poulet de chair entre l'âge de 2 à 7 semaines.

L'expérimentation a été réalisée en deux essais : un essai d'alimentation au sol et un essai de métabolisme en cages sur 99 poussins (mâles et femelles) de souche vedette âgés de 2 semaines au début des dits essais.

Pour chaque type d'essai, on dispose de 4 lots correspondant aux quatre rations identifiées de la manière suivante :

I : ration sans phosphore minéral et sans phytase

I⁺ : ration sans phosphore minéral et avec phytase

II : ration avec phosphore minéral et sans phytase

II⁺ : ration avec phosphore minéral et avec phytase

La dose de phytase incorporée dans la ration est de 750 U/kg d'aliment, soit 0,15g/kg d'aliment.

Les résultats obtenus dans les conditions de nos expériences sont les suivants :

Essai d'alimentation

- 1 - Les poulets soumis à la ration I⁺ ont tendance à consommer plus que les autres lots et les niveaux de consommation alimentaire par poulet sur tout le cycle de production sont de 2923,61 g ; 2992,19 g ; 2750,4 g et 2912,07 g respectivement pour les lots I ; I⁺ ; II ; II⁺.

Le meilleur indice de consommation durant les 5 semaines d'expérience est obtenu avec les poulets soumis à la ration II⁺, soit 1,98 pour le lot II⁺ ; 1,99 pour le lot II ; 2,01 pour le lot I⁺ et 2,04 pour le lot I.

- 2 - Les poulets des lots I⁺ et II⁺ sont les plus lourds et pèsent respectivement 1705 et 1701 g contre 1679,3 g pour le lot I et 1595 g pour le lot II. La différence n'est pas significative ($P > 0,05$) au sein des 4 lots.

- 3 - Le taux de mortalité sur l'effectif total est de 1 p.100. Il s'agit d'une mort accidentelle.
- 4 - Les meilleurs rendements carcasses sont obtenus avec les poulets nourris aux rations II⁺ et I⁺ respectivement de 74,34 et 74,14 p.100 suivis de 72,68 p.100 pour le lot I et 72,59 p.100 pour le lot II. Cependant la différence n'est pas significative entre le lot II⁺ et le lot I⁺, ainsi qu'entre le lot I et le lot II.

Essai de métabolisme

- 1 - La teneur des déjections en phosphore par rapport à l'ingéré est :

- à la 4^{ème} semaine, les poulets du lot I rejettent 60,05 p.100 contre 44,81 p.100 pour le lot I⁺. De même ceux du lot II excrètent 58,69 p.100 contre 46,82 p.100 pour le lot II⁺;

- à la 6^{ème} semaine, cette excrétion est de 54,93 p.100 pour le lot I contre 39,07 p.100 pour le lot I⁺ alors que ceux du lot II rejettent 54,95 p.100 contre 44,59 p.100 pour le lot II⁺.

Durant ces deux périodes, la différence n'est pas significative ($p > 0,05$) entre le lot I et le lot II ainsi qu'entre le lot I⁺ et le lot II⁺. Par contre, la différence est statistiquement significative entre les autres lots ;

- à la 7^{ème} semaine, la teneur des déjections en phosphore est de 55,12 p. 100 pour le lot I contre 47,23 p.100 pour le lot I⁺. De même, ceux du lot II excrètent 51,7 p.100 contre 47,43 p.100 pour le lot II⁺. Entre les lots I et I⁺, les lots I et II⁺, ainsi qu'entre les lot I⁺ et II, la différence est significative ($P < 0,05$).

- 2 - Concernant le taux de rétention du phosphore par rapport à l'ingéré, on note :

- à la 4^{ème} semaine, les poulets du lot I⁺ retiennent 15,24 p.100 de phosphore plus que le lot I et ceux du lot II⁺ 11,87 p.100 de plus que le lot II,

- à la 6ème semaine, le lot I⁺ retient 15,86 p.100 de phosphore de plus que le lot I alors que cette augmentation est de 10,35 p.100 entre le lot II⁺ et le lot II ,

- à la 7ème semaine, les taux de rétention sont de 44,88 p.100 pour le lot I contre 52,77 p.100 pour le lot I⁺, soit une augmentation de 7,89 p.100 tandis que le taux de rétention est de 48,3 p. 100 pour le lot II contre 52,47 p.100 pour le lot II⁺, soit une augmentation de 4,27 p.100.

Durant ces périodes, la différence de ces niveaux de rétention de phosphore n'est pas significative ($P > 0,05$) entre le lot I et le lot II ainsi qu'entre le lot I⁺ et le lot II⁺. Mais la différence est significative ($P < 0,05$) entre les autres lots.

3 - La minéralisation des tibias se fait beaucoup plus sentir avec la ration II⁺. Les teneurs en cendres des tibias sont de 31,80 p.100 ; 32,54 p.100; 32,47 p.100 et 37,13 p.100 respectivement pour le lot I, le lot I⁺, le lot II et le lot II⁺. La différence est significative ($P < 0,05$) entre le lot I et le lot II⁺.

Il ressort de cette étude que l'effet de la supplémentation des rations en phytase fongique sur l'utilisation du phosphore alimentaire est sensible entre la 3ème et la 6ème semaine d'âge.

En diminuant le taux des déjections en phosphore, la phytase microbienne pourrait jouer un rôle important dans la prévention des pollutions phosphorées des nappes phréatiques par les effluents d'élevage surtout dans les zones périurbaines de nos pays où l'élevage de volailles se fait de plus en plus pressant.

Ces résultats constituent le point de départ d'une nouvelle piste d'investigation dans la formulation des aliments de volailles surtout pour le service de zootechnie alimentation de l'E.I.S.M.V. de Dakar ; car cette étude suscite un certain nombre de réflexions :

1. Etude de l'influence des niveaux de phytase avec des rations contenant de différents types de céréales et de tourteaux locaux afin de déterminer la dose

optimale pouvant entraîner une meilleure utilisation du phosphore alimentaire dans nos conditions ;

2. analyse du rapport coût/bénéfice lorsque la phytase est incorporée dans la ration ;
3. étude de l'influence de la phytase microbienne sur l'utilisation des nutriments tels que les protéines, les glucides notamment la cellulose brute par les monogastriques (volailles, porc et lapin) ;
4. impact de la contribution de la phytase sur la réduction de la pollution phosphorée et azotée, surtout dans les zones périurbaines à forte densité de volailles et de porcs.

BIBLIOGRAPHIE

ANSELME, B.

Aliment composé pour volailles au Sénégal : situation actuelle, contribution à son amélioration par une meilleure valorisation des ressources nutritionnelles locales.

Thèse : Méd. Vét. : Toulouse : 1987 ; 103.

BOUBACAR, D.

Influence du niveau d'apport en calcium sur le comportement alimentaire, le métabolisme et la production des oeufs chez la poule pondeuse en milieu tropical sec.

Thèse : Méd. Vét. : Dakar : 1992 ; 56.

BOUGON, M.

~~Intérêt des phytases chez le poulet de chair (1er essai).~~

~~Sciences et techniques avicoles, 1993 ^a,(3) : 19-23.~~

BOUGON, M.

Intérêt des phytases chez le poulet de chair (suite).

Sciences et techniques avicoles, 1993 ^b,(5) : 13-19.

CALAMY, M.

La régulation hormonale de la calcémie chez la poule pondeuse; rôle du corps ultimobranchial.

Thèse : Méd. Vét. : Lyon : 1973 ; 7.

COILLARD, J.

Quels traitements pour les effluents d'élevage (93-112).

in : Maîtrise et prévention des pollutions dues aux élevages.

Actes de Colloque, Paris 16 février 1994 .-

Paris : TEC et DOC Larvoisier, 1994.- 145 p.

COURTOIS, J.

Recherche sur la phytase III. Essai de séparation de l'activité glycérophosphatasique et l'activité phytasique du son de blé.

Bioch. Biophys. Acta, 1947, 1 : 270-277.

DIALLO, K. ; DERA VINIA, A. ; BAHUS, J.

Elevage intensif : perspective après devaluation : le défi de l'aliment avicole.
Afrique-Agriculture, 1994, (212) ; 20-40.

EDWARD, H.M.

Diety 1,25 Dihydroxycolecalciferol supplementation increase naturl phytase phosphorus utilisation in chickens.
J. Nutr., 1993, 123 : 567-577.

EECKOUT, W. ; De PAEPE, M.

Phytase microbienne : phytase du blé, phytase microbienne et digestibilité apparente du phosphore d'un aliment simple pour poulets.
Lanbouwijdschrift, Rev. Agricult., 1992 a, 45 : 195-207.

EECKOUT, W. ; De PAEPE, M.

Phytase microbienne : comparaison de l'effet de 500 unités de phytase de blé et d'une phytase microbienne sur la digestibilité apparente du phosphore d'un aliment pour porcs à l'engrais.
Lanbouwijdschrift, Rev. Agricult., 1992 b, 45 : 209-215.

FALL, S. ; DIOP, M. ; DOMINIQUE, F. ; MBAYE, N.

Collaboration technique (SARR, A. ; KOREA, A. ; MBAYE, A.)
Projet d'étude des phosphates naturels dans l'alimentation du bétail.
Dakar : L.N.E.R.V., 1988.- 22p.

FARREL, D.J. ; MARTIN, E. ; Du PREEZ, J.J.

The beneficial effects of a microbial feed phytase in diets of broiler chickens and ducklings.
J. Anim. Physiol. Anim. Nutr., 1993, 69 : 278 - 283.

FERRANDO, R.

Les bases de l'alimentation.
Paris : Vigot et frères, 1964.- 388p.

FERRANDO, R.

Alimentation du poulet et de la pondeuse, bases et applications.
Paris : Vigot, 1969.- 197p.

FOURDIN, A.

Valorisation par la phytase du phosphore phytique des grains. I. Introduction bibliographique sur la phytase.
DEA : Sciences alimentaires : Paris XI-ENSIA Massy : 1984.- 18 p.

GONGNET, G.P. ; SAKANDE, S. ; PARIGI-BINI, R. et HANE, M.B.

Influence des niveaux de protéines alimentaires sur les performances de croissance et le rendement carcasse de la pintade commune (*Numida meleagris*) et du poulet de chair (*Gallus domesticus*) en milieu tropical sec.
Revue Méd. Vét., 1995, 146 (3) : 199 - 208.

GORDON, C.B. ; TALMADGE, L.N. ; KIRBY, K.L.

Effect of fiber and phytate source and calcium and phosphorus level on phytate hydrolysis in the chick.
Poult Sci., 1984, 63 ; 333 - 338.

GUILLOT, I. ; BIRZER, D. ; RAMBECK, W. A.

L'influence de l'enzyme phytase sur la rétention du cadmium chez le rat et la caille.
Revue Méd. Vét., 1994, 145 (5) : 387-389.

HABYARIMANA, F.

Elevage des poulets de chair dans la région de Dakar. Structure et productivité.
Thèse : Méd. Vét. : Dakar : 1994, 28.

INSTITUT D'ELEVAGE ET MEDECINE VETERINAIRE DES PAYS TROPICAUX (IEMVT).

Aviculture en zone tropicale.- 2° ed.-
Maisons Alfort : IEMVT, 1991 .- 186 p.

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE AGRONOMIQUE (INRA)

Alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles.

Paris : INRA, 1989 .- 282 p.

JARRIGE, R.

Alimentation bovins, ovins et caprins.

Paris : INRA, 1988 .- 476 p.

JEROCH, H.

Bisherige Erkenntnisse Zum Phytaseinsatz Beim Geflügel.

Arch. Geflügelk, 1994, 58 (1) : 1 - 7.

~~**JONGBLOED, A.W. ; MROZ, Z. ; KEMME, P.A.**~~

The effect of supplementary *Aspergillus niger* phytase in diets for pigs on concentration and apparent digestibility of dry matter total phosphorus, and phytic acid indifferent section of the alimentary tract.

J. Anim. Sci., 1992, 70 : 1159 - 1168.

KOLB, E.

Physiologie des animaux domestiques.

Paris : Ed. Vigot-frères, 1975 .- 974 p.

LARBIER, M. ; LECLERCG, B.

Nutrition et alimentation des volailles.

Paris : INRA, 1992 .- 355 p.

LEBBIE S.M.B. ; ADEMOSUN, A.A.

The effect of dietary calcium and phosphorus levels on the performance of starter pullets in the humid tropics.

Bull. Anim. Hlth. Prod. Afr., 1988, 36 (1) : 1 - 13.

MABALO, K.

Influence de l'apport qualitatif du phosphore sur la consommation alimentaire, le métabolisme phosphocalcique et les performances de croissance du poulet de chair en milieu sahélien.

Thèse : Méd. Vét. : Dakar : 1993, 20.

MROZ, Z. ; JONGBLOED, A.W., and KEMME, P.A.

Apparent digestibility and retention of nutrients bound to phytate complexes as influenced by microbial phytase and Feeding regimen in pigs.

J. Anim. Sci., 1994, 72 : 126 - 132.

NDIAYE, S.C.

Performances de croissances et caractéristique de carcasse du poulet de chair. Comparaison entre souches.

Thèse : Méd. Vét. : Dakar : 1995 ; 1.

NICKEL, R. ; SCHUMMER, A. ; SEIFERLER, E.

Anatomy of domestic birds.

Berlin ; Hambourg : Verlag Paul Parey, 1977 .- 202 p.

OLIVETTI, A.

Alimentazione vegetal nelle farone e nei polli da carne.

Rivista di avicoltura, 1986, (3) 52 - 53.

ORGANISATION DES NATIONS-UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE (FAO)

L'alimentation des volailles dans les pays tropicaux et subtropicaux.

Rome : FAO, 1965 .- 103 p.

PALLAUF, J. ; HÖHLER, D. ; RIMBACH, G. ; NEUSSER.

Effect of microbial phytase supplementation to maize-soja diet on the apparent absorption of phosphorus and calcium in piglets.

J. Anim. Physiol. Anim. nutr., 1992, 67 : 30 - 40.

PARENT, R. ; BULDGEN, A. ; STEYAERT, P. ; LEGRAND, D.

Guide pratique d'aviculture moderne en climat sahélo-soudanien de l'Afrique de l'Ouest.
Dakar : EISMV ; Thiès : INDR, 1989 .- 85 p.

PARIGI-BINI, R.

Bases de l'alimentation du bétail.
Pise : Université de Pise, 1986 .- 292 p.

PERNEY, K.M. ; CANTOR, A.H. ; STRAW, M.L.

The effect of dietary phytase on growth performance and phosphorus utilization of broiler chicks.
Poult Sci., 1993, 72 : 2106 - 2114.

POINTILLART, A.

Phytates, phytases : leur importance dans l'alimentation des monogastriques.
Prod. Anim., 1994, 7 (1) : 29 - 39.

POINTILLART, A. GUEGUEN L.

Influence des fibres alimentaires sur la biodisponibilité des minéraux.
Cahiers ENSBANA, 1992, 18 : 157 - 182.

RICHTER, G.

Untersuchungen Zum Einsatz Einer Mikrobiellen Phytase Bei Unterschiedlicher Phosphorversorgung In Der Broilermast.
Arch. Anim. Nutr., 1993, 45 : 235 - 244.

RIDELL, O. ; PASS, D.A.

The influence of dietary calcium and phosphorus on tibial dyschondroplasia in broiler chickens.
Avian Diseases., 1987, 31, (4) : 771 - 775.

SAUVEUR, B.

Phosphore phytique et phytase dans l'alimentation des volailles.
Prod. Anim., 1989, 2 (5) : 343 - 351.

SAUVEUR, B.

Les phytases fongiques dans l'alimentation des volailles.
Prod. Anim., 1993, 6 (4) : 265 - 267.

SCHEUERMANN, S.E. ; LANTSCH, H.J. , MENKE, K.H.

In vitro and in vivo experiment on the hydrolysis of phytate. II. Activity of Plant phytase.
J. anim. Physiol. Anim Nutr., 1988, 60 : 64 - 75.

SCHÖNER, F.J. ; HOPPE, P.P. ; SCHWARZ, G.

Comparative Effects of microbial phytase and inorganic phosphorus on performance and on retention of phosphorus, calcium and crude ash in broiler.
J. anim. Physiol. Anim Nutr., 1991, 66 : 248-255.

SCHÖNER, F.J. ; HOPPE, P.P. ; SCHWARZ, G.

Compararison of microbial and inorganic phosphate in male chickens : the influence on performance data, mineral retention and dietary calcium.
J. anim. Physiol. Anim Nutr., 1993, 69 : 235-244.

SCHWARK, H.J. ; PETER, V. ; MAZANOWSKI, A.

Internationales Handbuch der Tierproduktion.
.- Berlin : Veb Deutscher Landwirtschafts Verlag, 1987.- 600 p.

SCOTT, M.L. ; NEISHEM, M.C. ; YOUNG, R.I.

Nutrition of the chicken.
Ithaca : ML. Scott and associates ; New-York, 1976 .- 555p.

SIMONS, P.C.M. ; VERSTEEGH. A.J. ; JONGBLOED A. W.

Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broiler and pigs.
British Journal of Nutrition, 1990, 64 : 525 - 540.

SIX, L.

Intérêt des phytases microbiennes dans l'alimentation du poulet de chair.
Mémoire de Maîtrise : Sci. Tech. Prod. Anim. : Tours : Université Rabelais : 1992.

SMITH, A.J.

L'élevage de la volaille. Paris ACCT.

Paris : Ed. Maisonneuve et Larose ; Wageningen : CTA, 1992, vol.1 - 183 p. .- (Technicien d'agriculture tropical).

SMITH, O.B. ; KABAIJA, E.

Effect of high dietary calcium and Wide calcium phosphorus ratios in broiler diets.

Poult Sci., 1985, 64 : 1713 - 1720.

THIONGANE, Y.

Contribution l'étude de l'alimentation minérale des bovins au Sénégal. "Les macro-éléments".

Thèse : Méd. Vét. : Dakar : 1982 ; 23.

WEIL, J. ; BONNET, J. ; BOULANGER.

Biochimie Général .- 6^e éd. .-

Paris : Masson, 1990 .- 546 p.

ANNEXES

Annexe 1 : Influence des niveaux phosphocalciques et de la phytase sur le rendement carcasse

Echantillon	LOT I'			LOT I*			LOT II'			LOT II*		
	Poids vif (g)	Poids carcasse (g)	Rendement carcasse (p.100)	Poids vif (g)	Poids carcasse (g)	Rendement carcasse (p.100)	Poids vif (g)	Poids carcasse (g)	Rendement carcasse (p.100)	Poids vif (g)	Poids carcasse (g)	Rendement carcasse (p.100)
1	1700	1250	73,52	1700	1250	73,52	1600	1200	75,00	1750	1300	74,28
2	1700	1250	73,52	1850	1350	75,0	1550	1100	70,96	1600	1200	75
3	1625	1250	73,84	1900	1450	76,3	1700	1250	73,52	1475	1100	74,57
4	1775	1250	70,42	1700	1250	73,52	1675	1200	71,64	1800	1350	75,0
5	1500	1100	73,3	1800	1300	75,0	1650	1200	72,72	1850	1350	75,0
6	1325	950	71,69	1650	1200	72,72	1450	1050	72,41	1700	1250	73,52
7	1575	1100	69,84	1950	1450	74,35	1400	1000	71,42	1900	1450	76,3
8	1800	1300	72,22	1675	1250	74,26	1375	1000	72,72	1650	1200	72,72
9	1800	1350	75,0	1650	1200	72,72	1700	1250	73,52	1700	1250	73,52
10	1700	1250	73,52	2025	1500	74,07	1250	900	72,0	1700	1250	73,52
Moyenne	1650 \pm 150	1250 \pm 118,91	72,68 \pm 1,53	1790 \pm 135,5	1320 \pm 111,06	74,14 \pm 1,04	1535 \pm 157,76	1115 \pm 122,59	72,59 \pm 1,13	1712,5 \pm 123,18	1270 \pm 97,75	74,34 \pm 0,99

Annexe 2 : Bilan du phosphore à la 4ème semaine

Lots	Phosphore total dans l'aliment (p.100 de Matières Sèches)	Phosphore ingéré mg/j/poulet	Phosphore excrété		Phosphore retenu	
			(g/j/poulet)	p.100)	(mg/j/poulet)	(p.100)
I ₁	0,39	203,89	137,44	67,40	66,45	32,59
I ₂	0,39	210,19	118,46	56,40	91,73	43,60
I ₃	0,39	202,23	114,32	56,52	87,91	43,47
I ₁	0,39	203,89	104,07	51,04	99,82	48,95
I ₂	0,39	210,19	116,18	55,27	94,01	44,73
I ₃	0,39	202,23	141,20	69,82	61,03	30,18
I ₁	0,39	203,89	115,55	56,67	88,34	43,33
I ₂	0,39	210,19	142,13	67,62	68,06	32,38
I ₃	0,39	202,23	120,71	59,69	81,52	40,31
Moyenne (n=9)		205,44 ± 3,64	123,34 ± 13,54	60,05 ± 6,6	82,1 ± 13,73	39,95 ± 6,6
I ₁ ⁺	0,39	210,19	84,88	40,38	125,31	59,61
I ₂ ⁺	0,39	206,87	91,18	44,07	115,69	55,92
I ₃ ⁺	0,39	210,85	87,30	41,40	123,55	58,59
I ₁ ⁺	0,39	210,19	107,70	51,24	102,49	48,76
I ₂ ⁺	0,39	206,87	84,43	40,81	122,44	59,19
I ₃ ⁺	0,39	210,85	81,89	38,84	128,96	61,16
I ₁ ⁺	0,39	210,19	102,66	48,84	107,53	51,16
I ₂ ⁺	0,39	206,87	104,61	50,56	102,26	49,43
I ₃ ⁺	0,39	210,85	99,41	47,14	111,44	52,85
Moyenne (n=9)		209,30 ± 1,85	93,78 ± 9,86	44,81 ± 4,47	115,52 ± 10,09	55,19 ± 4,47

Annexe 2 : Bilan du phosphore à la 4ème semaine (Suite)

Lots	Phosphore total dans l'aliment (p.100 de Matières Sèches)	Phosphore ingéré mg/j/poulet	Phosphore excrété		Phosphore retenu	
			(mg/j/poulet)	(p.100)	(mg/j/poulet)	(p.100)
II ₁	0,77	417,48	264,79	63,42	152,69	36,57
II ₂	0,77	414,11	247,74	59,82	166,37	40,17
II ₃	0,77	423,55	259,49	61,26	164,06	38,73
II ₁	0,77	417,48	232,50	55,69	184,98	44,30
II ₂	0,77	414,11	199,58	48,19	214,53	51,80
II ₃	0,77	423,55	237,47	56,06	186,08	43,93
II ₁	0,77	417,48	235,27	56,35	182,21	43,64
II ₂	0,77	414,11	273,68	66,09	140,43	33,91
II ₃	0,77	423,55	259,84	61,34	163,71	38,65
Moyenne (n=9)		418,38 ± 3,90	245,6 ± 22,41	58,69 ± 4,98	172,69 ± 20,56	41,30 ± 4,98
II [*] ₁	0,77	405,34	214,02	52,80	191,32	47,19
II [*] ₂	0,77	404,66	172,62	42,65	232,04	57,34
II [*] ₃	0,77	401,97	209,68	52,16	192,29	47,83
II [*] ₁	0,77	405,34	191,12	47,15	214,22	52,84
II [*] ₂	0,77	404,66	168,51	41,64	236,15	58,35
II [*] ₃	0,77	401,97	185,98	46,27	215,99	53,73
II [*] ₁	0,77	405,34	170,88	42,16	234,46	57,84
II [*] ₂	0,77	404,66	196,65	48,60	208,01	51,40
II [*] ₃	0,77	401,97	192,72	47,94	209,25	52,05
Moyenne (n=9)		403,99 ± 1,54	189,13 ± 16,42	46,82 ± 4,1	214,86 ± 16,87	53,17 ± 4,1

BIBLIOTHÈQUE
 DES SOUS
 AUSTRIENNES
 ECOLE
 VÉTÉRINAIRE
 DE
 VIENNE
 1050

Annexe 3 : Bilan du phosphore à la 6ème semaine

Lots	Phosphore total dans l'aliment (p.100 de Matières Sèches)	Phosphore ingéré mg/j/poulet	Phosphore excrété		Phosphore retenu	
			(mg/j/poulet)	(p.100)	(mg/j/poulet)	(p.100)
I ₁	0,44	388,22	194,68	50,14	193,54	49,85
I ₂	0,44	383,24	218,00	56,88	165,24	43,11
I ₃	0,44	358,28	175,80	49,07	182,48	50,93
I ₁	0,44	388,22	242,58	62,48	145,64	37,51
I ₂	0,44	383,24	194,13	50,65	189,11	49,35
I ₃	0,44	358,28	175,26	48,92	183,02	51,08
I ₁	0,44	388,22	199,84	51,47	188,38	48,52
I ₂	0,44	383,24	216,75	56,56	166,49	43,44
I ₃	0,44	358,28	244,46	68,23	113,82	31,77
Moyenne (n=9)		376,58 ± 13,89	206,83 ± 25,5	54,93 ± 6,75	169,75 ± 25,9	45,06 ± 6,75
I ₁ ⁺	0,44	387,85	126,31	32,56	261,54	67,43
I ₂ ⁺	0,44	380,55	119,67	31,44	260,88	68,55
I ₃ ⁺	0,44	380,93	143,36	37,63	237,57	62,36
I ₁ ⁺	0,44	387,85	165,20	42,60	222,65	57,40
I ₂ ⁺	0,44	380,55	133,58	35,10	246,97	64,90
I ₃ ⁺	0,44	380,93	161,84	42,49	219,09	57,51
I ₁ ⁺	0,44	387,55	193,74	49,95	194,11	50,05
I ₂ ⁺	0,44	380,55	156,59	41,15	223,96	58,85
I ₃ ⁺	0,44	380,93	147,57	38,74	233,36	61,26
Moyenne (n=9)		383,11 ± 3,56	149,76 ± 22,72	39,07 ± 5,76	233,35 ± 21,5	60,92 ± 5,76

Annexe 3 : Bilan du phosphore à la 6ème semaine (Suite)

Lots	Phosphore total dans l'aliment (p.100 de Matières Sèches)	Phosphore ingéré mg/j/poulet	Phosphore excrété		Phosphore retenu	
			(mg/j/poulet)	(p.100)	(mg/j/poulet)	(p.100)
II ₁	0,66	576,34	401,22	69,61	175,12	30,38
II ₂	0,66	571,14	297,16	52,01	273,98	47,97
II ₃	0,66	563,08	338,21	60,04	224,87	39,94
II ₁	0,66	576,34	274,88	47,69	301,46	52,30
II ₂	0,66	571,14	317,96	55,67	253,18	44,33
II ₃	0,66	563,08	293,90	52,21	269,18	47,79
II ₁	0,66	576,34	296,02	51,36	280,32	48,64
II ₂	0,66	571,14	304,39	53,29	266,75	46,70
II ₃	0,66	563,08	296,36	52,63	266,72	47,37
Moyenne (n=9)		570,19 ± 5,79	313,34 ± 37,33	54,95 ± 6,43	256,83 ± 36,9	45,05 ± 6,43
II ₁ ⁺	0,66	553,87	223,31	40,31	330,56	59,68
II ₂ ⁺	0,66	567,11	223,66	39,44	344,33	60,71
II ₃ ⁺	0,66	569,99	270,97	47,54	299,03	52,46
II ₁ ⁺	0,66	553,87	271,58	49,03	282,29	50,96
II ₂ ⁺	0,66	567,11	246,24	43,42	320,87	56,58
II ₃ ⁺	0,66	569,99	227,76	39,96	342,23	60,04
II ₁ ⁺	0,66	553,87	271,43	49,00	282,44	51,00
II ₂ ⁺	0,66	567,11	256,78	45,27	310,33	54,72
II ₃ ⁺	0,66	569,99	269,74	47,32	300,25	52,67
Moyenne (n=9)		563,66 ± 7,45	251,27 ± 21,51	44,59 ± 3,93	312,48 ± 23,57	55,42 ± 3,93

LES
 TATS
 DECINE
 SAKAT

Annexe 4 : Bilan du phosphore à la 7ème semaine

Lots	Phosphore total dans l'aliment (p.100 de Matières Sèches)	Phosphore ingéré mg/j/poulet	Phosphore excrété		Phosphore retenu	
			(mg/j/poulet)	(p.100)	(mg/j/poulet)	(p.100)
I ₁	0,44	440,85	216,53	49,12	224,32	50,88
I ₂	0,44	435,47	254,51	58,45	180,96	41,55
I ₃	0,44	411,65	242,96	59,02	168,69	40,98
I ₁	0,44	440,85	265,78	60,28	175,07	39,71
I ₂	0,44	435,47	238,33	54,73	197,14	45,27
I ₃	0,44	411,65	238,85	58,02	172,80	41,97
I ₁	0,44	440,85	241,98	54,89	198,87	45,11
I ₂	0,44	435,47	225,62	51,81	209,85	48,19
I ₃	0,44	411,65	204,71	49,73	206,94	50,27
Moyenne (n=9)		429,32 ± 13,46	236,59 ± 18,67	55,12 ± 4,15	192,74 ± 19,29	44,88 ± 4,15
I ₁ [*]	0,44	436,61	195,12	44,69	241,49	55,31
I ₂ [*]	0,44	427,02	207,86	48,67	219,16	51,32
I ₃ [*]	0,44	408,97	197,57	48,31	211,40	51,69
I ₁ [*]	0,44	436,61	211,53	48,45	225,08	51,55
I ₂ [*]	0,44	427,02	209,67	49,10	217,35	50,89
I ₃ [*]	0,44	408,97	189,21	46,26	219,76	53,74
I ₁ [*]	0,44	436,61	205,14	46,98	231,47	53,01
I ₂ [*]	0,44	427,02	208,01	48,71	219,01	51,29
I ₃ [*]	0,44	408,97	179,49	43,89	229,48	56,11
Moyenne (n=9)		424,2 ± 12,15	200,4 ± 10,86	47,23 ± 1,91	223,8 ± 9,1	52,77 ± 1,91

Annexe 4 : Bilan du phosphore à la 7ème semaine (Suite)

Lots	Phosphore total dans l'aliment (p.100 de Matières Sèches)	Phosphore ingéré mg/l/poulet	Phosphore excrété		Phosphore retenu	
			(mg/l/poulet)	(p.100)	(mg/l/poulet)	(p.100)
II ₁	0,66	655,22	340,73	52,0	314,49	48,0
II ₂	0,66	642,54	289,73	45,09	352,81	54,91
II ₃	0,66	655,78	380,74	58,06	275,04	41,94
II ₁	0,66	655,22	362,75	55,36	292,47	44,64
II ₂	0,66	642,54	269,31	41,91	372,23	58,09
II ₃	0,66	655,78	313,48	47,90	342,30	52,19
II ₁	0,66	655,22	360,19	54,97	295,03	45,30
II ₂	0,66	642,54	346,56	53,94	295,98	46,06
II ₃	0,66	655,78	368,54	56,20	287,24	43,80
Moyenne (n=9)		651,18 ± 6,4	336,89 ± 38,05	51,7 ± 5,53	314,29 ± 33,91	48,3 ± 5,53
II ₁ [*]	0,66	633,92	316,80	49,97	317,12	50,03
II ₂ [*]	0,66	637,36	286,92	45,02	350,44	54,98
II ₃ [*]	0,66	654,63	327,50	50,03	327,13	49,97
II ₁ [*]	0,66	633,92	251,14	39,62	382,78	60,38
II ₂ [*]	0,66	637,36	267,56	41,98	369,80	58,02
II ₃ [*]	0,66	654,63	318,45	48,64	336,18	51,35
II ₁ [*]	0,66	633,92	320,85	50,61	313,07	49,39
II ₂ [*]	0,66	637,36	318,59	49,98	318,77	50,01
II ₃ [*]	0,66	654,63	334,05	51,03	320,58	48,97
Moyenne (n=9)		641,97 ± 9,61	304,65 ± 29,01	47,43 ± 4,2	337,32 ± 25,05	52,57 ± 4,2

Annexe 5 : Teneur des tibias en cendres, calcium et phosphore

Lots	Poids des cendres (g)	Teneur en cendres (p.100 de Matières Sèches)	Teneur en calcium		Teneur en phosphore	
			(p.100 de Matières Sèches)	(p.100 de cendres)	(p.100 de Matières Sèches)	(p.100 de cendres)
I ₁	2,1772	33,41	5,85	17,51	3,06	9,17
I ₁	2,0065	32,63	5,51	16,89	2,97	9,10
I ₂	1,8091	32,61	5,27	16,17	3,29	10,10
I ₂	2,2279	32,27	4,95	15,71	2,60	8,22
I ₃	1,7973	29,94	5,12	17,12	2,95	9,88
I ₃	1,9335	29,94	4,09	13,91	2,83	9,61
Moyenne (n=6)	1,9919 ± 0,16	31,80 ± 1,49	5,13 ± 0,6	16,22 ± 1,31	2,95 ± 0,23	9,35 ± 0,68
I ₁ ⁺	2,6514	32,06	6,72	21,07	4,46	13,93
I ₁ ⁺	1,8359	26,67	5,51	19,52	3,99	14,13
I ₂ ⁺	2,1061	35,09	6,20	17,80	5,53	15,77
I ₂ ⁺	2,1695	30,05	5,92	19,89	4,35	14,49
I ₃ ⁺	2,6875	45,41	8,34	18,37	6,93	15,27
I ₃ ⁺	1,3425	26,38	4,76	18,05	3,78	14,32
Moyenne (n=6)	2,1321 ± 0,46	32,54 ± 7,15	6,24 ± 1,22	19,12 ± 1,27	4,84 ± 1,19	14,65 ± 0,72

ÉCOLE INTER-ÉTAT
 DES SCIENCES ET MÉDECINE
 VÉTÉRINAIRE DE DAKAR
 BIBLIOTHÈQUE

Annexe 5 : Teneur des tibias en cendres, calcium et phosphore (Suite)

Lots	Poids des cendres (g)	Teneur en cendres (p.100 de Matières Sèches)	Teneur en calcium		Teneur en phosphore	
			(p.100 de Matières Sèches)	(p.100 de cendres)	(p.100 de Matières Sèches)	(p.100 de cendres)
II ₁	2,1361	37,85	6,88	18,18	5,20	13,74
II ₁	2,1180	31,58	5,47	17,42	3,41	10,86
II ₂	2,1180	35,76	5,67	15,88	4,13	11,55
II ₂	1,5444	29,43	5,14	17,47	3,33	11,31
II ₃	1,6434	28,17	5,20	18,44	3,64	12,92
II ₃	1,7533	32,00	5,43	16,99	4,08	12,75
Moyenne (n=6)	1,8850 ± 0,24	32,47 ± 3,7	5,63 ± 0,64	17,40±0,91	3,96 ± 0,69	12,19 ± 1,11
II ₁ ⁺	1,9129	36,81	7,10	19,32	5,32	14,46
II ₁ ⁺	2,0092	36,65	6,50	17,74	5,96	16,25
II ₂ ⁺	3,1832	37,63	7,22	19,82	6,68	18,31
II ₂ ⁺	2,8502	36,72	6,83	18,62	5,12	13,94
II ₃ ⁺	2,4500	37,99	7,26	19,13	7,21	18,98
II ₃ ⁺	2,9236	36,99	7,89	21,35	5,43	14,69
Moyenne (n=6)	2,5548 ± 0,47	37,13 ± 0,55	7,13 ± 0,47	19,33±1,22	5,95 ± 0,83	16,70 ± 2,11

REC. X. ANGES ET INTERE...
 I.T.F. MAIRES ET ME...
 DIR. I.O.T.H.E. 03/08

SERMENT DES VETERINAIRES DIPLOMES DE DAKAR

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

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

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

ECOLE INTER-ETATS
DES VETERINAIRES ET MEDICINS
VETERINAIRES DE DAKAR
BIBLIOTHEQUE 2008

RESUME

Quatre types de rations, à base de sorgho blanc et de tourteau d'arachide ont servi à nourrir quatre vingt dix neuf poussins de chair de souche Vedette âgés de 14 jours.

Les rations, I (sans phosphore minéral sans phytase), I* (sans phosphore minéral avec phytase), II (avec phosphore minéral sans phytase), II* (avec phosphore minéral avec phytase) ont été testées sur des poulets au sol (essai d'alimentation) et en cages (essai de métabolisme). Pour chaque essai, on dispose de 4 lots correspondant aux quatre rations.

La dose de phytase microbienne (NATUPHOS) incorporé est de 750 U/kg d'aliments. A l'âge de 7 semaines, les résultats suivants ont été obtenus :

- la consommation alimentaire est supérieure chez les oiseaux du lot I* par rapport à ceux des autres,
- le meilleur indice de consommation (1,98) est obtenu avec la ration II*,
- les poids les plus élevés ont été obtenus par les rations I* et II*, mais la différence entre les lots n'est pas significative ($P > 0,05$),
- le rendement carcasse est significativement ($P < 0,05$) amélioré par l'apport en phytase microbienne,
- l'apport en phytase microbienne augmente significativement ($P < 0,05$) la rétention du phosphore (4,27 à 15,86 p.100) et par conséquent diminue dans les mêmes proportions, le rejet de phosphore dans les matières fécales,
- la minéralisation osseuse est meilleure chez le poulet ayant reçu la ration II*.

MOTS CLES : Phosphore - Calcium - Phytase microbienne - Poulet de chair - Zone tropicale

SUMMARY

Four characteristics of diets contained white sorghum and cattle-cake from groundnut have been used to feed ninety nine two weeks-old chickens "Vedette Strain".

The diets, I (without inorganic phosphorus and without phytase), I* (without inorganic phosphorus and with phytase), II (with inorganic phosphorus and without phytase), II* (with inorganic phosphorus and with phytase) have been used to feed broilers in two trials. One trial of feeding have been realized in ground and the second in cages (metabolism trial).

For each trial, we have four shares corresponding to the four diets.

The quantity of microbial phytase (NATUPHOS) added is 750 U/kg diets.

At seven week old, those results have been obtained :

- Feed intake is higher in share I* than the others,
- the best feed conversion ration (1,98) is obtaining by the diet II*,
- the higher body weight have been obtained by the diets I* and II* but the difference between share is not significant ($P > 0,05$),
- the carcass yield is significantly ($P < 0,05$) improving by microbial phytase supplemental,
- the addition of phytase to the diet caused a significant ($P < 0,05$) increase in the retention of phosphorus by broilers (4,27 to 15,86 p.100) therefore decreased in the same percentage fecal phytate phosphorus,
- Bone mineralization is improving with the diet II*.

KEYS WORDS : Phosphorus - Calcium - Microbial Phytase - Broilers - Tropical area.

Dégnon K. DJIDOHOUN
S/C Charles DOSSOU
B.P. 06-789
Tél : 33-19-16
Cotonou BENIN

