

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

ANNEE 1992



BOULEVARD DE LA
UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP
Dakar
BIBLIOTHEQUE

N° 58

**INFLUENCE DU NIVEAU D'APPORT EN CALCIUM SUR
LE COMPORTEMENT ALIMENTAIRE, LE METABOLISME
PHOSPHOCALCIQUE ET LA PRODUCTION DES OEUFS
CHEZ LA POULE PONDEUSE EN MILIEU TROPICAL SEC**

THESE

présentée et soutenue publiquement le 23 Décembre 1992
devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar
pour obtenir le grade de DOCTEUR VETERINAIRE

(DIPLOME D'ETAT)

par

BOUBACAR DIAW

né le 05 Juin 1965 à BANJUL (Gambie)

- Président du Jury** : Monsieur Ibrahima WONE
Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar
- Directeur et Rapporteur de Thèse** : Monsieur Moussa ASSANE
Maître de Conférences Agrégé à l'EISMV de Dakar
- Membres** : Monsieur Alassane SERE
Professeur à l'E.I.S.M.V. de Dakar
Monsieur Malang SEYDI
Maître de Conférences Agrégé à l'EISMV de Dakar
Madame Sylvie GASSAMA
Maître de Conférences Agrégé à la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar

LISTE DU PERSONNEL ENSEIGNANT

I. PERSONNEL A TEMPS PLEIN

1 - ANATOMIE - HISTOLOGIE - EMBRYOLOGIE

Kondi	AGBA	Maître de Conférences AGrégé
Jacques	ALAMARGOT	Assistant
Lahamdi	AMADOU	Moniteur

2 - CHIRURGIE - REPRODUCTION

Papa El Hassane	DIOP	Maître de Conférences Agrégé
Latyr	FAYE	Moniteur
Laurent	SINA	Moniteur

3 - ECONOMIE - GESTION

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

4 - HYGIENE ET INDUSTRIE DES DENREES

ALIMENTAIRES D'ORIGINE ANIMALE(HIDAOA)

Malang	SEYDI	Maître de Conférences Agrégé
Papa Ndary	NIANG	Moniteur
Fatime (Mlle)	DIOUF	Moniteur

5 - MICROBIOLOGIE - IMMUNOLOGIE

PATHOLOGIE INFECTIEUSE

Justin Ayayi	AKAKPO	Professeur
Jean	ODAR	Professeur
Rianatou (Mme)	ALAMBEDJI	Assistante
Souaïbou	FAROUGOU	Moniteur

.../...

6 - PARASITOLOGIE - MALADIES PARASITAIRES - ZOOLOGIE

Louis-Joseph	PANGUI	Maître de Conférences Agrégé
Jean-Carré	MINLA AMI AYONO	Moniteur
Fatimata (Mlle)	DIA	Moniteur

7 - PATHOLOGIE MEDICALE - ANATOMIE PATHOLOGIQUE
CLINIQUE AMBULANTE

Yalacé Y.	KABORET	Assistant
Pierre	DECONINCK	Assistant
Mouhamadou M.	LAWANI	Vacataire
Papa Aly	DIALLO	Moniteur

8 - PHARMACIE - TOXICOLOGIE

François A.	ABIOLA	Maître de Conférences Agrégé
Boubacar	DIATTA	Moniteur

9 - PHYSIOLOGIE - THERAPEUTIQUE - PHARMACODYNAMIE

Alassane	SERE	Professeur Titulaire
Moussa	ASSANE	Maître de Conférences Agrégé
Nahar	MAHAMAT TAHIR	Moniteur

10 - PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES

Germain Jérôme	SAWADOGO	Maître de Conférences Agrégé
Moussa	TRAORE	Moniteur

11 - ZOOTECNIE - ALIMENTATION

Gbeukoh Pafou	GONGNET	Maître Assistant
Ayao	MISSOHOU	Assistant
Amadou	GUEYE	Moniteur

II. PERSONNEL VACATAIRE (prévu)

- BIOPHYSIQUE

René	NDOYE	Professeur Faculté de Médecine et de Pharmacie Université Cheikh Anta DIOP de Dakar.
Alain	LECOMTE	Maître-Assistant Faculté de Médecine et de Pharmacie Université Cheikh Anta DIOP de Dakar.
Sylvie (Mme)	GASSAMA	Maître de Conférences Agrégé Faculté de Médecine et de Pharmacie Université Cheikh Anta DIOP de Dakar.

- BOTANIQUE - AGRO-PEDOLOGIE

Antoine	NONGONIERMA	Professeur IFAN - Institut Cheikh Anta DIOP Université Cheikh Anta DIOP de Dakar.
---------	-------------	---

- PATHOLOGIE DU BETAIL

Magatte	NDIAYE	Docteur Vétérinaire - Chercheur Laboratoire National de l'Élevage et de Recherches Vétérinaires de Dakar.
---------	--------	---

- ECONOMIE

Cheikh	LY	Docteur Vétérinaire - Chercheur FAO - Banjul.
--------	----	--

- AGRO-PEDOLOGIE

Alioune	DIAGNE	Docteur Ingénieur Département "Sciences des Sols" Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie - Thiès.
---------	--------	--

- SOCIOLOGIE RURALE

Oussouby

TOURE

Sociologue

Centre de Suivi Ecologique

Ministère du Développement Rural.

III. PERSONNEL EN MISSION (prévu)

- PARASITOLOGIE

Ph. DORCHIES Professeur
ENV - Toulouse (France)

M. KILANI Professeur
ENMV Sidi THABET (Tunisie)

- ANATOMIE PATHOLOGIQUE SPECIALE

G. VANHAVERBEKE Professeur
ENV - Toulouse (France)

- ANATOMIE

Y. LIGNEREUX Professeur
ENV - Toulouse (France)

- PATHOLOGIE DES EQUIDES ET CARNIVORES

A. CHABCHOUB Professeur
ENMV Sidi THABET (Tunisie)

- PATHOLOGIE DU BETAIL

Mlle A. LAVAL Professeur
ENV - Alfort (France)

M. ZRELLI Professeur
ENMV Sidi THABET (Tunisie)

- ZOOTECHE ALIMENTATION

A. BENYOUNES Professeur
ENMV Sidi THABET (Tunisie)

.../...

- GENETIQUE

D. CIANCI Professeur
Université de PISE (Italie)

- ALIMENTATION

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

R. GUZZINATI Docteur
Université de PADOUE (Italie)

- ANATOMIE PATHOLOGIQUE GENERALE

A. AMARA Maître de Conférences Agrégé
ENMV Sidi THABET (Tunisie)

- CHIRURGIE

A. CAZIEUX Professeur
ENV - Toulouse (France)

- OBSTETRIQUE

A. MAZOUZ Maître Assistant
Institut Agronomique et Vétérinaire
Hassan II - Rabat

- PATHOLOGIE INFECTIEUSE

J. CHANTAL Professeur
ENV - Toulouse (France)

- DENREOLOGIE

J. ROZIER Professeur
ENV - Alfort (France)

- PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES

M. **ROMDANE** Professeur
ENMV Sidi THABET (Tunisie)

P. **BENARD** Professeur
ENV - Toulouse (France)

- PHARMACIE

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

- TOXICOLOGIE

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

DEDICACES

GLOIRE A ALLAH LE TOUT-PUISSANT, LE MISERICORDIEUX !
BENI SOIT SON PROPHETE MAHOMET (Paix et Salut sur Lui) !

JE

DEDIE

CE

MODESTE

TRAVAIL...

- /T-) Mon Père Alioune DIAW
pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour nous.
- /T-) Ma défunte Mère Bassine DIOP
Mes pensées les plus pieuses vont à votre égard.
Puisse Allah le Tout Puissant vous accueillir dans son Paradis.
- /T-) Mon défunt oncle, le Professeur Birame DIOP
Que votre âme repose en paix.
- /T-) Ma tante Boussoura FALL
Trouvez dans ce travail, le témoignage de ma profonde gratitude.
- /T-) Mes frères et soeurs : Djiby, Badou, Fatou, Niambo
En témoignage de ma plus grande affection.
- /T-) Mon grand Ami Jean Amadou KEITA
- /T-) Tous mes parents
- /T-)u Docteur Meïssa NDIAYE et famille
- /T-) Mes amis d'enfance : M. TANGARA ; M. SONKO ; O. BADJI ;
A. GOMEZ ; O. NDIAYE ; M. SOKHNA ; B. KEITA ; I. NDIAYE.
- /T-)ux Docteurs M. SECK, Aly DIALLO, N. NIANG, N. DIEYE, L. FAYE,
B. DIOP.
- /T-)u Docteur Amadou GUEYE et à Bineta GUEYE.
- /T-) La 19ème Promotion de l'E.I.S.M.V.
- /T-) Tous les étudiants de l'E.I.S.M.V.
- /T-) La Jeunesse africaine.

A NOS MAITRES ET JUGES

- **Monsieur Ibrahima WONE**
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 Allah le Tout Puissant vous donner une très longue vie.

- **Monsieur Alassane SERE**
Professeur à l'EISMV de Dakar
Vous avez accepté avec spontanéité de siéger dans notre jury de thèse.
Profonde gratitude et sincères remerciements.

- **Monsieur Moussa ASSANE**
Maître de Conférences agrégé à l'EISMV
Vous avez inspiré ce travail et l'avez guidé avec efficacité.
Soyez assuré de notre vive reconnaissance.

- **Monsieur Malang SEYDI**
Maître de Conférences agrégé à l'EISMV
Vous avez accepté de siéger dans notre jury de thèse malgré vos nombreuses obligations.
Votre générosité envers les autres restera gravée dans nos mémoires et nos coeurs.

- **Madame Sylvie GASSAMA**
Maître de Conférences agrégé à la Faculté de Médecine et de Pharmacie
La spontanéité avec laquelle vous avez accepté de siéger dans notre jury de thèse nous offre l'occasion de vous exprimer nos sincères remerciements.

REMERCIEMENTS

- /T-) Monsieur DIDIER et au Docteur DIEME du Complexe avicole de MBAO.
- /T-) Mamadou KA
- /T-) Ndèye NGENARE DIOP pour votre franche collaboration.
- /T-) Mountaga TALL
- /T-) Malick HANE, Technicien au Laboratoire de Zootechnie-Alimentation de l'E.I.S.M.V.
- /T-) Madame BASSE, Secrétaire au L.N.E.R.V.
- /T-) Monsieur Omar BOUGALEB, Bibliothécaire au L.N.E.R.V.
- /T-) Adama A. THIAM, Ablaye DIOUF et Alioune FALL.

TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE - ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	3
CHAPITRE I : <u>PHYSIOLOGIE DE LA REPRODUCTION DE LA</u> <u>POULE</u>	4
1. <u>Anatomie de l'appareil génital</u>	4
1.1. L'ovaire	4
1.2. L'oviducte	4
2. <u>Physiologie de la ponte</u>	8
2.1. La croissance folliculaire	8
2.2. L'ovulation	9
2.3. La fécondation	9
2.4. Transit et oviposition	10
2.4.1. Chronologie du transit et formation de l'oeuf	10
2.4.2. Mécanisme de l'oviposition	12
2.5. Caractéristiques physiques et chimiques de l'oeuf	13
3. <u>Facteurs influençant la production des oeufs</u>	15
3.1. Facteurs climatiques	15
3.2. Facteurs alimentaires	16
CHAPITRE II : <u>MODIFICATION DU METABOLISME CALCIQUE AU</u> <u>COURS DE LA PONTE</u>	17
1. <u>Formes du calcium dans le sang</u>	17
2. <u>Sources d'apport du calcium</u>	17
2.1. Apport alimentaire	17
2.2. Apport osseux	18

.../...

	<u>Pages</u>
3. <u>Transfert du calcium dans l'utérus</u>	20
4. <u>Régulation hormonale de la calcémie</u>	24
4.1. Rôle de la parathormone	24
4.2. Rôle de la calcitonine	24
<u>CHAPITRE III</u> : <u>CONTROLE DU COMPORTEMENT ALIMENTAIRE</u> <u>DE LA POULE</u>	27
1. <u>Habitudes alimentaires</u>	27
2. <u>Contrôle de la prise de nourriture</u>	27
2.1. Contrôle périphérique	27
2.1.1. Rôle des informations sensorielles d'origine oro - pharyngée	27
2.1.1.1. Goût et saveur des aliments	27
2.1.1.2. Olfaction	28
2.1.2. Rôle du jabot	28
2.1.3. Autres formations digestives	28
2.2. Régulation centrale	29
2.2.1. Régulation glucostatique	29
2.2.2. Régulation lipostatique	31
2.2.3. Régulation aminostatique	31

	<u>Pages</u>
DEUXIEME PARTIE - ETUDE EXPERIMENTALE.....	33
<u>CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODES</u>	34
1. <u>Matériel</u>	34
1.1. Matériel animal	34
1.2. Bâtiment	35
1.3. Mangeoires et abreuvoirs	35
1.4. Aliments	35
1.5. Matériel de laboratoire	36
2. <u>Méthodes</u>	37
2.1. Constitution des lots	37
2.2. Prélèvement du sang	37
2.3. Prélèvement des tibias	37
2.4. Mesure de la quantité d'aliment consommé	37
2.5. Mesure de la quantité d'eau consommée	37
2.6. Mesure du poids des oeufs et du pourcentage de ponte	38
2.7. Mesure de la teneur en cendres des tibias	38
2.8. Dosage du calcium	38
2.8.1. Dosage du calcium osseux	38
2.8.1.1. Principe	38
2.8.1.2. Mode opératoire	39
2.8.2. Dosage du calcium sérique	39
2.8.2.1. Principe	39
2.8.2.2. Mode opératoire	40
2.9. Dosage du phosphore	41
2.9.1. Dosage du phosphore osseux	41
2.9.1.1. Principe	41
2.9.1.2. Mode opératoire	41
2.9.2. Dosage du phosphore sérique	43
2.9.2.1. Principe	43
2.9.2.2. Mode opératoire	43

CHAPITRE II : RESULTATS ET DISCUSSIONS	44
1. <u>Influence du niveau d'apport en calcium sur le comportement alimentaire</u>	44
2. <u>Influence du niveau d'apport en calcium sur le métabolisme phosphocalcique</u>	48
2.1. Influence sur la minéralisation osseuse	48
2.2. Influence sur la teneur en calcium et phosphore des tibias	50
2.3. Influence sur la teneur en calcium et phosphore du serum	51
3. <u>Influence du niveau d'apport en calcium sur la production des oeufs</u>	52
3.1. Influence sur le poids des oeufs	52
3.2. Influence sur la ponte	55
 CHAPITRE III : ETUDE PROSPECTIVE	 59
 CONCLUSION	 65
 BIBLIOGRAPHIE	 69

LISTE DES TABLEAUX

	<u>Pages</u>
Tableau n° 1 - Caractéristiques physiques de l'oeuf de poule	13
Tableau n° 2 - Caractéristiques chimiques de l'oeuf de poule	14
Tableau n° 3 - Influence de la température sur les performances des poulettes pondeuses	15
Tableau n° 4 - Traitement préventif des poules	34
Tableau n° 5 - Aliment de base	36
Tableau n° 6 - Réactifs	40
Tableau n° 7 - Composition du blanc réactif, de l'étalon et de la solution à doser	41
Tableau n° 8 - Concentration du réactif et de la solution étalon	43
Tableau n° 9 - Evolution de la consommation alimentaire des poules des différents lots	44
Tableau n° 10 - Consommation alimentaire moyenne des poules des différents lots	46
Tableau n° 11 - Evolution de la consommation d'eau des poules des différents lots	47
Tableau n° 12 - Consommation moyenne d'eau des poules des différents lots	48
Tableau n° 13 - Teneur en cendres des deux tibias en fonction du niveau d'apport en calcium	48
Tableau n° 14 - Teneur en calcium et phosphore des tibias des poules des différents lots	50

.../...

Tableau n° 15	- Phosphatémie et calcémie des poules des différents lots	51
Tableau n° 16	- Evolution du poids des oeufs en fonction de la teneur de l'aliment en calcium	53
Tableau n° 17	- Influence du niveau d'apport en calcium sur la production des oeufs et sur la qualité de la coquille	55
Tableau n° 18	- Evolution de la production hebdomadaire d'oeufs.	56
Tableau n° 19	- Equations des droites représentant les productions d'oeufs à partir de la 25e semaine.....	59
Tableau n° 20	- Pourcentages de ponte	60
Tableau n° 21	- Efficacité alimentaire	63

LISTE DES FIGURES

	<u>Pages</u>
Figure n° 1 - Situation de l'appareil reproducteur femelle dans la cavité abdominale : vue ventrale	3
Figure n° 2 - Situation de l'appareil reproducteur femelle dans la cavité abdominale : vue latérale gauche	3
Figure n° 3 - Représentation schématique de l'oviducte de la poule	7
Figure n° 4 - Schéma de la synthèse de la formation de l'oeuf chez la poule	11
Figure n° 5 - Augmentation de la teneur en phosphore minéral du sang au cours de la formation de la coquille...	19
Figure n° 6 - Représentation des échanges d'ions aboutissant à la précipitation du CaCO ₃ sur la coquille.....	21
Figure n° 7 - Evolution de la teneur en bicarbonate du liquide utérin (a) et du plasma (b) au cours de la formation de la coquille	23
Figure n° 8 - Schéma de la régulation de la calcémie chez la poule pondeuse	26
Figure n° 9 - Dilution de la solution mère	42
Figure n° 10 - Evolution de la consommation en fonction de la teneur en calcium de l'aliment	45
Figure n° 11 - Evolution de la consommation d'eau en fonction de la teneur en calcium de l'aliment	49
Figure n° 12 - Evolution du poids des oeufs en fonction de la teneur en calcium de l'aliment	54
Figure n° 13 - Evolution du pourcentage de ponte en fonction de la teneur en calcium de l'aliment	57

Figure n° 14 - Evolution théorique du pourcentage de ponte en fonction de la teneur en calcium de l'aliment	61
Figure n° 15 - Evolution de l'efficacité alimentaire en fonction de la teneur en calcium de l'aliment	64

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

INTRODUCTION

La sécheresse chronique qui sévit en Afrique sahélienne a amené les autorités politiques et les services techniques à prospecter les voies et moyens qui pourraient promouvoir le secteur rural malgré les conditions climatiques difficiles.

Dans le domaine de l'élevage, une des solutions préconisées est l'orientation vers des espèces animales moins dépendantes des aléas climatiques.

C'est pourquoi ces dernières années ont vu le développement de l'aviculture basée sur des races performantes étrangères. Or, un des facteurs limitant de l'élevage aviaire dans notre sous-région, est le climat qui peut agir directement ou indirectement par l'alimentation.

Il convient donc, pour optimiser le rendement de l'élevage des volailles, d'adapter l'alimentation à nos réalités climatiques. C'est la raison pour laquelle nous nous sommes proposés d'étudier l'influence du niveau d'apport en calcium sur le comportement alimentaire, le métabolisme phosphocalcique et la production des oeufs chez la poule pondeuse. En effet, le calcium est un élément essentiel dans la production des oeufs. Or, la seule source de ce minéral à moyen et long terme pour la poule pondeuse est constituée par le calcium apporté par l'aliment (1).

Mais l'absorption digestive du calcium, et par conséquent le niveau optimum d'apport, peut être influencée par le climat en rapport avec les mécanismes physiologiques impliqués dans la régulation de la calcémie.

Notre étude sera présentée en deux parties :

- première partie : étude bibliographique,
- deuxième partie : étude expérimentale.

PREMIERE PARTIE

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I - PHYSIOLOGIE DE LA REPRODUCTION DE LA POULE

1. ANATOMIE DE L'APPAREIL GENITAL

L'appareil génital de la poule est formé d'un ovaire et d'un oviducte.

1.1. L'ovaire

L'ovaire se situe dans la partie supérieure de la cavité abdominale sous l'aorte et la veine cave postérieure. Il s'appuie sur le rein et le poumon et, ventralement, sur le sac aérien abdominal gauche (figure 1). La glande surrénalienne gauche est étroitement accolée à l'ovaire, l'ensemble étant suspendu à la paroi dorsale par un repli du péritoine contenant vaisseaux sanguins, nerfs et muscles lisses de soutien. L'irrigation artérielle dérive de l'artère rénale antérieure. Il existe deux veines ovariennes qui rejoignent la veine cave supérieure. L'innervation est très développée, spécialement en direction des follicules.

L'ovaire a l'aspect d'une grappe du fait de la présence de sept à dix follicules contenant chacun un jaune en phase d'accroissement rapide. A côté de ceux-ci, de très nombreux petits follicules (plus de 1 000 visibles à l'oeil nu) ainsi que un ou deux follicules vides (stade préovulatoire) qui dégénèrent rapidement.

1.2. L'oviducte

L'oviducte se présente comme un tube étroit de couleur rose pâle s'étendant dans la région de l'ovaire au cloaque. Sa longueur est d'environ 70 cm et son poids à vide proche de 40 g. Il est suspendu le long de la surface ventrale du rein gauche par un repli du péritoine divisé en deux ligaments qui renferment des fibres musculaires lisses.

L'irrigation artérielle de l'oviducte se fait à quatre niveaux (quelquefois cinq) à partir du système artériel général. L'innervation de la partie distale est particulièrement développée : elle joue un rôle important dans la progression de l'oeuf en formation et l'oviposition mais pas dans le contrôle des sécrétions.

.../...

Figure 1 : Situation de l'appareil reproducteur femelle dans la cavité abdominale.
Vue ventrale (d'après Gilbert)
Source : (1)

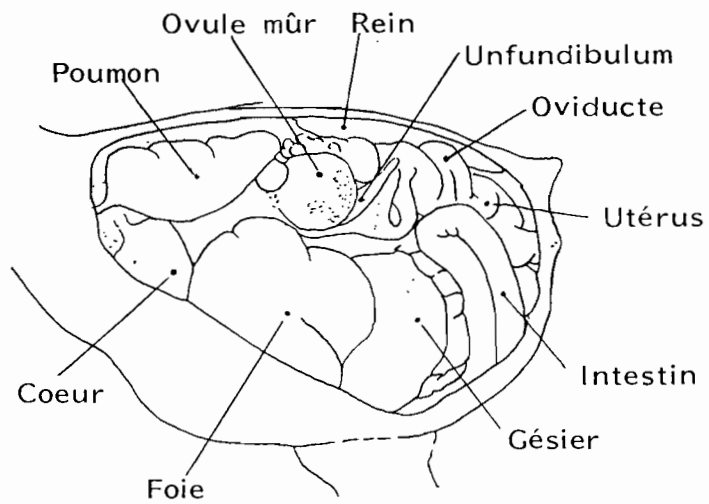
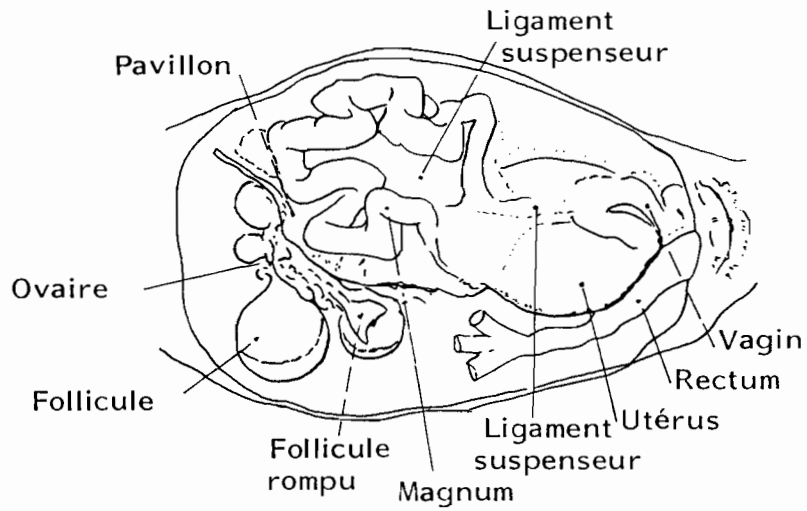


Figure 2 : Situation de l'appareil reproducteur femelle dans la cavité abdominale.
Vue latérale gauche (d'après Taylor)
Source : (1)

L'oviducte peut être divisé en cinq zones qui sont, dans le sens antero-postérieur (figure 3) :

- l'infundibulum ou pavillon, zone très fine non rattachée à l'ovaire. Le pavillon a une forme d'entonnoir et ne présente pas de replis de la muqueuse interne ;
- le magnum est la partie la plus longue de l'oviducte. Sa paroi est très extensible, et contrairement à celle du pavillon, présente sur sa face interne des plis très importants dont l'épaisseur peut atteindre 5 mm. C'est la zone la plus riche en cellules et en glandes sécrétrices de tous types. Le magnum est nettement séparé de la zone suivante par une étroite bande translucide sans glande ni repli interne ;
- l'isthme présente un léger rétrécissement du diamètre par rapport au magnum. Ses replis de la muqueuse interne sont moins accentués que ceux du magnum. Ses quatre derniers centimètres, constituant l'isthme rouge (par opposition à l'isthme blanc antérieur) sont richement vascularisés ;
- L'utérus ou glande coquillière se distingue nettement des segments précédents par sa forme de poche et l'épaisseur de sa paroi musculaire. Ses replis internes sont moins continus que ceux des segments antérieurs car interrompus par des protubérances transverses, l'ensemble formant un relief extrêmement complexe ;
- le vagin est une partie étroite et musculaire. Il est séparé de l'utérus par un resserrement appelé jonction utéro-vaginale qui joue un rôle primordial dans la progression et la conservation des spermatozoïdes. Le vagin est souvent fortement coudé, ce qui peut poser problème lors d'insémination artificielle. Sa paroi interne comporte des replis longitudinaux mais pas de glandes sécrétrices. Il débouche dans la moitié gauche du cloaque.

.../...

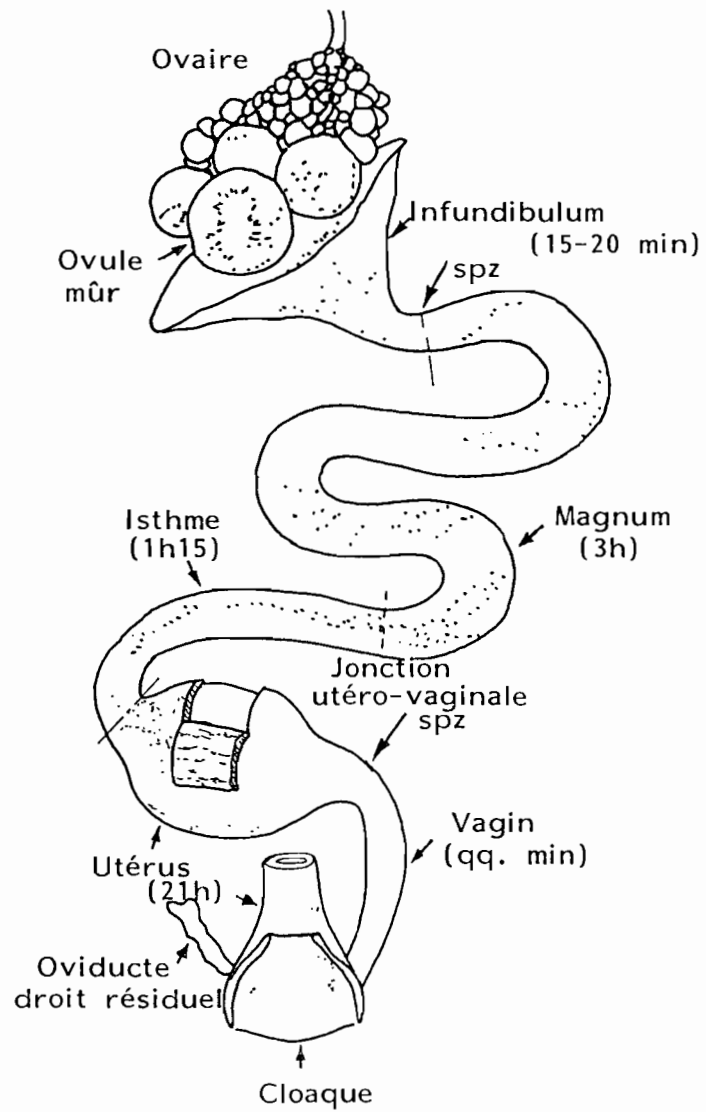


Figure 3 : Représentation schématique de l'oviducte de poule (d'après Taylor, 1970)

Source : (1)

2. PHYSIOLOGIE DE LA PONTE

2.1. La croissance folliculaire

Au cours du développement embryonnaire, vers le septième - neuvième jour d'incubation, les ébauches des deux ovaires sont parfaitement formées mais l'ovaire droit et l'oviducte du même côté n'arrivent pas à développement complet et restent rudimentaires.

A l'âge de quatre - six mois, l'ovaire gauche entre en activité. Après ablation de cet ovaire gauche, les ébauches gonadiques droites peuvent donner naissance à un organe de structure testiculaire, dans lequel peuvent même se former des spermatozoïdes.

Au moment de l'éclosion, les ovaires forment un organe relativement petit possédant une zone médullaire et un cortex avec de nombreux petits ovocytes. Pendant les deux - trois mois suivants, les follicules augmentent progressivement de taille et une à deux semaines avant le début de ponte, toute une série de follicules montrent un accroissement considérable de volume. Cette évolution vient d'une production accrue d'hormones folliculo-stimulante ante-hypophysaire car elle est supprimée par l'hypophysectomie. L'ovocyte est entouré d'une membrane folliculaire richement vascularisée ; cette membrane édifie le vitellus mis en réserve par l'ovocyte au cours de son développement.

Comme préparation à la période de ponte, l'hormone stimulante des cellules interstitielles (ICSH) est sécrétée en quantité accrue par l'antehypophyse ; cette hormone fait augmenter la synthèse d'oestrogènes au niveau de l'épithélium folliculaire. Les oestrogènes déterminent un accroissement de la synthèse des protéines de transport (pour les acides gras, le calcium et le phosphore) au niveau du foie et une augmentation considérable des taux sanguins des composés qui ont une importance pour la production des oeufs. Le complet développement de l'oviducte est hâté par les oestrogènes.

Dès le début de sa période d'accroissement, la paroi du follicule ovarique montre déjà un territoire faiblement vascularisé dont l'épaisseur ira sans cesse en diminuant ; c'est à ce niveau que se fera

LA MÉNSTRUATION

la déhiscence folliculaire. L'ovulation est déclenchée par l'ICSH. Les mitoses équationnelle et réductionnelle caractérisant la maturation de l'ovocyte se produisent quelques heures avant l'ovulation ; la maturation est achevée au moment de la déhiscence folliculaire (15).

2.2. L'ovulation

L'ovulation est assurée par l'ouverture du follicule au niveau du stigma. Elle est déclenchée par la LH hypophysaire. La sécrétion de cette dernière est sous le contrôle de l'hypothalamus au moyen de "Releasing Hormones" (RH) (dit aussi releasing factor ou RF) qui transitent par le "Shunt" veineux et qui, comme leur nom l'indique, entraînent la libération des hormones hypophysaires : celle stimulant la libération de LH s'appelle donc LH-RH. Chez les oiseaux, l'ovulation peut être effectivement provoquée par injection de LH-RH exogène et inhibée par des anticorps anti -LH-RH.

Il a été dit pendant longtemps que l'extinction de la lumière déclenchait directement la sécrétion de LH-RH aboutissant au pic pré-ovulatoire de LH. Cette explication est en réalité insuffisante car elle ignore d'une part le fait que l'ovulation puisse intervenir en lumière permanente, d'autre part le rôle des stéroïdes dans la libération de LH-RH.

Il revient à Williams d'avoir démontré plus précisément que, dans les conditions usuelles d'alternance jour-nuit, une première petite libération de LH intervient environ 10 heures avant l'ovulation (souvent juste après l'extinction de la lumière). Elle est suivie d'une première sécrétion de progestérone qui, par le phénomène de feed-back positif, entraîne, via l'hypothalamus, la décharge préovulatoire de LH qui provoquera, 6 heures plus tard, l'ovulation. Une sécrétion importante de tous les stéroïdes ovariens accompagne la décharge préovulatoire de LH (1).

2.3. La fécondation

Elle intervient dans l'infundibulum lorsque le jaune n'est encore recouvert que de la membrane vitelline interne. Les spermatozoïdes s'agglutinent préférentiellement face au disque germinatif et s'in-

sèrent entre les fibres de la membrane ; une enzyme trypsique (acrosine) libérée par l'acrosome attaque la substance présente entre les fibres et permet la pénétration du spermatozoïde. La polyspermie est très fréquente mais un seul noyau du spermatozoïde fusionne avec le noyau de l'ovocyte.

2.4. Transit et oviposition

2.4.1. Chronologie du transit et formation de l'oeuf

Une fois mûr, le vitellus quitte l'ovaire, tombe dans le pavillon ou infundibulum et y séjourne pendant un quart d'heure. Après le pavillon, le vitellus passe au niveau du magnum qui sécrète le blanc. Le séjour y dure environ trois heures.

Faisant suite au magnum, l'isthme est le lieu de formation des deux membranes coquillières. Cette formation dure environ une heure. Après l'isthme, l'oeuf passe dans la chambre coquillière où il est le siège de nombreux processus d'échanges et d'édifications. A son entrée dans cette région, il est enveloppé des membranes de l'oeuf, de structure encore lâche. Au bout de quelques heures, les membranes deviennent plus dures sous l'effet de sécrétions utérines qui doublent leur teneur en albumine. A partir de la sixième heure, des sels de calcium commencent à être déposés à la surface de la membrane coquillière et la coquille se forme. L'oeuf reste en tout dix huit à vingt heures dans la chambre coquillière.

L'oeuf ainsi achevé sera alors acheminé, sous l'effet des contractions de la musculature de la chambre coquillière, à travers un vagin long de 10 à 12 cm pour être expulsé par évagination de ce dernier sans tomber dans le cloaque.

Tous les phénomènes observés au niveau des organes génitaux sont réglés par l'hypophyse, elle-même soumise à un contrôle nerveux par la voie de l'hypothalamus.

.../...

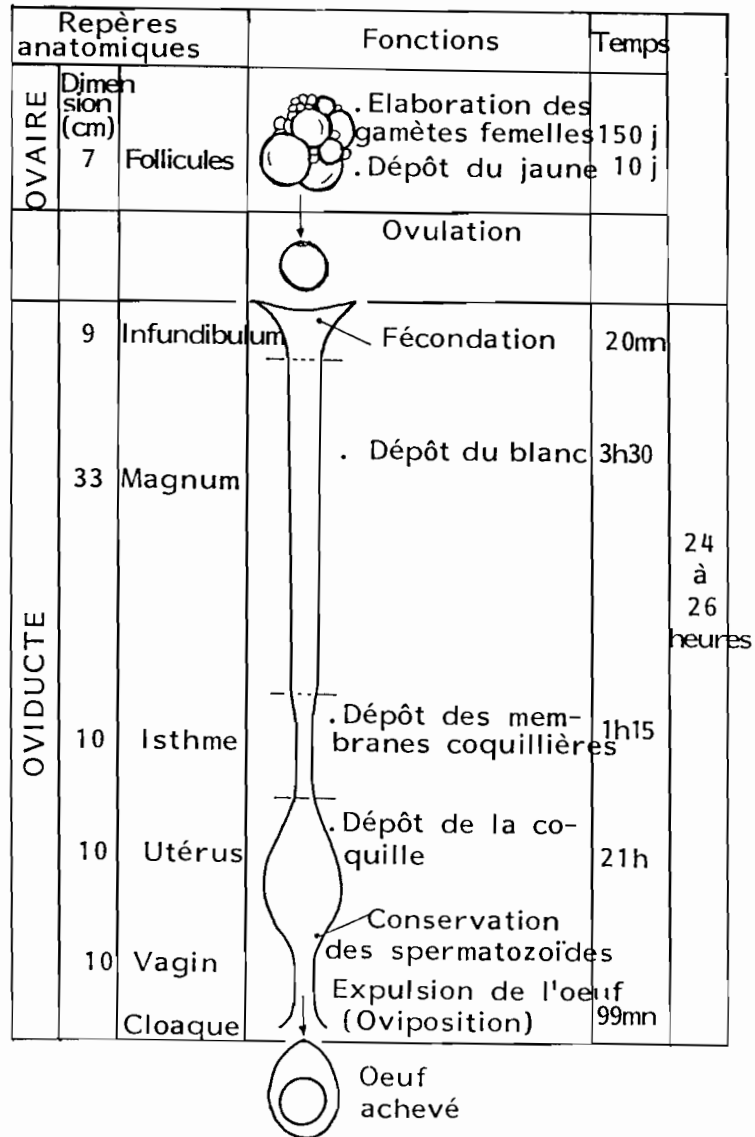


Figure 4 : Schéma de synthèse de la formation de l'oeuf chez la poule.

Source : (1)

L'activité fonctionnelle du centre génital et de l'hypophyse étant périodique, l'hormone folliculo-stimulante et l'hormone stimulant les cellules interstitielles sont excrétées de façon discontinue et l'ovulation est cyclique ; les oeufs seront ainsi pondus à intervalles déterminés. L'expulsion de l'oeuf hors de la chambre coquillière est conditionnée par des phénomènes nerveux et hormonaux. L'injection d'acétylcholine et d'histamine provoque chez la poule l'expulsion d'oeufs incomplètement formés ; l'injection d'extraits post hypophysaires provoque la ponte en quelques minutes. Les solutions d'ocytocine peuvent déclencher des contractions de la chambre coquillière de la poule.

2.4.2. Mécanisme de l'oviposition

La propagation de l'oeuf en formation dans le magnum et l'isthme est assurée par une inhibition des muscles lisses postérieurs à l'oeuf jointe à une importante activité des muscles antérieurs. L'activité contractile de l'utérus reprend nettement lorsque l'oeuf y pénètre : elle assure à l'oeuf un mouvement lent de rotation autour de son grand axe qui dure pendant toute la formation de la coquille. Après un plateau de 2 à 3 heures pendant lesquelles s'achève le dépôt de la cuticule et la pigmentation, les contractions utérines atteignent un paroxysme et provoquent l'expulsion de l'oeuf dans le vagin puis, quelques minutes plus tard, à l'extérieur.

On a longtemps pensé que l'oviposition était déclenchée par la décharge d'une hormone sécrétée par la post-hypophyse (ou lobe nerveux de l'hypophyse) ; l'arginine-vasotocine (ou AVT) qui, chez les oiseaux, joue le double rôle d'hormone pressive et d'hormone antidiurétique. Incontestablement, cette hormone est sécrétée lors de chaque oviposition, mais cette dernière n'est pas supprimée par l'ablation de la post-hypophyse. A l'opposé, le retrait du follicule ovarien venant d'ovuler provoque un retard d'oviposition de 20 à 50 heures. La progestérone et/ou les prostaglandines E et F en provenance de ce follicule, semblent donc plus importantes que l'AVT. Les prostaglandines E qui entraînent simultanément contraction de l'utérus et relâchement du vagin jouent certainement un rôle privilégié dans l'oviposition.

.../...

L'oviposition est accompagnée d'une série d'autres évènements physiologiques regroupés sous l'appellation de comportement de nidation : arrêt de consommation d'aliment et d'eau, absence de défécation, augmentation de la température corporelle, recherche d'une position particulière, chant éventuel après la ponte, etc... Ce comportement se produit toujours 26 heures environ après l'ovulation même si, artificiellement, l'oeuf a été retiré plus tôt de l'oviducte. A l'opposé, il disparaît après suppression du follicule post-ovulatoire et dépend donc très probablement aussi des sécrétions endocriniennes de ce dernier, programmées dès l'ovulation (1).

2.5. Caractéristiques physiques et chimiques de l'oeuf

2.5.1. Caractéristiques physiques

Milieu	Caractéristiques				
	Couleur	Poids (g)	Densité	pH	Point cryoscopique °C
Vitellus	± jaune	≈ 18 g		5,8 - 6	- 0,57
Albumen	blanchâtre +ou- teinté en jaune par l'ovo- flavine	33 - 34	1041-1043	7,2 - 7,6	- 0,42 à - 0,43°C
Oeuf entier		58	1063		

Tableau 1 : Caractéristiques physiques de l'oeuf de poule .

Source : (41)

.../...

2.5.2. Caractéristiques chimiques

Parties	Constituants chimiques						
	Eau (p.100)	Protéines	Vitamines	Lipides	Minéraux	Enzymes	Glucides
VITELLUS	51	Ovovitelline	A B D	Glycéride Cholestérol Lecithine	Fer	Lipases	Glucose 0,6 %
ALBUMEN	88	Ovalbumine riche en lysine et en tryptophane Conalbumine Chelateur du fer, du cuivre et du zinc Avidine Antivitamine (complexe la- biotine) Ovomucoïde Ovoglobuline	B (C)		CO ₂ (22ml) Bicarbonate Phosphate Chlorures (K Na) Sodium	Lysozyme bactériostatique Proteases Phosphatases α Amylases	0,8 %
COQUILLE	2	Ooporphyrine Mucine			96 % CO ₃ , PO ₄ Ca , Mg		

Tableau 2 : Caractéristiques chimiques de l'oeuf de poule.

Source : (41)

.../...

3. FACTEURS INFLUENCANT LA PRODUCTION DES OEUFS

3.1. Facteurs climatiques

La température élevée a un effet néfaste sur la consommation d'aliment, la vitesse de croissance, la production des oeufs, l'éclosivité, la dimension des oeufs et la qualité de la coquille (tableau 3).

	Température		
	Constante		Fluctuante 13 à 32 °C et vice-versa à toutes les 24 heures
	32 °C	13 °C	
% mortalité	17	3	2
Moyenne production d'oeufs 285 jours	129	177	188
Consommation aliment par poule et par jour	86 grammes	127	109
Quantité d'aliment pour pondre 1 oeuf	196	204	160
Epaisseur coquille (cm)	0,34	0,38	0,37
Poids moyen des oeufs (g)	50,5 g	59,0	56,7

Tableau 3 : Influence de la température sur les performances des poulettes pondeuses.
Mueller 1962 doc.1

Source : (6)

Pendant les périodes chaudes de l'année, il y a une diminution de l'ingestion de nourriture. Il y a également une accélération de la respiration qui entraîne une acidose métabolique et par conséquent un épuisement des réserves alcalines d'où une baisse de la production d'ions bicarbonates qui a pour conséquence une fragilité de la coquille.

3.2. Facteurs alimentaires

Comme toute fonction, la production des oeufs est fonction de l'alimentation. La poule pondeuse est relativement résistante au déficit d'abreuvement, mais nécessite un apport adéquat en énergie, en protéines, en vitamines et surtout en minéraux. Parmi les minéraux, le calcium est l'élément le plus important. En effet, un oeuf contient 2 à 2,2 g de calcium et pour répondre aux exigences de la ponte, la poule mobilise environ 10 % par jour du calcium total de son organisme. Cette augmentation du turnover du calcium implique des modifications du métabolisme calcique.

.../...

CHAPITRE II - MODIFICATION DU METABOLISME CALCIQUE AU COURS DE LA PONTE

1. FORMES DU CALCIUM DANS LE SANG

Dans le sang de la poule, le calcium se présente sous deux formes essentielles :

- forme diffusible (calcium ionique et calcium lié à de petites molécules telles que le citrate ; environ 60 mg/l) ;
- forme non diffusible (calcium lié aux protéines : 150 à 200 mg/l).

La calcémie totale est deux fois plus élevée chez la poule en ponte (200 à 250 mg/l) que chez la poulette immature ou le coq (100 mg/l). Cette augmentation de la calcémie est sous le contrôle des oestrogènes et ne porte que sur la fraction liée au calcium. Seule la fraction ionisée est cependant susceptible d'être transférée à travers les cellules utérines ; c'est l'existence d'un échange constant entre les formes liée et libre du calcium sanguin qui permet de limiter la chute de la calcémie ionique à la sortie de l'utérus bien que 20 p.100 environ du calcium total ont été "prélevés" par cet organe.

L'approvisionnement en calcium de l'utérus est en outre facilité par le fait que le débit sanguin augmente localement pendant la sécrétion de la coquille.

2. SOURCES D'APPORT DU CALCIUM

2.1. Apport alimentaire

Si à court terme, le calcium de la coquille vient du sang, la seule source à moyen et long terme est constituée par le calcium apporté dans l'aliment (1).

L'intestin participe activement à la régulation immédiate du métabolisme calcique de la poule puisque la rétention du calcium passe de 40 à 80 p.100 lorsque la poule forme une coquille. Ceci est dû à

deux mécanismes complémentaires :

- le premier est l'augmentation, dès l'entrée en ponte, des capacités d'absorption due à la synthèse, sous contrôle des oestrogènes, d'un métabolite actif de la vitamine D, le 1.25 dihydrocholécalférol qui augmente la perméabilité de la muqueuse intestinale au calcium et y induit la synthèse d'une protéine liant le calcium (calcium binding protein) ;
- le deuxième est l'augmentation des sécrétions digestives acides du jabot (acide lactique) et du proventricule (acide chlorhydrique). Il en résulte une meilleure dissolution du carbonate de calcium apporté par l'aliment et, partant, une quantité plus élevée de calcium absorbable. Le contenu en calcium soluble du gésier est d'ailleurs multiplié par 2,5 pendant la formation de la coquille. Le calcium ainsi absorbé peut être utilisé directement au niveau utérin, sans être déposé préalablement sur l'os.

2.2. Apport osseux

Le calcium déposé sur la coquille ne provient jamais en totalité de l'intestin ; une partie est prélevée sur le squelette (Sauveur,(1) 1988). Dans les conditions normales d'apport alimentaire de calcium, la mobilisation du squelette est probablement importante en fin de nuit lorsque le tube digestif ne contient pas assez de calcium absorbable. Cependant, la teneur en phosphore minéral du sang (reflet de la mobilisation du phosphate tricalcique de l'os) augmente dès le début de la formation de la coquille (figure 5), c'est à dire à un stade qui se situe en moyenne avant l'extinction de la lumière. La mobilisation osseuse semble donc inéluctable mais il a été montré :

- qu'elle est inversement proportionnelle au contenu intestinal en calcium lorsque celui-ci est modifié expérimentalement ;
- que les coquilles formées sont d'autant plus épaisses que la participation osseuse est faible. Ceci justifie le souci de favoriser au maximum la provenance intestinale du calcium en adaptant les repas aux cycles de formation de l'oeuf.

.../...

Teneur en phosphore
minéral du plasma

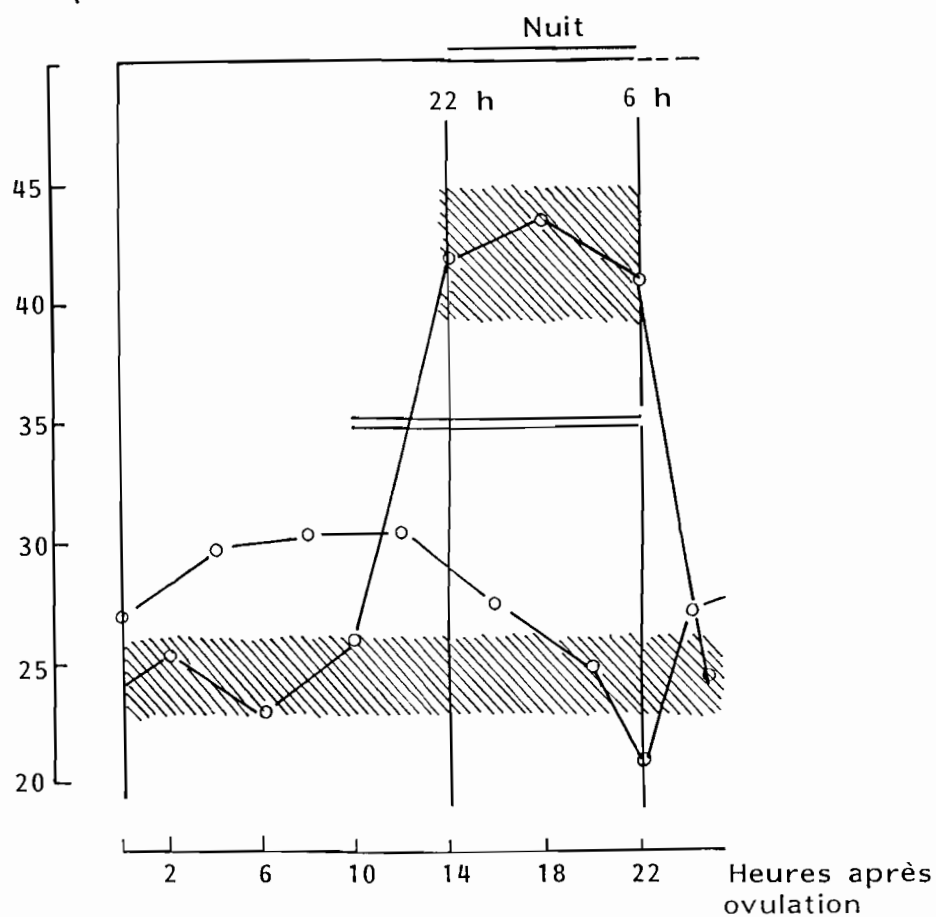


Figure 5 : Augmentation de la teneur en phosphore minéral du sang au cours de la formation de la coquille (d'après Mongin et Sauveur 1979)

Source : (1)

La mobilisation du calcium osseux est facilitée par la présence d'une forme osseuse particulière, localisée dans la cavité de la moelle et appelée pour cette raison os médullaire. Ce dépôt commence à se former 10 à 14 jours avant la ponte du premier oeuf sous l'influence combinée des oestrogènes et des androgènes. Le cycle journalier de mobilisation osseuse est en grande partie dû à une modification d'activité des populations cellulaires. Pendant la formation de la coquille, les cellules assurant la destruction osseuse (osteoclastes) sont les plus actives alors que celles assurant le dépôt osseux (osteoblastes) le deviennent entre les phases de sécrétion de la coquille. Cette activité des osteoclastes est sous contrôle endocrinien ; un abaissement du taux d'oestrogènes circulants a longtemps été évoqué mais il est beaucoup plus probable qu'elle doive être reliée à une décharge de parathormone (produite par les glandes parathyroïdes) dont le rôle est justement, chez tous les vertébrés, d'assurer une mobilisation de l'os.

Le phosphore minéral libéré de l'os en même temps que le calcium n'est pas directement utile à la formation de la coquille ; il est éliminé par l'urine où il participe à l'élimination des protons sous forme de phosphates di-acides. Ainsi, le phosphore incorporé à grand frais dans l'alimentation des poules se retrouve en quasi-totalité dans les déjections quelques jours plus tard. C'est là encore, une raison pour chercher à réduire la participation du squelette dans l'approvisionnement calcique utérin (1).

3. TRANSFERT DU CALCIUM DANS L'UTERUS

Le "moteur" de base des différents transferts est une sécrétion de sodium dans le liquide utérin, effectuée par les cellules glandulaires. Pour respecter l'équilibre des charges électriques, le sodium (Na^+) est accompagné de chlore (Cl^-) en provenance du plasma sanguin et de bicarbonate (HCO_3^-) produit essentiellement à l'intérieur de la cellule par hydratation du gaz carbonique (CO_2) en présence d'enzyme : l'anhydrase carbonique. Une inhibition de cette dernière supprime presque totalement la formation de la coquille et le transfert du calcium ; ce qui indique bien la liaison entre ces mécanismes.

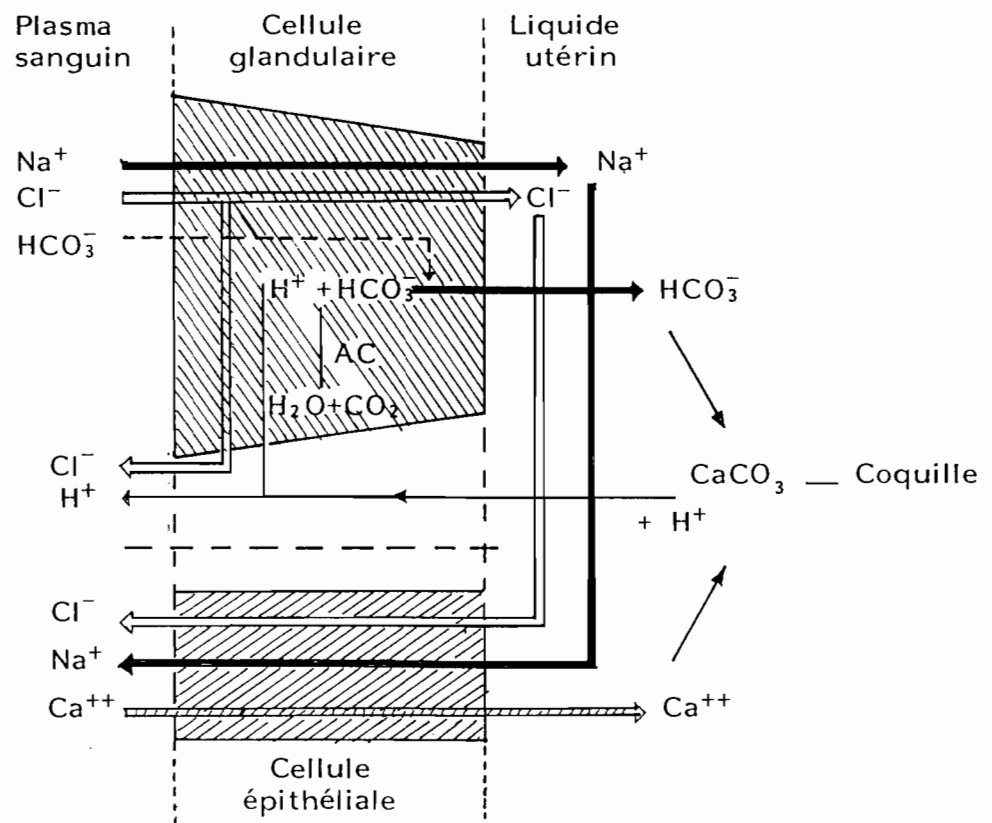


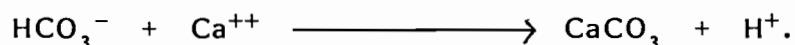
Figure 6 : Représentation des échanges d'ions aboutissant à la précipitation du CaCO_3 sur la coquille.
(d'après Mongin et Sauveur, 1973)

Source : (1)

A.C. = Anhydrase carbonique.

Une partie des ions chlore secrétés est directement réabsorbée par la cellule glandulaire pour "accompagner" les protons (H⁺) résultant de l'hydratation du gaz carbonique. Le chlore et le sodium atteignant la lumière utérine sont finalement réabsorbés par les cellules de l'épithélium dans un rapport différent de l'unité (Na⁺ > Cl⁻) ; il en résulte un excédent de charges électriques positives réabsorbées qui permet une sécrétion de calcium (Ca⁺⁺). Le rôle réel de protéines fixant le calcium, effectivement présentes dans la muqueuse à partir de la maturation sexuelle, n'est pas clairement démontré.

Dans le liquide utérin, la présence simultanée d'ions Ca⁺⁺ et HCO₃⁻ permet la précipitation du carbonate de calcium sur la coquille suivant une réaction qu'on peut écrire :



Cette dernière phase est bien illustrée par l'évolution de la teneur en bicarbonate du liquide utérin (figure 7) qui chute brutalement entre 10 et 12 heures après ovulation pour remonter après la 22ème heure.

.../...

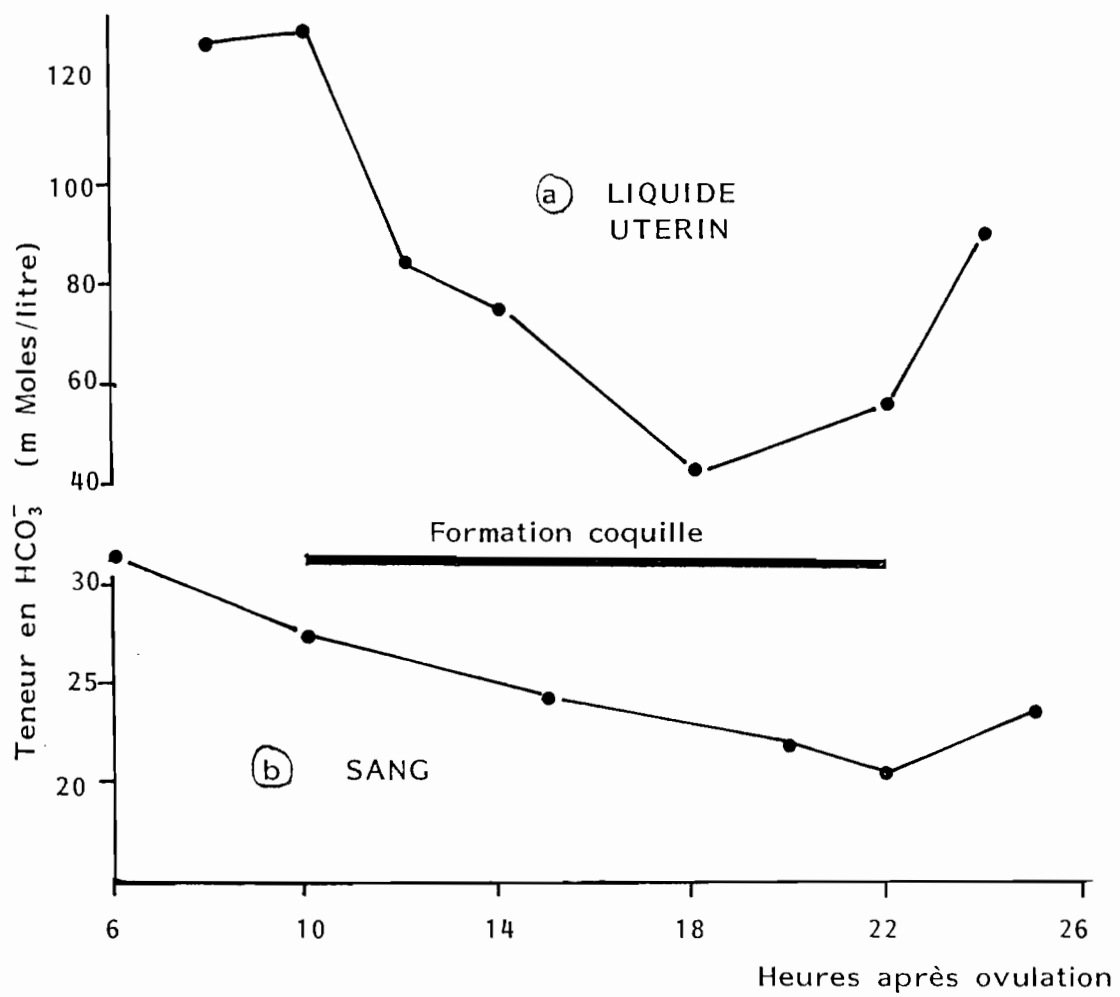


Figure 7 : Evolution de la teneur en bicarbonate du liquide utérin (a) et du sang (b) au cours de la formation de la coquille.

Source : (1)

Le contrôle endocrinien de la formation de la coquille n'est pas connu mais on sait qu'elle ne peut intervenir que pendant un temps donné après l'ovulation et qu'une distention utérine n'est pas suffisante pour la déclencher. Une relation avec le cycle ovarien est donc probable (1).

4. REGULATION HORMONALE DE LA CALCEMIE

Chez la poule pondeuse, le métabolisme calcique est essentiellement tourné vers un but précis : la formation de la coquille de l'oeuf, période pendant laquelle les besoins en calcium sont énormes. La coquille d'un oeuf contient environ 2 g de calcium que la poule mobilise à raison de 100 mg par heure. Une partie de ce calcium provient de l'os médullaire. Il peut être détruit et réformé très rapidement, et subir des variations cycliques : phase de formation osseuse intense alternant avec une phase de destruction aussi intense correspondant à la formation de la coquille (G.M. Speers et collaborateurs cités par Calamy Hubert). Les variations sont sous la dépendance étroite de deux hormones : la parathormone d'origine parathyroïdienne à action hypercalcémisante et la calcitonine d'origine ultimobranchiale à action hypocalcémisante (3).

4.1. Rôle de la parathormone

Elle conditionne et déclenche la résorption de l'os médullaire au moment de la formation de la coquille. Le mécanisme d'action de la parathormone sur la mobilisation du calcium est en relation avec le cycle cellulaire de l'os (ostéoclastes, ostéocytes, ostéoblastes). L'os répond à l'action de la parathormone par une multiplication du nombre des ostéoclastes (Talmage 1965, Doty 1968 cités par Calamy Hubert (3)).

4.2. Rôle de la calcitonine

Son action chez la poule pondeuse est encore assez mal définie. Pour la calcitonine endogène, son action, chez la poule pondeuse, serait faible par rapport à celle de la parathormone.

.../...

Des expériences (Kraintz et Intoscher 1969 cités par Calamy Hubert) (3) ont en effet montré que l'injection de calcitonine aviaire ne donne pas de résultats sensibles sur des animaux normaux, mais, par contre, produit une chute sensible de la calcitonine lorsqu'on supprime l'action de la parathormone par ablation partielle des parathyroïdes. Pour Taylor, cité par Calamy Hubert, la calcitonine a un rôle problématique chez la poule pondeuse et des injections d'hormones exogènes ne produisent qu'une hypocalcémie minime.

D'autres expériences semblent, néanmoins, prouver que la calcitonine a un rôle non négligeable, puisque si l'on augmente la calcémie par un régime riche en calcium, on assiste à une hypertrophie du corps ultimo-branchial, ainsi qu'à une augmentation de son activité (Mueller, Anas , Breitenbach 1970 cités par Calamy Hubert)(3).

En conclusion, la ponte nécessite un apport important de calcium pour l'édification de la coquille des oeufs. Ce calcium a deux origines ; une origine osseuse donc endogène et une origine alimentaire c'est-à-dire exogène. Mais même si le calcium du squelette intervient dans la production des oeufs, son rôle est secondaire par rapport au calcium alimentaire. Or, la disponibilité du calcium alimentaire est fonction de sa consommation, ce qui nous amène à envisager les facteurs influençant l'apport alimentaire du calcium dans un cadre général du contrôle de la prise de nourriture chez les oiseaux.

.../...

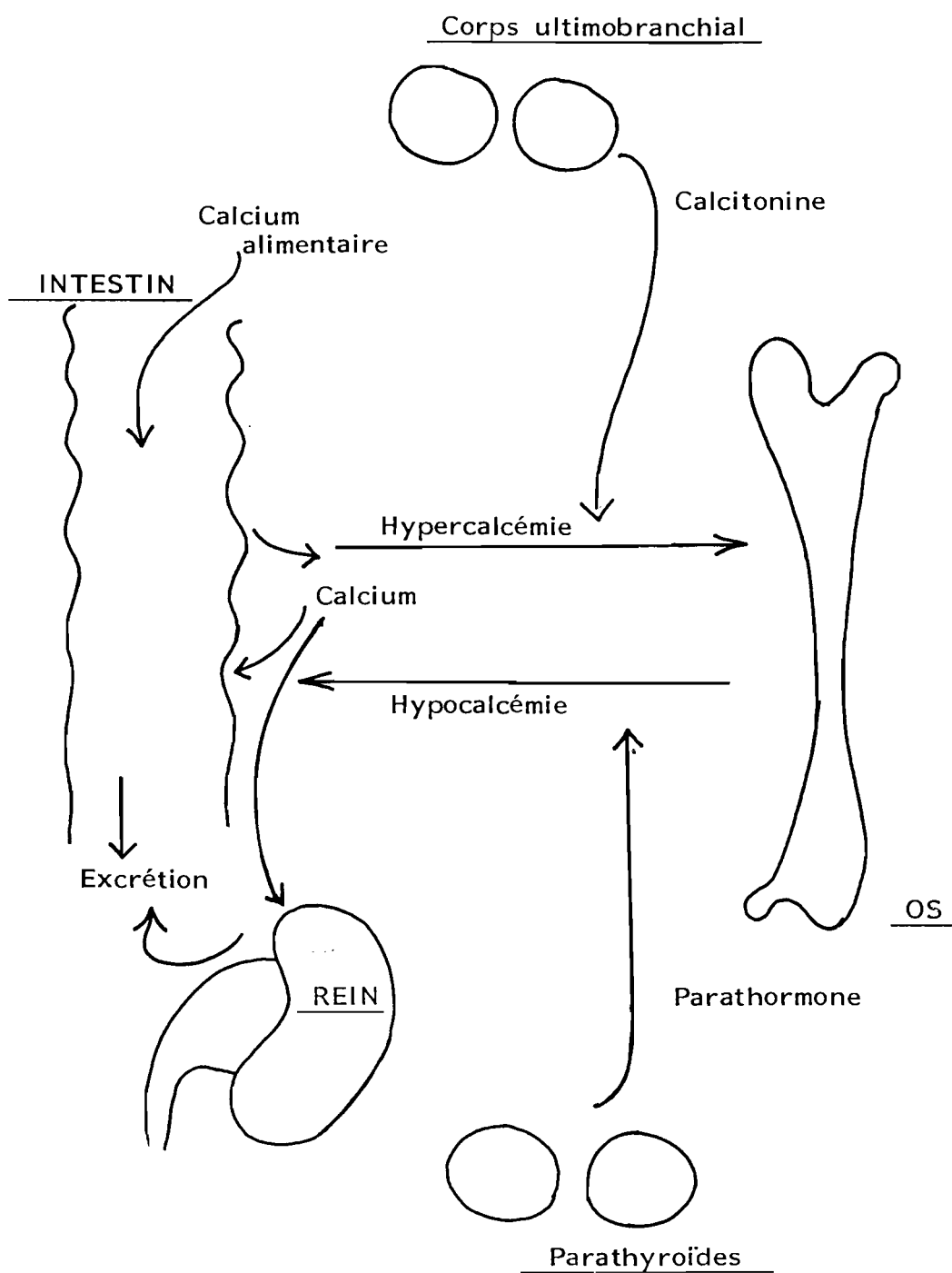


Figure 8 : Schéma de la régulation de la calcémie chez la poule pondeuse.

Source : (3)

CHAPITRE III - CONTROLE DU COMPORTEMENT ALIMENTAIRE DE LA POULE

1. HABITUDES ALIMENTAIRES

Les poussins ne picorent pas avant le deuxième jour suivant l'éclosion. Leur première expérience de picorage nécessite une certaine clarté. Primitivement, les poussins picorent et ingèrent en même temps des substances nutritives et non nutritives.

Les poulets grattent vigoureusement lorsque le grain est éparpillé dans leur litière. Ils ont besoin d'un espace alimentaire, qui augmente avec leur croissance. De même, ils picorent et mangent plus en présence de compagnons. Il y a souvent un oiseau dominant sur le groupe qui peut aller jusqu'à se forcer et se gaver de grains, uniquement afin de diminuer la consommation alimentaire des oiseaux les plus dominés. Ainsi, le nombre des poules ou poulets en train de manger à un instant donné dépend des relations de dominance, de l'état de faim et de l'espace alimentaire.

2. CONTROLE DE LA PRISE DE NOURRITURE

2.1. Contrôle périphérique

2.1.1. Rôle des informations sensorielles d'origine oro-pharyngée

2.1.1.1. Goût et saveur des aliments

Chez la poule, il existe environ quatre cents papilles gustatives (Lindermaier (22)). Leur répartition est assez restreinte : base de la langue et plancher du pharynx. Ces récepteurs sensoriels sont innervés par les nerfs trijumeaux, faciaux et glossopharyngiens, dont les sections peuvent perturber la prise alimentaire (Zeigler, (52)). Le nombre relativement faible de papilles gustatives chez les oiseaux a pu faire croire aux physiologistes que le sens du goût chez ces animaux était à priori pratiquement inexistant ou peu utilisé, d'autant plus que la nourriture est ingérée sans mastication préalable.

.../...

2.1.1.2. Olfaction

La poule possède un épithélium olfactif, mais l'olfaction est généralement considérée comme étant faiblement développée. La poule ne semble pas réagir aux diverses odeurs testées. De même, la destruction des bulbes olfactifs chez le poulet ne modifie en rien le comportement préférentiel envers les différentes nourritures présentées (Michel Fesnau, (25)).

2.1.2. Rôle du jabot

Le jabot sert de lieu de stockage de la nourriture ingérée. Il contient dans sa paroi des tensio-récepteurs pouvant transmettre des informations au système nerveux central par l'intermédiaire du nerf vague (Hodgkiss, (10)). Ainsi, la mise sous tension artificielle du jabot, à l'aide de ballonnets gonflables s'accompagne d'une diminution de la prise de nourriture, proportionnelle au degré de distension du ballonnet (Richardson (34)).

2.1.3. Autres formations digestives

Savory pense que le contrôle de la prise alimentaire pourrait concerner plus directement le jabot, lorsque la poule a particulièrement faim ou lorsque le jabot est utilisé comme réservoir de stockage, mais que pour toutes les autres occasions, ce contrôle serait réalisé principalement par le gésier et le duodenum. Pour cette raison, Savory a essayé de démontrer le rôle, comme facteur de la satiété de la bombésine, ainsi que de la cholécystokinine (Savory (40)).

Ces deux molécules entraînent, chez la poule, une suppression de l'appétit de courte durée, cet effet n'étant pas modifié par la vagotomie.

Savory (40) suggère que les informations afférentes concernant les effets de la bombésine et de la cholécystokinine atteignent le système nerveux central essentiellement par l'intermédiaire du nerf intestinal (Nerf de Remak), nerf mixte du système nerveux autonome, propre aux oiseaux et innervant le tractus alimentaire postérieur au gésier.

La vagotomie seule ne produit aucun effet marquant sur la prise alimentaire chez la poule et la seule modification notée est l'augmentation des intervalles de temps entre les repas, ainsi qu'un ralentissement du transit. Ce ralentissement du transit intestinal est expliqué par Savory par le fait qu'il existerait un pace-maker dans le plexus myentérique du gésier, coordonnant les contractions du jabot, du proventricule, du gésier et du duodénum : l'interruption de l'innervation vagale pourrait alors perturber la synchronisation imposée par ce "pace-maker".

2.2. Régulation centrale

2.2.1. Régulation glucostatique

Chez la poule, la régulation glucostatique, telle qu'elle a été mise en évidence chez les mammifères, ne semble pas jouer un rôle important. Ainsi, l'emploi de l'aurothiogluucose provoque chez les mammifères des lésions chimiques des glucorécepteurs du système nerveux central et en particulier au niveau de l'hypothalamus ventromédian ; lésions à l'origine d'hyperphagie et d'obésité. Des injections par voie intraveineuse de cette molécule chez la poule (Svacha (45)) n'entraînent aucune modification de l'appétit. Une des raisons invoquées pour expliquer ces résultats négatifs a été l'impossibilité pour cette molécule de traverser la barrière hémato-encéphalique chez les oiseaux. D'autres auteurs ont donc implanté l'aurothiogluucose directement dans le troisième ventricule cérébral, près de la région hypothalamique (Walker et coll. (51)) ou dans diverses autres régions cérébrales (Smith (42)) afin de montrer une éventuelle action directe et centrale. Malheureusement encore, l'aurothiogluucose se révèle inapte à provoquer une modification de la prise alimentaire. L'examen histologique du tissu cérébral montre toujours de petites lésions périvasculaires, distribuées principalement dans le télencéphale et le diencephale, mais aucune atteinte lésionnelle de la région hypothalamique n'est observée, même lors d'implantation directe de l'aurothiogluucose.

.../...

Trois possibilités de réponse sont avancées pour expliquer cette inefficacité :

- soit il n'y a pas de cellules glucoréceptives dans le cerveau des oiseaux ;
- soit elles existent mais ne jouent aucun rôle dans le contrôle de la prise alimentaire ;
- soit il existe un problème de méthodologie (voie d'administration, dose employée...).

Alors que les travaux précités présentent des arguments contre un rôle éventuel du glucose dans le contrôle alimentaire des oiseaux, quelques articles ont montré des conclusions similaires à celles notées chez les mammifères. Ainsi, Matei-Vladescu (23) rapporte que des injections intra-péritonéales de glucose provoquent une diminution de l'appétit chez les oiseaux. Shurlock et Forbes (44) montrent que des injections de glucose dans la circulation hépatique chez des races de poules pondeuses diminuent de même la consommation alimentaire. Plus récemment encore, Lacy et coll. (16), pratiquant les mêmes injections dans la circulation hépatique, obtiennent des résultats identiques avec une race de pondeuse, alors qu'avec une race de poulet de chair, ces mêmes injections restent sans effet.

Matei Vladescu (23) montre qu'une perfusion d'une heure d'une grande quantité de glucose dans le ventricule cérébral latéral limite la consommation alimentaire de poulets à jeûn depuis vingt heures.

Robinzon et Snapir (37) diminuent l'appétit chez des poulets non soumis à un jeûn préalable en leur injectant cinq microlitres de glucose isotonique dans le ventricule cérébral latéral.

Il existe donc bien, semble-t-il pour ces auteurs, des glucorécepteurs cérébraux chez les oiseaux, mais leur rôle réel dans le contrôle de la faim reste encore à préciser.

.../...

2.2.2. Régulation lipostatique

Très peu de travaux ont été consacrés à cette théorie chez les oiseaux. Lepkovsky (21) montre que des coquelets White Leghorn, soumis par gavage à une alimentation forcée représentant deux fois la valeur normale d'aliment pris ad libitum, s'arrêtent alors de manger. Lorsque le gavage est arrêté, les oiseaux continuent de jeûner pendant sept à dix jours, jusqu'à ce que leurs réserves lipidiques redescendent à des niveaux proches de ceux existant antérieurement à la période de gavage.

Plus récemment, Maurice et coll. (24) ont pratiqué des lipectomies partielles sur des poulets d'élevage et des races de pondeuses. Après ces opérations, ils ne notèrent cependant aucune augmentation compensatrice de la prise de nourriture chez ces oiseaux.

2.2.3. Régulation aminostatique

Des poulets recevant un régime déséquilibré en acides aminés, ou un régime contenant un acide aminé en excès, présentent une baisse de l'appétit et de la croissance. Un régime déséquilibré en acides aminés, tant par défaut que par excès, entraîne également une modification du taux plasmatique d'acides aminés. L'étude de Tobin et Boorman (50) suggère que les altérations de ce taux plasmatique, après une alimentation déséquilibrée en histidine ou en lysine, pourraient être à l'origine de la baisse de l'appétit chez ces mêmes poulets, la perfusion d'histidine ou de lysine dans l'artère carotidienne permet d'établir, en effet, un appétit normal, voire augmenté lors de distribution d'aliments déséquilibrés respectivement en histidine et en lysine. Des perfusions similaires dans la veine jugulaire n'entraînent, elles, aucun effet ou un effet nettement amoindri comparativement à celui noté par la voie intra-artérielle, laissant présager un site d'action central pour ces acides aminés.

.../...

Lacy et coll. ont examiné les effets de l'intubation intragastrique de tyrosine et de tryptophane sur la prise alimentaire de la poule. L'intubation de tryptophane amène une réduction de la prise de nourriture, que ce soit chez des lignées à croissance rapide ou lente. L'intubation de tyrosine augmente, au contraire, la faim, uniquement pour la lignée de plus faible croissance et reste sans effet chez l'autre lignée. Ces résultats obtenus sont mis au compte d'altérations possibles de taux de neurotransmetteurs cérébraux, provoquées par des acides aminés. La tyrosine et le tryptophane sont en effet des précurseurs respectivement de catécholamines et d'indolamines. Ce sont alors ces modifications de taux de neurotransmetteurs qui se répercutent sur la quantité de nourriture ingérée. Il a été démontré que les petits peptides entrent en compétition pour pénétrer dans le système nerveux central (5) et qu'un excès du taux plasmatique de tryptophane entraîne alors une augmentation du taux cérébral de sérotonine (20).

DEUXIEME PARTIE

ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I - MATERIEL ET METHODES

1. MATERIEL

1.1. Matériel animal

Les essais ont porté sur 50 poules pondeuses de souche Hy Line âgées de 19 semaines. Le démarrage de la ponte chez cette souche est estimé à 20 semaines d'âge. Les poules ont subi les traitements de déparasitage et les vaccinations préconisés. (tableau 4).

Age (jours)	Produit	Posologie	Observations
1	HITCHNER B1 BUR 706	1000 doses/0,5 l d'eau	Vaccination contre N.C. et Gumboro
7	HB 1	1000 doses/8,5 l	Rappel Newcastle
12	BUR 706	1000 doses/10 l	Rappel Gumboro
16/17/18	EMERICID	1 g/l d'eau	Prévention Cocci- diose
21	SOTASEC	1000 doses/14 l	Rappel N.C.
24	BUR 706	1000 doses/15 l	Rappel Gumboro
32/33/34	EMERICID	1 g/l	Prévention Cocci- diose
36	PIPERAZINE	0,3 ml/kg PV	Vermifuge
49	SOTASEC	1000 doses/20 l	Rappel N.C.
59	PIPERAZINE		
60/61/62	EMERICID		
76	SOTASEC	1000 doses/25 l	
90	DIFTOSEC	Transfixion de la membrane de l'aile	Vaccination contre la Variole
105	PIPERAZINE		
106/107/108	EMERICID		
124	IMOPEST	0,3 ml SC ou IM	Rappel N.C.

Tableau 4 : Traitement préventif des poules

1.2. Bâtiment

Le bâtiment qui a abrité les poules à une surface globale de 17,5 m². Il a été divisé en trois compartiments de 4 m² chacun. A l'intérieur de chaque compartiment, un nid de ponte collectif de 1 m² a été mis en place.

Pour la litière, nous avons utilisé de la sciure de bois désinfectée avec du crésyl à 5 p.100. La lumière du jour est la seule source d'éclairage des locaux.

1.3. Mangeoires et abreuvoirs

Au niveau de chaque compartiment, un mangeoire de 1 m de long et 20 cm de large et un abreuvoir en plastique d'une capacité de 3 l ont été installés.

1.4. Aliments

Les aliments ont été fabriqués au complexe avicole de Mbaou (Dakar). Nos différentes rations ont été élaborées à partir d'un aliment de base, sans source de calcium (tableau n° 5). Du carbonate de calcium et des coquilles d'huitre ont ensuite été utilisés comme source de calcium pour obtenir trois types d'aliments contenant respectivement 2 %, 4 % et 6 % de calcium.

ROYAUME DU SENEGAL
MINISTRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE
LABORATOIRES DE DIAGNOSTIC
VÉTÉRINAIRE

.../...

Maïs	61 %
Tourteau d'arachide	20 %
Farine de poisson	3 %
Son de riz	3 %
Composé minéral et vitaminé	5 %
Bacitracine	2 g

Tableau n° 5 : Aliment de base.

1.5. Matériel de laboratoire

- Mortier en fer
- Verrerie
- Balance
- Etuve
- Bain-marie
- Four
- Spectrophotomètre technicon RA 1000
- Scalpel
- Tubes à hémolyse.

Ce matériel a servi aux dosages du calcium et du phosphore osseux et sanguins.

.../...

2. METHODES

2.1. Constitution des lots

Au début de l'expérience, cinq poules ont été sacrifiées pour le dosage du calcium sérique et osseux (tibias).

Ensuite, les autres poules ont été réparties au hasard en trois lots de quinze. Ces lots ont reçu respectivement des aliments contenant 2 %, 4 %, 6 % de calcium. L'aliment et l'eau étaient distribués ad libitum pendant treize semaines au terme desquelles cinq poules ont été sacrifiées dans chaque lot pour doser la calcémie, la phosphatémie et la teneur en calcium et phosphore des tibias.

2.2. Prélèvement du sang

Les poules ont été sacrifiées par section du cou. Le sang a été récolté dans des tubes que nous avons laissés reposer pendant 30 à 40 mn avant de les introduire dans une centrifugeuse à 1200 tours par minute pendant dix minutes. Le serum a été recueilli et conservé à -20 °C.

2.3. Prélèvement des tibias

Les poules sacrifiées ont été déplumées, la chair a été enlevée à l'aide d'un scalpel et les tibias ont été prélevés et conservés au réfrigérateur.

2.4. Mesure de la quantité d'aliment consommée

Chaque lot a reçu quotidiennement 2 kg d'aliment. Vingt quatre heures après la distribution, les restes étaient pesés. La différence entre les quantités distribuées et celles refusées nous donne les quantités consommées.

2.5. Mesure de la quantité d'eau consommée

L'eau était distribuée à 7 heures et à 15 heures. Avant chaque renouvellement, nous avons mesuré le reste pour savoir la quantité d'eau consommée par la différence entre quantités distribuées et quantités refusées.

2.6. Mesure du poids des oeufs et du pourcentage de ponte

Pour chaque lot, nous avons divisé, par semaine, le poids total des oeufs par leur nombre pour obtenir le poids moyen. Le pourcentage de ponte était mesuré de manière hebdomadaire en divisant le nombre d'oeufs pondus dans la semaine par 7×15 et en multipliant par cent.

$$\underline{\% \text{ ponte}} = \frac{\text{Nombre d'oeufs pondus par semaine}}{7 \text{ (nombre de jour)} \times 15 \text{ (nombre de)}} \times 100$$

(dans la semaine) (poules par lot)

2.7. Mesure de la teneur en cendres des tibias

Les creusets, contenant les os préalablement broyés, sont introduits dans un four à 600 °C pendant 36 heures. Nous obtenons le poids des cendres par l'opération suivante :

$$\underline{\text{Poids des cendres}} = \left(\begin{array}{l} \text{Poids du creuset vide} \\ + \\ \text{os calciné} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{l} \text{Poids du} \\ \text{creuset} \\ \text{vide} \end{array} \right)$$

La teneur en cendres des tibias est obtenue par l'opération suivante :

$$\underline{\% \text{ cendres}} = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_0} \times 100$$

M_0 = poids du creuset vide.

M_1 = poids du creuset + échantillon.

M_2 = poids du creuset + cendres.

2.8. Dosage du calcium

2.8.1. Dosage du calcium osseux (28)

2.8.1.1. Principe

Les cendres obtenus après incinération des os sont traités par l'acide acétique. Le calcium est précipité sous forme d'oxalate

.../...

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

2.8.1.2. Mode opératoire

Après avoir calciné l'os, nous prélevons environ un gramme de cendres qu'on introduit dans un bécher de 250 ml. Nous y ajoutons 20 ml d'acide acétique 20 %, 10 ml d'eau bouillante, 10 ml d'oxalate d'ammonium et quelques gouttes de rouge de méthyl. La solution est portée au bain-marie pendant 20 mn (jusqu'à ce que le précipité soit bien rassemblé au fond du bécher) avant d'être filtré puis rincé avec de l'eau distillée bouillante et de l'eau ammoniacale à 10 %. Le filtre est introduit dans un bécher contenant 50 ml d'eau distillée chaude et dans lequel nous ajoutons 20 ml d'acide sulfurique 20 % pour dissoudre le précipité. La solution est ensuite portée au bain-marie et enfin titrée par du permanganate de potassium. Le pourcentage de calcium est obtenu par la formule suivante :

$$\underline{\% \text{ calcium}} = \frac{\text{KMnO}_4 \text{ (ml)} \times 0,002}{\text{Poids des cendres}} \times 100$$

KMnO₄ = permanganate de potassium

0,002 = 1 ml de KMnO₄ titre 0,002 mg de calcium.

2.8.2. Dosage du calcium sérique (36)

2.8.2.1. Principe

Il s'agit d'un dosage colorimétrique du calcium, sans déprotéinisation, avec l'indicateur bleu de méthylthymol. La présence de 8-hydroxyquinoléine évite l'interférence des ions Mg⁺⁺ jusqu'à la concentration de 4 mmol/l (100 mg/l).

.../...

2.8.2.2. Mode opératoire

Réactif N° 1 R 1	Ca ⁺⁺ 100 mg/l
Réactif de coloration R 2	Bleu de méthylthymol 80 mg/l 8.hydroxyquinoléine 1,6 g/l
Réactif alcalin R 3	Monoéthanolamine irritant 200 mg/l PH > 11

Tableau n° 6 : Réactifs

Nous préparons un blanc réactif qui sert à régler le zéro du spectrophotomètre. Ce blanc réactif est constitué de 2,5 ml de R2 et 2,5 ml de R3 (tableau n° 7).

Dans un tube contenant 50 µl de réactif étalon, nous ajoutons 2,5 ml de R2 et 2,5 ml de R3.

Dans un autre tube contenant 50 µl de sérum, nous ajoutons 2,5 ml de R2 et 2,5 ml de R3 (tableau n° 7).

Après lecture des densités optiques de la solution étalon et de l'échantillon (sérum) au spectrophotomètre, nous obtenons la teneur en calcium du sérum en appliquant la formule suivante :

$$\frac{\text{Teneur en calcium du sérum}}{\text{du sérum}} = \frac{\text{D.O dosage}}{\text{D.O étalon}} \times N$$

D.O = densité optique

N = valeur de l'étalon en mg/l.

.../...

	Blanc réactif	Etalon	Dosage
Echantillon	-	-	50 μ l
R 1	-	50 μ l	-
R 2	2,5 ml	2,5 ml	2,5 ml
R 3	2,5 ml	2,5 ml	2,5 ml

Tableau n° 7 : Composition du blanc réactif, de l'étalon et de la solution à doser.

2.9. Dosage du phosphore

2.9.1. Dosage du phosphore osseux (28)

2.9.1.1. Principe

Il s'agit d'abord d'une minéralisation d'une quantité de cendres, ensuite d'un traitement de la solution par le réactif vanodomolubdique et enfin de la mesure de l'absorbance de la solution jaune ainsi obtenue au spectrophotomètre.

2.9.1.2. Mode opératoire

Après avoir introduit la quantité de cendres prélevée dans un ballon de Kjeldhal, nous ajoutons 10 ml d'acide nitrique et 4 ml de perchlorure. Après ébullition, la solution est refroidie et transférée dans un ballon de 200 ml.

Après transfert et addition d'eau distillée jusqu'à un volume total de 200 ml, nous prélevons 2 ml de solution à doser et 2 ml de réactif vanodomolubdique que nous introduisons dans un tube à essai. Après mélange, nous laissons reposer pendant 10 mn. Enfin, le tube à essai est introduit dans le spectrophotomètre pour la lecture de l'absorbance. Le résultat est porté sur une courbe d'étalonnage.

2.9.1.3. Etalonnage

A partir d'une solution mère, nous préparons une gamme étalon de concentration : 10 µg/ml, 20, 30, 40.

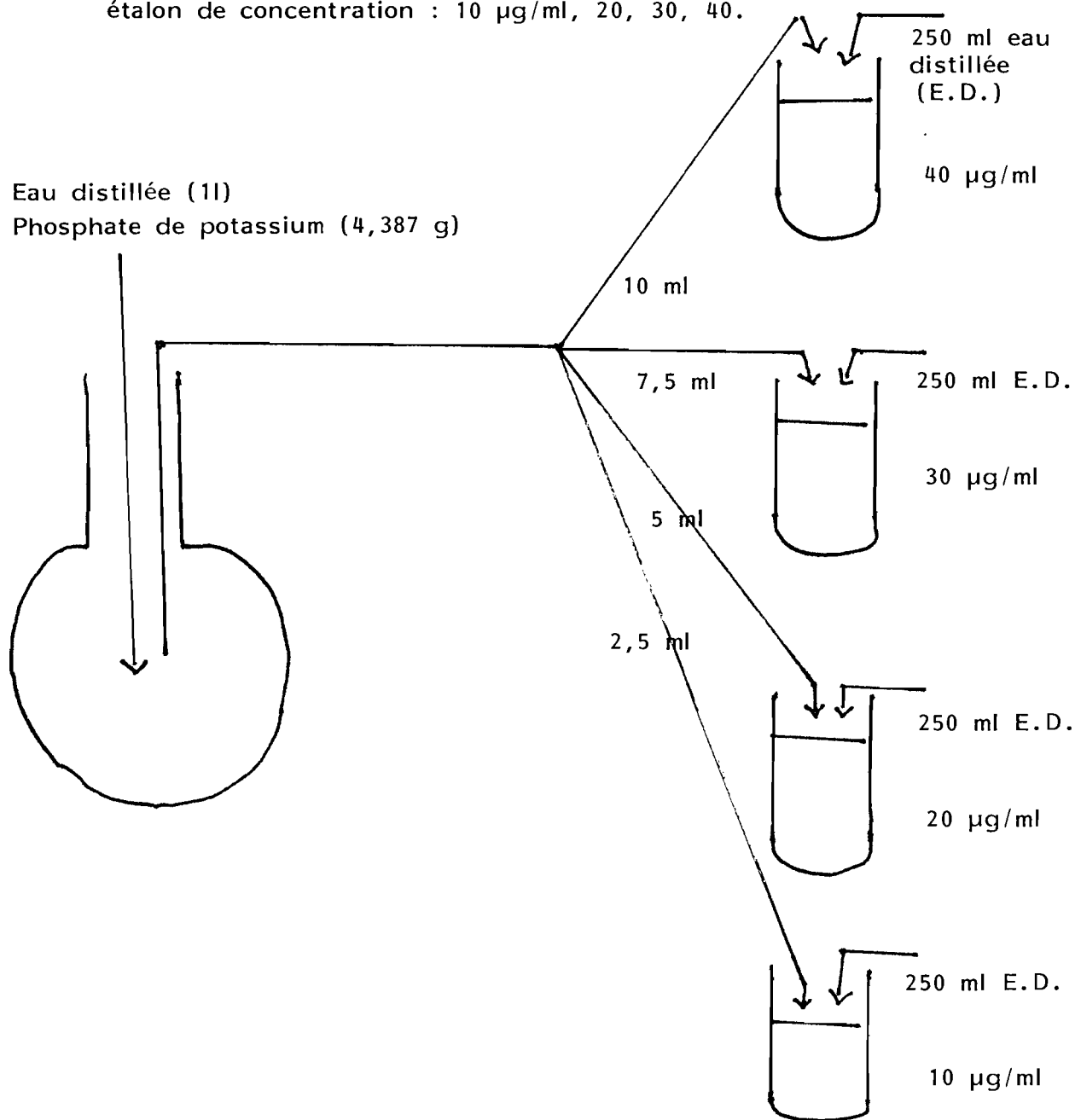


Figure 9 : Dillutions de la solution mère

.../...

2.9.2. Dosage du phosphore sérique (8)

2.9.2.1. Principe

Les ions phosphates réagissent avec le molybdate d'ammonium en solution acide pour former un phosphomolybdate d'ammonium. La mesure de l'absorbance est proportionnelle à la concentration en ions phosphates de l'échantillon.

2.9.2.2. Mode opératoire

Dans trois tubes contenant respectivement 0,02 ml de sérum, 0,02 ml de solution étalon et 0,02 ml d'eau distillée, nous ajoutons 1 ml de réactif (tableau n° 8).

Après avoir bien mélangé, nous laissons reposer une minute à température ambiante avant de lire les densités optiques du dosage et de l'étalon contre le témoin.

Après lecture, la teneur en phosphore du sérum (TPS) est obtenue par la formule suivante :

$$\underline{\underline{\text{TPS}}} = \frac{\text{D.O dosage}}{\text{D.O étalon}} \times 40 \text{ (mg/l)}$$

REACTIF	Molybdate d'ammonium 2 mmol/l Acide sulfurique 500 mmol/l
ETALON	Phosphore 40 mg/l (1,29 mmol/l)

Tableau n° 8 : Concentration du réactif et de la solution étalon.

.../...

CHAPITRE II - RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. INFLUENCE DU NIVEAU D'APPORT EN CALCIUM SUR LE COMPORTEMENT ALIMENTAIRE

Les consommations alimentaires des lots recevant respectivement 2 %, 4 % et 6 % de calcium sont indiquées dans les tableaux n° 9 et 10 et illustrées par la figure n° 10.

(Semaines) Age des poules	Aliments g/jour		
	Lot 1	Lot 2	Lot 3
20	1307 ± 76	1314 ± 26	1371 ± 18
21	1300 ± 28,5	1475 ± 12	1600 ± 130
22	1308 ± 31	1516 ± 14	1825 ± 78
23	1285 ± 92	1607 ± 142	1800 ± 63
24	1300 ± 64	1683 ± 36	1708 ± 46
25	1216 ± 12	1666 ± 67	1716 ± 13
26	1500 ± 23	1700 ± 29,5	1900 ± 129
27	1500 ± 44	1642 ± 48	1875 ± 48
28	1585 ± 102	1642 ± 13	1871 ± 71
29	1300 ± 59,5	1500 ± 17	1760 ± 13
30	1450 ± 49	1600 ± 19	1790 ± 92,5
31	1340 ± 63	1500 ± 62	1800 ± 34
32	1229 ± 59	1500 ± 42	1828 ± 47

Tableau n° 9 : Evolution de la consommation alimentaire des poules des différents lots.

.../...

Figure N°10 : Evolution de la consommation alimentaire des poules des différents lots.

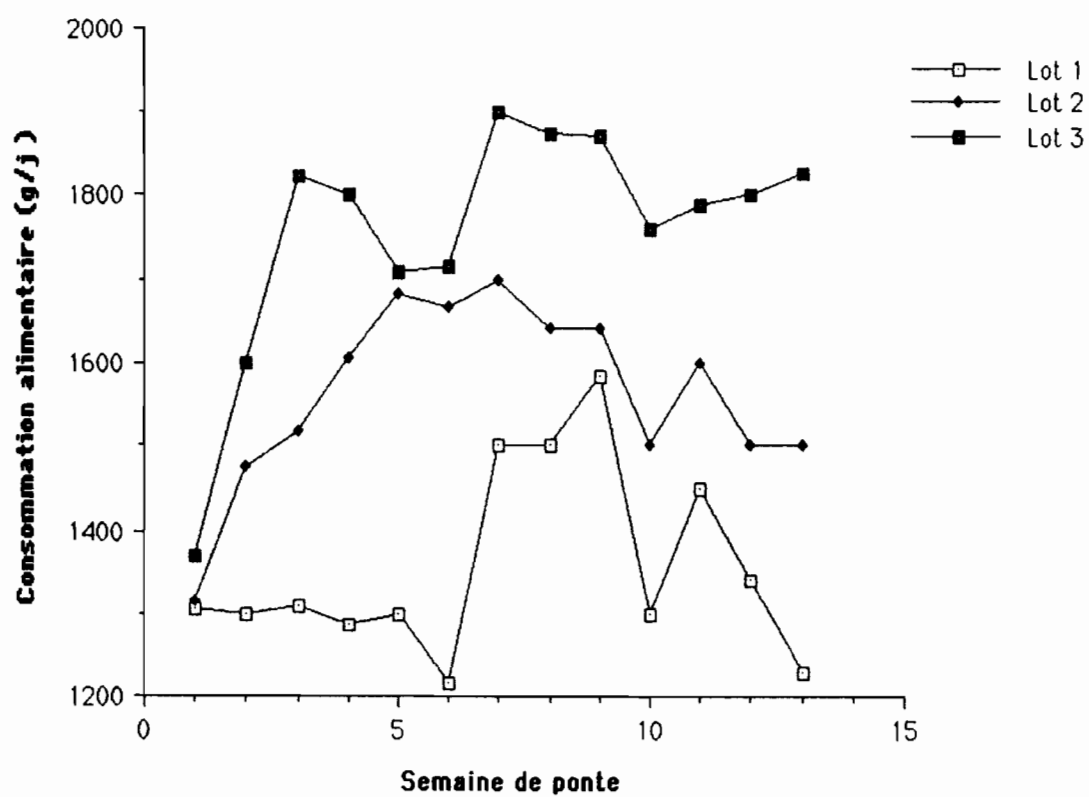
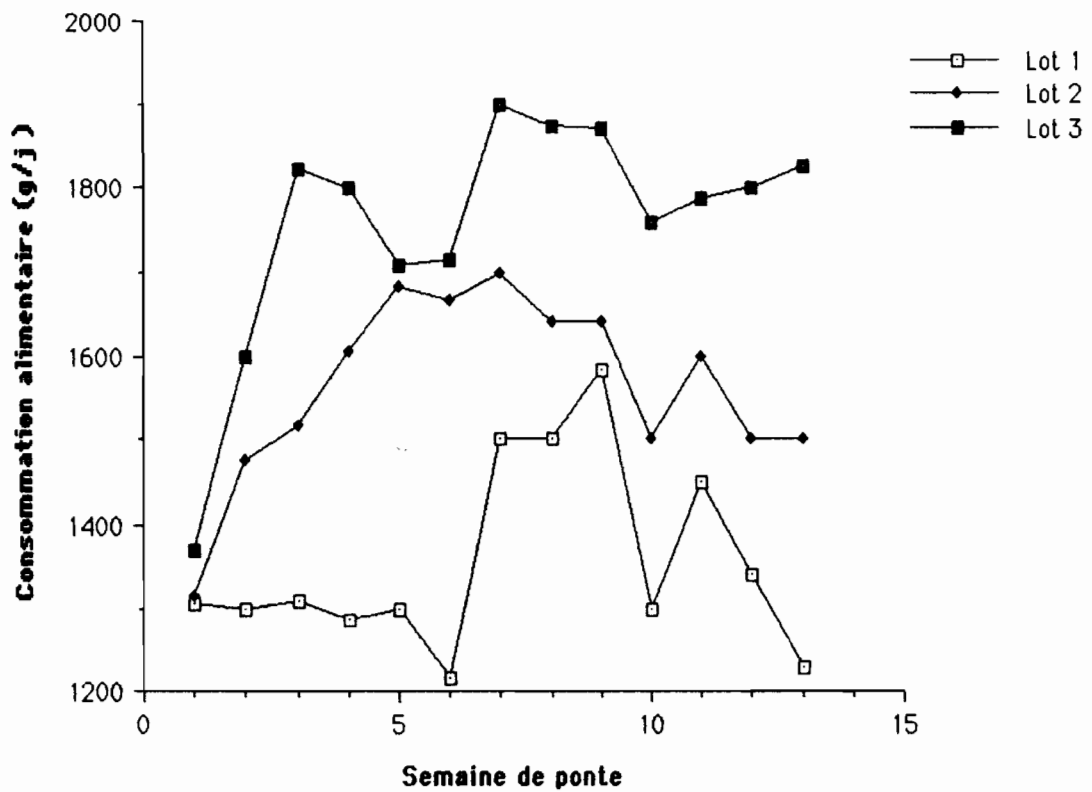


Figure N° : Evolution de la consommation alimentaire en fonction de la teneur en calcium de l'aliment.



	Consommation moyenne d'aliment g/jour		
	Lot 1	Lot 2	Lot 3
TOTALE	1355,48 ± 184,5	1565 ± 193	1757,23 ± 246,5
INDIVIDUELLE	90,37 ± 12,3	104,33 ± 12,87	117,15 ± 17,63

Tableau n° 10 : Consommation alimentaire moyenne des poules des différents lots.

Nous constatons que la consommation alimentaire augmente de manière significative ($P < 0,01$) avec le niveau d'apport en calcium. Cette relation a été montrée par Lebbie et Ademusun (19). En effet, selon ces auteurs, la consommation alimentaire est proportionnelle à la teneur en calcium de l'aliment jusqu'à un niveau de 6 % ; niveau au dessus duquel la prise de nourriture devient inversement proportionnelle à la teneur calcique de l'aliment. Nous pensons que la relation entre la teneur calcique et la quantité d'aliment consommée s'explique par le fait que les teneurs centésimales en énergie métabolisable et en matières protéiques diminuent avec l'augmentation de la teneur en calcium de l'aliment. Cette diminution pousse les poules à consommer plus d'aliment pour satisfaire leurs besoins d'entretien et de production.

Nos résultats font apparaître néanmoins une augmentation importante de la consommation alimentaire des poules du lot 1 entre la 6e et la 9e semaines de ponte. Cette période qui correspond par ailleurs au pic de ponte de ce groupe (tableau 18 et figure 13) nous laisse penser que la stimulation de l'appétit des poules du lot 1 entre la 6e et la 9e semaines de ponte vise à couvrir leur besoin de production en calcium du fait de la faible teneur de leur aliment en ce minéral.

.../...

La consommation d'eau augmente également de manière significative ($p < 0,01$) avec la teneur en calcium de l'aliment (tableau n° 11 et figure n° 11).

Age des poules (Semaines)	Eau ml/jour		
	Lot 1	Lot 2	Lot 3
20	2954 ± 212	3619 ± 39	3863 ± 75
21	3100 ± 134	3700 ± 83	4040 ± 196
22	3324 ± 59	3181 ± 107	3472 ± 63
23	3550 ± 208	3348 ± 96	3521 ± 58
24	3690 ± 180	3958 ± 57	3770 ± 62
25	3300 ± 135	3930 ± 49	3800 ± 19
26	3700 ± 93	4040 ± 234	3970 ± 65
27	3710 ± 49	3820 ± 132	3930 ± 32
28	3700 ± 67	3830 ± 98	3910 ± 46
29	3300 ± 34	3710 ± 69	3810 ± 59
30	3600 ± 78	3906 ± 87	3970 ± 48
31	3586 ± 103	3740 ± 39	3989 ± 63
32	3430 ± 92	3690 ± 58	4018 ± 123

Tableau n° 11 : Evolution de la consommation d'eau des poules des différents lots.

Mais cette relation nous semble être indirecte. En effet, l'augmentation de la quantité d'eau prise peut être liée à l'augmentation de la consommation d'aliment.

.../...

	Consommation moyenne d'eau ml/jour		
	Lot 1	Lot 2	Lot 3
TOTALE	3457,23 ± 373	3728,70 ± 429	3851 ± 259,5
INDIVIDUELLE	230,48 ± 24,87	248,58 ± 17,3	256,73 ± 17,3

Tableau n° 12 : Consommation moyenne d'eau des poules des différents lots.

C'est ainsi que nous constatons pour le lot 1 une augmentation importante de la consommation d'eau entre la 6e et la 9e semaines (figure 11) qui coïncide avec celle de la consommation d'aliment (figure 10).

2. INFLUENCE DU NIVEAU D'APPORT EN CALCIUM SUR LE METABOLISME PHOSPHOCALCIQUE

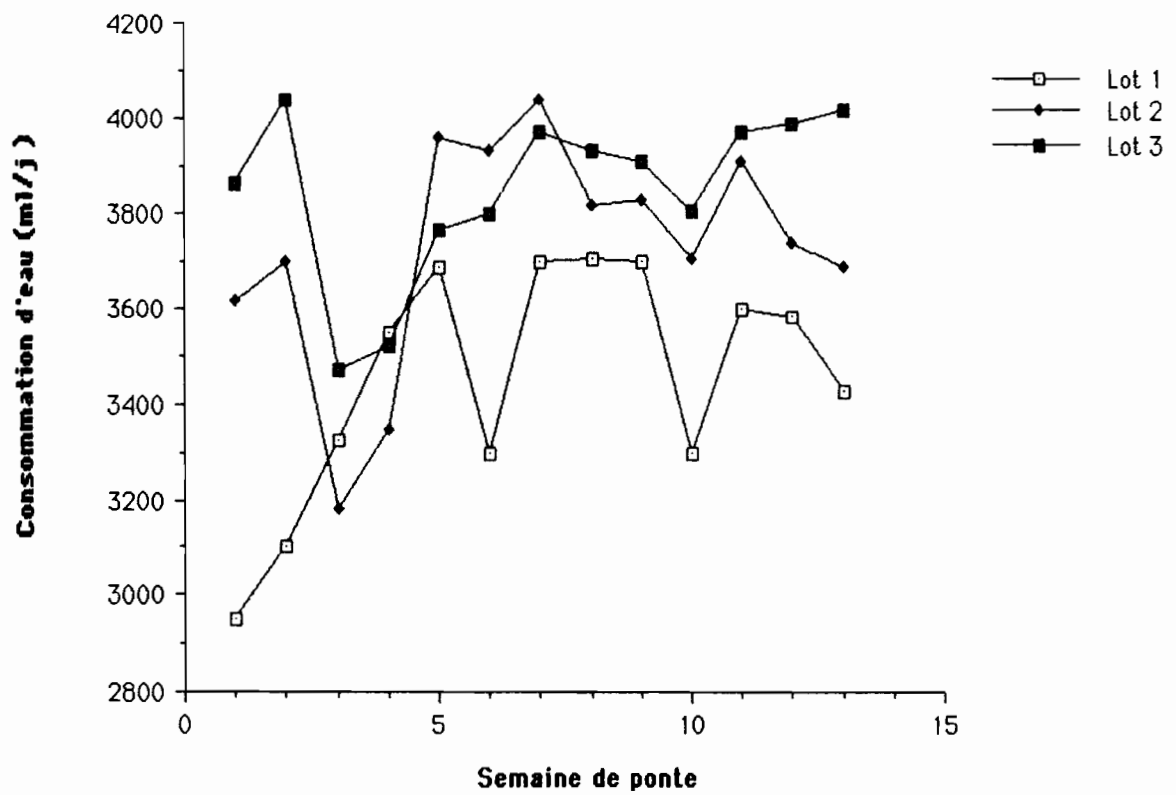
2.1. Influence du niveau d'apport en calcium sur la minéralisation osseuse

La teneur en cendres des deux tibias est proportionnelle au niveau d'apport en calcium (tableau n° 13).

	Teneur en cendres des deux tibias			
	Témoin	Lot 1	Lot 2	Lot 3
Poids (g)	3,90 ± 0,21	4,93 ± 0,59	5,97 ± 0,69	6,38 ± 1,47
%	38,68 ± 0,36	25,92 ± 0,93	29,69 ± 1,4	33,015 ± 3,51

Tableau n° 13 : Teneur en cendres des deux tibias en fonction du niveau d'apport en calcium.

Figure N°11 : Evolution de la consommation d'eau en fonction de la teneur en calcium de l'aliment.



Ces relations entre la teneur en cendres des tibias et le niveau d'apport calcique ont été montrées par Cheng et Coon (47). Selon ces auteurs, la concentration des matières minérales est le reflet du niveau de mobilisation osseuse du calcium. Ainsi, une augmentation de la teneur en calcium de l'aliment se traduit par une moindre mobilisation du calcium osseux pour les besoins de la ponte.

2.2. Influence du niveau d'apport en calcium sur la teneur en calcium et en phosphore des tibias

Les teneurs en calcium et phosphore des deux tibias, chez les poules recevant respectivement 2 %, 4 % et 6 % de calcium sont mentionnées au tableau n° 14.

	Témoin	Lot 1	Lot 2	Lot 3
Calcium g/kg	119 ± 15,3	61,8 ± 26,25	115,2 ± 17,95	126,1 ± 25,32
Phosphore g/kg	85,1 ± 5,28	157,1 ± 7,85	159,4 ± 13,1	122,1 ± 29,5

Tableau n° 14 : Teneur en calcium et phosphore des tibias des poules des différents lots.

Ces résultats font apparaître que la teneur en calcium de l'os est proportionnelle au niveau d'apport calcique mais sans différence significative entre 4 % et 6 % (tableau n° 14).

Par ailleurs, alors que la teneur en calcium des tibias des poules dont la ration contient 4 % et 6 % de calcium n'est pas significativement différente de celle du lot témoin, pour l'aliment à 2 % de calcium, la ponte s'accompagne d'une baisse significative ($P < 0,01$) de la teneur en calcium du squelette. Il en résulte qu'un aliment contenant 2 % de calcium ne permet pas de couvrir les besoins en ce minéral au cours de la ponte, ce qui se traduit par une mobilisation du calcium osseux.

.../...

Nous constatons également qu'au terme des treize semaines de ponte, pour les trois types de rations, la teneur en phosphore des tibias a considérablement augmenté ($P < 0,01$) avec une valeur un peu moins élevée pour 6 % de calcium dans l'aliment (tableau n° 14). Selon Lebbie et Ademosun (19), la teneur en calcium et phosphore du tibia est proportionnelle au niveau d'apport alimentaire de calcium jusqu'à 6 % ; niveau au dessus duquel elle lui est inversement proportionnelle. Ces résultats sont assez semblables aux nôtres avec comme seule différence, la décroissance de la teneur en phosphore du tibia lorsque le niveau d'apport calcique dépasse 4 %.

2.3. Influence du niveau d'apport en calcium sur la calcémie et la phosphatémie

Nos résultats montrent que, quelque soit la teneur de l'aliment en calcium, la calcémie et la phosphatémie augmentent de manière significative ($P < 0,01$) au moment de la ponte (tableau n° 15). Par ailleurs, alors que la calcémie n'est pas significativement différente entre les trois lots, on observe, avec la phosphatémie, une augmentation significative ($P < 0,05$) en fonction de la teneur de l'aliment en calcium (tableau n° 15).

	Témoin	2 %	4 %	6 %
Calcémie mg/l	104,8 ± 16,5	178,6 ± 11	172,2 ± 28,5	176,8 ± 19,5
Phosphatémie mg/l	46,8 ± 4,5	72,4 ± 26	89,8 ± 60,5	98,2 ± 37

Tableau n° 15 : Phosphatémie et calcémie des poules des différents lots.

Des résultats semblables ont été rapportés par Rao et Roland (32) mais avec une augmentation de la phosphatémie moins significative que celle que nous avons observée.

.../...

Selon Lebbie et Ademosun (19), la calcémie et la phosphatémie ne sont pas significativement différentes pour des niveaux d'apport calcique différents.

Nos résultats montrent qu'au niveau du lot recevant 2 % de calcium, la calcémie est plus élevée alors que la phosphatémie l'est moins. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'un faible niveau d'apport calcique entraîne une stimulation de la glande parathyroïde. Cette dernière secrète la parathormone qui d'une part entraîne une hypophosphatémie et de l'autre une hypercalcémie par la synthèse de 1.25 dihydrocholecalciferol par le rein (Deluca 4). 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 de l'os pour initier la mobilisation de ce minéral (Norman 30).

3. INFLUENCE DU NIVEAU D'APPORT EN CALCIUM SUR LA PRODUCTION DES OEUFS

La production des oeufs chez tous les lots a effectivement démarré à vingt semaines d'âge.

3.1. Influence sur le poids des oeufs

Les poids moyens des oeufs, au niveau des lot 1, 2 et 3, sont respectivement de $50,57 \pm 7,5$ g, $50,79 \pm 5,95$ g et $50,04 \pm 6,5$ g. Il n'y a aucune différence significative entre les trois lots de poules durant toute la période expérimentale (tableau n° 15 et figure n° 12). Le niveau d'apport en calcium n'a pas d'influence sur le poids des oeufs.

Nos résultats sont conformes à ceux obtenus par Cheng et Coon (48) (tableau n° 17).

.../...

Semaines	Poids des oeufs (grammes)		
	Lot 1	Lot 2	Lot 3
20	40	42,8	41,6
21	45,9	45,5	41
22	45,12	45,39	44,73
23	47,77	49,7	49,93
24	50	50	50,06
25	51,11	52,93	51,8
26	53	52,81	52,5
27	53,57	52,81	51,66
28	53,8	52,54	53,61
29	53,61	53,19	53,17
30	54,21	53,64	53,17
31	54,32	54,02	53,84
32	55	54,71	54

Tableau n° 16 : Evolution du poids des oeufs en fonction de la teneur de l'aliment en calcium.

.../...

Figure N°12: Evolution du poids des oeufs en fonction de la teneur en calcium de l'aliment.

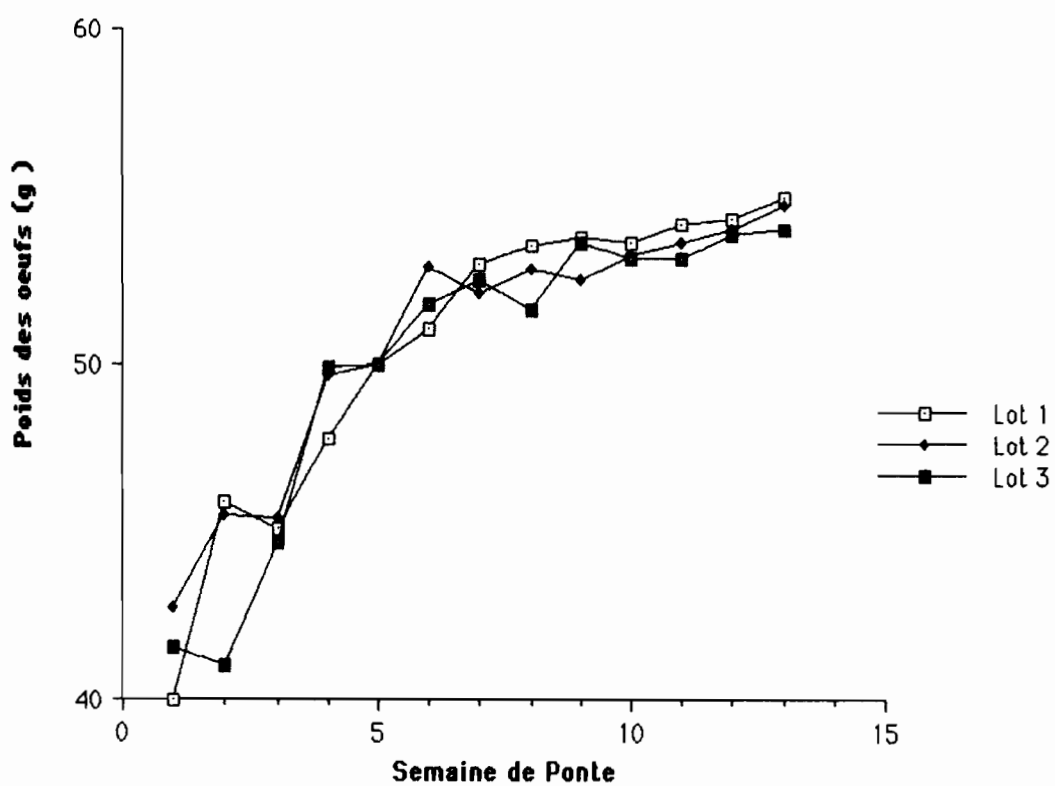
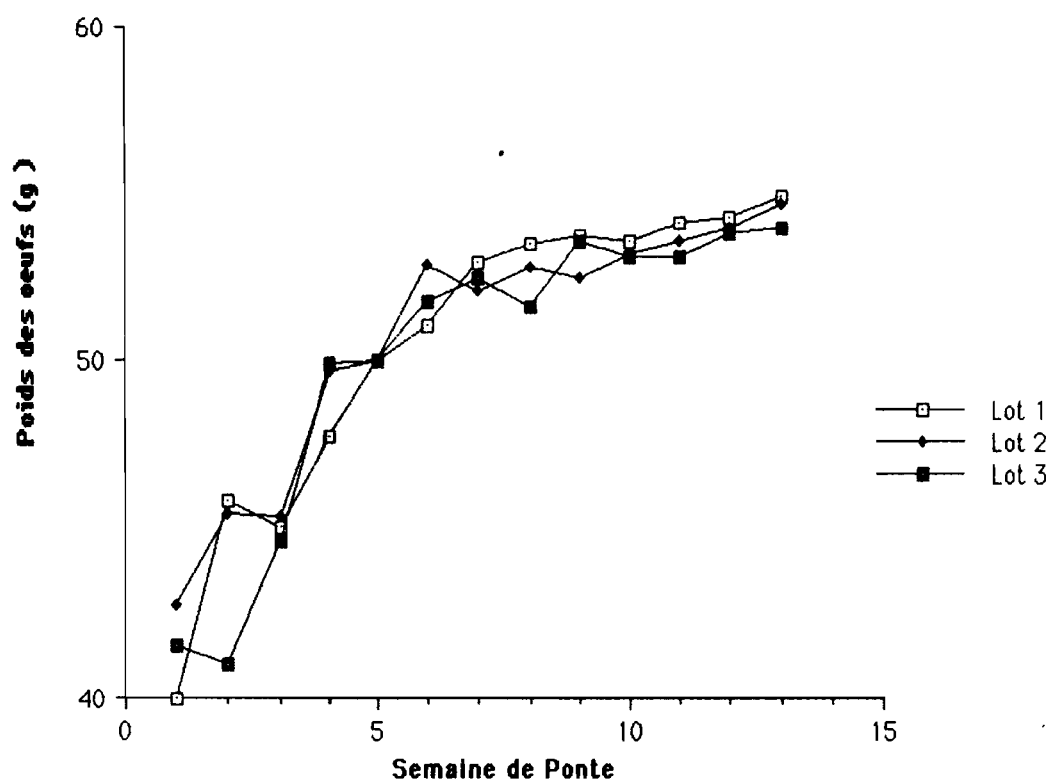


Figure N° : Evolution du poids des oeufs en fonction de la teneur en calcium de l'aliment.



Niveau d'apport calcique quotidien (g)	Production d'oeufs %	Poids des oeufs (g)	Poids de la coquille (g)	Epaisseur de la coquille (mm)
2,0	79,5	56,8	4,83	0,2716
2,5	81,0	55,9	5,06	0,2712
3,0	81,0	56,9	5,20	0,2988
3,5	87,1	56,9	5,20	0,2960
4,0	81,4	56,8	5,31	0,2984
4,5	82,1	56,9	5,29	0,3058

Tableau n° 17 : Influence du niveau d'apport en calcium sur la production des oeufs et sur la qualité de la coquille.

Source : (48) Cheng et Coon.

3.2. Influence du niveau d'apport en calcium sur l'évolution de la ponte

Les poules recevant 2 % de calcium, ainsi que celles qui en reçoivent 4 % atteignent leur pic de production à la 25e semaine.

Les poules recevant 6 % de calcium atteignent le pic plus tôt (23e semaine). Mais ce pic est inférieur à ceux des deux autres lots (tableau n° 18 et figure n° 13).

La production du lot 1 reste inférieure à celles des lots 2 et 3 sauf entre la 24e et la 27e semaines.

La production du lot 2 reste inférieure à celle du lot 3 jusqu'à la 24e semaine, période à partir de laquelle elle devient supérieure (figure 13).

.../...

Age des poules (semaines)	Production d'oeufs					
	Lot 1		Lot 2		Lot 3	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
20	5	4,76	7	6,66	6	5,71
21	12	11,43	33	31,42	47	44,76
22	82	78,09	89	84,76	76	72,38
23	90	85,71	89	84,76	96	91,42
24	95	90,48	95	90,48	94	89,52
25	98	93,34	99	94,28	95	90,47
26	97	92,38	96	91,42	91	86,66
27	95	90,47	96	91,42	91	86,66
28	92	87,61	91	86,66	93	88,57
29	89	84,76	93	88,57	93	88,57
30	83	79,04	96	91,42	89	84,76
31	81	77,14	93	88,57	91	86,66
32	83	79,04	92	87,62	89	84,76

Tableau n° 18 : Evolution de la production hebdomadaire d'oeufs.

Les pourcentages moyens quotidiens de ponte des lots 1, 2 et 3 sont respectivement de 73,40 %, 78,31 % et 77 % avec des pics respectifs de 93,34 %, 94,28 % et 91,42 %.

Nous constatons ainsi qu'avec les deux premiers lots, les pics de production sont supérieurs au pic théorique prévu pour cette souche de pondeuse qui est de 93 %.

.../...

Figure N°13: Evolution du pourcentage de ponte en fonction de la teneur en calcium de l'aliment.

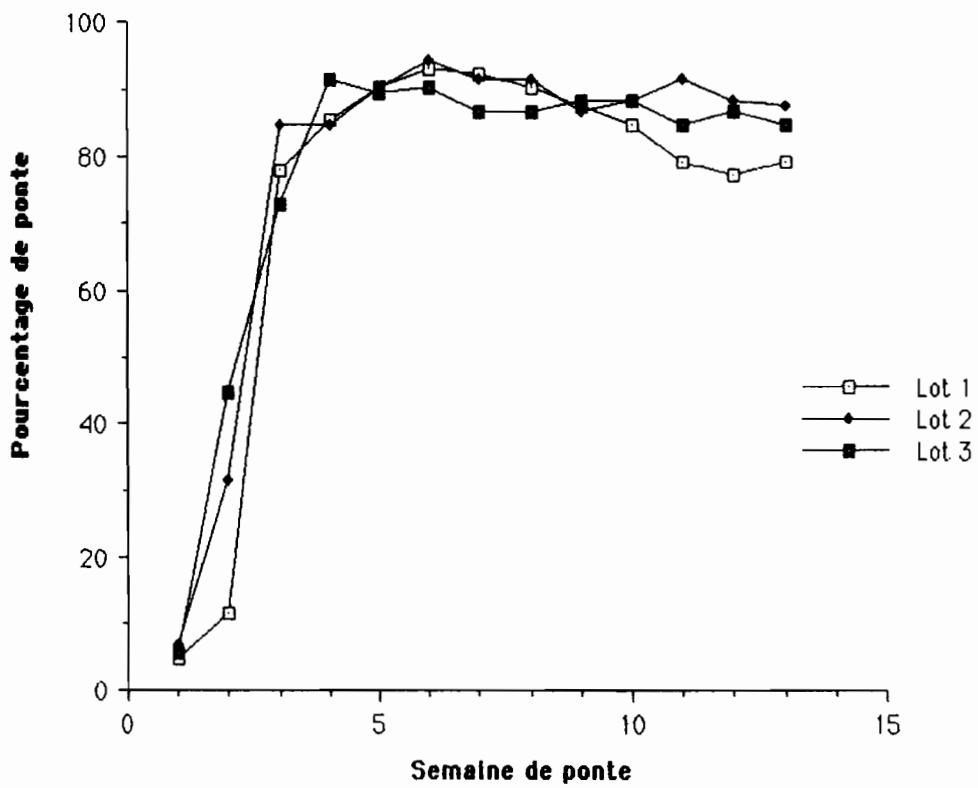
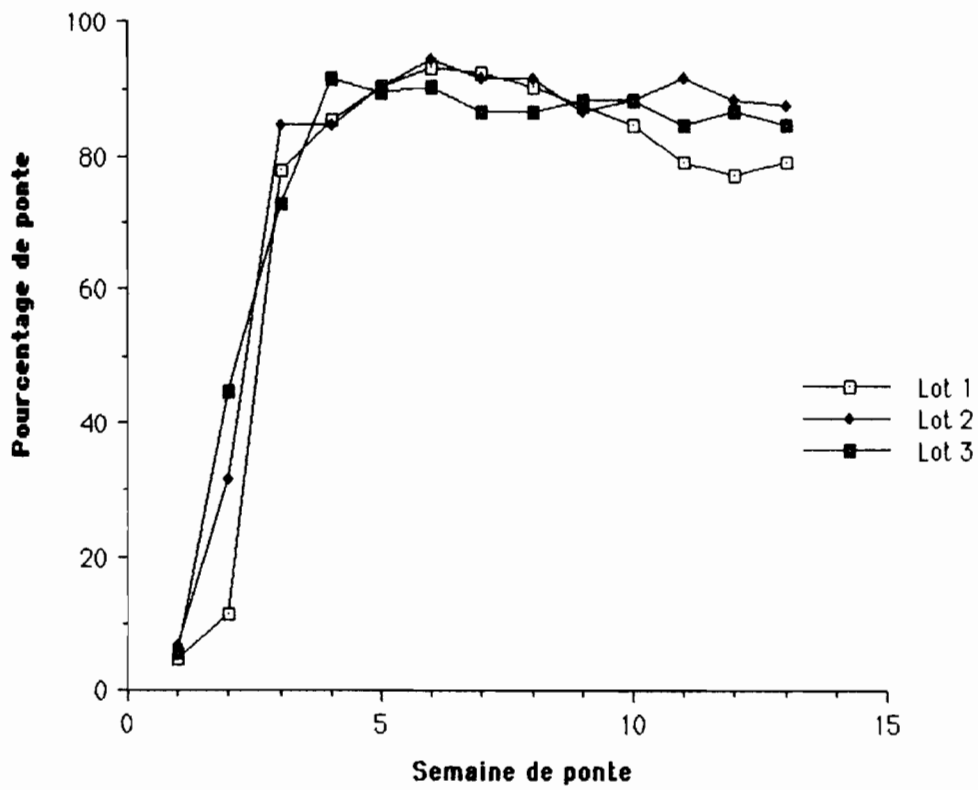


Figure N° : Evolution du pourcentage de ponte en fonction de la teneur en calcium de l'aliment.



Le pourcentage moyen quotidien de ponte du lot 1 est inférieur à ceux des deux autres lots qui sont sensiblement égaux. Ces résultats sont différents de ceux trouvés par Cheng et Coon (48). En effet, selon ces auteurs, le niveau d'apport en calcium n'a pas d'influence sur la production des oeufs (tableau n° 17).

La différence entre nos résultats et ceux des auteurs précités peut être liée à la souche et aux conditions climatiques.

Chez les poules du lot 1, il est apparu, à partir de la 6e semaine de ponte, des signes de carence en calcium qui se sont traduits par la consommation des coquilles des oeufs.

.../...

CHAPITRE III - ETUDE PROSPECTIVE

Pour faire une étude prospective à partir de nos résultats, nous avons considéré les représentations graphiques des différentes productions d'oeufs comme étant des droites affines à partir de la vingt cinquième semaine. Par conséquent, ces droites sont d'équation $y = ax + b$.

	Equation
Lot 1	$y = -10,955 x + 112,86$
Lot 2	$y = - 1,9 x + 94,745$
Lot 3	$y = - 1,9 x + 91,89$

Tableau n° 19 : Equations des droites représentant les productions d'oeufs à partir de la 25e semaine.

La figure n° 14 nous permet d'avancer, avec un faible pourcentage d'erreur, les résultats qui suivent :

- le lot recevant 2 % de calcium arrêterait sa production avant le onzième mois ;
- le lot recevant 4 % de calcium aurait un taux de ponte de 71,945 % à la période de réforme (12e mois) ;
- le lot recevant 6 % de calcium aurait un taux de ponte de 69,09 % à la même période (tableau n° 20).

.../...

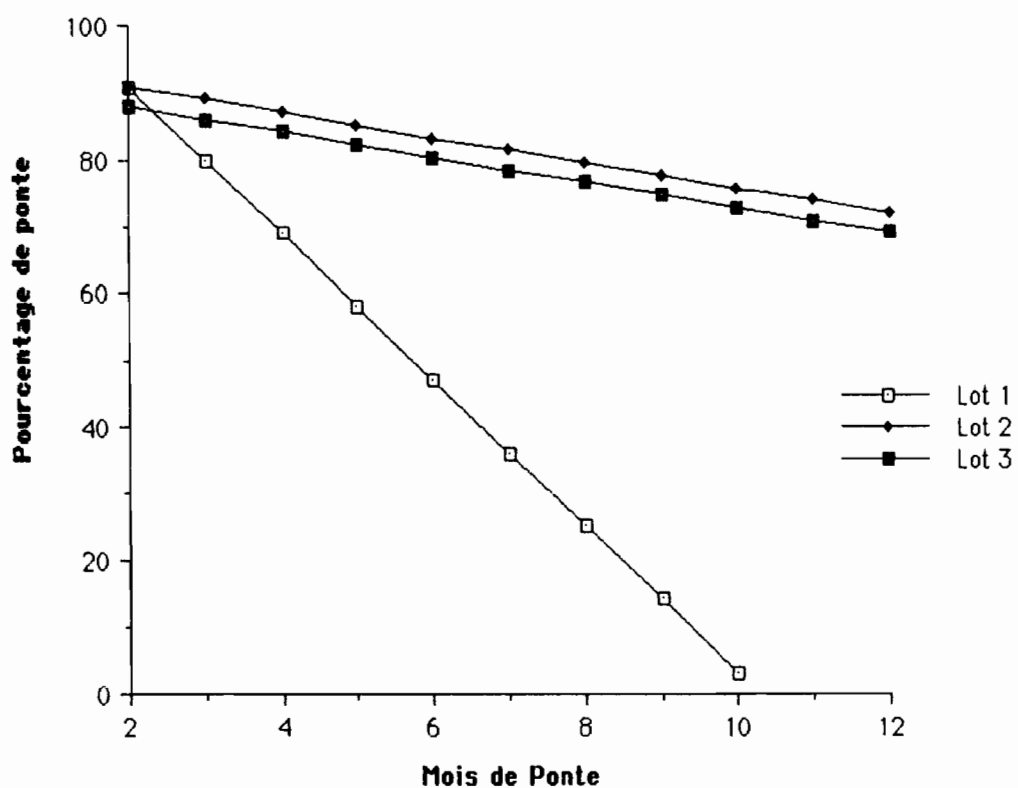
Mois	Pourcentage		
	Lot 1	Lot 2	Lot 3
2	90,95	90,945	88,09
3	79,995	89,045	86,19
4	69,04	87,145	84,29
5	58,085	85,245	82,39
6	47,13	83,345	80,49
7	36,175	81,445	78,58
8	25,22	79,545	76,69
9	14,269	77,645	74,79
10	3,31	75,745	72,89
11		73,845	70,99
12		71,945	69,09

Tableau n° 20 : Pourcentages de ponte

Le kilogramme d'aliment étant de 105 FCFA, le prix au producteur de l'oeuf de 35 FCFA, nous avons constaté que pour le lot recevant 2 % de calcium, les dépenses d'aliment deviennent supérieures aux recettes à partir du neuvième mois. Pour les deux autres lots, le bénéfice brut reste positif jusqu'à la période de réforme. Ce bénéfice est plus élevé pour le lot recevant 4 % de calcium.

.../...

Figure N°14: Evolution théorique du pourcentage de ponte en fonction de la teneur en calcium de l'aliment.



La mauvaise production du lot recevant 2 % de calcium ainsi que les signes de carence observés dans ce lot nous permettent d'emblée d'avancer qu'un taux de 2 % de calcium est insuffisant pour avoir une bonne production.

Parmi les deux autres lots, nous constatons que celui recevant 4 % de calcium produit plus d'oeufs et consomme moins d'aliment.

Pour illustrer ces propos, nous considérons deux bandes de mille poules chacune. Celle recevant 4 % de calcium consommerait une quantité d'aliment d'une valeur de 3 756 670 FCFA. Cette même bande produirait une quantité d'oeufs d'une valeur de 9 508 335 FCFA. Ainsi, le bénéfice brut serait de 5 751 665 FCFA.

En ce qui concerne la bande recevant 6 % de calcium, la consommation d'aliment s'élèverait à 4 132 800 FCFA tandis que la production s'élèverait à 9 214 335 FCFA d'où un bénéfice brut de 5 081 535 FCFA.

Nous constatons qu'avec 4 % de calcium, nous avons un bénéfice supplémentaire de 670 130 FCFA.

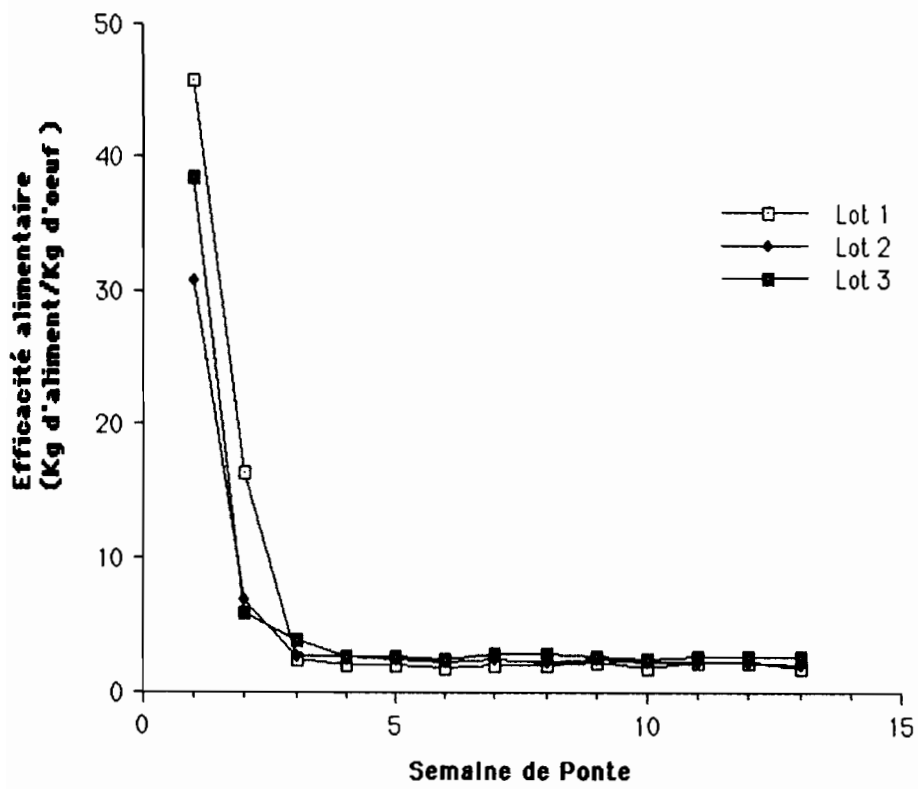
Ceci nous permet de dire que les meilleures performances de ponte sont obtenues avec 4 % de calcium dans l'aliment (tableau n° 21).

.../...

Semaines d'âge	2 %	4 %	6 %
20	45,7	30,7	38,45
21	16,5	6,87	5,81
22	2,47	2,63	3,75
23	2,09	2,54	2,65
24	1,91	2,48	2,51
25	1,7	2,22	2,44
26	2,04	2,37	2,78
27	2,06	2,26	2,76
28	2,24	2,36	2,62
29	1,9	2,12	2,49
30	2,25	2,17	2,61
31	2,13	2,23	2,57
32	1,87	2,08	2,66

Tableau n° 21 : Efficacité alimentaire (kg d'aliment par kg d'oeuf).

Figure N°15: Evolution de l'efficacité alimentaire en fonction de la teneur en calcium de l'aliment.



CONCLUSION

Les pays africains au sud du Sahara, sont soumis depuis quelques années à des aléas climatiques qui compromettent l'objectif que se sont assignés les pouvoirs publics, à savoir l'autosuffisance alimentaire.

Pour contourner ces difficultés, des dispositions intégrant la notion de sécheresse ont été prises.

C'est ainsi qu'en matière d'élevage, l'accent est mis sur les espèces moins vulnérables à la pénurie de pâturage dont les volailles.

Mais les races de poules actuellement exploitées sont des races importées qui, bien que performantes, peuvent voir leur rendement affecté par le climat sahélien directement ou indirectement par son influence sur la régulation de la prise de nourriture.

Il est par conséquent nécessaire d'adapter l'élevage aviaire à nos réalités climatiques pour en tirer un meilleur profit. C'est dans cet objectif que nous nous sommes proposés d'étudier l'effet du niveau d'apport en calcium sur le comportement alimentaire, le métabolisme phosphocalcique et la production des oeufs chez la poule pondeuse, compte tenu du rôle important joué par ce minéral dans la production et de l'impact du climat sur sa biodisponibilité.

Notre expérience a été menée sur 50 poules pondeuses de souche HYLINÉ âgées de 19 semaines. Elles ont été réparties en 4 lots dont un lot témoin de 5 poules sacrifiées au début pour évaluer la calcémie, la phosphatémie et la teneur des tibias en calcium et phosphore ; et 3 lots de 15 qui ont reçu durant 13 semaines, des aliments dont les teneurs en calcium sont respectivement de 2, 4 et 6 p.100.

Les résultats obtenus ont montré que toutes les poules sont entrées en ponte à 20 semaines d'âge. Mais des différences apparaissent en fonction des lots pour les paramètres étudiés, c'est ainsi que :

.../...

1°) La consommation alimentaire augmente avec le niveau d'apport en calcium ; elle est en moyenne de 90,37 ; 104,33 et 117,15 g/j pour respectivement 2, 4 et 6 p. 100 de calcium dans l'aliment.

2°) La teneur en calcium du squelette est beaucoup plus faible chez les poules recevant 2 p. 100 de calcium dans l'aliment que chez celles dont la teneur en calcium de la ration est de 4 ou 6 p.100. Les valeurs obtenues sont respectivement de 61,8 ; 115,2 et 126,1 g/kg.

La calcémie n'est pas significativement différente entre les trois lots. Les valeurs obtenues sont respectivement de 178,6 ; 172,2 et 176,8 mg/l.

3°) Le niveau d'apport en calcium n'a pas d'influence sur le poids des oeufs. Mais la production est plus importante pour un niveau de 4 p.100, les pourcentages moyens de ponte étant respectivement de 73,4 ; 78,31 et 77 p.100 avec des pics respectifs de 93,34 ; 94,28 et 91,42 p.100 ; soit pour 4 p.100 de calcium dans l'aliment, un pic supérieur au pic théorique qui est de 93 p.100.

En définitive, les meilleures performances de ponte chez la poule HYLINÉ en milieu tropical, sont obtenues avec un aliment contenant 4 p.100 de calcium.

Un taux de 2 p.100 entraîne une faible production d'oeufs mais aussi une fragilisation du squelette des poules qui pourrait affecter négativement leur carrière de pondeuses, et celui de 6 p.100 se traduit par des pertes économiques dans la mesure où il s'accompagne d'une augmentation de l'indice de consommation.

.../...

Par ailleurs, une étude prospective laisse entrevoir au terme de la période de ponte, un bénéfice brut beaucoup plus important avec 4 p.100 de calcium dans l'aliment.

Toutefois, cette étude gagnerait à être plus complète si, en plus de la quantité, nous avons étudié les impacts de la forme d'apport en calcium ainsi que ceux de la chronologie. Dans ces conditions, il sera possible de maîtriser l'apport alimentaire du calcium d'un triple point de vue à savoir : la quantité, la forme et la chronologie.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - Bernard SAUVEUR
Reproduction des volailles et production des oeufs.
Paris : I.N.R.A., 1988, 449 p.
- 2 - BURNELL T.W., CROMWELL G.L. and STAHLY T.S.
Effect of particle size on the biological availability of calcium and phosphorus in defluorinated phosphate for chicks.
Poult. Sci., 69, 1990 : 1110-1117.
- 3 - CALAMY HUBERT
La régulation hormonale de la calcémie chez la poule pondeuse : rôle du corps ultimobranchial.
Th. Méd. vét., Lyon, 1973, n° 7.
- 4 - DELUCA H.P.
The vitamin D system in the regulation of calcium and phosphorus metabolism.
Nutr. Rev., 37, 1979 : 161-366.
- 5 - D'MELLO J.P.F., LEWIS D.
Aminoacid interactions in chick nutrition, 4-growth, feed-intake and plasma aminoacid patterns.
Br. Poult. Sci., 12, 1971 : 345-358.
- 6 - F.A.O.
L'alimentation des volailles dans les pays tropicaux et subtropicaux.
Edition n° 82, Rome, 1965, 103 p.
Collection FAO : progrès et mise en valeur Agriculture.
- 7 - FROST T.J. and ROLAND D.A.
Influence of vitamin D₃, 1 αhydroxyvitamin D₃, 1-25 dihydroxyvitamin D₃ on eggshell quality, tibia strenght, and various production parameters in commercial laying hens.
Poult. Sci., 69, 1990 : 2008-2016.

- 8** - GAMST O., TRY K.
Phosphore U.V.
Scand. J. clin. Lab. invest., 40, 1980 : 483.
- 9** - HARMS R.H., ROSSI A.F., SLOAN D.R., MILES R.D. and
CHRISTMAS R.B.
A method of estimating shell weight and correcting specific gravity
for egg weight in eggshell quality studies.
Poult. Sci., 69, 1990 : 48-52.
- 10** - HODGKISS J.P.
Distension sensitive receptors in the crop of the domestic fowl.
Comp. Biochim. Physiol., 70, 1981 : 73-78.
- 11** - I.E.M.V.T.
Aviculture en zone tropicale.
2ème édition, France, Ministère de la Coopération, 1991, 186 pages.
Collection Manuel et précis d'Elevage.
- 12** - KAREN J., WEDEKING and DAVID H. BAKER
Manganese utilization in chicks as affected by excess calcium and
phosphorus ingestion.
Poult. Sci. 69, 1990 : 977-984.
- 13** - KELLY J.D., ETCHES R.J. and GUEMENE D.
Follicular control of oviposition in hen
Poult. Sci., 69, 1990 : 288 - 291.
- 14** - KIHIRAMOTO, MIRAMATSU T. and OKUMURA J.
Protein synthesis in tissues and in the whole body of laying hens
during egg formation.
Poult. Sci. 69, 1990 : 2170-2176.

.../...

- 15** - KOLB E.
La reproduction chez les volailles.
In GURTLEY H., KETZ H.A., KOLB E., SCHRODER L., SEIDEL H.
Physiologie des animaux domestiques
Vigot Frères, Paris VIe, 1975 : 674-679.
- 16** - LACY M.P., VAN KREY H.P., DENBOW D.M., SIEGEL P.B.,
CHERRY J.A.
Aminoacid regulation of food intake in domestic fowl.
Nutr. Behav. 1, 1982 : 67-74.
- 17** - LACY M.P., VAN KREY H.P., SKEWES P.A., DENBOW D.M.
Effect of intra hepatic glucose infusion on feeding in heavy and
light breed chicks.
Poult. Sci. 64, 1985 : 751-756.
- 18** - LEACH R.M., BRENDA J.R., HEINRICH S. and BORDETTE J.
Broiler chicks fed low calcium diets, influence of zeolite on growth
rate and parameters of bone metabolism.
Poult. Sci. 69, 1990 : 1539-1543.
- 19** - LEBBIE S.H.B. and ADEMOSUN A.A.
The effect of dietary calcium and phosphorus levels on the perfor-
mance of pullets during the growing and subsequent laying period
in the hot humid tropics.
- 20** - LEE S.R., BRITTON W.M.
Effect of elevated dietary tryptophan and avian hypothalamic serotonin,
5. hydroxy indole acetic acid and norepinephrine.
Poult. Sci., 61, 1982 : 1500.
- 21** - LEPKOVSKY S.
Hypothalamic adipose tissue interrelationship.
Fed. Proc., 38, 1973 : 1705-1708.

- 22** - LINDERMAIER P., KARE M.R.
The taste organs of the chicken.
Poult. Sci. 38, 1959 : 545-550.
- 23** - MATEI VLADESCU C., APOSTOL G., POPESCU Y.
Reduced food intake following cerebral intraventricular infusion of
glucose.
In Gallus domesticus
Physiol. Behav. 19, 1977 : 7-10.
- 24** - MAURICE D.V., WISENHUNT J.E., JONES J.E., SMOAK K.D.
Effect of lipectomy on control of feed intake and homeostasis of
adipose tissue in chickens.
Poult. Sci., 62, 1983 : 1466.
- 25** - MICHEL FESNEAU
Contrôle de la prise de nourriture chez les oiseaux.
Th. Méd. vét., Lyon.
- 26** - MUIR W.M. and PATTERSON D.L.
Genetic and environmental associations of uncollectible egg production
with shell quality, Rate of Lay and erratic timing of oviposition in
white leghorn hens.
Poult. Sci., 69, 1990 : 509-516.
- 27** - MUNOZ M.A., BALON M., FERNANDEZ C.
Phosphore U.V.
Clin. Chem. 29, 1983 : 372.
- 28** - NAUMANN K., BASSLER R.
Methodenbush band III Die chemische Untersuchung von fitermitch.
NELSON GEN
VESLEY J. Newmann - Nendamm - 1976.

.../...

- 29** - NELSON T.S., HARRIS G.C., KIRBY L.K. and JOHNSON Z.B.
Effect of calcium and phosphorus on the incidence of leg abnormalities
in growing broilers.
Poult. Sci., 69, 1990 : 1496-1502.
- 30** - NORMAN A.W.
Studies on the vitamin D endocrine system in the avian.
J. Nutr., 117, 1987 : 797-808.
- 31** - ORBAN J.I. and ROLAND D.A.
Correlation of eggshell quality, with tibia status and other production
parameters in commercial leghorn at oviposition and 10 hour postovipo-
sition.
- 32** - RAO K.S. and ROLAND D.A.
Influence of dietary calcium and phosphorus on urinary calcium in
commercial leghorn hens.
Poult. Sci., 69, 1990 : 1991-1997.
- 33** - RAO K.S. and ROLAND D.A.
In vitro limestone solubilization in commercial leghorns ; rôle of dietary
calcium level, limestone particle size, in vitro limestone solubility rate,
and the calcium status of the hen.
- 34** - RICHARDSON A.J.
The role of the crop in the feeding behavior of the domestic chicken
Anim. Behav., 18, 1970 : 633-639.
- 35** - RISING R., MAIORINO P.M., MITCHELL R. and REID B.I.
The utilization of calcium soaps from animal fat by laying hens.
Poult. Sci. 69, 1990 : 768-773.
- 36** - ROBERTSON G.
Determination du calcium.
Clin. Chem. Acto., 20, 1968 : 315.

- 37** - ROBINZON B., SNAPIR N.
Intraventricular glucose administration inhibits feeding in satiated but not 24 hours food deprived chicks.
Pharmacol. Biochim. Behav., 19, 1983 : 329-333.
- 38** - ROOSH W.B. and CRAVENER T.L.
Evaluation of colony size and cage space for laying hens (Gallus domesticus) using fuzzy decision analysis.
Poult. Sci., 69, 1990 : 1480-1484.
- 39** - SAVORY C.J., GENTLE M.J.
Changes in food intake and gut size in Japanese quail in response to manipulations of dietary fibre content.
Br. Poult. Sci. 17, 1979 : 571-580.
- 40** - SAVORY C.J., HODGKISS J.P.
Influence of vagotomy in domestic fowls on feeding activity, food passage, digestibility and satiety effects of two peptides.
Physiol. Behav., 33, 1984 : 937-944.
- 41** - SEYDI M.
Contrôle et commercialisation de l'oeuf en coquille
E.I.S.M.V., document photocopié non publié, 1991.
- 42** - SMITH C.J.V., SZPER I.
The influence of direct implantation of goldthioglucose in the brain of chickens on food consumption and weight gain.
Poult. Sci., 55, 1976 : 2421-2423.
- 43** - SHURLOCK T.G.H., FORBES J.M.
Factors affecting food intake in the domestic chicken : the effect of infusions of nutritive substances into the crop and duodenum.
Br. Poult. Sci., 22, 1981 : 323-331.

.../...

- 44** - SHURLOCK T.G.H., FORBES J.M.
Evidence for hepatic glucostatic regulation of food intake in the domestic chicken and its regulation with gastrointestinal control.
Br. Poul. Sci., 22, 1981 : 333-346.
- 45** - SVACHA A.J., REID B.L.
Effect of gold thioglucose in the domestic fowl.
Poult. Sci., 52, 1973 : 826-830.
- 46** - THIM K. CHENG, COON C.N.
Comparison of various in vitro methods for the determination of limestone solubility.
Poult. Sci., 69, 1990 : 2204-2208.
- 47** - THIM K. CHENG and COON C.N.
Sensitivity of various bone parameters of laying hens in differend daily calcium intake.
Poult. Sci., 69, 1990 : 2209-2213.
- 48** - THIM K. CHENG and COON C.N.
Effect of calcium source, particle size, limestone solubility in vitro and calcium level on layer bone status and performances.
Poult. Sci., 69, 1990 : 2214-2219.
- 49** - THIM K. CHENG and COON C.N.
Calcium digestibility studies utilizing acid-insoluble ash mesurement
Poult. Sci., 69, 1990 : 2228-2230.
- 50** - TOBIN G., BOORMAN K.N.
Carotid or jugular aminoacid infusions and food intake in the cockeral
Br. J. Nutr., 41, 1979 : 157-162.

.../...

- 51** - WALKER P.S., VAN KREY H.P., CHEERY J.A., STEGEL P.B.
The effect of goldthioglucose on feed consumption in domestic fowl
Poult. Sci. 60, 1981 : 1325-1332.
- 52** - ZIEGLER H.P.
Trigeminal differentiation and hunger in the pigeon (Columbia livia)
J. Comp. Physiol. Psychol., 89, 1975 : 827-844.

L E C A N D I D A T

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

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

VU
LE DOYEN
DE LA FACULTE DE MEDECINE
ET DE PHARMACIE

LE PRESIDENT DU JURY

VU ET PERMIS D'IMPRIMER _____
DAKAR, LE _____

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