

TD 926

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR

ECOLE INTER-ETATS DES SCIENCES ET MEDECINE VETERINAIRES

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

ANNÉE 1992



N° 6

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'INFLUENCE DU
RAPPORT CALCIUM/PHOSPHORE ALIMENTAIRE
SUR LE METABOLISME PHOSPHOCALCIQUE
ET SUR CERTAINS PARAMETRES DE
REPRODUCTION CHEZ LA LAPINE**

THESE

**POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR VETERINAIRE
(DIPLOME D'ETAT)**

PRESENTEE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT

LE 30 MAI 1992

DEVANT LA FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE DE DAKAR

PAR

Alphonse COULIBALY

né le 06 mai 1964 à SOLENZO (BURKINA FASO)

Président du Jury : Monsieur François DIENG, Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université Cheikh Anta DIOP de Dakar

Rapporteur : Monsieur Moussa ASSANE, Professeur agrégé à l'E.I.S.M.V.

Membres : Monsieur Germain J. SAWADOGO, Professeur agrégé à l'E.I.S.M.V.

Monsieur Mamadou BADIANE, Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université Cheikh Anta DIOP de Dakar

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

LISTE DU PERSONNEL ENSEIGNANT
=====

I. - PERSONNEL A PLEIN TEMPS

1 - ANATOMIE-HISTOLOGIE-EMBRYOLOGIE

Kondi	AGBA	Maître de Conférences Agrégé (Vacataire)
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	AKARPO	Professeur titulaire
Jean	LOUDAR	Professeur
Rianatou (Mme)	ALAMBEDJI	Assistante
Souafbou	FAROUGOU	Moniteur

6 - PARASITOLOGIE-MALADIES PARASITAIRES-ZOOLOGIE

Louis Joseph	PANGUI	Maître de Conférences Agrégé
Jean-Carré	MINLA AMI OYONO	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 - PHYSIQUE-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 - ZOOTECHEMIE - ALIMENTATION

Gbeukoh Pafou	GONGNET	Maître-Assistant
Ayao	MISSOHO	Assistant
Amadou	GUEYE	Moniteur

- 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 BETAAIL

Mlle A. LAVAL

Professeur

ENV - ALFORT (France)

M. ZRELLA

Professeur

ENMV - SIDI THABET (Tunisie)

- ZOOTECNIE-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)

- OBSETRIQUE

A. MAZOUZ

~~Maître~~ Assistant

Institut Agronomique et Vétérinaire
HASSAN II - (Rabat)

JE DEDIE CE TRAVAIL ...

- A mon père Antoine (*In memorium*) et à ma mère Geneviève
Dieu seul saura vous remercier à la hauteur des nombreux sacrifices consentis à l'éducation de tous vos enfants. Ceci est un modeste fruit que je vous offre, infime témoignage de mon amour filial.

- A mes frères Romain, Luc, Jean, Gérard et à mes soeurs Thérèse, Blandine, Blanche.
Pour le soutien que vous m'avez toujours apporté, ce travail est aussi le vôtre.

- A TRAORE Mamourrou
Tu m'as toujours soutenu. Grâce à toi j'ai surmonté beaucoup de difficultés. Ce travail est également le tien.

- A toute la communauté des Frères des Ecoles Chrétiennes (FEC)
Pour l'éducation dont j'ai bénéficié durant mes 7 années d'études secondaires, recevez ce travail comme un modeste fruit dans l'océan formé par tant d'autres. Je ne vous oublierai jamais.

- A mes tantes et à mes oncles.

- A mes cousins et à mes neveux.

- A mon ami Etienne GAU.
Tu m'as toujours encouragé et soutenu. Je t'offre ce travail en signe de mon amitié toujours grandissante.

- A Armand BADIEL
Plus qu'un ami tu es un frère. Tu m'as été d'un soutien inestimable pendant les périodes difficiles. Ce travail je te l'offre.

- Au Dr Moumouni OUATTARA
Mon aîné, mon ami, mon frère en tout moment.
- Au Dr BARRY Sékou
Pour le soutien et l'attention dont j'ai fait l'objet.
- A Mr Dieudonné PANDARE
Merci pour votre soutien et votre disponibilité. Votre franchise et votre amour du travail bienfait m'ont fasciné.
- Au personnel du Département de Biologie Animale de la Faculté des Sciences et Techniques
- A la 18e promotion "PAPA El HASSANE DIOP"
- Au personnel administratif et technique des services de l'E.I.S.M.V.
- A tous mes amis.
- Au SENEGAL, pays hôte.
- A mon pays le BURKINA.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail et particulièrement:

- Notre Directeur de Thèse le Dr Gbeukoh Pafou GONGNET. Vous nous avez inspiré cette étude et vous l'avez suivi avec beaucoup d'attention. Veuillez trouver ici l'expression de notre entière satisfaction.

- Notre Maître, le Professeur Moussa ASSANE. Vous avez bien voulu nous ouvrir grandes les portes de votre département pour la conduite de ce travail. Soyez assuré de notre entière reconnaissance.

- Le personnel du Département de Physiologie et Pharmacodynamique de l'E.I.S.M.V.

- Le personnel du Département de Biologie Animale de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université C.A. DIOP.

- Le personnel du Département de Zootechnie-Alimentation de l'E.I.S.M.V.

- Madame R. DIOUF pour la dactylographie de ce travail.

A NOS MAITRES ET JUGES

- A Monsieur le Professeur François DIENG
Vous avez accepté avec un manifeste plaisir la présidence de notre jury de thèse.
Sentiments respectueux.

- A Monsieur le Professeur agrégé Moussa ASSANE
C'est pour nous un grand honneur de vous compter parmi les membres de notre jury de thèse.
Sincère reconnaissance.

- A Monsieur le Professeur agrégé Germain J. SAWADOGO
C'est pour nous un réel plaisir de vous compter parmi les membres de notre jury de thèse.
Trouvez ici l'expression de notre profond respect.

- A Monsieur le Professeur Mamadou BADIANE
Veuillez trouver ici le témoignage de notre reconnaissance pour l'honneur que vous nous faites en acceptant de siéger à notre jury de thèse.
Sincères sentiments.

- A notre Directeur de thèse, le Dr Gbeukoh Pafou GONGNET
Vous nous avez inspiré ce travail et vous l'avez dirigé avec beaucoup d'attention.
Votre entière disponibilité et votre amour du travail bien fait nous ont fasciné.
Vous nous avez comblé de vos connaissances scientifiques et de vos qualités humaines. Avec vous, nous avons été à l'école de la vie.
Très sincère reconnaissance.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1	
<u>PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</u>		
<u>CHAPITRE 1 : DONNEES GENERALES SUR LA REPRODUCTION CHEZ LA LAPINE</u>		3
1.1. Le cycle oestral	3	
1.2. La saillie et l'ovulation.....	4	
1.3. La gestation et la parturition	4	
1.3.1. La gestation	4	
1.3.2. La parturition	7	
1.4. La lactation	7	
1.5. Facteurs influençant la reproduction	8	
1.5.1. Facteurs génétiques	8	
1.5.2. Facteurs environnementaux	8	
1.5.3. Facteurs alimentaires	9	
<u>CHAPITRE 2 : DONNEES GENERALES SUR LE METABOLISME PHOSPHOCALCIQUE</u>		10
2.1. Apports de calcium et de phosphore	10	
2.1.1. Le calcium	10	
2.1.1.1. Sources de calcium	10	
2.1.1.2. Absorption du calcium	10	
2.1.2. Le phosphore	11	
2.1.2.1. Sources de phosphore	11	
2.1.2.2. Absorption intestinale du phosphore ...	11	
2.1.3. Facteurs de variation de l'absorption du calcium et du phosphore	12	
2.1.3.1. Facteurs internes	12	
2.1.3.2. Facteurs nutritionnels	13	
2.2. Distribution dans l'organisme et fonctions	15	
2.2.1. - Distribution dans l'organisme	15	
2.2.1.1. La calcémie	16	
2.2.1.2. La phosphatémie	17	
2.2.1.3. Le calcium et le phosphore osseux	17	

2.2.2.	Facteurs influençant la biodisponibilité du calcium et du phosphore	18
2.2.2.1.	Au niveau de la rétention	18
2.2.2.2.	Au niveau du métabolisme	19
2.2.2.3.	Rapport Ca/P dans l'aliment	19
2.2.2.4.	Interactions du Calcium et du Phosphore avec d'autres éléments.....	20
2.2.3.	Fonctions biologiques du Calcium et du Phosphore	20
2.3.	Les pertes de calcium et de phosphore	21
2.3.1	Excrétion urinaire	21
2.3.1.1.	Excrétion du calcium	21
2.3.1.1.1.	Filtration glomérulaire	21
2.3.1.1.2.	Réabsorption tubulaire	22
2.3.1.2.	Excrétion des phosphates	22
2.3.2.	Excrétion fécale	23
2.3.2.1.	Le calcium	23
2.3.2.2.	Le phosphore	23
2.3.3.	Pertes par les productions	24
2.3.3.1.	Le fœtus	24
2.3.3.2.	Le lait	24
2.3.4.	Autres voies de perte	26
2.4.	Régulation endocrinienne du métabolisme phosphocalcique	26
2.4.1.	La parathormone (PTH)	26
2.4.1.1.	Origine	26
2.4.1.2.	Mise en évidence	26
2.4.1.3.	Fonctions biologiques	27
2.4.1.4.	Contrôle de la sécrétion de parathormone	28
2.4.2.	La vitamine D3	28
2.4.2.1.	Métabolisme	28
2.4.2.2.	Actions biologiques	30
2.4.3.	La calcitonine	31
2.4.3.1.	Origine	31
2.4.3.2.	Fonctions biologiques	31

DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE

<u>CHAPITRE 1 : MATERIEL ET METHODES</u>	32
1.1. Le matériel	32
1.1.1. Matériel animal et aliments	32
1.1.1.1. Choix des animaux et constitution des lots	32
1.1.1.2. Conditions d'élevage	33
1.1.1.3. Les aliments	33
1.1.2. Matériel technique et de laboratoire	33
1.2. Méthodes - Protocole expérimental	36
1.2.1. Phase d'adaptation	36
1.2.2. Phase expérimentale	36
1.2.2.1. Méthode d'alimentation et d'abreuvement	36
1.2.2.2. La reproduction	37
1.2.2.3. Méthode de collecte des fèces et des urines	37
1.2.2.4. Méthode de prélèvement sanguin	38
1.2.2.5. Techniques de préparation et d'analyse	39
1.2.2.5.1. Les fèces	39
- détermination de la matière sèche ..	39
- dosage du phosphore	39
- dosage du calcium	40
1.2.2.5.2. Analyse des urines	40
1.2.2.5.3. Analyse du plasma	41
1.2.3. Traitement statistique des résultats	41
<u>CHAPITRE 2 : RESULTATS</u>	42
2.1. Influence de l'alimentation sur la santé des animaux	42
2.2. Consommation d'aliment et d'eau	42
2.3. Effet du rapport Ca/P sur le métabolisme phospho- calcique	46
2.3.1. Bilans de calcium et de phosphore	46
2.3.1.1. Bilan de calcium	46
2.3.1.2. Bilan de phosphore	48

2.3.2. Influence du rapport Ca/P sur la calcémie, la phosphatémie et la magnésémie	50
2.3.2.1. Calcémie, phosphatémie et magnésémie basales	50
2.3.2.2. Effet du rapport Ca/P alimentaire sur la calcémie des lapines gestantes	50
2.3.2.3. Effet du rapport Ca/P alimentaire sur la phosphatémie des lapines gestantes ...	51
2.3.2.4. Effet du rapport Ca/P alimentaire sur la magnésémie des lapines gestantes	51
2.3.3. Eléments de reproduction	51
CHAPITRE 3 - DISCUSSION	57
3.1. Critique de la méthode	57
3.1.1. Les animaux	57
3.1.2. L'alimentation	57
3.1.3. Les prélèvements	57
3.1.4. Collecte des fèces et des urines	58
3.2. Comparaison des résultats avec les données bibliographiques.....	
3.2.1. Consommation d'aliments	58
3.2.2. La calcémie	58
3.2.3. La phosphatémie	59
3.2.4. La magnésémie	59
3.2.5. Les bilans calciques et phosphorés	59
3.2.6. Les paramètres de reproduction	59
CONCLUSION GENERALE	61
BIBLIOGRAPHIE	63
ANNEXES	67

UNIVERSITY OF TORONTO
LIBRARY

Première partie

Etude Bibliographique

INTRODUCTION

En 1984, une enquête de la FAO estimait la production mondiale de lapins à 1 million de tonnes de carcasses et évaluait la consommation annuelle à 200 g/habitant (FAO, 1984). Cependant, cette production de lapin reste concentrée en Europe avec en tête l'ex-URSS actuelle C.E.I, la France, l'Italie, l'Espagne. Pourtant le lapin, compte tenu de sa prolificité (jusqu'à 40 petits par an), de sa capacité à valoriser les fourrages, du faible coût de ses protéines qui sont de haute valeur biologique, offre *a priori* de grandes possibilités pour nos pays confrontés aux graves problèmes alimentaires (famine, malnutrition, etc.).

La réussite de la production de lapin passe par une bonne conduite de l'alimentation. Celle-ci doit avoir un apport convenable en éléments azotés, en énergie et lest, en vitamines, en éléments minéraux.

L'apport de ces derniers, en particulier le calcium et le phosphore, est important compte tenu de leur rôle dans les processus biologiques. En effet ces deux éléments sont quantitativement les plus importants dans la composition en minéraux de l'organisme. Cet apport prend une importance toute particulière pendant la gestation, période au cours de laquelle l'organisme maternel élabore celui du fœtus.

C'est pourquoi nous avons choisi d'étudier l'influence que peut avoir le rapport Ca/P de l'aliment sur le métabolisme du calcium, du phosphore et sur certains paramètres de reproduction chez la lapine. Ce rapport Ca/P tire son importance du fait qu'un excès ou un déficit de l'un peut avoir des répercussions sur l'organisme. Il faut donc combiner ces éléments dans des proportions bien déterminées. Malheureusement la plupart des données disponibles proviennent d'études réalisées dans des conditions européennes ou autres.

La transposition de ces données pourrait être hasardeuse dans nos conditions tropicales. Notre choix se fonde sur toutes ces considérations et se justifie à plus d'un titre.

Ce travail comprend deux parties :

- la première fait d'abord un aperçu sur la physiologie de la reproduction de la lapine à partir de quelques données bibliographiques et présente ensuite les données générales du métabolisme phosphocalcique de la lapine gestante ;

- la seconde partie, la partie expérimentale, traite de la méthodologie ayant conduit à l'obtention des résultats concernant les paramètres sanguins (calcémie, phosphorémie, magnésémie), le bilan de calcium et de phosphore, quelques paramètres de reproduction. Enfin ces méthodes et résultats ont été discutés par rapport aux références bibliographiques, ce qui nous a permis de tirer des conclusions.

CHAPITRE 1. DONNEES GENERALES SUR LA REPRODUCTION CHEZ LA LAPINE

1.1. LE CYCLE OESTRAL

Les transformations que présentent de façon périodique les organes génitaux de la femelle influent profondément sur tout l'organisme et en particulier sur le comportement et le métabolisme de l'animal. La durée de l'évolution du cycle oestral diffère considérablement d'une espèce à une autre ; on a cependant pris l'habitude de la diviser en plusieurs phases :

- le pro-oestrus : c'est le stade de la maturation folliculaire. Un ou plusieurs follicule (s) ovarique (s) sont en voie de maturation sous l'action de la FSH (Follicle Stimulating Hormone) et de l'ICSH (Interstitial Cell Stimulating Hormone);

- l'oestrus (chaleurs) : c'est la période des chaleurs. La femelle recherche le mâle et l'accepte au cours de cette période;

- le met-oestrus : c'est la période de transformation du follicule en corps jaune. A la suite de l'ovulation, le follicule se transforme en corps jaune ;

- l'ano-oestrus : c'est la période où l'activité cyclique disparaît et elle varie selon la race et la localisation (position géographique).

Cette description correspond au cycle oestrien chez la plupart des femelles de mammifères domestiques mais il n'en est pas de même chez la lapine.

En effet, la lapine ne présente pas de cycle oestrien avec apparition régulière de chaleurs. Elle est considérée comme étant en oestrus plus ou moins permanent et l'ovulation ne se produit que lorsqu'il y a accouplement (FAO, 1984).

Toutefois, on constate que 90 % des femelles ayant la vulve rouge acceptent l'accouplement et ovulent. A l'inverse seulement 10 % des femelles ayant la vulve blanche acceptent de s'accoupler et sont fécondées. La vulve rouge est donc une forte présomption d'oestrus mais pas une preuve irréfutable (FAO, 1984).

1.2. LA SAILLIE ET L'OVULATION

La saillie est de courte durée (quelques minutes). Normalement l'ovulation est induite par les stimuli associés au coït. Selon SABBACH (1983), il se produit un réflexe ovulatoire. L'ovulation intervient 10 à 12 heures après le coït et selon le schéma illustré à la figure 1.

1.3. LA GESTATION ET LA PARTURITION

1.3.1. La gestation

Dès leur libération, les ovocytes sont aspirés par le pavillon de l'oviducte et sont fécondables ; mais ils ne seront fécondés qu'environ une heure et demie après leur émission.

La remontée des spermatozoïdes déposés dans le vagin est rapide pour atteindre le lieu de la fécondation qui est la partie distale de l'ampoule, près de l'isthme.

L'oeuf résultant de cette fécondation va migrer vers l'utérus. Son implantation intervient 7 jours après l'accouplement, au moment où il est au stade blastocyste.

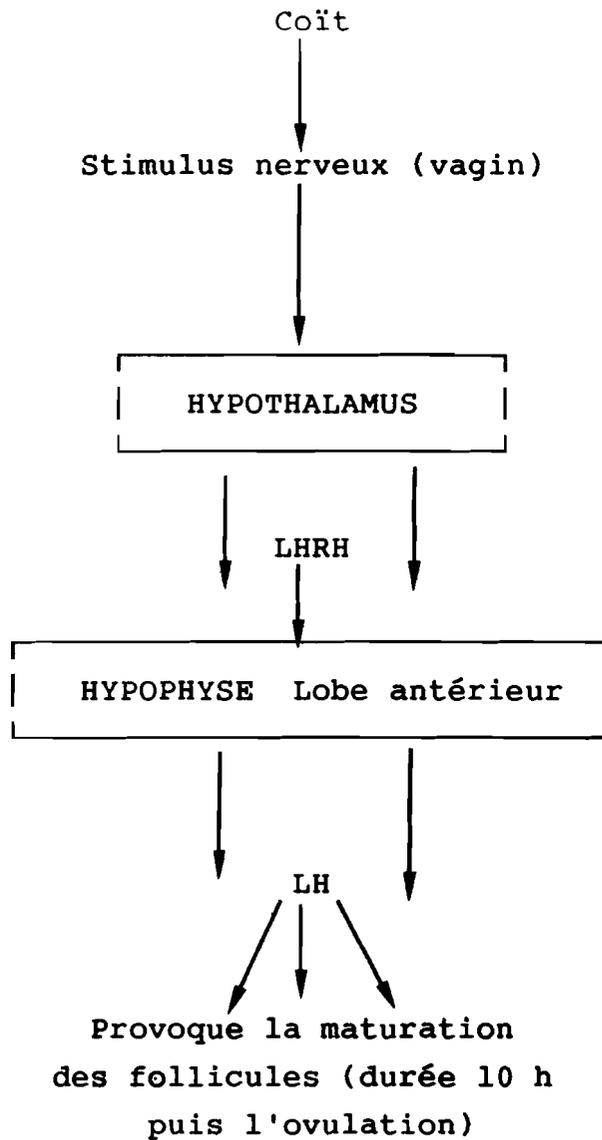
L'équilibre hormonal au cours de la gestation voit la prédominance de l'action de la progestérone qui est l'hormone de la maternité. Elle assure selon DERIVAUX (1971) :

- l'inhibition de la mobilité spontanée du myomètre;
- une mucification de l'épithélium vaginal et une hypertrophie des acini mammaires ;
- un rôle dans le métabolisme phosphocalcique et la croissance osseuse.

Du 3^e au 15^e jour après l'accouplement, les taux de progestérone ne cessent d'augmenter puis restent stationnaires pour diminuer rapidement avant la mise bas (FAO, 1984).

Parallèlement au développement du fœtus, le placenta maternel se développe d'abord pour atteindre son poids maximum vers le 16^e jour de la gestation. Vers le 10^e jour, le placenta foetal est visible et, jusqu'à la mise bas, il prend une importance de plus en plus grande.

La durée de la gestation est de 30 jours en moyenne. Toutefois, SABBAGH (1983) montre que sur un grand nombre de races et de souches, 72 % des gestations durent 31 à 33 jours. Chez les souches locales du SENEGAL, SABBAGH avait observé une durée de gestation comprise entre 32 à 33 jours.



LH = Luteinizing Hormone ; LHRH = Luteinizing Hormone
Releasing Hormone

Figure 1 : Schéma du déclenchement de l'ovulation à la suite du coït (FAO, 1984).

3.1.2 - La parturition

L'approche de la mise-bas est annoncée par la constitution du nid. La femelle s'arrache des poils qu'elle ajoute à la litière (paille, copeaux, etc...) pour confectionner son nid. Ce comportement est lié à une augmentation du rapport oestrogène/progestérone et à la sécrétion de prolactine. La mise bas dure un quart d'heure à une demi-heure en fonction de la taille de la portée. Le nombre de lapereaux peut varier dans les cas extrêmes de 1 jusqu'à 20. Les portées les plus fréquemment rencontrées vont de 3 à 12 lapereaux (FAO, 1984).

1.4. LA LACTATION

La lactogenèse est sous la dépendance de la prolactine. Pendant la gestation elle est inhibée par les oestrogènes et la progestérone. A la parturition, il y a diminution rapide de la teneur en progestérone et, sous l'effet de la libération d'ocytocine, l'action de la prolactine est stimulée, ce qui permet la montée laiteuse dans une glande mammaire bien développée.

La libération du lait se fait de la façon suivante : lorsque la lapine vient donner à téter à sa portée, les stimuli créés par la succion provoquent la sécrétion d'ocytocine et la pression intramammaire augmente. Il y a éjection du lait et les lapereaux vident la mamelle. Les quantités d'ocytocine sécrétées seraient proportionnelles au nombre de lapereaux qui tétaient. Mais c'est la femelle qui fixe le rythme des tétées : une seule fois par 24 heures (FAO, 1984).

1.5. FACTEURS INFLUENCANT LA REPRODUCTION

1.5.1. **Facteurs génétiques**

Il existe de très nombreuses races de lapins à travers le monde et chacune présente des caractères particuliers. Suivant leur taille on les classe en races légères, moyennes et lourdes. D'une façon générale on note que la précocité sexuelle est meilleure chez les races de petit format (4 à 6 mois) alors que chez les races de grand format cette précocité varie de 5 à 8 mois (FAO, 1984).

La prolificité : elle se mesure par le nombre de lapereaux nés vivants ou le total des nés par mise-bas. Elle varie significativement en fonction de plusieurs facteurs propres ou extérieurs à l'animal. En ce qui concerne la race, on note que les races petites et légères sont en général moins prolifiques que les moyennes ou grandes (FAO, 1984).

1.5.2. **Facteurs environnementaux**

- La durée d'éclairement a des effets sur la reproduction de la femelle. En effet il a été montré que des lapines éclairées seulement 8 heures par 24 heures acceptent plus difficilement de s'accoupler que si elles sont soumises à 16 heures d'éclairement par jour (FAO, 1984).

- La température : les températures élevées semblent avoir un effet néfaste. Toutefois, les réductions de prolificité attribuées aux lapines élevées en ambiance chaude (+30-31°C) seraient imputables moins à la température elle-même qu'à une réduction du poids corporel entraînée par la baisse du niveau d'ingestion liée à la température élevée (FAO, 1984). La maîtrise de ce facteur température s'avère très importante dans nos conditions tropicales compte tenu de ses effets sur la reproduction.

- La saison : L'effet de la saison est apprécié souvent en Europe en relation avec l'éclairement et la température. En milieu tropical, l'effet de la température semble dominant mais on ne peut exclure l'effet dû aux variations de la durée du jour. On observe une réduction du taux de reproduction au cours de la saison humide, période où la température est élevée et l'humidité forte (FAO, 1984).

1.5.3. Facteurs alimentaires

Selon les recommandations alimentaires proposées par l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), les besoins des lapines simplement gestantes arrivent en troisième place après les lapines allaitantes et les jeunes en croissance. L'apport alimentaire doit respecter les normes pour que les femelles puissent assurer une bonne gestation.

Comme indiqué plus haut, la réduction de la consommation alimentaire au cours de la gestation se traduit par une perte de poids chez la femelle et une altération de la prolificité. Cependant LEBAS (1975) indique que par rapport à la restriction, l'alimentation à volonté des lapines durant la gestation réduit significativement le nombre d'embryons viables et les effectifs de portée à la naissance. LEBAS (1975) a montré que le taux d'ovulation pour des lapines rationnées est comparable à celui de lapines nourries *ad libitum*. Il indique aussi que le rationnement altère significativement le poids moyen.

Rationnée ou pas, l'alimentation doit être équilibrée. Elle doit apporter de façon judicieuse de l'énergie, du lest, des protéines et acides aminés, des minéraux et vitamines. L'apport de minéraux intéresse en premier lieu le calcium et le phosphore, compte tenu de la place qu'ils occupent dans l'organisme animal, ce qui nécessite une bonne connaissance de leur métabolisme.

CHAPITRE 2. DONNEES GENERALES SUR LE METABOLISME PHOSPHOCALCIQUE

2.1. APPORTS DE CALCIUM ET DE PHOSPHORE

2.1.1. Le calcium

2.1.1.1. Sources de calcium

Hormis les phosphates de calcium qui seront évoqués avec le phosphore, seuls les carbonates de calcium sont couramment utilisés en alimentation animale.

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

2.1.1.2. Absorption du calcium

Dans l'alimentation, le calcium peut être combiné sous forme minérale (carbonate ...) ou organique (oxalate, citrate, maltate...). L'acidité gastrique solubilise certains composés, faisant apparaître des ions calcium (Ca^{++}) assimilables (CHARTON et LESBOUYRIES, 1957).

L'absorption du calcium a lieu surtout au niveau du duodénum (BARLET, 1980) et décroît au fur et à mesure qu'on s'éloigne de ce segment intestinal (WASSERMAN et TAYLOR, 1976).

Une faible partie du calcium serait absorbée de manière passive selon HIOCO (1975) ; mais selon la plupart des auteurs, c'est essentiellement par un phénomène actif et sous sa forme ionique qu'il traverse la barrière intestinale.

Ce mécanisme nécessite la synthèse de plusieurs protéines dont une protéine transporteuse (calcium-binding protein) découverte chez le chien par TAYLOR et WASSERMAN en 1978.

2.1.2. Le phosphore

2.1.2.1. Sources de phosphore

Il n'existe pratiquement pas de production d'animaux qui puisse être effectuée sans supplémentation de la ration végétale par une source de phosphore inorganique (phosphate monocalcique, dicalcique, etc.). La discussion porte sur le phosphore phytique présent dans les graines de végétaux et qui représente 60 à 70% du phosphore total dans les graines de céréales (INRA, 1989).

LEBAS et JOUGLAR (1984) indiquent que le phosphore phytique est valorisé par le lapin avec la même efficacité que le phosphore minéral quelle que soit la matière première considérée. L'origine du phosphore contenu dans l'aliment n'a donc pas d'importance majeure sur son efficacité chez le lapin.

2.1.2.2. Absorption intestinale du phosphore

Le phosphore des aliments se présente le plus souvent sous forme de combinaisons organiques dont l'assimilation dépend de plusieurs facteurs (OGER et al, 1978).

L'absorption du phosphore a lieu dans l'intestin grêle. SCHACHTER a démontré, en 1967 chez le rat, que le passage de la barrière intestinale par le phosphore inorganique nécessite

un métabolisme parfait de cette muqueuse. L'absorption est maximale au niveau du jéjunum (REGNIER, 1976).

Plusieurs auteurs indiquent qu'elle est liée à l'absorption du calcium. L'absorption est dans ce cas fonction du rapport phosphocalcique de l'aliment (KOLB, 1975). Dans tous les cas, l'apport simultané des deux éléments est très important. Le calcium et le phosphore sont très bien absorbés l'un en absence de l'autre (GUEGUEN, 1973).

2.1.3. Facteurs de variation de l'absorption du calcium et du phosphore

2.1.3.1. Facteurs internes

- Le tube digestif

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

- Influences hormonales

. L'hormone de croissance, la GH (Growth Hormone) stimule l'absorption intestinale du calcium.

. La parathormone (PTH) aurait une action limitée sur l'absorption intestinale du phosphore. Son action sur l'absorption du calcium a été l'objet de controverses dans le passé. Des études ont montré clairement une stimulation du transport intestinal du calcium par la parathormone (REGNIER, 1976).

. La calcitonine : son action sur l'intestin fait encore l'objet de controverses chez plusieurs auteurs ; néanmoins une inhibition de l'absorption intestinale du calcium serait possible.

. La vitamine D et les hormones sexuelles augmentent l'absorption et la réabsorption du calcium au niveau de l'intestin.

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

2.1.3.2. Facteurs nutritionnels

- L'apport calcique

Le calcium sera d'autant plus absorbé qu'il se trouve à un taux faible dans la ration. Un animal soumis à une ration à teneur normale en calcium, utilise beaucoup mieux cet élément lorsqu'il passe à un régime déficitaire (REGNIER, 1976).

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

BESANCON et LEBAS (1969) ont noté cependant une particularité lors de leurs études sur l'utilisation digestive réelle et la rétention du calcium chez le lapin recevant un régime riche en calcium et en phosphore. En effet, ces auteurs ont pu mettre en évidence que le lapin soumis à de hauts niveaux d'ingestion calcique présente la particularité de ne pas réduire sa capacité d'absorption intestinale comme le font généralement la plupart des espèces animales. Ce sont les excréments fécale et urinaire de calcium qui augmentent proportionnellement chez ces animaux.

- L'apport de phosphore

La réduction de l'apport de phosphore n'entraîne pas l'amélioration du transfert de calcium ; de plus un taux élevé de phosphore n'a pas d'effet significatif sur l'absorption du calcium. Lorsque le régime est carencé en vitamine D l'augmentation du phosphore a un effet inhibiteur sur l'absorption du calcium (LICHTWITZ et PARLIER, 1965). Dans ce cas le calcium s'accumule dans l'intestin et peut former avec le phosphore des précipités insolubles de phosphate et de calcium inabsorbables. Ce n'est donc pas l'excès de phosphore qui empêche l'absorption du calcium, c'est au contraire le calcium accumulé dans l'intestin qui, du fait de l'hypovitaminose D, s'oppose à la pénétration du phosphore.

- Les sels minéraux

Plusieurs éléments minéraux influent sur l'absorption du calcium. Des auteurs signalent le cas du potassium, du sodium qui, à de fortes concentrations, ont une action inhibitrice sur l'absorption du calcium.

Des problèmes éventuels liés à un excès de magnésium sont signalés. L'excès de magnésium provoquerait d'une part des diarrhées et d'autre part, une mauvaise utilisation du calcium et du phosphore (INRA, 1989).

- Les protides

Elles favorisent l'absorption en formant avec le calcium et le phosphore des complexes facilement absorbés (REGNIER, 1976).

- Les graisses

Selon LICHTWITZ et PARLIER (1965), pour exercer son effet sur l'absorption calcique, la vitamine D liposoluble doit franchir la muqueuse intestinale d'où la nécessité d'une bonne digestion des graisses.

REGNIER (1976) indique qu'une mauvaise absorption de graisses joue un rôle néfaste car le calcium forme alors avec les lipides des "savons calciques" insolubles.

- Autres facteurs

Plusieurs autres facteurs interviendraient dans l'absorption intestinale du calcium et/ou du phosphore. CRETON (1976) cite à cet effet : l'eau, les glucides, les acides aminés, les acides gras.

Ces facteurs interviennent d'une façon plus ou moins marquée et selon des processus variés.

2.2. DISTRIBUTIONS DANS L'ORGANISME ET FONCTION

2.2.1. Distribution dans l'organisme

Après leur absorption au niveau intestinal, le calcium et le phosphore se répartissent dans l'organisme. La presque totalité de ces éléments se retrouve au niveau du squelette et des dents. En effet 99 % du calcium et 80 à 85 % du phosphore de l'organisme se retrouvent au niveau de ces structures. Ces éléments peuvent être mobilisés vers le sang.

2.2.1.1. La calcémie

C'est la fraction sérique ou plasmatique du calcium. La valeur moyenne de cette calcémie est de 5 mEq/l c'est-à-dire l'équivalent de 100 g/l.

Dans le sang, le calcium se trouve sous deux formes : diffusible et non diffusible. La fraction diffusible représente 60 % du calcium plasmatique. Chez le sujet normal la majeure partie de cette fraction est à l'état d'ions calcium (Ca^{++}) libres dans le plasma. C'est la partie physiologiquement active, alors qu'une faible partie est non ionisée car elle est liée sous forme de citrate de calcium.

La fraction non diffusible, 40 % du calcium plasmatique total, est liée aux protéines plasmatiques (albumine) par une liaison réversible (BARET, 1970 ; CRETON, 1976). Elle obéit ainsi à la loi d'action de masse.



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

Cette calcémie subit des variations au cours de la gestation, notamment à l'approche du part chez plusieurs espèces animales. C'est le cas chez la brebis peul du Sahel (ASSANE et al, 1989), et chez la lapine BARLET (1980). Ce dernier a noté, chez la lapine fauve de Bourgogne, une baisse de la calcémie de $13,2 \pm 0,2$ mg/l le 11e jour post-coïtum à $10,5 \pm 0,5$ mg/l 24 heures après la mise-bas.

2.2.1.2 La phosphatémie

Dans le sang, le phosphore est présent sous forme de composés organiques et inorganiques.

La phosphatémie est définie comme étant le taux sanguin de phosphore inorganique. Le taux sérique de phosphore inorganique est compris normalement entre 30 et 40 mg/l.

		Calcium (m mol/l)	Phosphore (m mol/l)
FISCHER (1980)	Lapines gestantes puis allaitantes : Aliment granulé commercial	3,58	1,52
JOUGLAR (1983)	Lapines gestantes et allaitantes : Aliment granulé commercial	3,72	1,50
VIARD et al (1984)	Lapines gestantes puis allaitantes : Aliment granulé commercial	-	1,16

Tableau I : Valeur moyenne de la calcémie et de la phosphatémie chez la lapine reproductrice (DELAVENNE, 1985).

2.2.1.3. Le calcium et le phosphore osseux

Comme déjà indiqué, 99 % du calcium et 80 % du phosphore de l'organisme sont concentrés au niveau du squelette. On y retrouve également une part importante du magnésium (65 %) et du sodium (KOLB, 1975).

Le calcium et le phosphore sont associés dans la substance minérale osseuse, l'hydroxyapatite. Si le calcium dentaire est très peu mobilisable (CHARTON et LESBOUYRIES, 1957), celui de l'os par contre est en perpétuelle transformation durant toute la vie de l'animal, surtout chez les jeunes en croissance, les femelles en gestation et en lactation.

Les échanges entre le sang et le tissu osseux se font en fonction des besoins pour répondre aux exigences de l'hypocalcémie et de l'hypercalcémie.

Lorsque les exportations par les productions ne sont pas compensées par l'apport alimentaire, il y a une mobilisation des réserves. Celles-ci doivent donc être constamment reconstituées (PARIGI BINI, 1986).

Une insuffisance phosphocalcique sévère entraîne le rachitisme chez le jeune et l'ostéomalacie chez l'adulte. Ces troubles peuvent s'observer lors de certaines erreurs d'alimentation qui affectent la biodisponibilité du calcium et du phosphore.

2.2.2. Facteurs influençant la biodisponibilité Ca/P

Il s'agit le plus souvent d'interactions entre éléments minéraux pouvant affecter la calcémie et la phosphatémie de différentes manières.

2.2.2.1. Au niveau de la rétention

Chez le lapin soumis à un régime riche en calcium et en phosphore, BESANCON et LEBAS (1969) émettent l'hypothèse que l'apport phosphocalcique très élevé entraîne une faible rétention et une sorte de gaspillage du calcium absorbé. Ceci est confirmé par l'excrétion urinaire massive du calcium chez cette espèce lorsque l'ingestion calcique augmente.

2.2.2.2. Au niveau du métabolisme

Une carence en phosphore en rapport avec un apport normal ou élevé en calcium conduit à une hypercalciurie et une déminéralisation osseuse (GUEGUEN, 1973). Cet auteur indique par ailleurs qu'un excès relatif de phosphore conduisant à un rapport Ca absorbé/P absorbé inférieur à l'unité favorise l'accrétion osseuse du calcium et diminue son excrétion urinaire. Cependant, si l'excès de phosphore est important et prolongé, l'hypocalcémie conduit à un hyperparathyroïdisme secondaire. Celui-ci entraînera une augmentation de la résorption osseuse. Lorsque l'excès de phosphore n'est pas trop prononcé, il ne se produit pas de réaction hormonale et l'effet sur la rétention du calcium est alors bénéfique.

2.2.2.3 Rapport Ca/P dans l'aliment

D'une façon générale, on propose, en alimentation animale, un rapport Ca/P de 1,2 à 1,5 pour permettre une meilleure utilisation des deux éléments. Dans les cas extrêmes, le maintien du rapport Ca/P entre 1 et 2 est souhaitable.

	NRC (1977)	SCHLOLAUT (1983)	INRA (1984)
Ca			
% dans l'aliment	0,75	1,00	1,10
P			
% dans l'aliment	0,50	0,50	0,80
Ca/P	1,50	2,00	1,375

Tableau II : Recommandations de calcium et phosphore dans la ration de la lapine reproductrice (DELAVENNE, 1985).

2.2.2.4 - Interactions du calcium et du phosphore avec d'autres éléments minéraux

Le principal élément concerné est le magnésium. L'apport du magnésium dans l'alimentation animale est nécessaire. Cependant, il ne fait pas de doute que son excès entraîne, en plus de la diarrhée, une réduction de l'utilisation du calcium et du phosphore (PARIGI BINI, 1986).

Les apports extrêmes sont variables suivant les espèces. Chez le rat un taux de 0,8 % est le maximum tolérable. Des interactions entre le calcium, le phosphore et le magnésium ont été observées chez le mouton par CHICCO et al (1973). Ces derniers ont pu établir le rapport Ca + Mg/P.

En dehors du magnésium, d'autres interactions ont été observées.

Chez le lapin en croissance, un excès de calcium peut entraîner une carence en zinc (PARIGI BINI, 1986).

La carence en cuivre peut être provoquée, malgré un apport suffisant dans la ration, par la présence de calcium. Mais le calcium a un effet moindre dans ce processus par rapport au soufre et au molybdène.

L'effet défavorable de ces interactions est lié aux fonctions biologiques importantes du calcium et du phosphore.

2.2.3. Fonctions biologiques

Le calcium intervient dans :

- l'excitabilité neuromusculaire dont le calcium est un modérateur ;
- l'équilibre acido-basique du sang ;

- la perméabilité des membranes cellulaires ;
- la coagulation du sang où les ions Ca^{++} catalysent la transformation de la prothrombine en thrombine.

Selon DELAVENNE (1985), le phosphore sous forme d'ions phosphates exerce son activité dans :

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

Sous forme de composés phosphates riches en énergie, le phosphore joue un rôle dans le métabolisme énergétique de toutes les cellules.

2.3. LES PERTES DE CALCIUM ET DE PHOSPHORE

2.3.1. Excrétion urinaire

2.3.1.1. Excrétion de calcium

2.3.1.1.1. Filtration glomérulaire

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

2.3.1.1.2. La réabsorption tubulaire

Elle se fait au niveau des tubes rénaux. Cette réabsorption est active car inhibée par la phloridizine et le dinitrophénol. Son siège reste discuté car pour les uns c'est le tube contourné proximal et pour les autres le tube distal (LICHTWITZ et PARLIER, 1965).

Le pourcentage de réabsorption à l'état normal est très élevé chez la plupart des espèces animales : 99 % chez le chien et 98 à 99 % chez l'homme (LICHTWITZ et PARLIER, 1965).

L'excrétion urinaire du calcium est donc généralement faible chez la plupart de espèces (GUEGUEN, 1973 ; INRA, 1989). Contrairement aux autres animaux, l'excrétion urinaire semble être le principal mécanisme homéostatique chez le lapin (INRA, 1989). En effet ces mêmes auteurs, en comparant l'excrétion urinaire chez des rats et des lapins soumis au même régime alimentaire, ont trouvé que les rats éliminaient dans leurs urines seulement 2 % du calcium ingéré alors que les lapins en éliminaient jusqu'à 60 %. L'excrétion du magnésium est similaire à celle du calcium.

2.3.1.2. Excrétion des phosphates

L'urine contient aussi du phosphore. L'excrétion rénale des phosphates se fait par filtration glomérulaire et réabsorption au niveau de la partie proximale des tubules (REGNIER, 1976). Les mécanismes de filtration et de réabsorption du phosphore sont sous la dépendance non seulement de la quantité de phosphore du régime alimentaire mais aussi de l'action directe de la parathormone qui diminue la réabsorption et provoque l'hyperphosphaturie.

2.3.2. Excrétion fécale

2.3.2.1. Le calcium

Quel que soit le régime alimentaire, on retrouve une certaine quantité de calcium dans les fèces. Ce calcium fécal a deux origines : le calcium exogène (alimentaire) non absorbé et le calcium endogène.

Chez un animal soumis à un régime dépourvu de calcium, il y a toujours excrétion de calcium dans ses fèces. L'intestin est donc le siège d'une excrétion calcique. Comme les autres électrolytes, le calcium est sécrété par les glandes de BRUNNER (duodénum supérieur) et de LIEBERKUHN (reste de l'intestin grêle) (LICHTWITZ et PARLIER 1965). Ce calcium est repris par l'intestin mais seulement pour une partie. Le reste est éliminé dans les fèces. BESANCON et LEBAS (1969) estiment que 14 % des pertes fécales de calcium sont d'origine endogène chez le lapin en croissance. Les quantités de calcium endogène fécal et urinaire sont respectivement de 0,27 g à 0,47 g par jour. Cette quantité est importante, surtout lorsqu'elle est rapportée au poids vif de l'animal, soit 107 mg par kilogramme vif et par jour.

2.3.2.2. Le phosphore

CHEEKE et AMBERG (1973) ont comparé l'excrétion fécale du phosphore chez le rat et le lapin. Ils ont trouvé que chez ces animaux l'élimination fécale était prépondérante lorsque l'alimentation contenait un taux élevé de calcium. Ce phosphore fécal contient une part de phosphore endogène, 27 mg par jour chez le lapin (VAN-LEEUVEN et VAN-RIEL, 1978).

2.3.3. Pertes par les productions

2.3.3.1. Le foetus

Chez la femelle en gestation l'édification du squelette du foetus nécessite un apport important de calcium et de phosphore. Ces éléments sont obtenus par mobilisation des réserves du squelette maternel.

2.3.3.2. Le lait

Cette voie d'élimination n'est pas la moindre, compte tenu de la richesse du lait en calcium et phosphore nécessaires à l'édification du squelette du nouveau-né. Le lait de lapine en est particulièrement riche. L'étude de la composition minérale des laits de plusieurs espèces animales, effectuée par GUEGUEN (1971), a permis de dresser le tableau suivant (Tableau IV). Le lait de lapine contient l'indice le plus élevé en cendres.

Composition				
Espèces	Cendres	Ca	P	Ca/p
Femme	2 300	320	160	2,00
Jument	4 000	1 000	6 000	1,66
Vache	7 200	1 250	950	1,31
Eléphante	7 300	1 320	840	1,57
Bufflonne	7 800	1 800	840	1,57
Chèvre	7 800	1 800	1 300	1,38
Brebis	8 700	1 900	1 500	1,26
Girafe	9 000	1 540	1 040	1,48
Truie	9 400	2 200	1 550	1,42
Lapine	20 000	5 000	350	1,43

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

Il ressort de ce tableau que le lait de lapine contient près de 4 fois plus de calcium et 2,6 fois plus de phosphore que le lait de vache.

Ces données montrent l'importance de l'élimination calcique et phosphorée par le lait soit 1,5 g à 2 g par jour chez la lapine alors que les réserves sont faibles (VAN-LEEUVEN et VAN-RIEL, 1978).

2.3.4. Autres voies de pertes

L'élimination par la sueur est présente mais elle est surtout importante chez le cheval.

La salive aussi assurerait une certaine excrétion de phosphore.

2.4. REGULATION ENDOCRINIENNE DU METABOLISME PHOSPHOCALCIQUE

L'homéostasie phosphocalcique est essentiellement contrôlée par 3 hormones : la parathormone (PTH), la vitamine D3 (cholécalférol), la calcitonine.

2.4.1. La parathormone (PTH)

2.4.1.1. Origine

C'est le produit de sécrétion des glandes parathyroïdes; celles-ci sont généralement au nombre de quatre chez la plupart des espèces animales et sont situées en région cervicale supérieure.

2.4.1.2. Mise en évidence

L'ablation de la parathyroïde (donc insuffisance de parathormone), se traduit par des troubles de type neuromusculaire (la tétanie) et des syndromes humoraux. On observe en effet une hypophosphatémie mais surtout une hypocalcémie marquée qui est responsable des troubles neuromusculaires.

L'administration d'extraits de parathyroïde à un animal parathyroprivé se traduit par la disparition des troubles consécutifs à une élévation de la calcémie. L'hormone responsable a été isolée par COLLIP en 1925. Son action dans le contrôle du métabolisme phosphocalcique se situe à plusieurs niveaux.

2.4.1.3. Fonctions biologiques

L'action de la PTH s'exerce par ordre d'importance sur l'os, le rein et enfin l'intestin.

- Au niveau de l'os

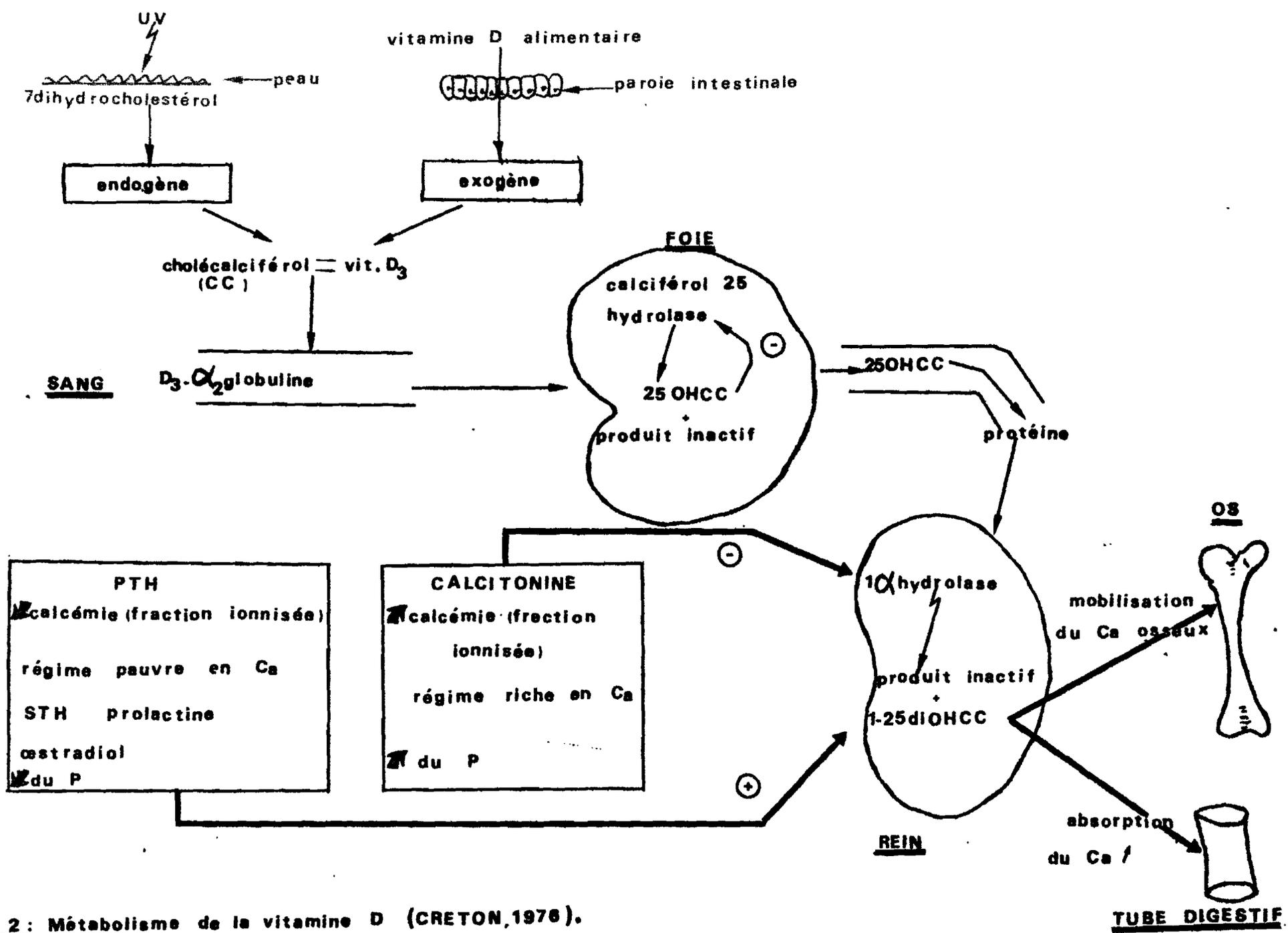
La PTH a pour rôle de mobiliser le calcium des réserves osseuses par activation de l'ostéolyse. La calcémie et la phosphorémie s'élèvent alors et l'élimination des phosphates augmente (KOLB, 1975).

Cette action d'ostéolyse est due au fait que, sous l'action de la PTH, il y a augmentation du nombre et de l'activité des ostéoclastes (LICHTWITZ et PARLIER, 1965) et diminution du nombre et de l'activité individuelle des ostéoblastes (REGNIER, 1976).

- Au niveau du rein

La PTH stimule l'élimination des phosphates (augmentation de la phosphaturie) (KOLB, 1975).

Par son action sur l'adénine cyclase du cortex, il y a augmentation de la réabsorption tubulaire du calcium. Il faut noter que lors des hyperparathyroïdies, l'hypercalciurie observée est due à l'augmentation du calcium filtré (hypercalcémie) et, de ce fait, la réabsorption tubulaire est masquée.



29

Figure 2: Métabolisme de la vitamine D (CRETON, 1976).

2.4.2.2. Actions biologiques

- Au niveau de l'intestin

La plus grande partie du calcium subit une absorption active au niveau du duodénum. Cette absorption active dépend essentiellement de la vitamine D3 sous sa forme active (1-25 diOHCC). Cette action, au niveau intestinal, résulte au moins partiellement d'un accroissement de la synthèse de la protéine transporteuse de calcium, induit par la 1-25 diOHCC (GUEGUEN et BARLET, 1978).

- Au niveau de l'os

Il y a une stimulation du processus de calcification de l'os (accrétion osseuse) (KOLB, 1975).

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

- Au niveau du rein

La vitamine D3 augmenterait la réabsorption tubulaire du calcium et du phosphore.

En somme, cette hormone (la 1-25 diOHCC) a une action hypercalcémiante et hyperphosphatémiante.

2.4.3. La calcitonine

2.4.3.1. Origine

C'est une hormone hypocalcémisante sécrétée chez les vertébrés supérieurs par les cellules parafolliculaires ou cellules C de la thyroïde, et par le corps ultimobranchial chez les vertébrés inférieurs.

Elle a été mise en évidence par COPP en 1963 chez le chien.

2.4.3.2. Fonctions biologiques

- Action sur l'os

Son action s'oppose ici à celle de la PTH. La calcitonine produit l'hypercalcémie par effet direct sur l'os (MUNSON, 1976). Elle inhibe la résorption osseuse par le blocage de l'ostéolyse par les ostéoclastes et la réduction de leur durée de vie.

- Action sur le rein

Comme l'hormone parathyroïdienne, la calcitonine abaisse la phosphatémie en augmentant l'excrétion urinaire des phosphates (GUEGUEN et BARLET, 1978).

- Action sur l'intestin

Elle réduit l'absorption intestinale du calcium. Cet effet serait déjà marqué 15 minutes seulement après une augmentation de la calcémie suite à une absorption intestinale accrue de calcium (CRETON, 1976). C'est une hormone hypocalcémisante et hypophosphatémisante.

CHAPITRE 1. MATERIEL ET METHODES

1.1. MATERIEL

1.1.1. Matériel animal et aliments

1.1.1.1. Choix des animaux et constitution des lots

Nous disposons de 10 lapines et 2 lapins dans cette étude. Les deux mâles ont été entretenus pour les saillies dans les mêmes conditions que les femelles. Ce sont tous des animaux adultes de race locale, issus de l'élevage du Département de Physiologie et de Pharmacodynamie de l'Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar (E.I.S.M.V).

Les 10 lapines ont été réparties en deux lots (A et B) de 5 animaux (A1 à A5 et B1 à B5) chacun (Tableaux V et VI). Au début des expériences le poids moyen de ces animaux était de $2,68 \pm 0,73$ kg.

N° Lapine	A1	A2	A3	A4	A5
Poids (kg)	2,9	3,0	3,6	2,0	1,9

Tableau IV : Composition du lot A.

N° Lapine	B1	B2	B3	B4	B5
Poids (kg)	3,5	3,6	2,5	2	1,8

Tableau V : Composition du lot B.

1.1.1.2. Conditions d'élevage

Les lapines sont maintenues individuellement dans des cages métalliques (58,7 x 48,5 x 37 cm) dont le plancher comporte 320 trous de 1,5 cm de diamètre. Sous chaque cage est glissé un plateau métallique permettant de recueillir les déjections. Un grillage d'environ 0,5 cm de mailles posé sur ce plateau retient les fécès et laisse passer les urines.

Les cages sont montées sur une batterie de 12 cages au total. Nous n'avons pas pu, faute de thermohygromètre, relever l'humidité relative et la température de la salle. La durée d'éclairage était celle du jour.

1.1.1.3. Les aliments

Deux régimes expérimentaux ont été mis au point à partir de matières premières achetées sur la place du marché. Le mélange de tous ces éléments a été fait à la main, avec soin, de façon à le rendre le plus homogène possible. Le tableau VI montre la composition des deux aliments préparés.

1.1.2. Matériel technique et de laboratoire

Ce matériel est très varié et comprend :

- de petits pots en plastique servant à la pesée des aliments ;
- des flacons en plastique pour la collecte des fécès et des urines ;
- le matériel de prélèvement de sang : ciseaux courbes, tubes VENOJECT R héparinés, seringues à usage unique (5 ml), tubes à hémolyse pour la conservation du plasma ;

- une centrifugeuse de marque ECCO ;
- Le matériel de froid représenté par un congélateur pour la conservation du plasma et un réfrigérateur pour la conservation des urines et des fèces ;
- une balance de marque METTLER P 2 000 (0,0001 à 2 000g) permettant la pesée ;
- du matériel et des produits de laboratoire pour le dosage de calcium et du phosphore dans les prélèvements (aliments, fèces, urines) ;
- un analyseur automatique TECHNICON RA 1000 et des réactifs Biomérieux fournis par l'Hôpital Principal de Dakar pour l'échange du plasma.

	Aliments A		Aliment B	
	Poids (kg)	(%)	Poids (kg)	(%)
<u>Composants (Ingrédients)</u>				
. Maïs rouge concassé	19,2	42,42	19,2	41,76
. Sorgho	7,7	17,01	7,7	16,75
. Tourteau d'arachide	5,1	11,26	5,1	11,09
. Farine de poisson	2,7	5,96	2,7	5,87
. Fanes d'arachide	9,2	20,32	0,87	20,01
. Huile d'arachide	0,87	1,92	0,87	1,89
. Phosphate bicalcique	0,49	1,08	0,49	1,06
. carbonate de calcium	-	-	0,71	1,54
<u>Composition analytique</u>				
. Teneur en matière sèche (% MF)	89,45		89,43	
. Matières protéiques (% MS)	17,17		16,78	
. Matières minérales (% MS)	5,79		5,88	
. Matières grasses (% MS)	9,53		8,46	
. Matières cellulosique (% MS)	9,25		9,13	
. Calcium (% MS)	0,52		0,83	
. Phosphore (% MS)	0,51		0,39	
. Ca/P	1,01		2,12	

MF = matière fraîche ; MS = matière sèche

Tableau VI : Composition des aliments expérimentaux.

1.2. METHODES ET PROTOCOLE EXPERIMENTAL

1.2.1. Phase d'adaptation

Cette phase a nécessité 7 jours et a permis l'adaptation des animaux à leur nouvel aliment ; celui-ci n'étant pas sous forme de granulé comme leur aliment habituel qui était un granulé commercial.

Au cours de cette phase, nous avons procédé au déparasitage des animaux à l'aide de la SULFADIMETHOXINE ND R.M. solution ajoutée dans l'eau de boisson. Un complexe minéral (PAULIATONIC ND) a aussi été distribué aux animaux.

1.2.2. Phase expérimentale

Toutes les cages, les flacons d'eau de boisson, les mangeoires sont nettoyés au début de l'expérience et avant chaque période de collecte des fèces et des urines.

1.2.2.1. Méthode d'alimentation et d'abreuvement

Depuis le début de l'expérience et ce jusqu'à 24 heures après la mise-bas, les animaux ont été rationnés : 150 g d'aliment par animal et par jour. Cette ration quotidienne est distribuée en deux temps : 08 heures et 18 heures à raison de 75 g à chaque fois. Les refus d'aliments (aliments non consommés) sont récupérés le lendemain puis pesés avant la distribution de la nouvelle ration.

L'eau de boisson est distribuée dans des flacons de 300 ml munis d'une tétine métallique permettant le goutte à goutte. Le refus d'eau (eau non consommée) est aussi déterminé chaque matin par mesure à l'aide d'une éprouvette graduée puis le flacon à nouveau rempli.

1.2.2.2. La reproduction

Deux lapins mâles reproducteurs ont été maintenus dans les mêmes conditions que les femelles. La saillie est effectuée tôt le matin ou bien le soir par présentation de la femelle dans la cage du mâle. Les femelles n'ayant pas accepté le mâle sont éliminées de l'expérience après trois refus successifs.

Un diagnostic de gestation est effectué par palpation abdominale, deux semaines après la saillie.

Les boîtes à nid sont placés deux jours avant la date estimée pour la mise-bas. Les lapereaux sont pesés quelques heures après la mise-bas.

1.2.2.3. Méthode de collecte des fèces et des urines

Après une période d'alimentation de 7 jours, suivent 3 jours de collecte des fèces et des urines.

Le grillage, placé sur le plateau, retient les fèces laissant passer les urines dans le plateau. Les fèces sont recueillis après 24 h puis pesés. La moitié de la quantité quotidiennement émise est prélevée sur trois jours et constitue un échantillon qui est ensuite broyé et conservé au réfrigérateur dans un flacon en PVC, en attendant les analyses.

Les urines sont récupérées dans les flacons avec un peu d'eau distillée. Le quart de la quantité émise par jour est collecté sur trois jours et constitue un échantillon qui est aussi conservé au réfrigérateur. Avant chaque période de collecte, les cages, les grillages et les plateaux sont nettoyés. Au total 5 échantillons d'urines et autant pour les fèces ont été prélevés pour chaque lapine et correspondent aux périodes suivantes : J8-10 ; J15-17 ; J22-24 ; J29-31 ; J36-38 (J = jour).

1.2.2.4. Méthode de prélèvement sanguin

Tous les prélèvements de sang ont été effectués le matin, à partir de 09 h, par ponction de la veine saphène externe. Une tonte des poils au niveau de la zone de prélèvement est effectuée au préalable à l'aide de ciseaux, suivie d'une désinfection à l'alcool. La ponction est réalisée avec une seringue de 5 ml après compression de la veine. Le sang ainsi récupéré est transféré dans un tube hépariné.

Au total 6 prises de sang ont été effectués sur chaque animal durant l'expérience. Le tableau VII présente le calendrier des prélèvements. La 6e prise de sang est effectuée 24 h après la mise-bas.

N°prélèvement	0	1	2	3	4	5
Date	23-4-91	30-4-91	07-5-91	14-5-91	21-5-91	Fonct°
	avant	1 sem. après	2 sem. après	3 sem. après	4 sem. après	de la
	saillie	saillie	saillie	saillie	saillie	mise
						bas

Tableau VII : Calendrier des prélèvements sanguins.

Le plasma est récupéré après centrifugation du sang total à 3500 tours/minute pendant 10 mn. Il est ensuite conservé au congélateur dans des tubes à hémolyse.

1.2.2.5. Techniques de préparation et d'analyse

1.2.2.5.1. Les fèces

a) Détermination de la matière sèche

Une faible quantité de fèces (1 à 2 g) est soumise à la dessiccation dans une étuve à 105°C pendant 3 heures. La perte de masse est déterminée par pesée.

. Humidité (%) = elle est évaluée par la formule :

$$\frac{(P1 - P2) \times 100}{P}$$

P = Poids de l'échantillon.

P1 = poids creuset + échantillon de fèces

P2 = poids creuset + échantillon après dessiccation.

. Matière sèche (%) = 100 - humidité (%).

b) Dosage du phosphore

1 g de fèces est mis dans un matras. On y ajoute 10 ml d'acide nitrique pur et 4 ml d'acide perchlorique ; l'ensemble est porté à ébullition jusqu'à dissolution complète. Après refroidissement, le contenu est transféré dans un ballon de 200 ml. On complète à 200 ml avec de l'eau distillée.

On prélève ensuite 2 ml de cette solution auxquels on ajoute 2 ml de réactif vanado-molybdique. On laisse réagir puis on lit la densité optique (DO) de cette solution au spectrophotomètre à 430 nm. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de phosphore dans la solution.

c) Dosage du calcium

Une faible quantité de fèces (moins de 5 g) est pesée, puis incinérée dans un four. Les cendres ainsi obtenues sont reprises dans un erlenmeyer avec 25 ml d'acide acétique 20 %. La capsule (creuset) est lavée avec 10 ml d'eau distillée bouillante.

Puis on ajoute 10 ml d'oxalate d'ammonium et quelques gouttes de rouge de méthyle. L'ensemble est porté au bain-marie bouillant pendant 20 mn.

- L'échantillon est ensuite passé sur filtre sans cendres. L'erlenmeyer est rincé à l'eau distillée bouillante et le filtre lavé à l'eau ammoniacale à 10 % jusqu'à ce que le filtrat ne réagisse plus au sel de calcium.

Le filtre est alors mis dans un erlenmeyer avec 50 ml, d'eau distillée bouillante puis 25 à 30 ml d'acide sulfurique à 20 % pour dissoudre le précipité de calcium. Puis on porte l'erlenmeyer au bain-marie à +70°C.

Le dosage doit être fait à chaud avec du permanganate de potassium (KMnO_4) N/10 jusqu'au virage au rose pendant quelques secondes.

1 ml de KMnO_4 N/10 = 2 mg de calcium.

1.2.2.5.2. Analyse des urines

- Pour le dosage du phosphore urinaire, on procède de la même manière que pour les fèces en prenant un échantillon de 5 ml d'urines.

- En ce qui concerne le dosage du calcium urinaire, il n'y a pas d'incinération. Les 5 ml d'urines sont pipettés puis mis dans un erlenmeyer. Les étapes suivantes sont les mêmes que celles du dosage des fèces.

1.2.2.5.3. Analyse du plasma

Tous les plasmas obtenus ont été analysés au Laboratoire de Biochimie de l'Hôpital Principal de DAKAR à l'aide d'un analyseur automatique TECHNICON R.A 1000. Trois éléments ont été dosés: calcium, phosphate et magnésium.

1.2.3. Traitement statistique des résultats

Pour le traitement statistique des données concernant les bilans de calcium et de phosphore, nous avons utilisé le test d'une différence entre deux moyennes. La moyenne et l'écart-type sont déterminés à la calculatrice.

Nous avons ensuite employé un appareil MACINTOSH compatible avec le logiciel STAT-WORKS pour le traitement des paramètres plasmatiques.

CHAPITRE 2. RESULTATS

2.1. INFLUENCE DE L'ALIMENT SUR LA SANTE DES LAPINES

Durant l'expérience nous n'avons noté aucune modification de la santé des lapines. Une seule mort (lapine B4) a été enregistrée au 29e jour de gestation. Cette lapine est morte quelque temps après avoir avorté. Les observations faites sur l'animal et l'autopsie nous ont révélé :

- un amaigrissement très important ; la lapine ayant cessé de s'alimenter quelques jours avant ;
- une pâleur générale de la carcasse. La tentative de prise de sang n° 4, précédant la mort, a été vaine;
- le tube digestif de l'animal contenait une substance mucoïde ;
- les symptômes respiratoires que présentait la lapine avant sa mort et l'atteinte profonde de tout le système respiratoire écartent l'hypothèse d'une mort due à l'aliment ingéré.

2.2. CONSOMMATION D'ALIMENT ET D'EAU

Durant toute la phase de gestation, l'aliment était distribué en deux temps : 75 g le matin à 08 heures et 75 g le soir à 18 heures. Les refus sont récoltés chaque matin puis pesés afin d'évaluer la consommation journalière. Les tableaux VIII et IX présentent les consommations moyennes périodiques.

Nous remarquons que les quantités d'aliment distribuées (150 g/lapine/jour) se situent largement au-dessus des besoins des lapines qui sont en moyenne de :

- 75,9 ± 5,6 g par lapine et par jour pour le lot A

- 69,9 ± 12,6 g par lapine et par jour pour le lot B.

Les lapines se sont donc alimentées à volonté.

D'une façon générale la consommation d'aliment a peu varié de la saillie (G-0) jusqu'à 4 semaines de gestation (G-28) pour le lot A et jusqu'à 3 semaines (G-21) pour le lot B (G = gestation). Au-delà de ces périodes, la consommation alimentaire chute jusqu'à la mise-bas.

La consommation d'eau, d'abord croissante, subit une diminution à partir de la même période que pour l'aliment. Il n'existe pas de différence statistiquement significative entre les deux lots. Les tableaux VIII et IX présentent les niveaux de consommation alimentaire et d'eau par période d'une semaine sur toute la phase d'étude.

Période	Qté d'aliments ingérés (g)	Qté de MS ingérée (g)	Vol. d'eau absorbée (ml)	Eau/g de MS
G-7-G0	76,3 ± 6,0	68,2 ± 5,3	120 ± 23,8	1,75
G1-G7	75,6 ± 8,4	67,6 ± 7,5	121 ± 42,4	1,78
G8-G14	78,3 ± 16,8	70,0 ± 15,0	141 ± 46,6	2,01
G15-G21	81,7 ± 14,1	73,0 ± 12,6	169 ± 61,7	2,31
G22-G28	79,8 ± 17,2	71,4 ± 13,7	184 ± 69,7	2,57
G28-MS	64,2 ± 12,0	57,4 ± 10,7	167,7 ± 73,2	2,92
Moyenne				
±	75,9 ± 5,6	67,9 ± 5,0	151,1 ± 24,9	2,22±0,42
E.-T				

MS = matière sèche ; MB = mise-bas ; G= gestation

Tableau VIII : Principales caractéristiques du comportement alimentaire des lapines du lot A (Ca/P = 1,01) par période d'une semaine.

Période	Qté d'aliments ingérés (g)	Qté de MS ingérée (g)	Vol. d'eau absorbée (ml)	Eau/g de MS
G-7-G0	79,0 ± 16,3	70,7 ± 14,5	149,5 ± 57,6	2,11
G1-G7	80,2 ± 16,2	71,7 ± 14,5	154,8 ± 47,2	2,15
G8-G14	79,6 ± 16,2	71,2 ± 14,5	163,7 ± 37,0	2,29
G15-G21	76,6 ± 20,5	68,5 ± 18,3	151,3 ± 20,0	2,20
G22-G28	55,6 ± 4,8	49,7 ± 4,3	126,5 ± 14,6	2,54
G28-MS	48,4 ± 4,1	43,3 ± 3,7	115,6 ± 5,4	2,66
Moyenne				
±	69,9 ± 12,7	62,5 ± 11,5	141,3 ± 16,8	2,32±0,2
E.-T				

MS = matière sèche ; MB = mise-bas

Tableau IX : Principales caractéristiques du comportement alimentaire des lapines du lot B (Ca/P = 2,12) par période d'une semaine.

2.3. EFFET DU RAPPORT Ca/P SUR LE METABOLISME PHOSPHOCALCIQUE

2.3.1. Bilans de calcium et de phosphore

2.3.1.1. Bilan de calcium

Le bilan calcique par lapine et par période de collecte est consigné dans les tableaux I à V en annexe. Les valeurs moyennes sont mentionnées dans le tableau X.

.Ingestion alimentaire de calcium

Sur la base des résultats présentés au tableau X, nous notons que, dans le lot B, l'ingestion de calcium est plus importante durant toute la gestation. La différence entre les deux lots est très significative une semaine avant jusqu'à une semaine après la saillie. Elle diminue ensuite.

. Excrétion fécale

L'excrétion fécale de calcium est plus importante pour le lot B. La différence entre les deux lots est significative au risque de 5 % avant la saillie puis à 1 % au cours des semaines suivantes. A la veille de la mise bas, il n'y a plus de différence significative au niveau de l'excrétion calcique dans les fèces.

. Excrétion urinaire

Pour l'excrétion du calcium par voie urinaire, l'évolution suit le même cours que celui du calcium fécal. Les quantités émises sont cependant nettement plus faibles.

	P. (sem.)	Lot A		Lot B		S
Calcium ingéré (g/j//a)	0	0,341 ± 0,038		0,587 ± 0,167		***
	1	0,322 ± 0,159		0,592 ± 0,108		***
	2	0,381 ± 0,082		0,592 ± 0,198		**
	3	0,372 ± 0,095		0,478 ± 0,080		**
	4	0,367 ± 0,123		0,373 ± 0,083		*
	M±E.T	0,356 ± 0,021		0,524 ± 0,087		
Calcium fécal (g/j/a)	0	0,121 ± 0,024		0,188 ± 0,054		**
	1	0,171 ± 0,076		0,277 ± 0,177		*
	2	0,201 ± 0,060		0,346 ± 0,186		*
	3	0,190 ± 0,077		0,220 ± 0,057		NS
	4	0,184 ± 0,027		0,177 ± 0,020		NS
	M±E.T	0,173 ± 0,027		0,241 ± 0,062		
Calcium urinaire (g/j/a)	0	0,022 ± 0,009		0,032 ± 0,008		**
	1	0,016 ± 0,007		0,034 ± 0,004		***
	2	0,021 ± 0,008		0,032 ± 0,013		*
	3	0,022 ± 0,006		0,022 ± 0,007		NS
	4	0,015 ± 0,011		0,011 ± 0,003		NS
	M±E.T	0,019 ± 0,003		0,026 ± 0,008		
Bilan Ca		Rét.(g)	Rét.(%)	Rét.(g)	Rét.(%)	
	0	0,197±0,047	57,77	0,365±0,121	62,80	
	1	0,134±0,092	41,61	0,281±0,053	47,46	
	2	0,158±0,035	41,67	0,213±0,018	35,98	
	3	0,159±0,125	42,74	0,235±0,035	49,16	
	4	0,168±0,117	45,77	0,184±0,074	49,33	

Tableau X : Bilan de calcium (moyennes par période de collecte).

P. = Période ; (sem.) = semaine

S = Signification ; * = 10 % ; ** = 5 % ; *** = 1 % ;

NS = Non significatif.

Rét. = Rétention

Rétention (g) = Ingéré - (Fécal + Urinaire)

Rétention (%) = $\frac{\text{Ingéré} - (\text{Fécal} + \text{Urinaire})}{\text{Ingéré}} \times 100$

. Bilan

On note que la rétention ou l'utilisation du calcium diminue brusquement après la saillie pour remonter légèrement à l'approche de la mise-bas dans les lots A et B.

2.3.1.2. **Bilan du phosphore**

Les valeurs moyennes pour les deux lots A et B sont présentées dans le tableau XI. Les données individuelles sont résumées sur les tableaux VI à X en annexe.

- Ingestion du phosphore

L'ingestion du phosphore est plus importante dans le lot A durant la gestation. La différence entre les deux lots ne devient vraiment significative qu'à partir de la troisième semaine de gestation.

- Excrétion fécale du phosphore

Elle paraît légèrement plus importante dans le lot B mais la différence entre les deux lots n'est pas significative. On observe pour les deux lots une baisse d'excrétion à l'approche de la mise bas.

- Excrétion urinaire du phosphore

A ce niveau il y a peu de différence entre les deux lots. Elle n'est statistiquement significative qu'avant la saillie.

- Bilan

Si le bilan du phosphore est positif durant toute la gestation dans le lot A, il est négatif par contre dans le lot B pour la même période. Cela indique une mobilisation de

phosphore endogène chez les lapines du lot B puisque l'excrétion est supérieure à l'ingestion.

	P. (sem)	Lot A		Lot B		S
Phosphore ingéré (g/j/a)	0	0,341 ± 0,038		0,277 ± 0,079		*
	1	0,323 ± 0,159		0,280 ± 0,051		NS
	2	0,381 ± 0,083		0,280 ± 0,094		*
	3	0,372 ± 0,095		0,226 ± 0,038		***
	4	0,367 ± 0,123		0,176 ± 0,037		***
	M±E.T	0,356 ± 0,021		0,247 ± 0,041		
Phosphore fécal (g/j/a)	0	0,171 ± 0,078		0,208 ± 0,079		NS
	1	0,231 ± 0,090		0,288 ± 0,090		NS
	2	0,275 ± 0,068		0,275 ± 0,136		NS
	3	0,191 ± 0,075		0,198 ± 0,033		NS
	4	0,156 ± 0,076		0,135 ± 0,013		NS
	M±E.T	0,204 ± 0,043		0,220 ± 0,055		
Phosphore urinaire (g/j/a)	0	0,108 ± 0,036		0,078 ± 0,019		*
	1	0,074 ± 0,056		0,080 ± 0,007		NS
	2	0,089 ± 0,035		0,087 ± 0,051		NS
	3	0,121 ± 0,026		0,060 ± 0,013		***
	4	0,059 ± 0,020		0,010 ± 0,005		***
	M±E.T	0,061 ± 0,048		0,065 ± 0,028		
Bilan phosphore	0	Rét.(g)	Rét.(%)	Rét.(g)	Rét.(%)	
	1	0,060±0,103	17,59	-0,087±0,031	-3,14	
	2	0,018±0,063	5,57	-0,089±0,046	-31,78	
	3	0,017±0,018	4,46	-0,082±0,061	-29,28	
	4	0,059±0,039	15,86	-0,032±0,023	-18,18	
	4	0,151±0,035	41,14	-0,031±0,038	-17,61	

Tableau XI : Bilan de phosphore (moyennes par période de collecte).

P. = Période ; (sem) = semaine.

S = Signification ; * = 10 % ; ** = 5 % ; *** = 1 % ;

NS = Non significatif.

Rét. = Rétention

Rétention (g) = Ingéré - Fécal + Urinaire)

Rétention (%) = $\frac{\text{Ingéré} - (\text{Fécal} + \text{Urinaire})}{\text{Ingéré}} \times 100$

Ingéré

2.3.2. Influence du rapport Ca/P de l'aliment sur la calcémie, la phosphatémie et la magnésémie.

2.3.2.1. Calcémie, phosphatémie et magnésémie basales.

Les valeurs suivantes ont été trouvées (Tableau XII).

Paramètre Lot	Calcémie (mg/l)	Phosphatémie (mg/l)	Magnésémie (mg/l)
A	123,0 ± 8,4	38,5 ± 0,6	28,0 ± 5,0
B	145,0 ± 15,9	43,5 ± 5,5	31,5 ± 5,2

Tableau XII : Valeurs basales de la calcémie, de la phosphatémie et de la magnésémie.

Nous observons que, pour chacun de ces trois paramètres, les valeurs moyennes sont toujours plus élevées pour les lapines du lot B. Ces dernières reçoivent la ration à rapport Ca/P le plus élevé (Ca/P = 2,11). Il y a donc une meilleure biodisponibilité du calcium, du phosphore et du magnésium chez les lapines du lot B. Les valeurs basales des paramètres dosés pour chaque lapine sont portées en annexe dans le tableau XI.

2.3.2.2. Effet du rapport Ca/P alimentaire sur la calcémie chez la lapine gestante

Nous venons de mentionner que la calcémie basale était plus élevée pour les animaux du lot B recevant une ration à rapport Ca/P plus élevé. Il en est de même pour les valeurs moyennes de ce paramètre au cours de la gestation. Ces valeurs sont de

133,9 ± 15,4 mg/l pour le lot B contre 127,0 ± 6,3 mg/l pour le lot A. L'écart entre les valeurs de ce paramètre se réduit après deux semaines de gestation. A partir de ce moment et ce jusqu'à 24 heures après la mise bas, l'évolution entre les deux lots est identique et subit une baisse progressive (Figure 3).

2.3.2.3. Effet du rapport Ca/P alimentaire sur la phosphatémie chez la lapine gestante

La phosphatémie basale est plus élevée pour les animaux du lot B soit 43,0 ± 5,5 mg/l que pour ceux du lot A, soit 38,0 ± 10,6 mg/l.

Chez les animaux du lot B, on observe une élévation de la phosphatémie après une semaine de gestation, puis une diminution progressive jusqu'à la mise-bas.

Chez les animaux du lot A, la phosphatémie d'abord faible (38 ± 0,6 mg/l), croît ensuite et devient supérieure à celle du lot B au cours de la deuxième semaine de gestation. Cette situation perdure jusqu'à la mise bas (Figure 4).

3.2.4. Effet rapport Ca/P alimentaire sur la magnésémie

La magnésémie basale est plus élevée chez les lapines du lot B. Au cours de la gestation nous notons des fluctuations importantes de cette magnésémie chez les animaux des deux lots. Mais au moment de la mise bas il y a une diminution sensible.

2.3.3. Eléments de reproduction

La mise au mâle nous a révélé un taux d'acceptabilité très élevé du mâle. Ainsi sur un total de 9 femelles, 8 ont été consentantes dès la première présentation soit un taux de réussite de 88,8 %. Seule la femelle B5 a été éliminée après trois refus successifs du mâle.

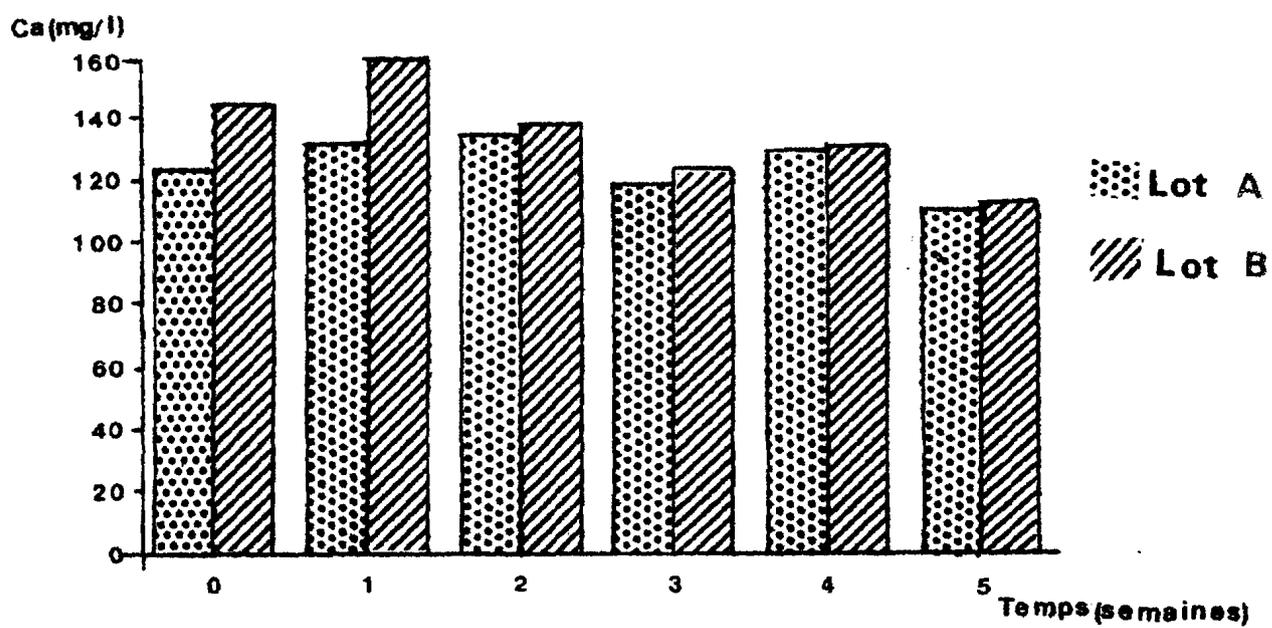


Figure 3: Evolution de la calcémie chez les lapines gestantes

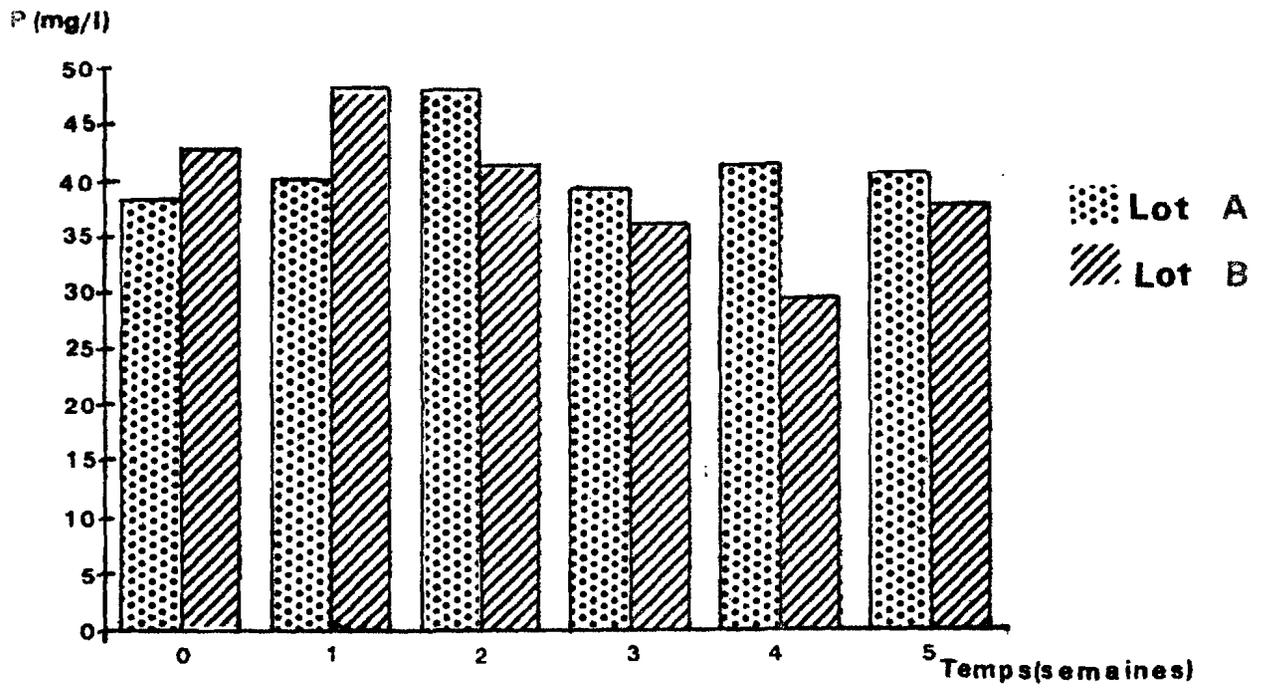


Figure 4: Evolution de la phosphatémie chez les lapines gestantes

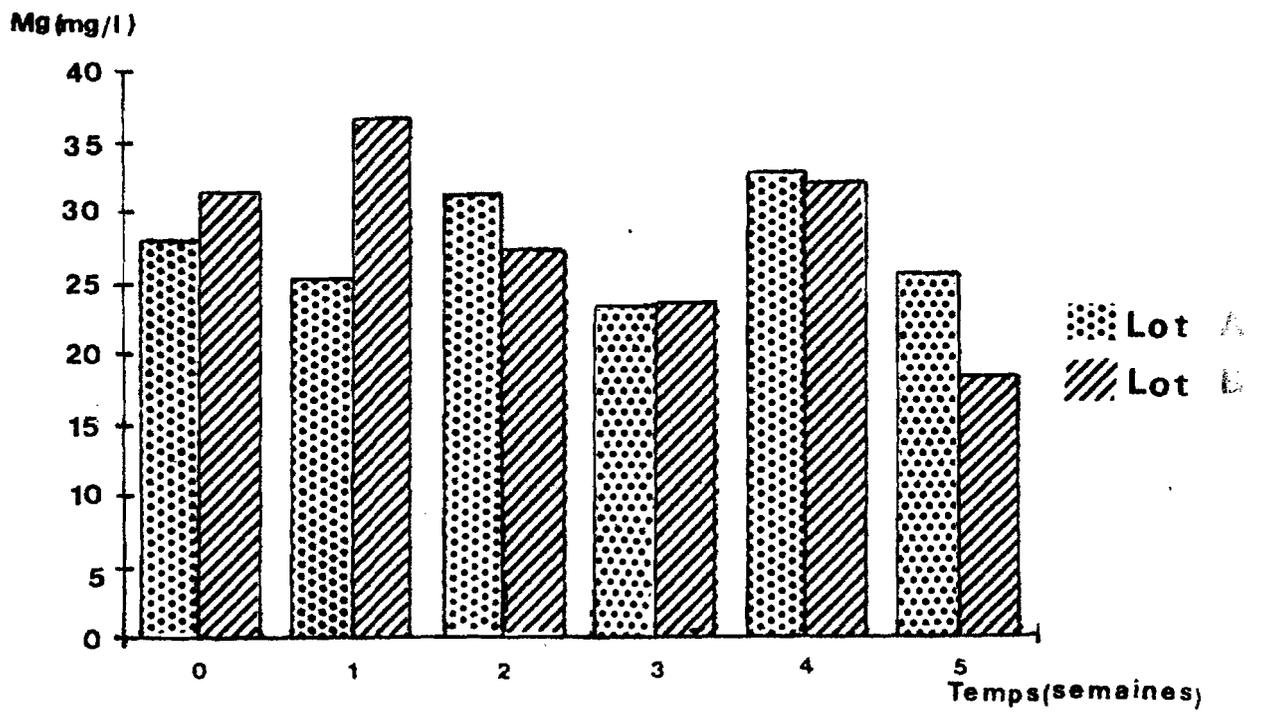


Figure 5: Evolution de la magnésémie chez les lapines gestantes

La durée de gestation varie de 32 à 33 jours pour ces races locales.

L'état des naissances dans les deux lots est mentionné sur le tableau XIII.

N° lapine	Nombre de lapereaux naissance		Poids moyen des lapereaux (g)	
	Lot A	Lot B	Lot A	Lot B
1	6 (0)	6 (0)	42,5 ± 5,5	53,7 ± 3,2
2	5 (1)	7 (1)	56,5 ± 5,4	40,9 ± 3,5
3	2 (2)	3 (0)	0	39,7 ± 1,5
5	7 (2)	0	30,5 ± 4,3	0
	20 (5)	16 (1)	42,2 ± 11,3	45,8 ± 7,3

() = Nombre de lapereaux mort-nés.

Tableau XIII : Etat des naissances sur les animaux étudiés.

. Le nombre moyen de lapereaux par mise-bas est à peu près le même pour les deux lots A et B soit respectivement 5,0 et 5,3. Le poids moyen à la naissance varie légèrement : 42,2 g pour les lapereaux du lot A et 45,8 g pour ceux du lot B. Il convient de noter que la lapine A5 était primipare et à la naissance le poids des lapereaux est par conséquent plus faible. Cela influe sur le poids moyen des lapereaux du lot.

Nous avons observé un taux élevé de lapereaux mort-nés. Ce taux s'élève à 25 % pour le lot A et 6,2 % pour le lot B.

	Aliment A	Aliment B
Rapport Ca/P	1,01	2,11
Critères		
- Nombre de mise-bas	4	3
- Nés totaux/mise-bas	5,0	5,33
- Nés vivants/mise-bas	4,0	5,0
- Mort-nés/mise-bas	1,25	0,33
- Poids moyen naissance (g)	42,2	45,8

Tableau XIV : Performances de reproduction en fonction du rapport phosphocalcique de l'aliment.

CHAPITRE 3 . DISCUSSION

3.1. CRITIQUE DE LA METHODE

3.1.1. **Les animaux**

Initialement, nous avions projeté d'utiliser un nombre plus élevé d'animaux mais nous avons été amené à nous limiter à une douzaine. En effet, nos démarches pour trouver ces animaux ont été vaines. Ce qui nous a conduit à utiliser les seuls animaux disponibles au département. Nous avons essayé de combler cette faiblesse du nombre de lapins en faisant une répartition de telle sorte que le poids moyen dans les deux lots soit à peu près le même.

3.1.2. **L'alimentation**

Les rations alimentaires que nous avons mises au point n'étaient pas sous forme de granulé comme l'aliment industriel utilisé dans d'autres études. Des contraintes d'ordre économique ne nous ont pas permis de faire fabriquer un aliment granulé. Nous avons alors effectué un mélange manuel le plus homogène possible afin d'éviter un tri des particules par les animaux.

3.1.3. **Les prélèvements**

Ils ont été réalisés dans de bonnes conditions. Nous avons eu une malencontreuse rupture de tubes VENOJECT ND. Ceci nous a conduit à utiliser des tubes secs dans lesquels on a ajouté de l'héparine-solution.

Le temps séparant le prélèvement du sang et la centrifugation était minime. Nous pouvons affirmer n'avoir pas introduit d'erreurs dues à ce facteur.

3.1.4. Collecte des fèces et des urines

La méthode utilisée était efficace. Néanmoins les poils perdus par l'animal avaient tendance à se mélanger aux fèces et aux urines. Il faudrait trouver une méthode susceptible d'éviter ce mélange.

3.2. COMPARAISON DES RESULTATS AVEC LA BIBLIOGRAPHIE

3.2.1. Consommation d'aliment

D'une façon générale, le niveau d'aliment consommé par les lapines, à savoir 75,9 g/j pour le lot A et 69,9 g/j pour le lot B, est inférieur à celui signalé dans les études antérieures. Celui-ci se situe au-delà de 100 g/j pour une lapine. Il convient cependant de noter que ces valeurs ont été trouvées avec d'autres races de lapines sous d'autres climats. Mais nous avons observé avec les aliments non granulés, la même baisse de prise d'aliment à l'approche de la mise-bas. Cela confirme les études faites par OGER, LEBAS et LAPLACE (1978) ou LEBAS (1975) avec des aliments granulés.

3.2.2. La calcémie

Dans notre expérimentation nous avons trouvé une calcémie moyenne de $123,0 \pm 8,4$ mg/l (lot A) et $145,0 \pm 15,9$ mg/l (lot B). Ces valeurs sont comparables à celles trouvées par BARLET (1980). Au cours de la gestation, l'évolution de la calcémie est comparable aussi à celle observée par le même auteur, à savoir une baisse à partir de la 2e semaine de gestation jusqu'à 24 h après la mise-bas.

3.2.3. La phosphatémie

La ration B, pourtant déficiente en phosphore (0,39 % de la matière sèche), offre une meilleure évolution de la phosphatémie. Son évolution est comparable à celle de la calcémie et confirme les travaux effectués par BARLET (1980).

3.2.4. La magnésémie

Elle subit des fluctuations très irrégulières au cours de la gestation contrairement aux observations faites par BARLET (1980). En effet, pour cet auteur elle varie peu.

3.2.5. Les bilans calciques et phosphorés

Nous n'avons rencontré dans la bibliographie aucune donnée concernant le bilan de Ca et de P chez les lapines reproductrices. Seuls BESANCON ET LEBAS (1969) ont trouvé chez le lapin en croissance un coefficient d'utilisation digestive (CUD) apparent de 42,5 % pour le calcium ingéré et 33 % pour le phosphore. GUEGUEN (1971) montre chez le lapin que 46 % du calcium ingéré et 33 % du phosphore sont retenus. Nous avons trouvé dans notre expérimentation que 43,2 % du calcium ingéré est retenu pour le lot A et 51,5 % pour le lot B. Concernant le phosphore, nous trouvons 17 % pour le lot A ce qui semble faible et encore plus pour le lot B où le bilan est même négatif (-17,5 %).

3.2.6. Les paramètres de reproduction

Pour l'unique portée que nous avons obtenue, un seul effet nous semble remarquable. C'est le fort pourcentage de lapereaux mort-nés (25 %) dans le lot A. Ceci semble lié au taux faible de calcium dans la ration distribuée aux lapines de ce lot.

Le peu d'effet remarqué sur ces paramètres de reproduction semble confirmer les observations faites par LEBAS et JOUGLAR (1984 et 1990). Ces auteurs notent que les effets des apports de calcium et de phosphore sont réduits en première portée. Il aurait donc été intéressant de suivre les lapines sur deux ou trois portées successives de même que la survie et la croissance des lapereaux jusqu'au sevrage.

CONCLUSION

Le lapin, rongeur domestique encore peu consommé dans nos pays, offre cependant pour l'alimentation humaine des protéines de haute valeur biologique. De plus, c'est une espèce très prolifique et à cycle de reproduction très court. Au vu de ces aspects c'est donc une source potentielle importante de protéines animales à prendre en considération dans nos pays confrontés aux problèmes alimentaires (famine, malnutrition, carence, etc.).

Il convient donc de bien maîtriser son élevage dont l'un des facteurs déterminants est l'alimentation. C'est dans cet esprit que nous avons jugé nécessaire d'entreprendre l'étude de l'influence du rapport phosphocalcique d'une part sur le métabolisme du calcium et du phosphore et d'autre part sur certains paramètres de reproduction chez la lapine.

Au terme de cette étude nous avons trouvé que :

- la consommation alimentaire subit peu de variation au cours de la gestation. Il y a une réduction de la prise d'aliment à l'approche de la mise-bas. Le volume d'eau absorbé par rapport à la matière sèche subit une légère augmentation.

Le coefficient de rétention du calcium diminue après la saillie puis croît légèrement à l'approche de la mise-bas dans les deux lots. Le bilan de calcium est positif.

Le bilan du phosphore demeure positif dans le lot A recevant une ration plus pauvre en calcium ; il est négatif dans le lot B.

La calcémie des lapines subit une baisse jusqu'à 24 heures après la mise-bas pour les deux lots A et B. La phosphatémie dans le lot B évolue dans le même sens que la calcémie.

La magnésémie subit d'importantes fluctuations dans les deux lots.

En ce qui concerne les paramètres de reproduction, peu d'effets ont été observés sur la portée unique obtenue pendant notre étude. Nous avons seulement noté un effet négatif dû au faible rapport Ca/P de l'aliment (Ca/P = 1,01) sur la viabilité des lapereaux à la naissance.

Au vu de ces observations nous recommandons la poursuite de cette étude en tenant compte des aspects suivants :

- la formulation de régimes alimentaires à rapport Ca/P situé aux environs de 2 afin de déterminer avec précision un rapport recommandable pour les lapines en phase de reproduction dans les conditions de production de nos pays ;

- l'augmentation de la fréquence des prises sanguines afin de mieux suivre l'évolution de paramètres plasmatiques ;

- la conduite d'une étude similaire effectuée sur au moins deux portées afin de mieux suivre les effets du rapport Ca/P sur la reproduction des lapines ainsi que sur la survie et la croissance des lapereaux jusqu'au sevrage.

BIBLIOGRAPHIE

- ASSANE M., SERE A., DJIMRAO S., SOW R., BA A.C. et GAYE O., 1989. Variations physiologiques de la calcémie et de la phosphorémie chez les brèbis peul du sahel en gestation. *Sci. Vét. Méd. Comp.*, 91, 263-271.
- BARET A., 1970. Etude du métabolisme du calcium chez le rat carencé en iode. *Thèse Pharm.* Bordeaux (France) N° 2.
- BARICAULT B.A., 1960. Le calcium et le phosphore dans l'alimentation des animaux domestiques. *Thèse Méd. Vét.* Toulouse, N° 40, 119 p.
- BARLET J.P., 1980. Plasma calcium, inorganic phosphorus and magnesium levels in pregnant and lactating rabbits. *Reprod. Nutr. Develop.*, 20 (3A), 647-651.
- BESANCON P. et LEBAS F., 1969. Utilisation digestive réelle et rétention du calcium par le lapin en croissance recevant un régime riche en calcium et en phosphore. *An. Zootech.*, 18 (4), 437-443.
- CHARTON A. et LESBOUYRIES G., 1957. Nutrition des mammifères domestiques. Vigot Frères, Paris.
- CHEEKE P.R. and AMBERG J.W., 1973. Comparative calcium excretion by rats and rabbits. *J.An. Sci.*, 37 (2), 450-454.
- CHICCO G.F., 1973. Nutritional interrelationships of dietary calcium, phosphorus and magnesium in sheep. *J. An. Sci.*, 36 (5), 986-993.
- CRETON B.B., 1976. Contribution à l'étude du métabolisme phosphocalcique du chien. *Thèse méd. Vét.* Alfort, N° 75, 99 p.

- DELAVENNE M.M., 1985. Effet de l'apport phosphocalcique alimentaire sur certains paramètres sanguins de la lapine allaitante-gestante. *Thèse méd. Vét.* Toulouse, N° 141, 101 p.
- DERIVAUX J., 1971. Reproduction chez les animaux domestiques. Tome 1 : Physiologie, Liège : Derouaux, 157 p.
- F.A.O, 1984. Lapin : Elevage et pathologie. Rome : FAO, 298 p.
- GUEGUEN L., 1971. La composition minérale du lait et son adaptation aux besoins minéraux du jeune. *Ann. Nutr. Alim.*, 25 A 335-A381.
- GUEGUEN L., 1973. Etude de quelques facteurs nutritionnels influant sur l'accrétion osseuse et l'excrétion urinaire du calcium. In "Physiologie comparée des échanges calciques". D. PANSU, Simep. Ed. 198 p.
- GUEGUEN L. et BARLET J.P., 1978. Besoins nutritionnels en minéraux et vitamines de la brebis et de la chèvre. In "L'alimentation de la brebis et de la chèvre". INRA. 4e Journées de la Recherche Ovine et Caprine, Déc. 1978, 19-37.
- HIOCO D., 1975. Aspects récents du métabolisme phosphocalcique. *Anim. Comp.*, 1-17.
- I.N.R.A., 1989. L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles. I.N.R.A, Paris, 2e ed.
- JACOBSON D.R. et al., 1972. Mineral nutrition, calcium, phosphorus, magnesium and potassium interrelationships. *J. Dairy Sci.*, 55, 935-944.

- KOLB E., 1975. *Physiologie des animaux domestiques*. Vigot Frères, Paris, 974 p.
- LEBAS F., 1975. Etude chez la lapine de l'influence du niveau d'alimentation durant la gestation. I : sur les performances de reproduction. *Ann. Zootech.* ; 24 (2), 267-279.
- LEBAS F. et JOUGLAR F., 1984. Apports alimentaires de calcium et de phosphore chez la lapine reproductrice. 3e Congrès Mondial de Cuniculture, Rome Avril 1984, vol 1 461-466.
- LEBAS F. et JOUGLAR F., 1990. Influence du taux de phosphore alimentaire sur les performances de lapines reproductrices. *5es Journées de la Recherche Cunicole*, 12-13 décembre 1990, Paris Communication N° 48.
- LICHTWITZ A. et PARLIER R., 1965. Calcium et maladies métaboliques de l'os : Tome 2 : Os et métabolisme du calcium à l'état pathologique. Paris : Expansion française, 592 p.
- LICHTWITZ A. et PARLIER R., 1965. Calcium et maladies métaboliques de l'os : Tome 3 : Intestin rein et métabolisme du calcium. Paris : Expansion Française, 455 p.
- MELVIN J. GLIMCHER, 1971. Composition, structure and organization of bone and other mineralized tissues and the mechanism of calcification. *Handbook of Physiology Vol. VII*. A.P.S. Washington ; 25-116.
- MUNSON P.L., 1976. Physiology and pharmacology of thyro-calcitonin. *Handbook of Physiology. Vol. III*. A.P.S. Washington ; 443-464.

- OGER M.A., LEBAS F. et LAPLACE J.P., 1978. Le transit digestif du lapin. IX. Variation peripartum du comportement alimentaire et de l'excrétion fécale chez la lapine multipart. *Ann. Zootech.* L. 27 (4), 519-532.
- PARIGI BINI R., 1986. Les bases de l'alimentation du bétail. Padoue : Nella Litografia Felici Spartaco, 292 p.
- POINTILLART A., 1971. Les interactions du calcium, du phosphore et du magnésium. Conséquences nutritionnelle et endocrinienne. *Thèse Méd. Vét.* Alfort, N° 78, 70 p.
- REGNIER A.M., 1976. Métabolisme phosphocalcique et remaniements osseux chez le chien : aspects physiologiques. *Thèse Doct. Vet.*, Toulouse, N° 78, 125 p.
- SABBAGH M., 1983. Etude de la sexualité et de la reproduction du lapin domestique : *Oryctolagus cuniculus* à des températures élevées en corrélation avec la régulation thermique, le comportement alimentaire et le fonctionnement thyroïdien et surrénalien en période d'adaptation au stress thermique. *Thes. Méd.Vét.*, Dakar, 113 p.
- VAN-LEEUVEN J.M. and VAN-RIEL J.W., 1978. Quantitation of P. metabolism in the rabbit by means of 32 P. *Tijdschr-Diergeneeskd.* 103 (2) : 110-121.
- VIARDROUET F., PROVOT F. et COUDERT P., 1984. Evolution des paramètres plasmatiques chez les lapines reproductrices en fonction de l'état physiologique et du rationnement alimentaire. *Ann. Rech. Vet.*, 15 (3), 417-424.
- WASSERMAN R.H. and TAYLOR A.M., 1976. Gastrointestinal absorption of calcium and phosphorous. *Handbook of Physiology Vol. VII.* A.P.S. Washington ; 137-155.

ANNEXES

Numéro Lapine	Calcium ingéré (g)	Calcium fécal (g)	Calcium urinaire (g)	Bilan rét.(g)	Rétention (%)
A1-0	0,338	0,142	0,015	0,181	53,55
A2-0	0,378	0,094	0,025	0,0259	68,52
A3-0	0,360	0,142	0,014	0,203	56,55
A5-0	0,288	0,108	0,035	0,145	0,35
M ± E.T	0,341 ±0,167	0,121 ±0,024	0,022 ±0,009	0,197 ±0,047	57,24
B1-0	0,525	0,216	0,029	0,28	53,33
B2-0	0,570	0,168	0,023	0,379	66,49
B3-0	0,822	0,248	0,042	0,532	64,72
B4-0	0,431	0,123	0,037	0,271	62,87
M ± E.T	0,587 ±0,167	0,188 ±0,054	0,032 ±0,008	0,365 ±0,121	61,85

Annexe I : Bilan de calcium avant la mise en reproduction.

M ± E.T = Moyenne ± Ecart-type.

Numéro Lapine	Calcium ingéré (g)	Calcium fécal (g)	Calcium urinaire (g)	Bilan rét.(g)	Rétention (%)
A1-1	0,092	0,086	0,006	0	0
A2-1	0,460	0,271	0,023	0,166	36,88
A3-1	0,384	0,156	0,015	0,213	55,46
A5- 1	0,353	0,172	0,022	0,159	45,04
M ± E.T	0,322 ±0,159	0,171 ±0,076	0,016 ±0,007	0,134 ±0,092	34,27
B1-1	0,461	0,172	0,036	0,253	54,88
B2-1	0,660	0,410	0,030	0,22	33,33
B3-1	0,701	0,342	0,0039	0,32	45,64
B4-1	0,548	0,184	0,032	0,332	60,58
M ± E.T	0,592 ±0,108	0,277 ±0,117	0,034 ±0,004	0,281 ±0,053	48,80

Annexe II : Bilan de calcium après une semaine de gestation.

Numéro Lapine	Calcium ingéré (g)	Calcium fécal (g)	Calcium urinaire (g)	Bilan rét.(g)	Rétention (%)
A1-2	0,319	0,184	0,010	0,125	39,18
A2-2	0,502	0,288	0,030	0,184	36,65
A3-2	0,366	0,149	0,023	0,194	53,00
A5-2	0,339	0,185	0,022	0,132	38,93
M ± E.T	0,381 ±0,082	0,185 ±0,050	0,021 ±0,008	0,158 ±0,035	41,94
B1-2	0,516	0,250	0,034	0,232	44,96
B2-2	0,544	0,317	0,038	0,189	34,74
B3-2	0,881	0,618	0,043	0,22	24,97
B4-2	0,428	0,202	0,013	0,213	49,76
M ± E.T	0,592 ±0,198	0,346 ±0,186	0,032 ±0,013	0,213 ±0,018	38,60

Annexe III : Bilan de calcium après 2 semaines de gestation.

Numéro Lapine	Calcium ingéré (g)	Calcium fécal (g)	Calcium urinaire (g)	Bilan rét.(g)	Rétention (%)
A1-3	0,316	0,299	0,017	0	0
A2-3	0,515	0,188	0,022	0,305	59,22
A3-3	0,328	0,119	0,032	0,177	53,96
A5-3	0,331	0,157	0,018	0,157	47,12
M ± E.T	0,372 ±0,095	0,190 ±0,077	0,022 ±0,006	0,159 ±0,125	40,07
B1-3	0,426	0,193	0,027	0,206	48,35
B2-3	0,573	0,256	0,030	0,287	50,00
B3-3	0,398	0,154	0,015	0,229	57,53
B4-3	0,516	0,280	0,017	0,219	42,44
M ± E.T	0,478 ±0,080	0,220 ±0,057	0,022 ±0,007	0,235 ±0,035	49,58

Annexe IV : Bilan de calcium après 3 semaines de gestation.

Numéro Lapine	Calcium ingéré (g)	Calcium fécal (g)	Calcium urinaire (g)	Bilan rét.(g)	Rétention (%)
A1-4	0,261	0,177	0,008	0,076	29,11
A2-4	0,537	0,182	0,015	0,34	63,31
A3-4	0,379	0,222	0,31	0,126	33,24
A5-4	0,294	0,155	0,007	0,132	44,89
M ± E.T	0,367 ±0,123	0,184 ±0,027	0,015 ±0,011	0,168 ±0,117	42,63
B1-4	0,402	0,201	0,015	0,186	46,26
B2-4	0,436	0,167	0,011	0,258	59,17
B3-4	0,283	0,165	0,008	0,11	38,86
B4-4	-	-	-	-	-
M ± E.T	0,373 ±0,083	0,177 ±0,020	0,011 ±0,003	0,184 ±0,74	48,09

Annexe V : Bilan de calcium après 4 semaines de gestation.

Numéro Lapine	Phosphore ingéré (g)	Phosphore fécal (g)	Phosphore urinaire (g)	Bilan rét.(g)	Rétention (%)
A1-0	0,338	0,124	0,085	0,129	38,16
A2-0	0,378	0,159	0,086	0,133	35,18
A3-0	0,360	0,286	0,163	-0,089	-24,82
A5-0	0,288	0,118	0,101	0,069	23,95
M ± E.T	0,341 ±0,038	0,171 ±0,078	0,108 ±0,036	0,060 ±0,103	18,14
B1-0	0,248	0,172	0,103	-0,027	-10,88
B2-0	0,270	0,179	0,080	0,031	11,48
B3-0	0,389	0,362	0,066	-0,039	-10,02
B4-0	0,204	0,121	0,083	0	0
M ± E.T	0,277 ±0,079	0,208 ±0,105	0,078 ±0,019	-0,008 ±0,031	-9,4

Annexe VI : Bilan de phosphore avant la mise en reproduction.

Numéro Lapine	Phosphore ingéré (g)	Phosphore fécal (g)	Phosphore urinaire (g)	Bilan rét.(g)	Rétention (%)
A1-1	0,093	0,106	0,039	-0,052	-55,91
A2-1	0,461	0,316	0,122	0,023	4,98
A3-1	0,385	0,271	0,013	0,101	26,23
A5-1	0,354	0,231	0,122	0,001	0,2
M ±	0,323	0,231	0,074	-0,018	-6,12
E.T	±0,159	±0,09	±0,056	±0,053	
B1-1	0,218	0,160	0,079	-0,021	-9,63
B2-1	0,312	0,338	0,082	-0,108	-34,61
B3-1	0,331	0,363	0,071	-0,103	-31,11
B4-1	0,259	0,294	0,090	-0,125	-48,26
M ±	0,280	0,288	0,080	-0,089	-30,90
E.T	±0,051	±0,09	±0,007	±0,046	

Annexe VII : Bilan de phosphore après 1 semaine de gestation.

Numéro Lapine	Phosphore ingéré (g)	Phosphore fécal (g)	Phosphore urinaire (g)	Bilan rét.(g)	Rétention (%)
A1-2	0,319	0,252	0,043	0,024	7,52
A2-2	0,503	0,377	0,0177	0,009	1,78
A3-2	0,366	0,246	0,080	0,041	0,92
A5-2	0,339	0,227	0,118	-0,003	-0,88
M ± E.T	0,381 ±0,083	0,275 ±0,068	0,089 ±0,035	0,017 ±0,018	54,83
B1-2	0,244	0,210	0,025	0,009	3,68
B2-2	0,257	0,218	0,140	-0,101	-39,29
B3-2	0,417	0,479	0,065	-0,127	-30,45
B4-2	0,202	0,195	0,118	-0,111	-54,95
M ± E.T	0,28 ±0,094	0,275 ±0,136	0,087 ±0,051	-0,082 ±0,061	-30,25

Annexe VIII : Bilan de phosphore après 2 semaine de gestation.

Numéro Lapine	Phosphore ingéré (g)	Phosphore fécal (g)	Phosphore urinaire (g)	Bilan rét.(g)	Rétention (%)
A1-3	0,316	0,214	0,091	0,011	3,48
A2-3	0,515	0,288	0,107	0,122	23,30
A3-3	0,328	0,119	0,147	0,062	18,90
A5-3	0,331	0,146	0,140	0,045	13,59
M ±	0,372	0,191	0,121	0,059	14,81
E.T	±0,095	±0,075	±0,025	±0,039	
B1-3	0,201	0,162	0,043	-0,004	-1,99
B2-3	0,271	0,226	0,067	-0,022	-8,11
B3-3	0,188	0,178	0,058	-0,048	-25,53
B4-3	0,244	0,227	0,073	-0,056	-22,96
M ±	0,226	0,198	0,060	-0,032	-14,64
E.T	±0,038	±0,033	±0,013	±0,023	

Annexe IX : Bilan de phosphore après 3 semaines de gestation.

Numéro Lapine	Phosphore ingéré (g)	Phosphore fécal (g)	Phosphore urinaire (g)	Bilan rét.(g)	Rétention (%)
A1-4	0,260	0,087	0,029	0,144	55,38
A2-4	0,537	0,262	0,075	0,200	37,24
A3-4	0,379	0,160	0,070	0,149	39,31
A5-4	0,294	0,117	0,063	0,114	38,77
	0,367 ±0,123	0,156 ±0,076	0,059 ±0,020	0,151 ±0,035	42,67
B1-4	0,190	0,151	0,006	0,033	17,36
B2-4	0,206	0,130	0,008	0,068	33,00
B3-4	0,134	0,125	0,017	-0,008	-5,97
B4-4	-	-	-	-	-
	0,176 ±0,037	0,135 ±0,013	0,0103 ±0,005	0,031 ±0,038	14,79

Annexe X : Bilan de phosphore après 4 semaines de gestation.

Paramètre Lapine	Calcémie	Phosphatémie	Magnésémie
A1	118	34	23
A2	132	41	35
A3	114	27	27
A4	128	52	27
M ± E.T	123 ± 8,4	38,5 ± 10,6	28 ± 5,0
B1	153	34	35
B2	167	47	38
B3	133	43	28
B4	127	48	25
M ± E.T	145 ± 15,9	43 ± 5,5	31,5 ± 5,2

Annexe XI : Valeurs basales de la calcémie, de la phosphatémie et de la magnésémie chez la lapine en fonction du rapport Ca/P alimentaire.

Lot A : Ca/P = 1,01 ; Lot B : Ca/P = 2,11.

Numéro du prélèvement	0	1	2	3	4	5
A1	118	115	131	120	112	79
A2	132	139	140	120	133	133
A3	114	131	135	142	148	-
A5	128	145	137	98	129	121
Moyenne	123	132,5	135,8	120	130,5	111
±	±	±	±	±	±	±
E.-T.	8,40	13	3,77	17,96	14,8	23,15
B1	153	135	139	124	142	108
B2	167	153	139	138	131	101
B3	133	185	136	109	124	133
B4	127	167	141	127	-	-
Moyenne	145	160	138,8	124,5	132,5	114
±	±	±	±	±	±	±
E.-T.	15,9	21,2	2,06	11,9	9,07	16,8

Annexe XII : Evolution de la calcémie chez la lapine gestante en fonction du rapport Ca/P alimentaire.

Lot A : (Ca/P = 1,01) ; Lot B : (Ca/P = 2,11)

Numéro du prélèvement	0	1	2	3	4	5
A1	34	33	46	42	37	31
A2	41	37	52	34	39	46
A3	27	31	36	37	41	46
A5	52	60	59	45	49	40
Moyenne	38,5	40,25	48,25	39,5	41,5	40,7
±	±	±	±	±	±	±
E.-T.	10,6	13,4	9,7	4,9	5,2	7,08
B1	34	27	32	28	28	25
B2	47	36	43	36	34	27
B3	43	72	41	30	27	62
B4	48	59	50	51	-	-
Moyenne	43,0	48,5	41,5	36,25	29,67	38,0
±	±	±	±	±	±	±
E.-T.	5,5	20,6	6,4	10,4	3,78	20,8

Annexe XIII : Evolution de la phosphatémie chez la lapine gestante en fonction du rapport Ca/P alimentaire.

Lot A : (Ca/P = 1,01) ; Lot B : (Ca/P = 2,11).

Numéro du prélèvement	0	1	2	3	4	5
A1	23	18	25	20	34	-
A2	35	32	38	24	33	25
A3	27	25	29	29	35	27
A5	27	27	33	20	29	25
Moyenne	28	25,5	31,25	23,25	32,75	25,6
±	±	±	±	±	±	±
E.-T.	5,03	5,80	5,56	4,27	2,63	1,5
B1	35	24	27	21	31	18
B2	38	29	26	23	27	15
B3	28	54	31	23	38	22
B4	25	40	25	27	-	-
Moyenne	31,5	36,75	27,25	23,5	32	18,3
±	±	±	±	±	±	±
E.-T.	5,2	13,3	2,63	2,51	5,56	3,51

Annexe XIV : Evolution de la magnésémie chez la lapine gestante en fonction du rapport Ca/P alimentaire.

Lot A : (Ca/P = 1,01) ; Lot : (Ca/P = 2,11)

SERMENT DES VETERINAIRES DIPLOMES DE DAKAR

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

- D'avoir en tous moments et en tous lieux le souci de la dignité et de l'honneur de la profession vétérinaire.

- D'observer en toutes circonstances les principes de correction et de droiture fixés par le code déontologique de mon pays.

- De prouver par ma conduite, ma conviction, que la fortune consiste moins dans le bien que l'on a, que dans celui l'on peut faire.

- De ne point mettre à trop haut prix le savoir que je dois à la générosité de ma patrie et à la sollicitude de tous ceux qui m'ont permis de réaliser ma vocation.

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

LE CANDIDAT

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