

EFFETS DE L'APPORT PHOSPHOCALCIQUE ALIMENTAIRE  
SUR LA CALCEMIE ET LA PHOSPHATEMIE DE LAPINES REPRODUCTRICES

JOUGLAR J.Y. (1), LEBAS F. (2), DELAVENNE M. (1)

(1) Chaire de Pathologie Médicale du Bétail et  
des Animaux de Basse-Cour  
Ecole Nationale Vétérinaire  
23 Chemin des Capelles  
31326 TOULOUSE CEDEX

(2) I.N.R.A. Laboratoire de Recherches sur l'Elevage du Lapin  
Centre de Recherches de Toulouse - B.P. 27  
31326 CASTANET TOLOSAN CEDEX

RESUME

Les taux de calcium et de phosphore inorganique sanguins ont été mesurés pendant un cycle de reproduction chez des lapines recevant à partir de la mise bas des aliments contenant 1,4 % ou 2,1 % MS de calcium et ayant un rapport Ca/P de 1,8 ou de 3,0. En cours de lactation, la calcémie est la plus élevée (3,89 vs 3,50 mmol/l) pour les aliments ayant le rapport Ca/P également le plus élevé. Il n'y a pas d'influence de l'alimentation sur la phosphatémie. Enfin, il n'est pas observé de relation entre les taux de calcium ou de phosphore circulant et les performances de reproduction. En fin de lactation (28e jour), la phosphatémie s'accroît chez les femelles simultanément gestantes depuis plus de 14 jours.

INTRODUCTION

Dans un précédent travail (LEBAS & JOUGLAR, 1984), nous avons démontré que l'alimentation phosphocalcique des lapines pouvait modifier sensiblement leurs performances de reproduction. En particulier, un excès (1,13 %/MS) ou une carence (0,45 %/MS) en phosphore entraînent une réduction de la prolificité, tandis qu'un apport excessif de calcium (2,1 %/MS) réduit le poids total de lapereaux sevrés par portée. Dans le présent travail, nous avons déterminé les teneurs sanguines en calcium et phosphore des mêmes animaux pour tenter d'établir une relation entre alimentation phosphocalcique et taux sanguins. Ceci a pour but d'estimer l'intérêt éventuel d'une analyse sanguine pour évaluer l'état nutritionnel des lapines reproductrices.

## MATERIEL ET METHODES

### 1. CONDITIONS GENERALES ET ALIMENTATION

Au total 68 lapines de la souche INRA 1067 ont été utilisées. Elles ont été logées dans des cages individuelles de reproduction placées dans un bâtiment à ventilation contrôlée et chauffé à  $19 \pm 1^\circ\text{C}$  en période hivernale.

Ces lapines ont été alimentées d'un aliment standard du commerce, de la saillie (à l'âge de  $20 \pm 1$  semaines) jusqu'au jour de la première mise-bas.

Ce jour-là les lapines ayant donné naissance à au moins 7 lapereaux ont été retenues et réparties en quatre lots de 17 animaux. Grâce à des adoptions et des retraits ne portant que sur un seul lapereau par portée, les effectifs laissés à élever ont été limités à 8, 9, 10 et 11 lapereaux.

Les lapines ont reçu à volonté, à compter du lendemain de la mise bas et jusqu'à la fin de l'expérience, un des quatre aliments expérimentaux. Ces aliments ont été formulés (tableau 1) pour être isoazotés et isoénergétiques. Ils ne diffèrent que par leurs taux de calcium (1,37 % MS et 2,08 % MS) et leur rapport Ca/P (1,8 et 3), ce qui conduit à des valeurs de la teneur en phosphore de 0,45 %, 0,74 % et 1,13 % MS.

L'aliment 2 contenant par rapport à la Matière Sèche 1,37 % de calcium et 0,76 % de phosphore avec un Ca/P égal à 1,8, correspond aux recommandations actuellement admises en France (INRA, 1984)

Les lapines ont été représentées au mâle 3 à 4 jours après la première mise bas (35 jours exactement après la première fécondation).

### 2. CONTROLES EXPERIMENTAUX

Des contrôles de performances portant sur le poids des femelles et des lapereaux et sur les consommations alimentaires avaient été mis en place. Les résultats de ces contrôles ont fait déjà l'objet d'une publication (LEBAS & JOUGLAR, 1984).

Des prises de sang ont été effectuées par ponction de la veine auriculaire entre 10 h et 15 h, le jour de la première saillie fécondante (S), le lendemain de la première mise bas (MB1), 14ème et 28ème jour de la première lactation (14L et 28L), ainsi que le lendemain de la deuxième mise bas (MB2). Les prélèvements sur tube hépariné ont été centrifugés dans un délai de deux heures, puis le plasma recueilli à été congelé ( $-18^\circ\text{C}$ ) avant analyse. Les teneurs en calcium et phosphore inorganique ont été déterminées à l'aide d'un auto-analyseur TECHNICON d'après les méthodes décrites antérieurement (JOUGLAR, 1983).

L'analyse statistique des données a été effectuée sur l'ordinateur MINI 6 du CENTRE DE RECHERCHES I.N.R.A. à TOULOUSE grâce au Programme ANVAR qui permet, sur des populations d'effectifs déséquilibrés, des analyses de variances à un ou plusieurs facteurs contrôlés avec interactions, suivies d'une comparaison des moyennes (BACHACOU et coll., 1981).

Pour les paramètres sanguins analysés, une analyse de variance à plusieurs facteurs contrôlés nous a permis d'évaluer les facteurs temps, teneur et calcium de l'aliment, rapport Ca/P de l'alimentation et le facteur gestation.

Tableau 1  
Composition des aliments expérimentaux

	Aliments			
	1	2	3	4
<u>Composants (p. 100) :</u>				
- Luzerne deshydratée	22,00	22,00	22,00	22,00
- Tourteau de soja 48	23,00	23,00	23,00	23,00
- Blé	30,00	30,00	30,00	30,00
- Paille sodée	10,00	10,00	10,00	10,00
- Cellulose de bois purifiée	4,00	3,00	1,00	0,00
- Amidon de maïs purifié	8,31	8,53	8,49	8,21
- Phosphate mono-bicalcique (1)	0,81	2,41	2,41	5,05
- Carbonate de calcium	1,18	0,36	2,40	1,04
- Chlorure de sodium	0,50	0,50	0,50	0,50
- Oligo-minéraux + vitamines (2)	0,20	0,20	0,20	0,20
<u>Composition analytique (p. 100) :</u>				
- Teneur en matière sèche	88,60	88,50	88,80	88,80
- Protéines brutes	19,90	20,00	20,10	19,90
- Cellulose brute	18,70	15,40	14,10	13,10
- Minéraux totaux	7,50	8,10	10,00	10,60
- Calcium	1,35	1,39	2,15	2,01
- Phosphore	0,45	0,76	0,72	1,13
- Ca/P	3,00	1,83	2,99	1,78

(1) Mélange 50-50 de phosphate monocalcique et de phosphate bicalcique.

(2) Apportant entre autres 5 000 UI de vitamine A et 1 000 UI de vitamine D<sub>3</sub> par kg d'aliment fini.

L'analyse a permis également d'apprécier les interactions entre les facteurs pris deux à deux.

Pour tous les facteurs contrôlés, hormis le facteur temps, l'analyse de variance a été faite stade par stade sur les variations des taux plasmatiques par rapport au stade MB1.

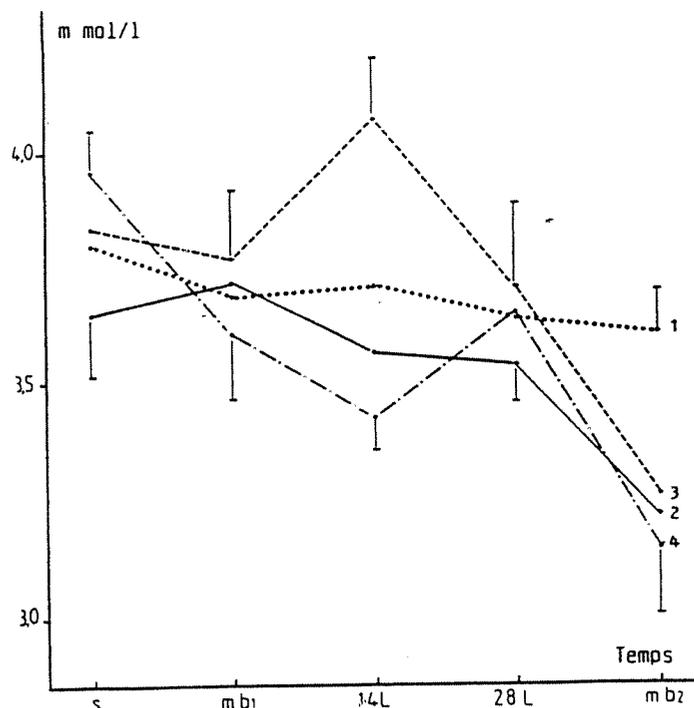
## RESULTATS

A titre de rappel, nous fournissons au tableau 2 les performances zootechniques obtenues au cours des deux portées expérimentales pour les différents lots (LEBAS et JOUGLAR, 1984).

### 1. EFFETS SUR LA CALCEMIE

L'évolution de la calcémie des lapines des 4 lots est représentée sur la Figure 1.

FIGURE 1 : EVOLUTION DE LA CALCEMIE EN FONCTION DU TEMPS



L'analyse révèle un effet temps ( $P < 0,001$ ) sans interaction avec les facteurs alimentaires. Ceci veut dire que la calcémie diminue de façon significative de la 1ère saillie au stade MB2.

Nous n'observons aucun effet du taux de calcium ni interaction entre ce dernier et le rapport Ca/P (absence d'effet du taux de phosphore).

Par contre, l'analyse met en évidence un effet du rapport Ca/P des aliments ( $P < 0,10$ ) au 14ème jour de lactation = 3,50 et 3,89 mmol/l respectivement pour les rapports Ca/P faibles et forts.

TABLEAU 2 : Performances de reproduction pour les portées 1 et 2 en fonction des apports de calcium et de phosphore.

N° aliment	Première portée				Deuxième portée				Coefficient de variation (%)	Signification des effets			
	1	2	3	4	1	2	3	4		Ca (A)	Ca/P (B)	(A)x(B)	Portée
Calcium	+	+	++	++	+	+	++	++					
Phosphore	-	+	+	++	-	+	+	++					
Nombre de mises bas	17	16	17	17	14	12	12	10	-	-	-	-	-
Nés totaux/mises bas	9,00	9,00	9,17	9,30	7,93	10,00	10,00	8,50	23,5	NS	NS	*	NS
Nés vivants/mises bas	8,88	8,94	8,89	9,06	7,71	9,75	9,08	7,90	26,3	NS	NS	NS	NS
Nombre mis à élever	9,18	9,13	9,06	9,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Morts nés	0,12	0,06	0,28	0,24	0,21	0,25	0,92	0,60	287	**	NS	NS	*
Poids moyen naissance (g)	55,7	55,3	54,0	54,5	64,1	54,2	54,1	58,6	14,0	NS	NS	**	**
Nbre lapereaux à 21 j.	8,82	8,81	8,67	8,31	6,93	8,93	8,33	6,30	24,2	NS	NS	**	***
Poids moyen à 21 j. (g)	289	312	294	303	388	330	309	349	19,8	NS	NS	NS	***
Nbre de sevrés/mises bas	8,71	8,75	8,63	8,13	6,71	8,75	7,92	6,20	23,7	NS	NS	**	***
Mortalité 0-28 j. (%)	5,1	4,1	4,8	11,0	13,0	10,3	12,8	21,5	-	NS	NS	**	**
Poids moyen au sevrage (g)	554	586	559	556	622	563	523	562	17,4	NS	NS	NS	NS
Poids total portée 28 j. (kg)	4,78	5,08	4,74	4,56	3,91	4,74	4,10	3,53	22,4	*	NS	**	***

(1) Rapport entre l'écart type résiduel et la moyenne générale

\* P < 0,10 ; \*\* P < 0,05 ; \*\*\* P < 0,01

Les deux effets temps et Ca/P sont liés entre la mise bas et le stade 14L à une tendance à la baisse de la calcémie des lapines des lots 2 et 4 (Ca/P = 1,8) et une tendance à la hausse de la calcémie des lapines des lots 1 et 3 (Ca/p = 3).

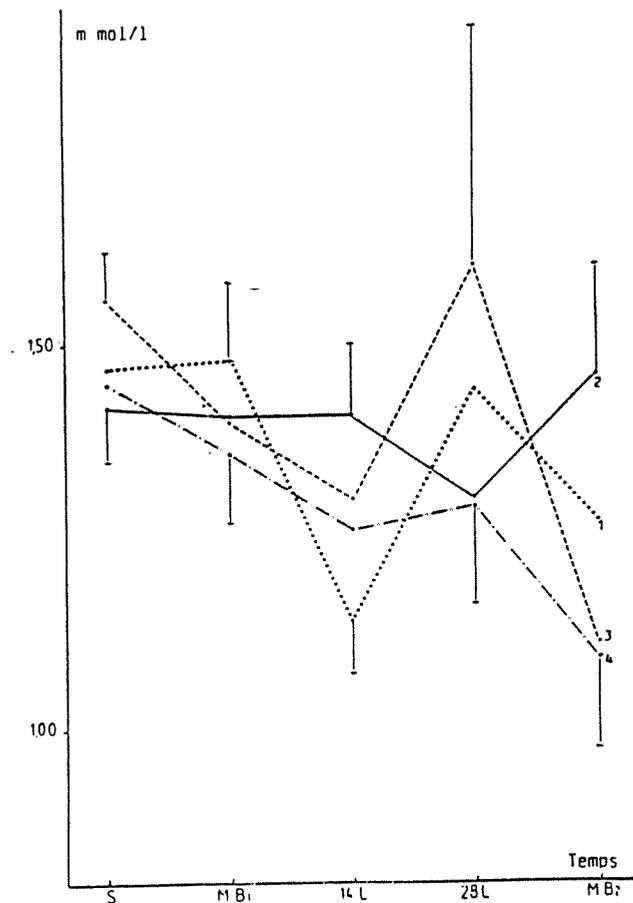
Cette évolution différente entre les lots 1 et 3 (Ca/P = 3) et les lots 2 et 4 (Ca/P = 1,8) est surtout le fait des lots 3 et 4 comme le montre la figure 1.

L'état éventuel de gestation des lapines n'influence pas leur calcémie, que l'observation soit faite à 14L (tableau 3) ou à 28L (tableau 4). Il n'y a aucune interaction avec les effets alimentaires.

## 2. EFFETS SUR LA PHOSPHATEMIE

L'analyse statistique ne démontre qu'un effet temps ( $P < 0,05$ ). Il n'existe aucun effet moyen significatif des régimes alimentaires. Toutefois, comme nous pouvons l'observer sur la Figure 2, la phosphatémie des lots 1, 3 et 4 tend à baisser en début de lactation entre MB1 et 14L alors que celle du lot 2 se maintient.

FIGURE 2 : EVOLUTION DE LA PHOSPHATEMIE EN FONCTION DU TEMPS



L'évolution de la phosphatémie a un profil très comparable pour les lots 1 et 3 (Ca/P = 3). Elle tend à augmenter en seconde moitié de lactation pour baisser ensuite à la deuxième mise bas.

D'une façon générale, la phosphatémie des femelles des lots 1 et 2 se maintient globalement au cours de l'expérience alors que celle des lots 3 et 4 chute.

Les lapines en fin de gestation ont une phosphatémie supérieure à celle des lapines vides ou en début de gestation (Tableau 2 et 3). Comme pour la calcémie, il n'y a pas d'interaction entre l'état ou le stade de gestation et le taux de phosphate sanguin.

## DISCUSSION

Les observations réalisées dans cette étude confirment l'élévation relative de la phosphatémie des lapines en fin de gestation et simultanément allaitantes, alors que leur calcémie ne varie pas (JOUGLAR, 1983). Si on considère la fin de la période où la lapine est simultanément gestante et allaitante, on peut penser qu'elle est alors dans une phase d'hypoparathormonémie relative (TOVERUD et BOASS, 1979 ; PITKIN, 1985) qui logiquement entraîne une réduction de l'excrétion rénale de phosphore (BRAZY et al., 1980 ; BRENDT et KNOX, 1980). A la même période, le rapport phosphocalcique du lait de lapine tend à s'accroître (LEBAS et al., 1971), réduisant l'exportation mammaire du phosphore par rapport à celle du calcium. Il paraît alors plausible que le mécanisme d'homéostasie de la phosphatémie s'avère insuffisant et laisse s'accroître le taux de phosphore dans le sang. Toutefois, l'absence d'interaction entre cet effet du stade physiologique et les effets alimentaires, nous permet d'analyser ces derniers sans tenir compte du rythme réel de reproduction.

Les travaux de LEBAS et JOUGLAR (1984), réalisés sur les mêmes animaux, et rapportés plus haut, ont démontré que les différents teneurs en minéraux n'avaient eu aucune influence sur les consommations alimentaires. En conséquence, les quantités ingérées de calcium et de phosphore par les lapines des 4 lots sont directement proportionnelles aux concentrations de calcium et de phosphore alimentaire. Dans ces conditions, nous pouvons juger de l'effet quantitatif de l'apport phosphocalcique sur les teneurs sanguines.

Tout d'abord, nous devons remarquer la relative indépendance des taux sanguins de calcium et de phosphore par rapport à l'alimentation, comparativement aux effets de la reproduction (évolution dans le temps dans notre essai). Cette homéostasie est à relier aux grandes facultés de régulation de l'excrétion rénale de ces minéraux chez le lapin en général (BOURDEAU et al., 1986) comme à celles de l'absorption (ARMBRECHT et al., 1979).

Néanmoins, au milieu de la lactation (14L), la calcémie est la plus élevée pour les lapines recevant les aliments à Ca/P également élevé. Par contre, il n'y a pas d'effet propre du taux de calcium. Ceci permet d'expliquer l'augmentation de la calcémie décrite par CHAPIN et SMITH (1967) associée à un accroissement du taux alimentaire de calcium alors que celui du phosphore restait constant. Il semble donc que la régulation de la calcémie chez la lapine reproductrice soit dépendante de l'apport simultané de calcium et de phosphore. Ceci peut être relié à une absorption intestinale plus élevée observée chez les lapins en croissance recevant des aliments à Ca/P élevé : 81 % vs 32 % pour des rapports de 3,2 et 0,8 (SUZUKI, 1963).

Tableau 3  
Effet moyen de l'état de gestation sur les paramètres sanguins  
des lapines contrôlées à 14L

Stade de gestation	vide	4 jours	11 jours	CV % (1)	Signification statistique (F)
Effectif contrôlé	34	6	24	-	-
Calcémie mmol/l	3,72	3,66	3,65	10,8	< 1 NS
Phosphatémie mmol/l	1,29	1,08	1,31	27,9	1,1 NS

(1) CV % = Coefficient de variation résiduel  
NS = Non significatif

Tableau 4  
Effet moyen de l'état de gestation sur les paramètres sanguins  
des lapines contrôlées à 28L

Stade de gestation	vide	Début 4-11 j.	Fin 18-25 j.	CV % (1)	Signification statistique (F)
Effectif contrôlé	9	14	22	-	-
Calcémie mmol/l	3,69	3,75	3,54	11,2	1,2 NS
Phosphatémie mmol/l	1,15	1,04	1,70	35,7	7,3**

(1) CV % = Coefficient de variation résiduel  
NS = Non significatif  
\*\* = P < 0,01

A l'appui de cette hypothèse, il convient de remarquer que les lapines du lot 1 ayant un rapport Ca/P de 3 maintiennent leur calcémie au même niveau durant toute l'expérimentation.

Si le rapport Ca/P alimentaire est susceptible de modifier la calcémie des lapines, à l'inverse, il ne semble exercer aucun effet significatif sur les performances de reproduction (LEBAS & JOUGLAR, 1984). Dans le même ordre d'idées, ces auteurs avaient mentionné une forte interaction calcium-rapport Ca/P, interprétée comme un effet négatif d'un déséquilibre de l'apport de phosphore (carence ou excès) sur la prolificité des lapines. Dans la présente analyse, aucune interaction entre ces facteurs n'a été mentionnée pour les taux sanguins de calcium et de phosphore. En conséquence, il ne semble pas que les taux sanguins de calcium et de phosphore observés chez les lapines en apparente bonne santé puissent être mis en relation avec les performances productives de ces dernières. Toutefois, une analyse individuelle pourrait nous amener à nuancer cette position.

#### REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier Madame B. LOUPIAC pour sa collaboration et le Pr. THOUVENOT pour son appui technique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARMBRECHT H.J., ZENSER T.V., BRUNS M.E.H., DAVIS B.B., 1979. Effect of age on intestinal absorption and adaptation to dietary calcium. Am. J. Physiol., 236, E769-E774.
- BACHACOU J., MASSON J.P., MILLIER C., 1981. Le programme COVAR in Manuel de la programmation statistique Amance 81, 459-480. INRA Ed. PARIS.
- BERNDT T.J., KNOX F.G., 1980. Effects of parathyroid hormone and calcitonine on electrolyte excretion in the rabbit. Kidney intern., 17, 473-478.
- BOURDEAU J.E., SCHWER-DYMERSKI D.A., STERN P.H., LANGMAN C.B., 1986. Calcium and phosphorus metabolism in chronically vitamin D-Deficient laboratory rabbits. Mineral. Electrolyte Metab., 12, 176-185.
- BRAZY P.C., Mc KEOWN J.W, HARRIS R.H., DENNIS V.W., 1980. Comparative effects of dietary phosphate, unilateral nephrectomy, and parathyroid hormone on phosphate transport by the rabbit proximal tubule. Kidney intern., 17, 788-800.
- CHAPIN R.E., SMITH S.E., 1967. The calcium tolerance of growing and reproducing rabbits. Cornell Vet., 57, 480-491.
- I.N.R.A., 1984. L'alimentation des animaux monogastriques : Porc, Lapin, Volailles. INRA Ed. Paris, 282 p.
- JOUGLAR J.Y., 1983. Contribution à l'étude du syndrome "parésie gastro-intestinale" de la lapine allaitante. Thèse Doctorat 3e Cycle, Sciences et Techniques en Production Animale, I.N.P. Toulouse, 142 p.
- LEBAS F., BESANCON P., ABOUYOUB A., 1971. Composition minérale du lait de lapine. Variations en fonction du stade de lactation. Ann. Zootech., 20, 487-495.
- LEBAS F., JOUGLAR J.Y., 1984. Apports alimentaires de calcium et de phosphore chez la lapine reproductrice. Mémoire IIIe Congrès Mondial de Cuniculture, Rome, Avril 1984, Vol. 1, 461-466.
- PITKIN R.M., 1985. Calcium metabolism in pregnancy and the perinatal period : a review. Am. J. Obstet. Gynecol., 151, 99-109.
- SUZUKI S., 1963. Studies on calcium and phosphorus balance in rabbits. II. Effects of the ratio of calcium to phosphorus in the ration on the metabolism of these elements. Res. Bull. Obihiro Zootechn. Univ., Ser I, 3, 398-411.
- TOVERUD S.U., BOASS A., 1979. Hormonal control of calcium metabolism in lactation. Vitam. Horm., 37, 303-347.

SUMMARYSERUM CALCIUM AND PHOSPHORUS LEVELS IN RABBIT BREEDING DOES,  
ACCORDING TO THE CONCENTRATION OF THESE MINERALS IN THE DIET

Serum concentration of calcium and inorganic phosphorus have been controlled in rabbit breeding does during a reproducing cycle. From kindling they were fed ad libitum diets containing calcium at 2 levels : 1.4 or 2.1 % DM, and with 2 Ca/P ratios : 1.8 or 3.0. During lactation, the serum calcium level is increased with high Ca/P ratio : 3.89 vs 3.50 mM/l. There is no significant effect of feeding on serum phosphate level. No relation has been observed between breeding traits and calcium or phosphorus level in the maternal serum. At the end of lactation (28 days), serum phosphorus level is increased in females simultaneously pregnant (mid or late pregnancy).