

A 79/4

## EFFETS DE LA DISTRIBUTION PROLONGÉE D'ALIMENTS CARENCÉS EN PHOSPHORE ET EN CALCIUM EN CROISSANCE-FINITION

Y. MAURY, M. COLIN \*

SANDERS S.A. - 17, quai de l'Industrie, 91200 Athis-Mons

La généralisation des porcs modernes, de types "Hybrides", remet en cause les acquisitions du passé concernant l'alimentation minérale.

Nous manquons à leur égard, de renseignements sur les effets de la distribution prolongée de régimes carencés en phosphore ou en calcium pendant la période de croissance-finition.

- Ces carences sont-elles toujours responsables des accidents d'élevage qui leur sont imputés ?
- Est-il possible par ailleurs, de mettre en évidence un déficit minéral plus ou moins ancien par le biais d'une analyse biochimique du sang ?

Cette étude a été menée pour tenter d'apporter une réponse à ces deux questions en envisageant les critères suivants :

- variations des paramètres biochimiques sanguins : calcémie, phosphatémie, magnésémie, protéinémie et phosphatasémie.
- minéralisation et structure histologique des os.
- résultats zootechniques : gains moyens quotidiens et indices de consommation.
- effet de la contention.

### I. MATÉRIEL ET MÉTHODES

#### A. Matériel

##### LES ANIMAUX :

Ils étaient issus de femelles croisées Landrace x Large-White, toutes issues d'un même troupeau multiplicateur. Grâce à l'insémination artificielle, le même verrat (Hampshire x Piétrain) a été utilisé. L'homogénéité génétique était donc satisfaisante.

Trois lots de 8 animaux ont été constitués, en prenant en compte l'âge (moins d'une semaine d'écart), le sexe et le poids (poids moyen 29 kg - écart type 1,4 kg).

##### LES RÉGIMES EXPÉRIMENTAUX :

Présentés sous forme de granulés et distribués à volonté, ils étaient fabriqués à partir de matières premières courantes et avaient les caractéristiques calculées suivantes :

TABLEAU 1

RÉGIMES		TÉMOIN	CALCIUM	PHOSPHORE
Énergie nette	Kcal/kg	2 096	2 096	2 096
Lysine	%	0,722	0,722	0,722
Méthionine + Cystine	%	0,582	0,582	0,582
PHOSPHORE	%	0,60	0,60	0,33
CALCIUM	%	0,75	0,16	0,75

\* Avec la collaboration de Michel METEL, Ingénieur I.T.P.A.\*

Dans les régimes expérimentaux, les apports minéraux correspondaient uniquement à ceux des matières premières végétales à l'exclusion des apports de matières minérales.

En général, les analyses ont révélé des teneurs conformes aux calculs, sauf pour le régime carencé en calcium dans lequel le taux réel était de 0,29 % au lieu de 0,16 %.

#### PÉRIODE DE DISTRIBUTION :

Après la mise en lots, tous les animaux ont reçu le régime témoin, pendant 35 jours.

Les régimes expérimentaux ont ensuite été distribués jusqu'à l'abattage à 100 kg de poids vif environ.

Les animaux maintenus en contention ont reçu le régime témoin, pendant toute la durée de l'essai.

#### LOGEMENT :

Les animaux sont logés par 4, sur caillebotis en ciment intégral, dans des cases carrées de 2,32 m<sup>2</sup>, munies d'un nourrisseur automatique et d'un abreuvoir à palette.

Pour juger de l'effet de la contention, 4 animaux, 2 mâles et 2 femelles, ont été maintenus étroitement entravés dans des cages à bilan pendant les 110 jours de l'expérimentation.

### B. Méthode

- Analyses biochimiques : les prélèvements sanguins sont effectués une fois par semaine, sauf pendant les deux semaines qui suivent la distribution des régimes expérimentaux où la fréquence est doublée.

Les échantillons sont analysés par séries de 100 à 150, grâce à une chaîne automatique pour le phosphore, la phosphatase alcaline et les protéines et par spectrophotométrie à absorption atomique pour le calcium et le magnésium.

- Sur un fragment de métacarpien, les dosages suivants ont été effectués : matière sèche, matières protéiques brutes, matières minérales, phosphore, calcium, magnésium.
- Examens histologiques : ils ont été réalisés également sur un fragment de métacarpien à la chaire d'histologie de l'Ecole Vétérinaire de TOULOUSE.

## II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

### A. Paramètres biochimiques

#### 1 - RÉGIME CARENCÉ EN CALCIUM :

Ainsi que le montre le tableau 2, on enregistre aucune différence sensible en ce qui concerne le phosphore, le calcium, le magnésium, et la phosphatasémie.

Pour cette dernière d'ailleurs, un certain nombre de résultats manquent en raison d'une déficience du système automatique du laboratoire.

Il n'en est pas de même au niveau de la protéinémie qui se trouve régulièrement plus faible pour le lot carencé que pour le lot témoin. Cette différence est d'ailleurs significative.

Nous rappelons toutefois que le taux de calcium de l'aliment n'était pas de 0,16 % (taux indiqué par le calcul), mais de 0,29 %. La carence en calcium est donc moins sévère que prévue.

TABLEAU 2  
CARENCE EN CALCIUM

	Calcémie mg/l		Phosphatémie mg/l		Phosphatasémie UI (1)		Magnésémie mg/l		Protéïnémie g/l	
	T	Ca ↘	T	Ca ↘	T	Ca ↘	T	Ca ↘	T	Ca ↘
<b>Adaptation :</b>										
Moyenne	107	108	109	109,5	51,4	40,6	29,6	30,7	—	—
<b>Carence :</b>										
Moyenne	106	106,3	110	116,4	44,8	44,2	27,72	28,32	70,8	67,36 (2)
Écart type	6,9	7,54	9,92	18,15	5,7	8,64	1,52	3,08	3,64	2,92

(1) U.I. : enzyme contenu dans un litre de sérum qui catalyse la transformation d'une micromole de monophosphate de phénol-phtaléine par minute dans des conditions bien déterminées.

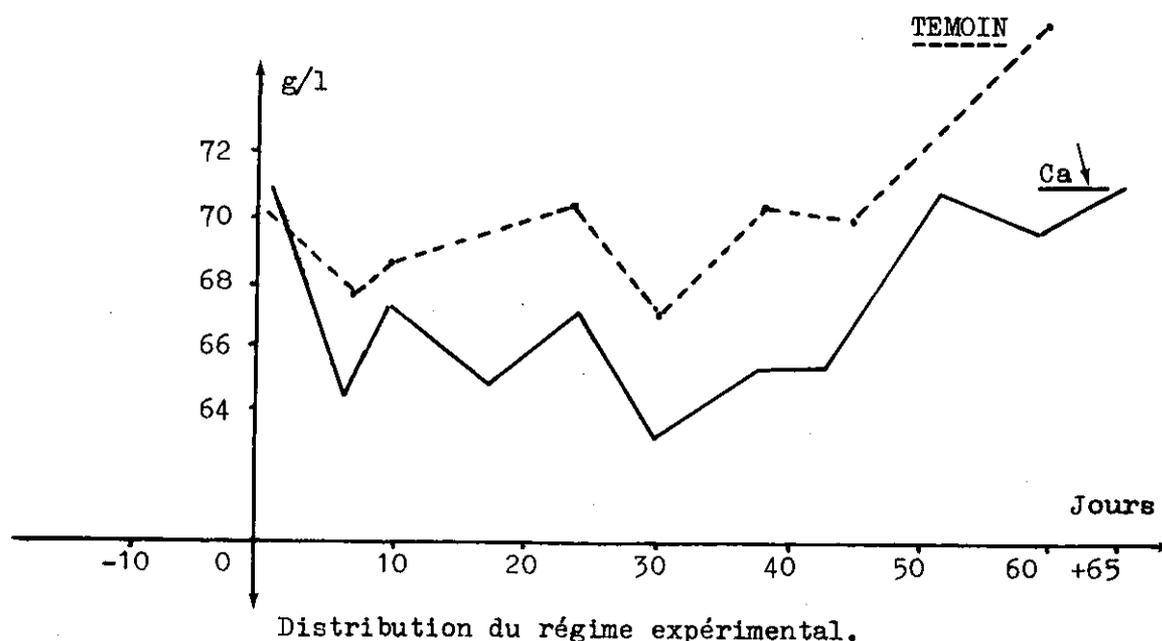
(2) Différence significative à 0,05 %.

Il paraît normal que la calcémie reste constante. C'est en effet le niveau du calcium sanguin qui déclenche les mécanismes de régulation et la sécrétion de parathormone qui assure la réduction de l'élimination ainsi que la diminution de la rétention osseuse, cette dernière dans un deuxième temps pouvant aller jusqu'à la résorption.

Dans les conditions de l'essai les processus initiaux de régulation ont été suffisants pour compenser la carence induite. La résorption osseuse semble ne pas être intervenue comme en témoigne le taux de phosphatase alcaline qui n'a pas subi d'augmentation appréciable.

Il est également logique de ne pas constater une élévation de la phosphatémie alors qu'une réduction de la rétention, et à plus forte raison une résorption, devraient jouer dans ce sens. En effet, le sang se comporte comme une solution saturée en ions phosphore et calcium et obéit à la loi du produit ionique constant : si le niveau de la calcémie est normal, il ne peut en aller différemment pour celui de la phosphatémie. Le phosphate en excès est éliminé par la voie rénale.

FIGURE 1 : PROTÉINÉMIE



Dans le cas de la distribution d'un régime appauvri en calcium, peu de modifications, hormis celle inexplicable de la protéïnémie, ont été mises en évidence. En conséquence, il semble vain de vouloir utiliser les analyses biochimiques comme moyens de diagnostic.

## 2 - RÉGIME CARENCÉ EN PHOSPHORE :

Ce régime provoque une hausse de la calcémie et une baisse de la phosphatémie qui toutes deux sont hautement significatives par rapport au lot témoin.

TABLEAU 3  
CARENCE EN PHOSPHORE

	Calcémie mg/l		Phosphatémie mg/l		Phosphatasémie UI		Magnésémie mg/l		Protéinémie g/l	
	T	P ↘	T	P ↘	T	P ↘	T	P ↘	T	P ↘
<b>Adaptation :</b>										
Moyenne	107	108	109	108	51,4	51	29,6	31	—	—
<b>Carence :</b>										
Moyenne	106	118*	110	91,6*	44,8	53,02	27,72	27	70,5	70
Écart type	6,9	7,99	9,92	16,14	5,7	9,7	1,52	2,34	3,64	3,28

\* Hautement significatif  $P < 0,01$ .

La représentation graphique rend mieux compte de ces différences.

FIGURE 2  
VALEUR DE LA CALCÉMIE

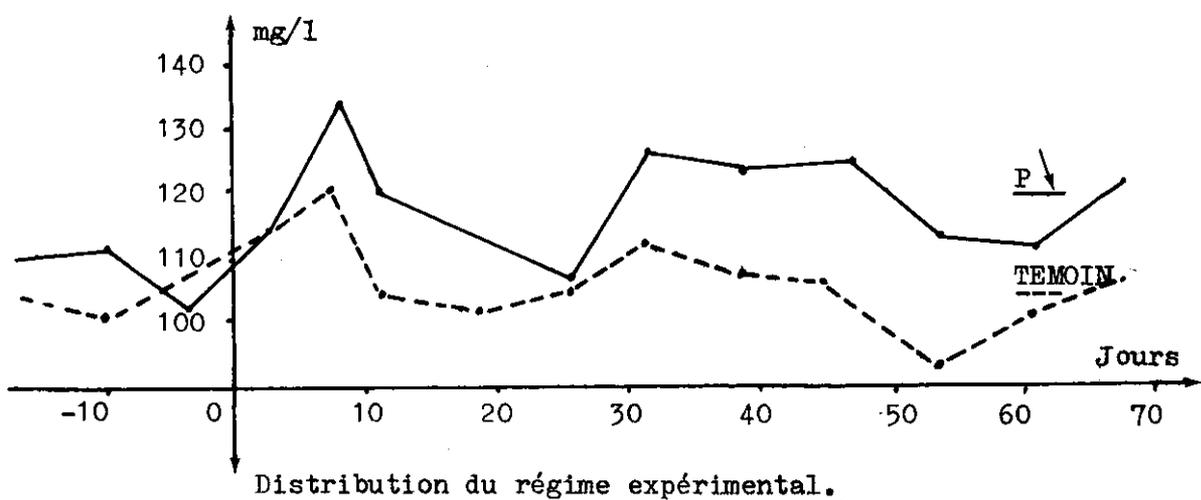
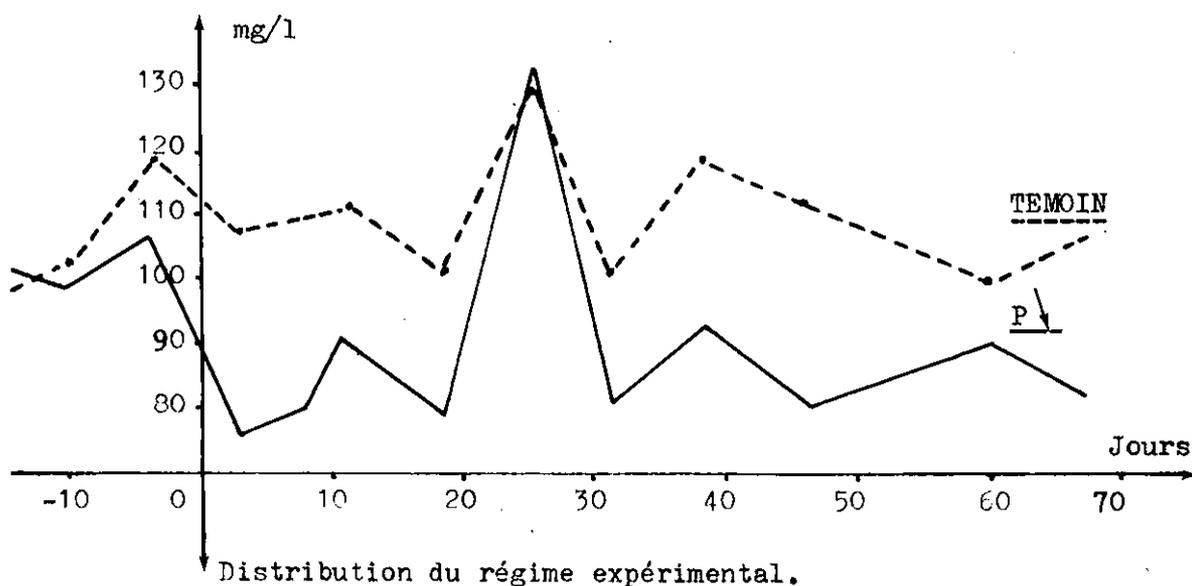


FIGURE 3  
VALEUR DE LA PHOSPHATÉMIE



Sur ce dernier graphique, il convient de noter les valeurs de la phosphatémie au 25<sup>e</sup> jour : elles sont bien supérieures à celles trouvées lors des autres mesures. Cette différence correspond à un changement de l'heure du prélèvement. Elle matérialise bien la difficulté qui existe pour établir des normes de référence si toutes les conditions dans lesquelles doivent se faire les mesures ne sont pas rigoureusement déterminées.

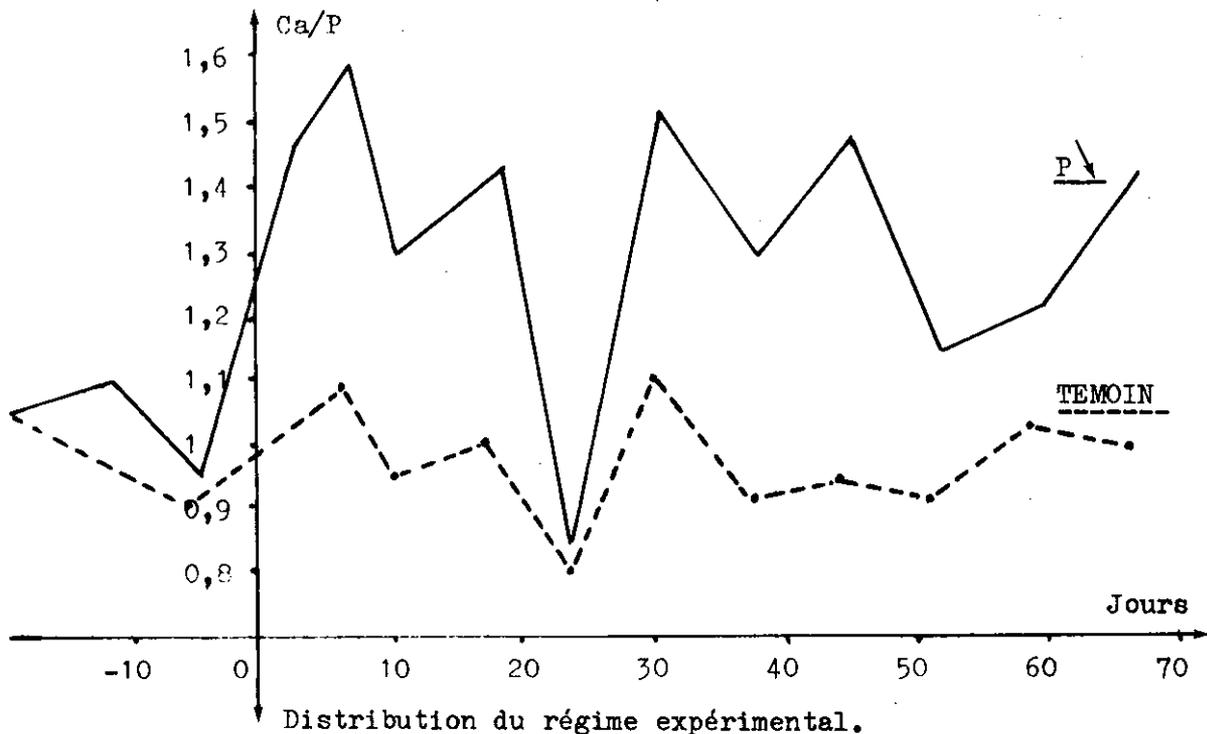
Il est regrettable que des problèmes de dosage nous aient privés des résultats concernant la phosphatémie entre le 20<sup>e</sup> et le 50<sup>e</sup> jour après le début de la distribution du régime carencé. En effet, l'élévation de la phosphatémie pour le lot expérimental était importante. On pouvait donc espérer qu'elle constituerait un moyen de diagnostic d'une carence d'apport en phosphore pour peu que son élévation n'ait pas un caractère trop transitoire.

Les modifications des taux sanguins du calcium et du phosphore peuvent trouver une explication logique.

Lors d'une carence d'apport en phosphore, il n'y a pas compensation immédiate de l'hypophosphatémie induite. La régulation ne se fait pas alors par voie hormonale, mais par un mécanisme d'échange, de nature physico-chimique, entre l'os et le milieu sanguin, entraînant une hypercalcémie et une hyperphosphatémie secondaires. L'hypercalcémie déclenche alors un deuxième mode de régulation faisant appel à une hormone : la calcitonine. Ce deuxième processus est relativement long à se mettre en place, ce qui laisse à l'observateur attentif le temps d'apprécier les effets de la carence par la mesure de l'hypercalcémie et de l'hypophosphatémie.

En conjuguant les deux mesures par l'appréciation du rapport phosphocalcique, il serait peut-être possible d'apprécier avec plus de précision les différences induites avec un régime carencé ainsi qu'en témoigne la figure 4.

FIGURE 4  
VALEUR DU RAPPORT CALCIUM/PHOSPHORE



### 3 - BIOCHIMIE SANGUINE ET DIAGNOSTIC D'UNE CARENCE EN PHOSPHORE ET CALCIUM :

- Dans les conditions de notre expérience, la biochimie sanguine ne peut être d'aucun secours au praticien qui voudrait par ce moyen mettre en évidence une carence calcique. Les mécanismes de régulation sont trop précis et trop rapides pour induire au niveau sanguin un changement appréciable.
- En ce qui concerne la carence en phosphore, quelques espoirs restent permis si l'on considère les valeurs de la calcémie et de la phosphatémie et surtout les valeurs du rapport phosphocalcique.

Le niveau de la phosphatasémie pourrait également, si son élévation n'est pas transitoire, constituer un élément valable de diagnostic.

Une codification préalable du processus aussi complète et précise que possible nous semble cependant indispensable pour éviter les erreurs et les quiproquos.

Il apparaît dès maintenant qu'il faudrait :

- multiplier le nombre des prélèvements dans le temps sur plusieurs animaux pour s'affranchir des variations individuelles plus importantes sur les lots carencés que sur les lots témoins (écart-type toujours plus élevé sur les lots expérimentaux).
- prévoir des animaux de référence entretenus dans les mêmes conditions.
- établir des valeurs de références pour chaque âge, chaque race, voire chaque croisement et ce, toujours dans des conditions bien déterminées.

Toutes ces contraintes ne plaident pas en faveur d'une vulgarisation possible et rapide de ce moyen de diagnostic.

## B. Minéralisation des os

L'analyse chimique des os doit permettre de confirmer s'il y a eu diminution de la rétention osseuse ou résorption.

Un premier renseignement nous est donné par la teneur en matière sèche.

Nous n'avons étudié que la teneur en matière sèche des os. Il aurait toutefois été intéressant d'exprimer les résultats en fonction du volume de l'os c'est-à-dire de sa densité.

**TABLEAU 4**  
TENEUR EN MATIÈRE SÈCHE

Lots	Témoin	Calcium ↘	Phosphore ↘
Matière sèche %	71	69	68

La carence, qu'elle soit en phosphore ou en calcium, a diminué le pourcentage de matière sèche des os. Cette diminution est même significative ( $P < 0,05$ ) pour le lot carencé en phosphore.

Les autres paramètres sont groupés dans le tableau 5 où les résultats sont exprimés en pourcentage de la matière sèche.

**TABLEAU 5**  
PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES CHIMIQUES, EN % DE LA MATIÈRE SÈCHE

	MAT. PROT. BRUTES	MATIERES MINÉRALES	PHOSPHORE	CALCIUM	MAGNÉSIUM
Lot témoin	32,8	49,78	9,45	20,26	0,584
Lot calcium	33,46	46,84	8,28	17,5	** 0,625
Lot phosphore	34	46,7	* 8,20	17,7	* 0,560

\*\* P. < 0,01 par rapport au témoin.

\* P. < 0,05 par rapport au témoin.

On note :

- Une diminution de la matière minérale totale compensée par une augmentation de la teneur en matières protéiques brutes. La trame protéique n'a pas fait défaut, mais sa minéralisation a été perturbée.
- Un abaissement de la teneur en phosphore et en calcium qui est la conséquence directe de la diminution de la teneur en matières minérales.
- Une perturbation de la teneur en magnésium plus marquée dans le cas de la carence en calcium. Ce résultat montre bien qu'il y a des relations privilégiées entre le métabolisme du magnésium et du calcium.

### C. Structure histologique

Malgré la durée de la période d'essai, il ne semble pas que la restriction minérale ait été assez sévère pour modifier les structures histologiques des os.

Pour les lots carencés, on note seulement que les lignes d'érosion du cartilage de conjugaison paraissent plus irrégulières et que, sur certains prélèvements seulement, les vestiges cartilagineux sont plus nombreux au sein des travées ossifiées.

### D. Performances zootechniques

Les effets de la distribution des régimes carencés sur la composition du sang et des os, se retrouvent au niveau des performances zootechniques, gains moyens quotidiens et indices de consommation, ainsi qu'en témoignent les résultats consignés dans le tableau 6.

TABLEAU 6  
RÉSULTATS ZOOTECHNIQUES

	TÉMOIN	CALCIUM ↘	PHOSPHORE ↘
Poids début période expérimentale kg	48,6	48	47,8
Poids fin essai kg	92	88,7	84,3
<b>Période expérimentale :</b>			
Gain moyen quotidien g	761	714	640*
Indice de consommation	3,7	3,86	3,9

\* Significativement différent du témoin,  $P < 0,05 \%$ .

La distribution de l'aliment carencé en calcium modifie sensiblement l'indice de consommation et le gain moyen quotidien. Avec l'aliment carencé en phosphore, la baisse du gain moyen quotidien devient significative et l'augmentation de l'indice de consommation est plus sensible.

A l'abattage, il y a bien sûr avantage aux animaux ayant reçu l'aliment carencé en phosphore du fait de la réduction de la vitesse de croissance.

Du point de vue économique le déficit par rapport au lot témoin a pu être évalué en tenant compte de l'indice de consommation et du temps passé en porcherie. Il s'élève à 9,24 F pour les animaux du lot carencé en calcium et à 14,04 F pour ceux du lot carencé en phosphore.

Au cours de l'essai, aucune boîterie ou difficulté de la station n'a été signalée.

### III. INFLUENCE DE LA CONTENTION

Parallèlement à cet essai, 4 porcs ont été maintenus avec le régime témoin dans des cages à bilan afin de mesurer l'effet de la contention sur tous les critères envisagés.

A notre surprise, pour les porcs maintenus en contention, aucun des paramètres enregistrés n'a été significativement modifié, alors que par le passé, nous avons enregistré dans les mêmes circonstances une augmentation importante de la fragilité osseuse.

**TABLEAU 7**  
RÉSULTATS BIOCHIMIQUES

		TÉMOIN	CONTENTION
<b>Paramètres biochimiques :</b>			
Calcium	mg/l	106,5	106,7
Phosphore	mg/l	107	111
Magnésium	mg/l	27,7	27,7
Protéines brutes	g/l	71,8	68,5

**TABLEAU 8**  
ANALYSES OSSEUSES

		TÉMOIN	CONTENTION
Matière sèche	%	67,5	67,1
<b>En % de la matière sèche :</b>			
Matières protéiques brutes		34,5	35,9
Matières minérales		46,2	45,1
Phosphore		8,1	7,8
Calcium		16,7	16
Magnésium		0,587	0,606

Ceci laisse à penser que le fait d'entretenir des porcs en ne leur laissant individuellement que 0,58 m<sup>2</sup> d'espace utile, correspond déjà à une contention sévère identique à celle des animaux placés en cage à bilan.

## CONCLUSION

Les métabolismes du calcium et du phosphore ne peuvent être envisagés séparément. C'est pourquoi, notre travail reste fragmentaire. Nous nous sommes toutefois placés dans les conditions les plus courantes de la pratique, celles où la partie essentiellement minérale de l'aliment, phosphore ou calcium, serait oubliée au moment de la fabrication.

Nous avons montré que, dans ce cas, la biochimie sanguine restait un moyen de diagnostic limité dans son application à cause de la variabilité des réponses individuelles et de l'absence de normes établies.

Par ailleurs, il n'est pas sûr, en l'absence de symptômes univoques tels que les boîteries, que l'abaissement de la vitesse de croissance et l'augmentation de l'indice de consommation, puissent être rattachés à une carence minérale. En effet, les performances zootechniques enregistrées avec les aliments pauvres en phosphore ou en calcium, sont encore acceptables en l'absence de comparaison avec celles de lots témoins. D'autre part, en pratique, il serait peu vraisemblable qu'une erreur de fabrication se perpétue assez longtemps pour imposer une période de distribution d'aliments carencés aussi importante.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions tout particulièrement MM. GUEGUEN et POINTILLART (I.N.R.A.) ainsi que Monsieur le Professeur VAN HABERBEKE (E.N.V.T.) et Monsieur le Professeur BRUGERE (E.N.V.A.) qui ont bien voulu nous assister dans ce travail.

## BIBLIOGRAPHIE

- AVOUAC B. - Rôle des glandes endocrines dans la croissance osseuse. *Gaz. Méd. de France*, **84**, n° 3, 329 (1971).
- BAYLEY H.S., THOMSON R.G. - Phosphorus requirements of growing pigs and effect of steam pelleting on phosphorus availability. *J. Anim. Sci.*, **28**, 484, (1969).
- BAYLEY H.S., ARTHUR D., BOWMAN G.H. - Influence of dietary phosphorus on growth and bone development in boars and gilts. *J. Anim. Sci.*, **40**, 864, (1975).
- BESANÇON P. - Les principales voies du métabolisme calcique chez le porc et le lapin en croissance. Thèse de doc es Sci Nat n° AO5859, (1971).
- BESANÇON P., GUEGUEN L. - Les principales voies du métabolisme calcique chez le porc en croissance. *Ann. Biol. Bioch. Biophys.*, **9**, 537, (1969).
- BLAIR R., BENZIE D. - The effect of level of dietary calcium and phosphorus on skeletal development in the young pig to 25 lb live weight. *Brit. J. nut.*, **18**, 91, (1964).
- BRUYERE L. - Essai de classification étiopathogénique des principales ostéopénies radiologiquement décelables chez les carnivores domestiques. *Ann. Med. Vet.*, **117**, 555, 592 (1973).
- CAUGANT A. - La faiblesse des aplombs - un problème préoccupant chez le porc A la pointe de l'élevage, décembre 1976.
- CHAPMAN H.L., KASTELIC J., ASHTON G.C., HAMEYER P.G., ROBERT C.Y., CATRON D.V., HAYS V.W., SPEER V.C. - Calcium and phosphorus requirements of growing finishing swine. *J. Anim. Sci.*, **21**, 112, (1962).
- COMBS G.E., VANDEPOPULIERE J.M., WALLACE H.D., KOGER M. - Phosphorus requirements of young pig. *J. Anim. Sci.*, **21**, 3, (1962).
- COOP H. - Effets d'un régime pauvre en phosphore sur l'homéostasie du calcium et de l'ion phosphate chez le rat jeune. In : phosphate et métabolisme, p 111-116 (D.J. HIOCO ed) Paris Sandoz 1970.
- CROMWELL G.L., HAYS V.W., CHANEY C.H., OVERFIELD J.R. - Effects of dietary phosphorus and calcium level on performance bone mineralization and carcass characteristics of swine. *J. Anim. Sci.*, **30**, 519 (1970).
- CUISINIER GLEIZEZ P., MATHIEU H., ROYER P. - Physiologie de l'excrétion rénale du calcium. *Path et Biol*, **11**, 222 (1963).
- CUISINIER GLEIZES P., THOMASSET M., SAINTENY DEBOVE F., MATHIEU H. Phosphorus deficiency, parathyroid hormone and bone resorption in the growing rat. *Calcif Tiss. Res.*, **20**, 235-249 (1976).
- DOICE C.E., OWEN B.D., MILIS J.H.L. - Influence of calcium and phosphorus on growth and skeletal development of growing swine. *Can. J. Anim. Sci.*, **55**, 147.
- FALIU L., GRIESS D. et PARAGON B.M. - Nutrition minérale du porc charcutier. *Revue Méd. Vet.*, **126**, 7, 931 (1975).
- FAMATRE C.A., MAHAN D.C., FETTER A.W., GRIFO A.P. - Effect of dietary protein calcium and phosphorus levels for growing and finishing swine. *J. Anim. Sci.*, **44**, 65 (1977).
- FRISTHEN R. - A product of confinement - *Revue Hog Farm Management*. June 1973.
- GUEGUEN L., BESANÇON P., RERAT A. - Utilisation digestive, cinétique de l'absorption et efficacité de la rétention du phosphore phytique chez le porc. *Ann. Biol. Anim, Bioch., Biophys*, **8**, 273-280 (1968).
- GUEGUEN L. - Quelques considérations nouvelles en matière de nutrition phosphocalcique du porc en croissance. Journées de la Recherche Porcine en France, I.T.P. - Paris 1969.

- GUEGUEN L. - Les critères de qualité nutritionnelle des compléments minéraux en alimentation animale. L'alimentation et la vie, n° 7-8-9 (1970).
- GRONDALEN T. - Osteochondrosis and arthrosis in pigs. VI Relationship feed levels and calcium phosphorus and protein levels in the ration. Acta Vet Scand, 15, 147-169 (1974).
- GRONDALEN T. - Osteochondrosis and arthrosis in pigs. VII Relationship to joint shape and exterior conformation. Acta Vet Scand, 15, Supply 46 (1974).
- GUNTHER K. - Séminaire pour la production porcine. Rapports sur la nourriture, l'élevage et le maintien en bonne santé des cheptels porcins (traduction). (Manifestation réunissant : le corps prof. de l'ind. de l'alim. anim. et inst. d'élev. anim. génét. des anim. domest. de l'Univ. techn. de Berlin), les 29 et 30 janvier 1970.
- GUNTHER K. - Problème de l'apport en sels minéraux aux porcs à chair maigre moderne. Inf. de méd. vet. 4, 255 (1973).
- HANSARD S.L., LYKE W.A., CROWDER H.M. - Absorption, excretion and utilization of calcium by swine. J. Anim. Sci., 20, 192 (1961).
- HARMOND B.C. - Trends in phosphorus for swine - Feedstuff, n° July 22, 12 (1974).
- HOGG, ROX, COX, Joint changes in lameness of confined swine. Ann. J. Vet. Res. 36, 965.
- LEFEVRE, RUNAVOT J.P., KERISIT R. - Le syndrome de la faiblesse des pattes chez le porc. I.T.P. Paris, 71 pp (1975).
- LIBAL G.W., PEO E.R., ANDREWS R.P., VIPPERMAN P.E. - Levels of calcium and phosphorus for growing - finishing swine : J. Anim. Sci. 28, 331 (1969).
- LIPTRAP D.O., MILLER E.R., ULLREY D.E., KEAHEY K.K., HOEFER J.A. Calcium level for developing boars and gilts : J. Anim. Sci. 31, 540 (1970).
- MILHAUD G., MOUKTHAR M.S., LE DU, PERRAULT STAUB A.M. - Régulation inhibitrice et stimulatrice du métabolisme osseux - Calc. Tiss. Res. 4 (Supply) 91 (1970).
- MUD A.J., SMITH X.C., ARMSTRONG D.G. - The retention of certain minerals in pigs from birth to 90 kg live weight. J. Agric., 73, 181 (1969).
- MULLER H.L., KIRCHGESSNER - Retention und Verwertung von calcium phosphor, Magnesium und Natrium durch Frekel bei unterschiedlicher Protein - ernährung. Landwirtsch Forsch, 27 (1974).
- NIELSEN M.C., ANDERSEN S., MADSEN A., MORTENSEN H.P. - Dietary calcium - Phosphore Ratios for growing pigs in relation to serum levels and bone development : Acta - Vet. Scand. 12, 202 (1971).
- PEO E.R., ANDREWS R.P., LIBAL G.W., DUNN J.W., WIPPERMAN P.E. Levels of calcium and phosphorus for G F swine (Abst) : J. Anim. Sci. 26, 910 (1967).
- PEO E.R., LIBAL G.W., WEHRBEIN G.F., CUNNINGHAM P.J., VIPPERMAN P.E. Effect of dietary increments of calcium and phosphorus on G F swine (Abst) : J. Anim. Sci. 29, 141 (1969).
- PEREZ J.M. - L'alimentation minérale des porcins - Synthèse - Conduite d'élevage et alimentation Techni Porc, 1, 1, B 1 - B 32, I.T.P. éd. (1978).
- PERRIN W.R., BOWLAND J.P. - Effect of enforced exercise on the incidence of leg weakness in growing boars. Can. J. Anim. Sci. 57, 245 (1977).
- POINTILLART A. - Les interactions du calcium, du phosphore et du magnésium. Conséquences nutritionnelles et endocriniennes : Thèse Doc. Vét. Maisons Alfort (1971).
- POINTILLART A., GUEGUEN L. - Ostéochondrose et faiblesse des pattes chez le porc : Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys., 18, 000 (1978)

- REINHARD M.K., MAHAN D.C., WORKMAN B.L., CLINE J.H., FETTER A.W., GRIFO A.P. Effect of increasing dietary protein level, calcium and phosphorus on feedlot performance, bone mineralization and serum mineral values with growing swine, *J. Anim. Sci.* **43**, 770 (1976).
- REY J., FRESAL J., LAMY M. - Mécanisme et régulation de l'excrétion rénale du phosphore. *Path. et Biol.* **14**, 976 (1966).
- SAUVEUR B. - La vitamine D - Découvertes récentes sur son métabolisme et son mode d'action éd. F. HOFFMANN. La Roche et Cie (1973).
- STOCKLAND W.L., BLAYLOCK L.G. - Influence of dietary calcium and phosphorus levels on the performance and bone characteristics of growing finishing swine *J. Anim. Sci.* **37**, 4, 906 (1973).
- WALKER T., JONES A.S. - A study in leg weakness in boars (Abstr) : *Anim. Prod.* **4**, 297 (1974).
- VAUGHAN - Locomotory disturbance in pigs. *Brit Vet. J.* **125**, 354 (1969).