

EFFETS D'UN APPORT ELEVE DE CALCIUM SUR LE METABOLISME CALCIQUE CHEZ LE PORC EN CROISSANCE

P. BESANÇON (1)

*I.N.R.A. - Station de Recherches de Nutrition
C.N.R.Z. - 78 - Jouy-en-Josas*

La plupart des auteurs s'accordent à dire qu'un apport de calcium correspondant à 0,6 % de la matière sèche du régime suffit chez le Porc à assurer une croissance optimale mais qu'un niveau de 1,0 à 1,2 % est nécessaire pour obtenir une meilleure minéralisation osseuse et une solidité plus grande de l'os. En revanche, on connaît mal, chez le Porc, la limite supérieure du niveau tolérable de calcium au-dessus duquel il y aurait un gaspillage de l'élément ingéré et des risques de troubles par excès. Il est sûr cependant qu'en augmentant l'apport calcique on peut pénaliser certaines des performances zootechniques, telles que l'indice de consommation. Enfin, la densité minérale de l'os est fonction de l'apport calcique ; cela a été montré, entre autres, chez le Porc par MILLER et al. (1962), MUDD et al. (1969), LIPTRAP et al. (1970).

Nous avons tenté par ailleurs de mesurer quantitativement l'importance des principales voies d'utilisation métabolique du calcium chez l'animal en croissance (BESANÇON et GUEGUEN, 1969 ; BESANÇON, 1970, 1971) et nous avons montré que le renouvellement minéral osseux se traduit par d'importants mouvements de calcium. La rétention n'est que la différence entre un flux d'entrée ou "accrétion" du calcium dans l'os et un flux de sortie ou "résorption" du calcium osseux. Nous avons ensuite cherché à étudier les variations des paramètres cinétiques du métabolisme minéral osseux en fonction des modifications de l'apport calcique. En effet, si la minéralisation osseuse augmente, cela peut résulter soit d'un accroissement de l'accrétion, soit d'une diminution de la résorption ou encore de ces deux phénomènes simultanément. Nous présentons ici ces résultats et essayons d'en tirer quelques conclusions pratiques.

ANIMAUX ET PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Les essais ont porté sur 15 porcs mâles castrés de race Large White, pesant en moyenne 40 kg de poids vif et réalisant, en cage à métabolisme, une croissance moyenne quotidienne de 400 à 600 g. Ils recevaient un régime à base de céréales et de tourteaux, renfermant 1000 UI de vitamine D₃ par kg. Nous avons fait varier la teneur de l'aliment en Ca de 8,0 à 17,5 g/kg, en P de 7,0 à 13,0 g/kg de matière sèche, par une supplémentation appropriée en phosphate bicalcique. Dans tous les cas, le rapport Ca/P a été constant et voisin de 1,3. Les animaux ont été répartis en trois lots A, B et C en fonction de l'ingéré calcique journalier, soit 10, 15 et 27 g de calcium par jour en moyenne.

Des bilans calciques ont été réalisés durant 10 à 12 jours au cours desquels, grâce à une administration intraveineuse de calcium radioactif (⁴⁵Ca), nous avons pu faire une étude cinétique compartimentale, dans des conditions expérimentales précédemment décrites (BESANÇON et GUEGUEN, 1969 ; BESANÇON 1971). Ainsi, outre l'utilisation digestive et la rétention, mesurées par bilans, nous avons pu déterminer, par une méthode adaptée de celle de AUBERT et MILHAUD (1960), l'excrétion fécale endogène et les vitesses d'accrétion et de résorption du calcium osseux.

RESULTATS

• Utilisation digestive

L'ensemble des résultats relatifs à l'utilisation digestive du calcium, rassemblés dans le tableau 1, montre que, d'une façon générale, la digestibilité du calcium diminue avec l'augmentation des apports. Cela confirme ce

(1) Adresse actuelle : Laboratoire de Physiologie Appliquée, Faculté des Sciences, Place Eugène Bataillon - 34 - MONTPELLIER -

qu'ont observé la plupart des auteurs sur d'autres espèces, ainsi que KIRCHGESSNER et al. (1960) sur le Porc.

On retrouve ici le fait que l'excrétion fécale totale augmente avec l'apport, mais moins que proportionnellement pour les plus hauts niveaux ; dans ce cas, les valeurs du coefficient d'utilisation digestive apparente (CUDa), qui ne sont pas significativement différentes entre les trois lots, diminuent relativement peu. L'excrétion fécale de calcium endogène ne varie pas de façon significative et semble donc, dans ces conditions, être plus une caractéristique de l'animal que de l'aliment et de sa teneur en Ca et P. L'excrétion journalière de calcium endogène est en moyenne de 27 mg par kg de poids vif, alors que HANSARD et al. (1961) mesurent 32 mg par kg de poids vif sur des porcs de 45 kg. L'absorption réelle augmente en valeur absolue, mais le coefficient d'utilisation digestive réelle (CUDr) tombe de 51,5 à 33,0 %. Il faut remarquer que la diminution du CUDr est moins marquée pour les apports les plus élevés ; la différence n'est significative (à $P < 0,05$) qu'entre les lots A et C.

Il semble que, chez le Porc, l'absorption du calcium soit bien réglée au niveau intestinal, l'excès de calcium étant éliminé directement par la voie fécale. BAIA et al. (1969) font remarquer que chez l'Agneau également, la régulation de l'utilisation du calcium se fait surtout au niveau de l'intestin. A partir d'un certain niveau d'apport, les mécanismes d'absorption semblent devenir en partie saturés. De plus, l'excrétion endogène fécale reste stable et ne contribue donc pas de façon appréciable à la régulation de l'utilisation digestive.

• Utilisation métabolique

Aucun des paramètres du métabolisme calcique ne varie de façon significative entre les deux lots A et B, ce qui peut s'expliquer par le fait que, l'écart entre les apports n'étant pas très élevé entre ces deux lots, la régulation par l'intestin est suffisamment efficace. En revanche, entre les lots extrêmes, on observe une différence hautement significative sur les valeurs de la rétention. Cependant, les coefficients de rétention, rapportés à l'ingéré, ne sont pas différents malgré une légère tendance à diminuer. L'excrétion urinaire augmente sensiblement ; la calciurie reste, malgré cela, suffisamment faible pour que les variations de cette voie d'excrétion n'aient pas d'effet appréciable sur la rétention.

Au niveau de l'os, nous avons antérieurement défini (BESANÇON et GUEGUEN, 1969 ; BESANÇON, 1970, 1971) deux voies d'incorporation du calcium dans l'os, l'une exogène (Aa) constituée par le calcium provenant de l'absorption intestinale, l'autre endogène (Ar) correspondant au propre renouvellement du calcium osseux. Si l'accrétion totale ($V_o +$), qui est la somme de ces deux voies d'entrée, reste à peu près constante entre les trois lots, on assiste à une inversion des contributions exogène et endogène. Le pourcentage de l'accrétion exogène, par rapport à l'accrétion totale, est de 44,7 et 52,0 % pour les deux niveaux inférieurs d'ingestion calcique et de 81,6 % pour le niveau supérieur. L'augmentation de l'accrétion exogène est un phénomène logique mais l'inhibition de l'accrétion endogène et des recyclages est une donnée nouvelle. Le paramètre le plus variable est la résorption osseuse du calcium, considérablement réduite de 6,38 et 8,65 g Ca/jour dans les lots A et B à 1,69 g Ca/jour dans le lot C. Ces résultats relatifs aux variations de la mobilisation du calcium osseux confirment sur le Porc les observations de BRONNER et AUBERT (1965) et de COHN et al. (1968) sur le Rat, de PHANG et al. (1969) sur l'Homme, de SCHRYVER et al. (1970) sur le Poney.

L'originalité de nos résultats est d'avoir dissocié les voies endogène et exogène et de montrer que la part de recyclage devient relativement moins importante en cas d'apport excessif de calcium.

CONCLUSIONS

On sait maintenant le rôle joué par les flux d'entrée et de sortie du calcium au niveau de l'os dans la régulation de la calcémie, l'os étant ainsi considéré dans sa fonction de réserve minérale. Ces mouvements de calcium sont contrôlés par deux hormones, la parathormone et la calcitonine, l'ostéolyse étant stimulée par la première, inhibée par la seconde. On sait aussi que la régulation de l'osmoméostasie calcique n'est pas entièrement sous le contrôle endocrinien ; l'os joue lui-même un rôle régulateur par des équilibres de nature physicochimique entre sa phase minérale et les fluides circulants.

D'après ce que nous connaissons des aspects physiologiques du métabolisme calcique et à la suite de nos résultats, on peut dire qu'un apport excessif de calcium entraîne une augmentation de la rétention osseuse du calcium par une diminution de l'ostéolyse, sans modification de l'anabolisme osseux ; cela se fait probablement par deux sortes de mécanismes :

- d'une part, l'accrétion globale restant constante et limitée à une valeur supérieure, l'augmentation de l'accrétion exogène, due aux apports accrus, entraîne une diminution de la part imputable aux recyclages et au renouvellement osseux ;

- d'autre part, l'apport élevé de calcium a tendance à réduire la sécrétion de parathormone et à provoquer une décharge de calcitonine, ces deux effets entraînant une inhibition du catabolisme osseux.

Sur un plan pratique, on peut dire que si l'intestin de Porc peut constituer une barrière assez efficace à l'encontre des apports excessifs de calcium, l'organisme n'est pas entièrement protégé pour autant. Comme chez toutes les autres espèces, l'excès de calcium réduit l'ostéolyse et le renouvellement osseux, ce qui se traduit par l'augmentation de la rétention et de la minéralisation du squelette. Une trop forte densité minérale des tissus osseux n'est peut-être pas souhaitable chez l'animal en croissance. L'excès de calcium risque de créer un os trop dense, peu échangeable, dont les réserves minérales ne sont pas facilement mobilisables. De plus son architecture risque de devenir atypique par suite d'un remaniement insuffisant au cours de la croissance. Rappelons que LIPTRAP et al. (1970) observent chez le Porc une diminution des qualités mécaniques de l'os avec un régime à 1,2 % de calcium. Enfin, l'excès de calcium peut être préjudiciable dans certains cas à l'utilisation optimale d'autres éléments de la ration et en particulier de certains oligo-éléments. En ce qui concerne le zinc, les recommandations de l'A.R.C. (1967) sont de 50 mg par kg de matière sèche : il est souhaitable d'augmenter l'apport de zinc à 100 mg/kg si la teneur en calcium de l'aliment dépasse 10 g/kg. Les risques de parakérose seront ainsi écartés.

En conclusion, d'après ces essais ainsi que d'après les recommandations de la plupart des auteurs, on peut confirmer les normes habituellement proposées pour le Porc en croissance entre 30 et 60 kg : un apport de 10 à 11 g de calcium par jour, ce qu'un régime contenant 8 à 9 g Ca/kg de matière sèche, avec un rapport Ca/P voisin de 1,3 à 1,4 permet de satisfaire. La tendance souvent rencontrée de chercher à augmenter la teneur en calcium du régime à 12 g/kg ou plus ne nous paraît pas justifiée.

TABLEAU 1

DIGESTIBILITE DU CALCIUM EN FONCTION DE L'INGERE CALCIQUE

LOT	A	B	C	SIGNIFICATION DES ECARTS ENTRE A et C
I , g/j	9,78 ± 0,62	14,26 ± 1,29	27,68 ± 4,30	P < 0,01
F_T , g/j	6,34 ± 0,65	10,53 ± 1,53	19,99 ± 2,68	P < 0,01
CUDA, % I	36,0 ± 2,9	27,2 ± 5,6	27,1 ± 2,6	NS
Fe, g/j	1,46 ± 0,14	1,24 ± 0,19	1,62 ± 0,40	NS
a, g/j	4,91 ± 0,25	4,98 ± 0,37	9,31 ± 1,84	P < 0,05
CUDr % I	51,5 ± 4,7	36,0 ± 4,9	33,0 ± 1,8	P < 0,05
I	ingestion de Ca ;			
F_T , Fe	excrétion fécale totale et endogène de Ca ;			
a	absorption réelle de Ca ;			
CUDA, CUDr	coefficients d'utilisation digestive de Ca (apparente et réelle).			

TABLEAU 2
UTILISATION METABOLIQUE DU CALCIUM EN FONCTION DE L'INGERE CALCIQUE

LOT	A	B	C	SIGNIFICATION DES ECARTS ENTRE A et C
R, g/j	3,34 ± 0,15	3,56 ± 1,13	7,30 ± 1,60	P < 0,01
CR, % I	34,9 ± 2,8	26,0 ± 5,8	25,7 ± 2,3	NS
U, g/j	0,10 ± 0,02	0,19 ± 0,07	0,40 ± 0,13	P < 0,05
V _o +, g/j	9,73 ± 0,91	12,23 ± 3,17	9,19 ± 0,90	NS
Aa, g/j	4,99 ± 0,38	4,72 ± 0,37	7,69 ± 1,33	P < 0,05
Ar, g/j	4,73 ± 0,56	7,50 ± 3,23	1,50 ± 1,47	P < 0,05
V _o -, g/j	6,38 ± 0,84	9,65 ± 3,38	1,89 ± 1,84	P < 0,05
<p>R rétention du calcium ;</p> <p>CR coefficient de rétention rapporté à l'ingéré ;</p> <p>U excrétion urinaire ;</p> <p>V_o +, Aa, Ar accrétion totale, exogène, endogène de Ca dans l'os ;</p> <p>V_o - résorption du calcium osseux.</p>				

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- J.P. AUBERT, G. MILHAUD, 1960. Méthode de mesure des principales voies du métabolisme calcique chez l'Homme. *Biochim. Biophys. Acta*, 39, 122.
- P. BESANÇON, 1970. Données récentes sur le métabolisme calcique chez le Porc en croissance. Journées de la Recherche Porcine, Paris, 137.
- P. BESANÇON, 1971. Les principales voies du métabolisme calcique chez le Porc et le Lapin en croissance. Etude de l'influence du niveau d'apport calcique. Thèse de Doctorat ès Sciences. Faculté des Sciences (Paris)
- P. BESANÇON, L. GUEGUEN, 1969. Les principales voies du métabolisme calcique chez le Porc en croissance. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, 9, 537.
- F. BRONNER, J.P. AUBERT, 1965. Bone metabolism and regulation of the blood calcium level in rats. *Amer. J. Physiol.*, 209, 887.
- S.H. COHN, T.M. TERE, A.E. GUSMANO, 1968. Effect of varying calcium intake on the parameters of calcium metabolism in the rat. *J. Nutr.*, 94, 261.
- S.L. HANSARD, W.A. LYKE, H.M. CROWDER, 1961. Absorption, excretion and utilization of calcium by swine. *J. Anim. Sci.*, 20, 292.
- M. KIRCHGESSNER, W. MUNZ, W. OELSCHLÄGER, 1960. Der Einfluss einer CaCO_3 - Zulage auf die Retention von Mengen - und Spurenelementen bei wachsenden Schweinen. *Arch. Tierernähr.*, 10, 1.
- D.O. LIPTRAP, E.R. MILLER, D.E. ULLREY, K.K. KEAHEY, J.A. HOEFER, 1970. Calcium level for developing boars and gilts. *J. Anim. Sci.*, 31, 540.
- E.R. MILLER, D.E. ULLREY, C.L. ZUTAUT, D.A. SCHMIDT, E.A. ALEXANDER, B.V. BALTZER, J.A. HOEFER, R.W. LUECKE, 1962. Calcium requirement of the baby pig. *J. Nutr.*, 77, 7.
- A.J. MUDD, W.C. SMITH, D.G. ARMSTRONG, 1969. The influence of dietary concentration of calcium and phosphorus on their retention in the body of the growing pig. *J. Agric. Sci.*, 73, 189.
- J.M. PHANG, M. BERMAN, G.A. FINERMAN, R.M. NEER, L.E. ROSENBERG, T.J. HAHN, 1969. Dietary perturbation of calcium metabolism in normal man : compartmental analysis. *J. Clin. Invest.*, 48, 67.
- H.F. SCHRYVER, P.H. CRAIG, H.F. HINTZ, 1970. Calcium metabolism in ponies fed varying levels of calcium. *J. Nutr.*, 100, 955.