

## DONNEES RECENTES SUR LE METABOLISME CALCIQUE CHEZ LE PORC EN CROISSANCE

P. BESANÇON

I.N.R.A - Station Centrale de Nutrition

C.N.R.Z. - 78 - JOUY-EN-JOSAS

---

Dans le cadre du programme de recherches poursuivies sur la nutrition minérale du porc, l'interprétation des données relatives à la rétention phosphocalcique et la définition des besoins de l'animal rendent nécessaires l'étude du métabolisme minéral osseux. Le squelette assure, d'une part, une fonction de soutien et, d'autre part, une fonction de réserve minérale et, en conséquence, il oppose des caractéristiques de composition relativement constante et de solidité à des aptitudes extraordinaires au renouvellement de sa substance, comme les autres tissus de l'organisme. Ce renouvellement a deux composantes : l'anabolisme osseux et le catabolisme ou ostéolyse. L'ossification est, à tout instant, la résultante d'une synthèse et d'une destruction de substance osseuse. En ce qui concerne le calcium, l'anabolisme se traduit par une incorporation de calcium dans l'os, que nous appelons "accrétion", tandis que le catabolisme se traduit par une sortie du Ca osseux, ou "résorption". La différence entre l'accrétion et la résorption est donc égale à la rétention nette de calcium, elle-même égale à la différence entre le calcium ingéré et le calcium excrété et seul terme accessible par les mesures classiques de bilans entre les *ingesta* et les *excreta*.

Une bonne compréhension du métabolisme calcique et des données relatives aux bilans requiert l'étude et la connaissance des étapes successives de l'utilisation du calcium :

- 1.- au niveau intestinal, on estimera l'absorption digestive réelle compte-tenu des pertes fécales de calcium d'origine endogène.
- 2.- au niveau métabolique, on mesurera les paramètres dynamiques du métabolisme minéral osseux qui sont principalement l'accrétion et la résorption calciques.

L'estimation de ces différents paramètres nécessite l'emploi de radioéléments (calcium radioactif,  $^{45}\text{Ca}$  ou  $^{47}\text{Ca}$ ), qui, jouant le rôle de traceurs, nous permettent de calculer les différentes voies métaboliques. Ce sont les résultats de ces études sur le porc en croissance que nous nous proposons de présenter ici.

.../...

## MATERIEL ET METHODES

Les essais ont porté sur des porcs mâles de race Large-White, en croissance, pesant de 30 à 50 kg et dont le gain de poids moyen quotidien était compris entre 500 et 600 g/jour. Les animaux, mis en cage à métabolisme, recevaient trois repas par jour d'un aliment à base de céréales et de tourteaux contenant 8 g de Ca et 7,5 g de P par kg de matière sèche. Les bilans calciques ont été mesurés sur une période de 10 jours. Après la mise en place de cathéters permanents dans la veine jugulaire, nous avons fait une injection unique intraveineuse de calcium radioactif (2mCi de  $^{45}\text{Ca}$ ), puis durant 8 jours nous avons prélevé du sang en vue de déterminer la radioactivité spécifique du calcium sanguin. C'est la combinaison des résultats de bilans et de l'interprétation par des modèles mathématiques plus ou moins complexes des courbes de radioactivité spécifique du calcium dans le sang ainsi que dans les urines et les fèces qui a permis d'estimer les principaux paramètres du métabolisme calcique, à savoir l'excrétion fécale de calcium endogène et les vitesses d'accrétion et de résorption du calcium osseux.

## RESULTATS

Nous proposons, en figure 1, une représentation schématique mettant en évidence les principales voies du métabolisme calcique.

### 1 - au niveau digestif

Par une méthode classique de digestibilité, on mesure une utilisation digestive apparente du calcium de  $32,5 \pm 3,0$  %. Si l'on tient compte des pertes fécales de calcium endogène qui représentent en moyenne 20 % du calcium fécal total, soit  $1,4 \pm 0,2$  g/j, on mesure un CUD réel (coefficient d'utilisation digestive) de  $45,3 \pm 4,1$  % de l'ingéré. Ces résultats confirment ceux que d'autres auteurs ont obtenu sur le porc (HANSARD *et al.*, 1961). On retrouve également le fait important que l'utilisation digestive diminue lorsque l'ingéré calcique augmente. A titre indicatif, pour un niveau d'ingestion calcique de 10 g/j, le CUD réel est voisin de 50 % ; pour un niveau de 15 g/j, le CUD réel est voisin de 35 %, le coefficient de corrélation entre ces deux valeurs étant de  $-0,87$ .

Par ailleurs, on peut considérer qu'une partie du calcium endogène secrété dans l'intestin est réabsorbé, si bien que l'absorption totale de calcium par l'intestin se compose d'une fraction exogène et d'une fraction d'origine endogène.

### 2 - au niveau osseux

La rétention calcique qui représente  $31,3 \pm 3,1$  % de l'ingéré est voisine du CUD apparent, du fait de la très faible calciurie (0,1 g/jour). Sachant que 99 % du calcium de l'organisme est intra-osseux et que la teneur en calcium des fluides circulants (sang, ...) est constante, on peut assimiler la rétention ( $3,4 \pm 0,2$  g/jour) à la différence entre l'accrétion de Ca dans l'os et la résorption ou sortie du Ca de l'os.

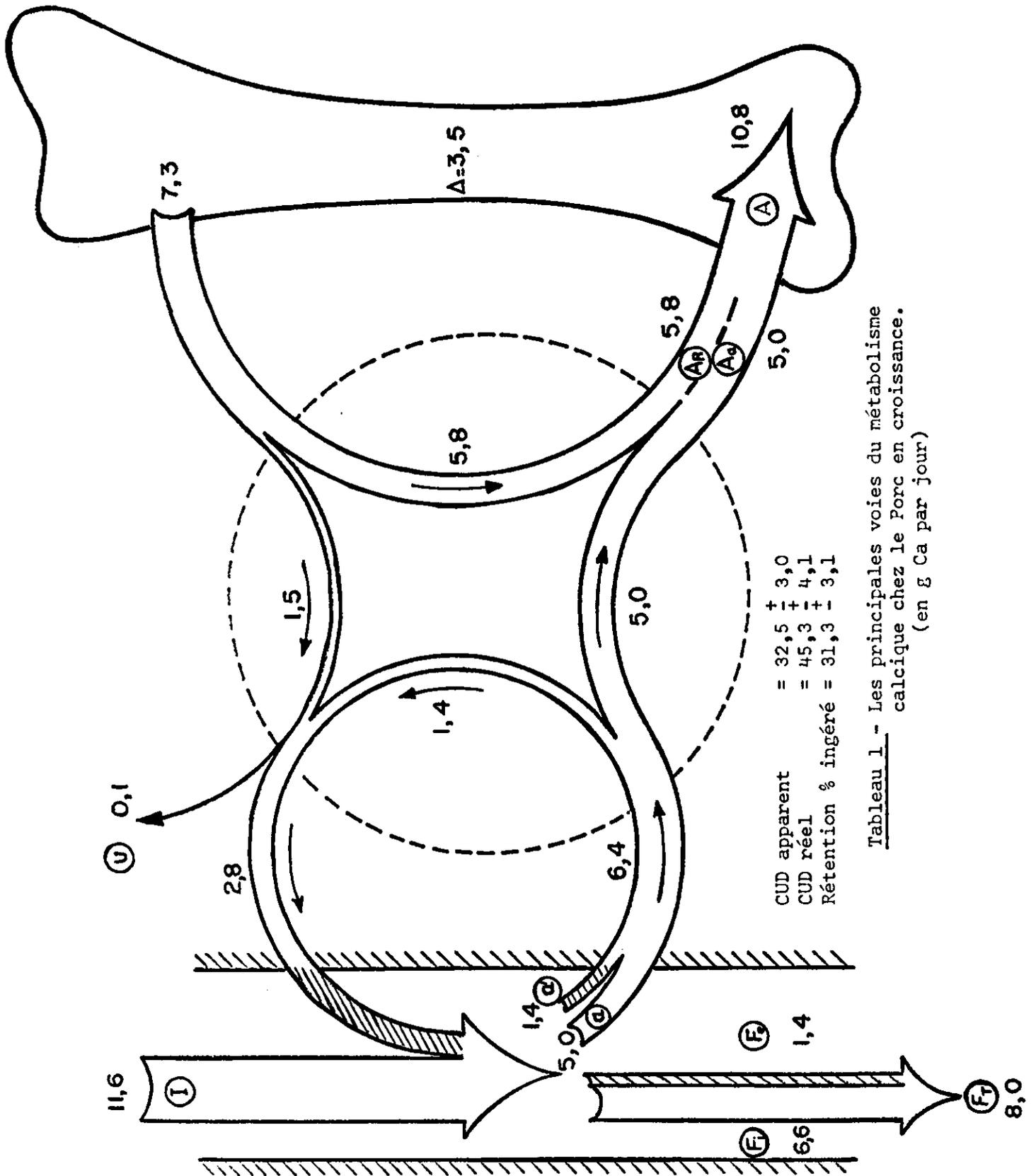


Tableau 1 - Les principales voies du métabolisme calcique chez le Porc en croissance. (en g Ca par jour)

L'accrétion représente  $10,7 \pm 1,4$  g de Ca par jour soit 3,1 fois la rétention nette. En réalité, cette accrétion est la somme d'une accrétion d'origine exogène de  $4,9 \pm 0,3$  g de calcium qui proviennent directement de l'absorption intestinale par l'intermédiaire du sang, soit 78 % du calcium absorbé et d'une accrétion d'origine endogène de  $5,8 \pm 1,3$  g de Ca/jour, correspondant à des recyclages internes de calcium. On met ainsi en évidence l'existence d'un cycle court interne entre le sang et l'os, entraînant chaque jour 5,8 g de calcium ; la rétention est alors la différence entre l'accrétion exogène et la fraction de la résorption de Ca non recyclée.

## DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Nous sommes ainsi amenés à proposer une série de critères relatifs au métabolisme calcique osseux :

- \_ le rapport accrétion/rétention qui traduit globalement l'intensité du métabolisme osseux
- \_ l'accrétion d'origine exogène qui exprime l'aptitude du squelette à fixer le calcium
- \_ l'accrétion d'origine endogène (recyclages d'une fraction importante de la résorption osseuse) qui traduit, en outre, l'aptitude de l'os à se renouveler
- \_ le rapport entre accrétion exogène et accrétion endogène

On peut aussi estimer, au moyen de méthodes radioisotopiques, la quantité de calcium rapidement échangeable qui représente, chez des porcs en croissance de 40 kg, en moyenne 24 g de Ca, soit 8 % du Ca corporel total, dont on peut estimer que 20 g sont intraosseux. On observe une excellente corrélation de + 0,93 entre l'accrétion totale et le pool de calcium échangeable.

Ces différents paramètres et critères mettent clairement en évidence l'activité métabolique des tissus osseux, d'autant plus importante que l'animal est en croissance. Il faut remarquer toutefois que sur l'animal adulte l'accrétion et les recyclages de calcium restent appréciables même si la rétention calcique est nulle. Ainsi sur la truie, en dehors de toute période de gestation ou de lactation, l'accrétion est voisine de 6 g/jour dont 5 g correspondent à des recyclages, alors que l'animal est en bilan nul.

On voit que de telles études fournissent des données précieuses et indispensables à une bonne interprétation des mesures de bilans. La détermination des vitesses d'accrétion et de résorption calciques est aussi importante vis-à-vis des résultats de rétention que la détermination d'un CUD réel vis-à-vis du CUD apparent.

Qu'apporte ce genre d'études à la détermination du besoin de l'animal ? Nous pouvons déjà tirer quelques conclusions provisoires pour l'animal en croissance : pour le porc, le besoin calcique minimal est bien connu à la suite de très nombreux travaux basés sur des critères tels que la croissance, les performances zootechniques, la densité minérale de l'os. Il devrait être possible de fixer un besoin calcique optimal ; ce besoin peut être défini comme étant le meilleur compromis entre :

- \_ l'efficacité de l'utilisation du Ca ingéré, qui diminue avec les apports,

- le degré de minéralisation de l'os qui augmente avec les apports,
- les caractéristiques dynamiques idéales de l'os.

La recherche d'une forte intensité de renouvellement des tissus calcifiés est-elle souhaitable ? Dans la mesure où l'os ne se déminéralise pas, on peut concevoir que plus le renouvellement sera important, mieux l'os pourra s'adapter au cours de la croissance à ses fonctions de soutien et de réserve minérale.

Nous avons pu mettre en évidence sur le porc et sur le lapin, et d'autres auteurs l'ont observé sur le rat (COHN et *al.*, 1968), le fait qu'une augmentation de l'ingestion calcique entraîne une diminution de la résorption osseuse et une réduction de la vitesse de renouvellement de la substance minérale des tissus osseux, cela étant probablement préjudiciable à l'os qui peut satisfaire moins bien à sa fonction de réserve puisque, dans ces circonstances, une proportion moindre de calcium et de phosphore est mobilisable. Un apport de 9 g de calcium par kg de matière sèche du régime nous semble "raisonnable", non seulement d'après nos essais mais aussi d'après les recommandations proposées par la plupart des auteurs.

Dans le domaine de la pathologie osseuse, une exploration du métabolisme calcique par de telles méthodes est très intéressante et permet de mieux préciser les mécanismes qui entraînent certains types de déminéralisation osseuse, les méthodes classiques de bilans ne fournissent dans ce cas que des données globales. Il ne faut pas oublier toutefois que l'os est constitué d'une matrice protéique et d'une trame de fibres de collagène et que cette phase organique est elle-même l'objet d'une activité métabolique propre. Les troubles osseux ne sont donc pas nécessairement toujours d'origine minérale.

En conclusion, il ressort que dans les conditions modernes d'élevage, le squelette est de plus en plus sollicité dans sa fonction de soutien car il doit soutenir des carcasses de plus en plus lourdes et il n'est pas évident que les tissus osseux, formés plus précocement que les masses musculaires, répondent à des caractéristiques de solidité idéales. Il est en outre sollicité dans sa fonction de réserve minérale au cours de la croissance, qui a été fortement accrue, ainsi qu'au cours des cycles gestation-lactation que l'on a tendance à rapprocher de plus en plus grâce aux techniques de sevrage précoce notamment. Ces conditions nouvelles posent pour l'avenir des problèmes importants à résoudre dans le domaine de la nutrition minérale des animaux.

— 000 —

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BESANÇON P., GUEGUEN L., RERAT A., 1966. - Echanges et vitesses d'incorporation du calcium dans le squelette du porc en croissance. - C.R. Acad. Sc. Paris, 263, 1134-1137
- BESANÇON P., GUEGUEN L., 1969. - Les principales voies du métabolisme calcique chez le porc en croissance. - Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys., 9, (sous presse)
- COHN S.H., TERE E.T.M., GUSMANO E.A., 1968. - Effect of varying calcium intake on the parameters of calcium metabolism in the rat. - J. Nutr., 94, 261-267
- HANSARD S.L., LYKE W.A., CROWDER H.M., 1961. - Absorption, excretion and utilization of calcium by swine. - J. Anim. Sci., 20, 292-296