

## INFLUENCE DES SULFATES SUR LE MÉTABOLISME PHOSPHO-CALCIQUE

### I. — UTILISATION DU SULFATE DE CALCIUM PAR LE MOUTON

L. GUÉGUEN et P. BESANÇON (1)

avec la collaboration technique de Monique ALLEZ et Pierrette CAMUS

*Station de Recherches de Nutrition,  
Centre national de Recherches zootechniques, I. N. R. A.,  
78350 Jouy en Josas*

---

#### RÉSUMÉ

Le but de cette expérience était de comparer, chez le Mouton, l'utilisation digestive et métabolique du calcium du carbonate (régime I) et du sulfate (régime II) ajoutés à une ration de base très pauvre en calcium.

Plusieurs périodes de bilans ont été réalisées sur des lots de trois moutons et ont permis, grâce à l'emploi de  $^{45}\text{Ca}$ , de mesurer l'utilisation digestive réelle du calcium et les paramètres du métabolisme minéral de l'os.

Le calcium du sulfate de calcium est aussi bien absorbé (21,8 p. 100) que celui du carbonate de calcium (23,8 p. 100). Ces résultats contribuent à confirmer les faibles valeurs récemment obtenues par d'autres auteurs pour l'absorption intestinale du calcium chez le Ruminant adulte.

Cependant, le sulfate de calcium, bien que normalement absorbé, conduit à un bilan négatif de Ca (— 0,79 g contre 0,10 g par jour) et de P (— 0,40 g contre 0,70 g par jour), ce qui résulte de la forte augmentation de l'élimination urinaire de ces deux éléments. Les pertes fécales endogènes de Ca demeurent inchangées.

L'action primaire des ions  $\text{SO}_4^-$  pourrait donc se situer soit au niveau rénal, en diminuant la réabsorption tubulaire de Ca et P, soit plutôt au niveau osseux, en empêchant l'accrétion minérale. Ainsi, les valeurs obtenues pour l'accrétion osseuse du calcium sont près de trois fois plus faibles chez les animaux recevant le sulfate de calcium.

Les effets éventuels d'une surcharge alimentaire en sulfate de calcium, en particulier par la consommation d'eau très dure, ont été discutés.

---

Il est de plus en plus courant d'enrichir en soufre le régime alimentaire des ruminants, soit sous la forme de sulfates acides ou d'acide sulfurique pour la conservation de certains ensilages, soit sous la forme de sulfates ou de soufre élémentaire pour permettre une meilleure utilisation de l'azote non protéique et en particulier de

(1) Adresse actuelle : Laboratoire de Physiologie appliquée. Faculté des Sciences. 34 - Montpellier.

l'urée. L'influence favorable d'un tel supplément sur la synthèse des acides aminés soufrés et sur la digestion de la cellulose par les micro-organismes du rumen a été bien démontrée (STARKS *et al.*, 1954 ; ALBERT *et al.*, 1956 ; BRAY, 1969 ; SOKOLOWSKI *et al.*, 1969 ; HUME et BIRD, 1970).

Certains effets défavorables d'un excès de sulfates sont également bien connus. Ainsi, L'ESTRANGE *et al.* (1969) ont montré que l'addition de sulfate de sodium et d'ammonium, ou d'acide sulfurique, à des granulés à base d'herbe offerts à des moutons, afin d'élever la teneur en soufre total à 1 p. 100 de la matière sèche, entraînait une diminution de 20 à 40 p. 100 de la consommation spontanée de l'aliment. Il est vrai qu'un tel apport de soufre est plus que double des besoins maxima et qu'une partie des effets observés peut être attribuée à l'acidose métabolique induite par certains sulfates. Cependant, avec des apports moindres, une baisse de l'appétit a aussi été constatée par STARKS *et al.* (1954) pour un apport de soufre élémentaire et par WEETH et HUNTER (1971) pour un apport de sulfate de sodium.

L'influence d'un apport élevé de soufre ou de sulfates sur le métabolisme minéral, et notamment sur le métabolisme phospho-calcique, est beaucoup moins connue. Cependant, il est généralement admis qu'un excès d'ions  $\text{SO}_4^-$  conduit à une excrétion urinaire accrue de calcium et peut donc être néfaste au bilan calcique. Une telle conclusion résulte des travaux de WOLF et BALL (1950) et de WALSER et BROWDER (1959) sur le Chien, de CLARK et GEOFFROY (1958) et de CAUSERET et HUGOT (1958) sur le Rat, de GOODRICH et TILLMANN (1966) et de L'ESTRANGE (1970) sur le Mouton et de LESTRADET *et al.* (1962) sur l'Homme. Cependant, une expérience récente de WEETH et HUNTER (1970), sur des bovins, ne montre pas d'effet significatif d'un apport élevé de sulfate de sodium sur l'excrétion urinaire de calcium.

Le mécanisme d'action des sulfates sur la rétention du calcium comprendrait, selon WALSER et BROWDER (1959), la formation d'un complexe difficilement dissociable entre les ions  $\text{SO}_4^-$  et  $\text{Ca}^{++}$ . Aussi, avons-nous entrepris une première expérience destinée à étudier le devenir du sulfate de calcium ingéré par l'animal. La plupart des régimes supplémentés en azote non protéique sont également très pauvres en calcium et l'emploi du sulfate de calcium pourrait donc être envisagé. Ce sel constitue aussi le principal constituant de la plupart des eaux très dures et sa contribution à l'apport minéral journalier, chez toutes les espèces, est alors importante.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### I. — Animaux et régimes alimentaires

Le but des essais entrepris était de comparer deux régimes alimentaires pauvres en calcium et supplémentés, soit avec du carbonate de calcium (régime I), soit avec du sulfate de calcium (régime II). Chaque régime a fait l'objet de deux périodes de bilans précédés de 7 jours d'adaptation : une première période de bilans classiques durant 10 jours et une seconde période de 14 jours de bilans après injection intraveineuse de  $^{45}\text{Ca}$ , afin de déterminer les pertes endogènes fécales et les paramètres du métabolisme minéral osseux.

Chaque période de bilans a porté sur trois moutons mâles de race *Ile-de-France*, âgés de 1 an et pesant de 50 à 60 kg, maintenus en cages à métabolismes permettant de récolter séparément l'urine et les fèces.

Les aliments, dont la composition est indiquée dans le tableau 1, étaient sous forme granulée et leur consommation journalière était limitée afin de rendre constant l'apport minéral durant chaque période expérimentale. De l'eau distillée était offerte à volonté.

La ration de base était très pauvre en calcium (1 g par kg de matière sèche) et, après l'addition de  $\text{CaCO}_3$  ou de  $\text{CaSO}_4$ , les aliments complets contenaient en moyenne 5 g de Ca, 3,8 g de P et 1,2 ou 4,0 g de S par kg de matière sèche.

TABLEAU I

*Composition des aliments*

	Régime I ( $\text{CaCO}_3$ )	Régime II ( $\text{CaSO}_4$ )
Orge, p. 100 . . . . .	38,0	38,0
Maïs grain, p. 100 . . . . .	25,7	25,0
Maïs déshydraté, p. 100 . . . . .	30,0	30,0
Son de blé, p. 100 . . . . .	5,0	5,0
Composé minéral A, p. 100 . . . . .	1,3	—
Composé minéral B, p. 100 . . . . .	—	2,0
Vitamine A, UI/kg . . . . .	2 000	2 000
Vitamine D <sub>3</sub> , UI/kg . . . . .	500	500

*Composé minéral A* : 70 p. 100 de carbonate de calcium, 28 p. 100 de chlorure de sodium, 1,3 p. 100 de sulfate de zinc, 0,7 p. 100 de sulfate de manganèse.

*Composé minéral B* : 75 p. 100 de sulfate de calcium, 23,5 p. 100 de chlorure de sodium, 1,0 p. 100 de sulfate de zinc, 0,5 p. 100 de sulfate de manganèse.

2. — *Prélèvement et analyse des échantillons*

Durant les périodes de bilans, les excréta ont été recueillis et pesés chaque matin. Les fèces ont été séchées et broyées avant le prélèvement d'un échantillon représentatif quotidien. L'urine, légèrement acidifiée par HCl dilué, a été homogénéisée avant le prélèvement d'un échantillon de 100 ml.

Après une injection dans la veine jugulaire d'environ 3 mCi de  $^{45}\text{Ca}$  (sous la forme de chlorure), des prélèvements de sang ont été effectués le 6<sup>e</sup>, le 9<sup>e</sup> et le 12<sup>e</sup> jour. Le sang a été aussitôt centrifugé pour en séparer le plasma.

Après minéralisation au four à 530°C d'une prise d'essai d'aliment, de fèces, d'urine ou de plasma, et mise en solution acide, le phosphore a été dosé à l'aide de la méthode colorimétrique au phosphovanado-molybdate d'ammonium (réaction de Misson), le calcium par photométrie de flamme (photomètre Eppendorf) et les mesures de radioactivité par scintillation liquide (appareil Nuclear Chicago) suivant une technique dérivée de celle décrite par PATTERSON et GREENE (1965).

3. — *Méthodes de calcul des paramètres du métabolisme du calcium*

La proportion de calcium endogène dans le calcium fécal total a été obtenue par la méthode de dilution isotopique de LOFGREEN et KLEIBER (1954) que nous avons déjà décrite dans le cas du phosphore (GUÉGUEN, 1962). Cette proportion est égale au rapport moyen des radioactivités spécifiques du calcium fécal du 8<sup>e</sup> au 14<sup>e</sup> jour après l'injection et du calcium plasmatique du 6<sup>e</sup> au 12<sup>e</sup> jour.

Les paramètres osseux du métabolisme calcique ont été calculés suivant la méthode de AUBERT et MILHAUD (1960) que nous avons déjà décrite dans une étude sur le Porc (BESANÇON et GUÉGUEN, 1969). La courbe de décroissance de la radioactivité spécifique du calcium plasmatique après l'injection de  $^{45}\text{Ca}$  a été établie pour chaque animal à l'aide des valeurs obtenues pour les prélèvements de sang et des valeurs obtenues chaque jour pour l'urine. En effet, nous avons

constaté un très bon accord entre les radioactivités spécifiques obtenues pour le sang et pour l'urine. Les courbes de décroissance ont pu être décomposées en trois exponentielles et la forme générale de l'équation est donc la suivante :

$$S(t) = A_1 e^{-a_1 t} + A_2 e^{-a_2 t} + A_3 e^{-a_3 t}$$

La vitesse totale de sortie du calcium hors du pool (par excrétion urinaire, excrétion endogène fécale et accréation osseuse),  $V_T$ , est donc obtenue par l'équation suivante, si  $R_i$  est la dose de radioactivité injectée :

$$R_i = V_T \int_0^{\infty} S(t) dt$$

Ainsi nous avons :

$$V_T = \frac{R_i}{\frac{A_1}{a_1} + \frac{A_2}{a_2} + \frac{A_3}{a_3}}$$

Les paramètres  $A$  et  $a$  ont été calculés par une méthode graphique.

Connaissant l'excrétion endogène fécale  $V_f$  et l'excrétion urinaire  $V_u$  et sachant que  $V_T = V_f + V_u + V_{o+}$ , il est facile de déterminer l'accréation osseuse  $V_{o+}$  (quantité de calcium incorporée chaque jour dans le squelette). La résorption osseuse  $V_{o-}$  est égale à la différence entre le bilan net (quantité de Ca retenue par jour) et l'accréation osseuse  $V_{o+}$ .

## RÉSULTATS

Durant les deux périodes expérimentales le gain de poids moyen journalier des animaux a été de 120 g en moyenne et la consommation du régime II, riche en sulfate de calcium (1,5 p. 100 de  $\text{CaSO}_4$ ) n'a entraîné aucune perturbation apparente dans leur comportement. Le poids moyen des moutons était de 52 kg dans la première période et de 56 kg dans la seconde période.

Les résultats moyens des bilans du calcium sont rassemblés dans le tableau 2.

La consommation journalière de calcium ayant été un peu plus élevée avec le régime II, nous avons limité l'interprétation statistique (test  $t$  de Student-Fisher) aux seules différences des valeurs moyennes exprimées en pourcentage de l'ingéré.

Ainsi, l'excrétion urinaire de calcium est environ 4 fois plus élevée dans l'expérience II, cet écart étant hautement significatif ( $P < 0,01$ ), ce qui conduit à un bilan calcique négatif.

Le sulfate de calcium est assez faiblement absorbé, le coefficient d'utilisation digestive réelle (CUDr) de Ca étant de 21,8 p. 100, mais dans le cas présent l'absorption du calcium du carbonate n'est pas meilleure (CUDr de 23,8 p. 100). De même, les pertes fécales endogènes de calcium ne sont pas modifiées d'un régime à l'autre.

Au niveau de l'os, l'accréation osseuse de calcium est considérablement plus faible ( $P < 0,01$ ) dans le cas du sulfate. La résorption osseuse est également plus faible ( $P < 0,05$ ) dans le cas du sulfate mais, compte tenu du fait que cette valeur est obtenue par différence avec le bilan journalier et que l'erreur relative affectant ce bilan est d'autant plus grande que le bilan est faible, la signification de cette différence est discutable.

TABLEAU 2  
*Bilan du calcium*

	Régime I (carbonate)	Régime II (sulfate)
Ingéré, g/j .....	5,55 ± 0,04 <sup>+</sup>	6,59 ± 0,53
Fécal, g/j .....	5,32 ± 0,23	6,43 ± 0,59
Urinaire, g/j .....	0,21 ± 0,04	0,95 ± 0,02
Urinaire, p. 100 ingéré .....	3,82 ± 0,75	14,4 ± 2,2**
Retenu, g/j .....	0,12 ± 0,11	— 0,79 ± 0,14
Retenu, p. 100 ingéré (CR) .....	2,2 ± 3,1	— 12,1 ± 1,6*
Fécal endogène, p. 100 fécal .....	20,3 ± 0,8	19,7 ± 0,6
Fécal endogène, g/j .....	1,08 ± 0,06	1,25 ± 0,07
Fécal endogène, p. 100 ingéré .....	19,4 ± 1,0	19,6 ± 1,4 NS
Fécal endogène, mg/kg/j .....	21,0 ± 1,2	22,1 ± 0,8 NS
Absorbé réel, g/j .....	1,32 ± 0,15	1,41 ± 0,21
Absorbé réel, p. 100 ingéré (CUDr) .....	23,8 ± 2,9	21,8 ± 3,8 NS
Accrétion osseuse (V <sub>o+</sub> ), g/j .....	2,60 ± 0,20	0,96 ± 0,25**
Résorption osseuse (V <sub>o-</sub> ), g/j .....	2,48 ± 0,12	1,74 ± 0,21*

+ Écart-type de la moyenne.

\*\* Différence significative à P < 0,01 par rapport au lot I.

\* Différence significative à P < 0,05 par rapport au lot I.

NS Différence non significative.

Les résultats moyens du bilan du phosphore sont rassemblés dans le tableau 3 et traduisent également une forte augmentation (P < 0,05) de l'excrétion urinaire du phosphore avec le régime sulfate et surtout un bilan très significativement (P < 0,01) inférieur au bilan obtenu avec le carbonate de calcium.

TABLEAU 3  
*Bilan du phosphore*

	Régime I (carbonate)	Régime II (sulfate)
Ingéré, g/j .....	4,52 ± 0,03 <sup>+</sup>	4,43 ± 0,31
Fécal, g/j .....	3,59 ± 0,34	3,91 ± 0,55
Urinaire, g/j .....	0,22 ± 0,10	0,93 ± 0,22
Urinaire, p. 100 ingéré .....	5,0 ± 2,3	21,1 ± 4,9*
Retenu, g/j .....	0,71 ± 0,21	— 0,41 ± 0,11
Retenu, p. 100 ingéré (CR) .....	15,5 ± 4,7	— 8,9 ± 2,0**

+ Écart-type de la moyenne.

\*\* Différence significative à P < 0,01 par rapport au lot I.

\* Différence significative à P < 0,05 par rapport au lot I.

## DISCUSSION

1. — *Utilisation digestive du calcium*

Le calcium du sulfate de calcium est aussi bien absorbé (21,8 p. 100) que le calcium du carbonate (23,8 p. 100) chez le Mouton en fin de croissance. Ces résultats sont en parfait accord avec les données récentes de BRAITHWAITE *et al.* (1969 et 1970) qui indiquent un coefficient d'utilisation digestive réelle (CUDr) du calcium de 18 p. 100 chez des brebis au repos et variant de 16 à 24 p. 100 au cours de la gestation. De même, BRAITHWAITE et RIAZUDDIN (1971) trouvent que le CUDr de Ca varie de 14 à 23 p. 100 selon le niveau d'apport chez le Mouton adulte et diminue avec l'âge, de 36 à 14 p. 100, entre 9 et 16 mois. Il semble donc que le CUDr du calcium soit souvent surestimé chez le Ruminant adulte et il devrait être tenu compte de ces données nouvelles dans le calcul des recommandations pour l'apport alimentaire de calcium.

Il existe très peu de travaux portant sur l'utilisation du sulfate de calcium chez d'autres espèces animales. Chez des poulets de 4 semaines, WALDROUP *et al.* (1964) n'ont pas trouvé de différence entre le sulfate et le carbonate de calcium ; chez des rats, CAUSERET et HUGOT (1958) trouvent que le sulfate est aussi bien utilisé que le carbonate et le lactate. Par contre, en nutrition humaine, le sulfate de calcium n'a pas une bonne réputation et serait difficilement absorbé (KOWARSKI, 1958 ; LESTRADET, 1962). Il semble cependant que l'intestin soit capable d'absorber le sulfate de calcium mais que le calcium ainsi absorbé soit ensuite mal retenu.

2. — *Excrétion endogène fécale et urinaire de calcium*

La faible rétention du calcium du sulfate de calcium résulte principalement de la forte excrétion urinaire de calcium. En effet, les pertes fécales endogènes demeurent inchangées et les valeurs obtenues (21 et 22 mg de Ca par kg de poids vif et par jour) concordent parfaitement avec les résultats obtenus sur des moutons à stade physiologique comparable par BRAITHWAITE *et al.* (1969 et 1971) et par FIELD et SUTTLE (1969). Ainsi, comme le soulignent ces derniers auteurs, la valeur de 40 mg de Ca par kg et par jour adoptée pour établir le besoin d'entretien du Mouton (AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL, 1965) est certainement exagérée.

Le fait que l'excrétion fécale endogène de calcium n'augmente pas sous l'effet du sulfate de calcium serait en accord avec l'hypothèse de WALSER et BROWDER (1959) selon laquelle l'action primaire des ions  $\text{SO}_4^-$  se situerait au niveau rénal, la réabsorption tubulaire du calcium étant probablement diminuée. Selon ces auteurs, il se formerait une association de caractère électro-statique entre  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{SO}_4^-$ , qui serait difficilement dissociable. L'action du sulfate sur l'élimination urinaire de Ca est une action propre puisque l'augmentation ainsi obtenue est plusieurs fois supérieure à celle qui résulterait de la seule augmentation de la diurèse.

Cependant, une telle hypothèse n'explique pas pourquoi l'excrétion urinaire du phosphore est également accrue dans les mêmes proportions, ni pourquoi tous les sulfates alimentaires n'agissent pas aussi nettement sur les pertes urinaires de calcium.

### 3. — *Accrétion et résorption osseuses du calcium*

Une influence des sulfates au niveau de l'os avait déjà été envisagée par CLARK et GEOFFROY (1958) pour expliquer leur action, et notamment celle du sulfate de magnésium, sur l'élimination urinaire du calcium. Cependant, une forte diminution de l'accrétion osseuse n'est pas un phénomène habituel et, en général, la régulation du métabolisme minéral osseux s'effectue au niveau de la résorption. Il nous semble pourtant évident que certains facteurs puissent entraver ou retarder l'incorporation de calcium dans l'os, contribuant ainsi indirectement à augmenter son excrétion urinaire.

Nos résultats semblent confirmer l'hypothèse précédente puisque l'accrétion osseuse journalière de calcium est près de trois fois plus faible avec le régime sulfate, les quantités de calcium absorbées étant les mêmes (tabl. 2). L'accrétion osseuse journalière de calcium pour les moutons recevant du carbonate de calcium est de 50 mg de Ca par kg de poids vif et se trouve donc en excellent accord avec la valeur de 53 mg par kg trouvée par BRAITHWAITE et RIAZUDDIN (1971) pour des moutons de même poids.

L'absorption intestinale d'un élément minéral n'est donc pas une condition suffisante à sa bonne utilisation par l'organisme. Nous avons déjà vu (GUÉGUEN *et al.*, 1970) l'importance de la simultanéité de l'absorption de Ca et P pour l'efficacité de leur rétention osseuse. Dans le cas présent, il faudrait sans doute incriminer la forme chimique du calcium absorbé et adopter peut-être l'hypothèse de WALSER et BROWDER (1959) selon laquelle une certaine liaison entre les ions  $\text{SO}_4^-$  et  $\text{Ca}^{++}$  subsisterait dans le sang, gênant ainsi l'accrétion osseuse du calcium comme elle semble gêner sa réabsorption tubulaire au niveau rénal.

L'augmentation concomitante de l'excrétion urinaire de phosphore s'expliquerait donc simplement par une diminution de l'accrétion osseuse des deux éléments Ca et P, le phosphore absorbé ne pouvant être bien retenu en l'absence de calcium. Les valeurs obtenues pour la calcémie varient entre 90 et 95 p.p.m. et ne traduisent donc pas un état d'hyperparathyroïdisme, ce qui aurait aussi pu expliquer l'élimination urinaire accrue de phosphore.

### 4. — *Influence générale des sulfates sur le métabolisme phospho-calcique*

Selon LESTRADET *et al.* (1962) tout ce qui augmente la charge en sulfates du milieu extracellulaire augmente l'excrétion urinaire de calcium. Ceci permettrait d'expliquer pourquoi les pertes calciques urinaires augmentent lorsque le niveau protéique alimentaire est élevé : l'accroissement du catabolisme protidique entraînerait une hypersulfatémie. Il est en effet bien connu qu'un régime riche en protéines conduit à une élimination urinaire accrue de calcium. Cette augmentation n'est pas obtenue lorsque le taux azoté est accru par addition d'urée (MARGEN *et al.*, 1970) et elle n'est pas due à une meilleure absorption du calcium (JOHNSON *et al.*, 1970). Il est cependant bien connu également que, chez l'animal en croissance, le bilan phospho-calcique augmente avec le taux de protéines, comme l'ont encore récemment confirmé SINGH et TALAPATRA (1971) chez de jeunes bovins. Une généralisation de l'influence néfaste d'un excès de sulfates sur le métabolisme minéral serait donc

prématurée, puisque certains sulfates, comme le sulfate de sodium, ne semblent exercer aucun effet. Ainsi, WEETH et HUNTER (1971) ont récemment montré, sur des taurillons, que la consommation d'eau de boisson contenant 5 g par litre de sulfate de sodium ne modifiait pas l'élimination urinaire du calcium.

Nous devons donc limiter notre conclusion à l'action propre du sulfate de calcium, dont la consommation n'est pas favorable à une bonne rétention du calcium et du phosphore. L'incorporation de ce sel dans les composés minéraux pour animaux n'est donc pas recommandée. Le sulfate de magnésium exercerait aussi une action similaire comme l'ont montré CLARK et GEOFFROY (1958) et plus récemment POINTILLART (1972) chez le Rat, et MYBURGH et DU TOIT (1971) chez le Mouton.

Les sulfates de calcium et de magnésium sont les principaux constituants des eaux très dures et notamment de certaines eaux séléniteuses consommées par l'Homme. Dans ces conditions, l'eau de boisson peut apporter dans la ration journalière de fortes quantités de ces deux sels et on peut alors craindre un effet défavorable sur la rétention phospho-calcique. Le fait, observé par WEETH et HUNTER (1971), que de l'eau de boisson très sulfatée (5 g par litre) n'est pas nuisible au métabolisme minéral de jeunes bovins, n'est pas en contradiction avec notre conclusion, car il s'agissait dans cet essai d'une eau enrichie en sulfate de sodium et non pas en sulfate de calcium.

Par contre, l'action des sulfates de calcium et de magnésium sur la précipitation osseuse ou extra-osseuse du calcium et du phosphore et sur leur élimination urinaire, semble bénéfique pour lutter contre certaines formes de lithiase et contribuerait peut-être aussi à expliquer le rôle protecteur de l'eau très dure, mis en évidence par CRAWFORD et CRAWFORD (1967), vis-à-vis de certains troubles cardiovasculaires.

*Reçu pour publication en mars 1972.*

## SUMMARY

### INFLUENCE OF SULPHATES ON CALCIUM AND PHOSPHORUS METABOLISM.

#### I. — UTILIZATION OF CALCIUM SULPHATE BY SHEEP

The object of this experiment was to compare, in sheep, the absorption and metabolism of calcium carbonate (diet I) and calcium sulphate (diet II) added to a basal diet very low in calcium (1 g per kg dry matter). The final diets had 5 g Ca and 3.8 g P per kg (table 1).

Several balance periods with groups of 3 sheep allowed, by the use of  $^{46}\text{Ca}$ , the measurement of true digestibility of calcium and parameters of mineral metabolism in bone (table 2).

The calcium of the sulphate was as well absorbed (21.8 per cent) as that of the carbonate (23.8 per cent). These results go to confirm the low values recently obtained by other authors for intestinal absorption of calcium in adult ruminants.

However, calcium sulphate, although normally absorbed, gave a negative balance of Ca (— 0.79 g against 0.01 g per day), and of P (— 0.40 g against 0.70 g per day), which was a result of the large increase in the excretion of these two elements in urine. Loss of endogenous Ca in faeces did not change.

The primary effect of the  $\text{SO}_4^-$  ion could thus be at the level of the kidney, by reducing tubular reabsorption of Ca and P or at the bone level by preventing accretion of minerals. In this way, the values obtained for accretion of Ca by bone were nearly three times lower in the sheep given calcium sulphate (0.96 g against 2.60 g daily). So an excess of calcium sulphate seems to inhibit the precipitation of calcium and phosphorus, and this could also explain the metabolic effects of drinking very hard water.



## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL, 1965. *The nutrient requirements of farm livestock*, n° 2. Ruminants. ed. Agric. Res. Council. London.
- ALBERT W. W., GARRIGUS U. S., FORBES R. M., NORTON H. W., 1956. The sulfur requirement of growing-fattening lambs in terms of methionine, sulfate sodium and elemental sulfur. *J. anim. Sci.*, **15**, 559-569.
- AUBERT J.-P., MILHAUD G., 1960. Méthode de mesure des principales voies du métabolisme calcique chez l'Homme. *Biochim. Biophys. Acta*, **39**, 122-139.
- BESANÇON P., GUÉGUEN L., 1969. Les principales voies du métabolisme calcique chez le Porc en croissance. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **9**, 537-553.
- BRAITHWAITE G. D., GLASCOCK R. F., RIAZUDDIN Sh., 1969. Calcium metabolism in lactating ewes. *Brit. J. Nutr.*, **23**, 827-834.
- BRAITHWAITE G. D., GLASCOCK R. F., RIAZUDDIN Sh., 1970. Calcium metabolism in pregnant ewes. *Brit. J. Nutr.*, **24**, 661-670.
- BRAITHWAITE G. D., RIAZUDDIN Sh., 1971. The effect of age and level of dietary calcium intake on calcium metabolism in sheep. *Brit. J. Nutr.*, **26**, 215-225.
- BRAY A. C., 1969. Sulphur metabolism in sheep. I. Preliminary investigations on the movement of sulphur in the sheep's body. *Austr. J. Agric. Res.*, **20**, 725-738.
- CAUSERET J., HUGOT D., 1958. Influence du taux calcique du régime alimentaire sur l'utilisation physiologique du calcium de divers sels. I. Étude comparative du carbonate, du sulfate et du lactate de calcium. *Ann. Zootech.*, **7**, 69-77.
- CLARK I., GEOFFROY R., 1958. Studies in calcium metabolism. *J. Biol. Chem.*, **233**, 203-206.
- CRAWFORD T., CRAWFORD M. D., 1967. Prevalence and pathological changes of ischaemic heart-disease in a hard-water and in a soft-water area. *Lancet* (7484), 229-232.
- FIELD A. C., SUTTLE N. F., 1969. Some observations on endogenous loss of calcium in the sheep. *J. Agric. Sci.*, **73**, 507-509.
- GOODRICH R. D., TILLMAN A. D., 1966. Effects of sulfur and nitrogen sources and copper levels on the metabolism of certain minerals by sheep. *J. anim. Sci.*, **25**, 484-491.
- GUÉGUEN L., 1962. L'utilisation digestive réelle du phosphore du foin de luzerne par le Mouton, mesurée à l'aide de <sup>32</sup>P. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **2**, 143-149.
- GUÉGUEN L., BESANÇON P., RÉRAT A., 1968. Influence de la simultanéité de l'absorption intestinale du phosphore et du calcium sur l'efficacité de leur rétention : vérification à l'aide d'infusions intraveineuses chez le Porc. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **270**, 2678-2682.
- HUME I. D., BIRD P. R., 1970. Synthesis of microbial protein in the rumen. IV. The influence of the level and form of dietary sulphur. *Austr. J. Agric. Res.*, **21**, 315-322.
- JOHNSON N. E., ALCANTARA E. N., LINKSWILER H., 1970. Effect of level of protein intake on urinary and fecal calcium and calcium retention of young adult males. *J. Nutr.*, **100**, 1425-1430.
- KOWARSKI A., 1958. Idiopathic hypercalcemia : treatment with sodium sulfate. *Pediatrics*, **22**, 533.
- LESTRADET H., FREDERICH A., RODRIGUEZ-SORIANO J., 1962. L'hypersulfatémie n'est-elle pas la cause des ostéodystrophies de l'insuffisance rénale chronique. *Presse médic.*, **70**, 211.
- L'ESTRANGE J. L., CLARKE J.-J., McALEESE D. M., 1969. Studies on high intakes of various sulphate salts and sulphuric acid in sheep. I. Effects on voluntary feed intake, digestibility and acid-base balance. *Irish J. Agric. Res.*, **8**, 133-150.
- L'ESTRANGE J. L., 1970. Studies on high intakes of various sulphate salts and sulphuric acid in sheep. 3. Effects on the metabolism of sodium, potassium, magnesium, calcium, chloride and phosphate and on acid-base balance. *Irish J. Agric. Res.*, **9**, 161-178.
- LOFGREEN G. P., KLEIBER M., 1954. Further studies on the availability of phosphorus in alfalfa hay. *J. anim. Sci.*, **13**, 258-264.
- MARGEN S., KAUFMAN N. A., COSTA F., CALLOWAY D. H., 1970. Studies in the mechanism of calciuria induced by protein feeding (abstr.). *Feder. Proc.*, **29**, 566.
- MYBURGH S. J., DU TOIT J. V., 1971. The influence of magnesium sulphate on the absorption, excretion and retention of calcium and phosphorus by sheep fed on phosphate supplemented rations. *Onderstepoort J. vet. Res.*, **37**, 1-6.
- PATTERSON M. S., GREENE R. C., 1965. Measurement of low energy beta-emitters in aqueous solution by liquid scintillation counting of emulsions. *Anal. Chem.*, **37**, 854-857.
- POINTILLART A., 1972. *Effet d'un excès de magnésium sur le métabolisme phospho-calcique chez le Rat* Thèse Fac. Sci. Paris.
- SINGH R. P., TALAPATRA S. K., 1971. Utilization of calcium as influenced by varying levels of dietary protein in young *Hariana* calves. *Ind. J. anim. Sci.*, **41**, 9-10.

- SOKOLOWSKI J. H., HATFIELD E. E., GARRIGUS U. S., 1969. Effects of inorganic sulfur on potassium nitrate utilization by lambs. *J. anim. Sci.*, **28**, 391-396.
- STARKS P. B., HALE W. H., GARRIGUS U. S., FORBES R. M., JAMES M. F., 1954. Response of lambs fed varied levels of elemental sulfur, sulfate sulfur and methionine. *J. anim. Sci.*, **18**, 249-257.
- WALDROUP P. W., AMMERMAN C. B., HARMS R. H., 1964. The utilization by the chick of calcium from different sources. *Poult Sci.*, **43**, 212-216.
- WALSER M., BROWDER A. A., 1959. Ion association. III. The effect of sulfate infusion on calcium excretion. *J. Clin. Invest.*, **38**, 1404-1411.
- WEETH H. J., HUNTER J. E., 1971. Drinking of sulfate-water by cattle. *J. anim. Sci.*, **32**, 277-281.
- WOLF A. V., BALL S. M., 1950. Effect of intravenous sodium sulfate on renal excretion in the dog. *Amer. J. Physiol.*, **160**, 353-360.