

UTILISATION DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS MINÉRAUX DU MAÏS ENSILÉ PAR LE MOUTON EN CROISSANCE

L. GUEGUEN et Michelle DURAND

avec la collaboration technique de Monique ALLEZ, Pierrette CAMUS et J. GAUTHIER

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

RÉSUMÉ

Des bilans minéraux (P, Ca, Mg, K, Na) ont été effectués sur 6 agneaux de 28 kg consommant seulement de l'ensilage de maïs (3,8 g de Ca et 2,1 g de P par kg de matière sèche) enrichi en urée mais sans complément minéral. Les pertes fécales endogènes de phosphore ont été déterminées par la méthode de dilution isotopique.

Le coefficient d'utilisation digestive réelle du phosphore a atteint 70 p. 100 tandis que 34 p. 100 seulement du calcium ont été absorbés (tabl. 1).

Les quantités journalières retenues étaient de 0,39 g pour le calcium et de 0,20 g pour le phosphore, valeurs environ trois fois trop faibles pour une croissance de 140 g par jour. De même, l'apport de sodium a été insuffisant.

Les pertes fécales endogènes de phosphore ont représenté 66 p. 100 des pertes fécales totales, soit 36 mg par kg de poids vif et par jour. Cette dernière valeur est normale pour un régime à base de fourrage grossier, puisque l'élimination endogène intestinale de P dépend de la quantité de salive sécrétée. Cependant, cette perte est supérieure au strict besoin d'entretien, estimé à 25-30 mg de P par kg et par jour pour ce type de régime.

En conséquence, il est recommandé de fournir à des agneaux de 30 kg nourris de fourrages grossiers et gagnant 150 g par jour, des apports journaliers de 5,5 g de calcium et de 2,2 g de phosphore, c'est-à-dire dans un rapport de 2,5 environ.

INTRODUCTION

Dans le calcul des recommandations minérales alimentaires par la méthode factorielle, l'adoption de valeurs moyennes pour les coefficients d'utilisation digestive réelle (CUDr) demeure l'une des principales difficultés, surtout pour le calcium et le phosphore. En effet, le CUDr de ces éléments minéraux peut varier considérablement en fonction de la nature du régime ou de la quantité ingérée.

Les données disponibles sur l'utilisation digestive réelle du calcium et du phosphore chez le Mouton en croissance sont relativement rares. La plupart des mesures de bilans minéraux ne permettent d'évaluer que l'absorption apparente. Les recommandations britanniques (Agricultural Research Council, 1965) sont basées sur des CUDr moyens de 80 à 90 p. 100 pour le phosphore et de 50 p. 100 environ pour le calcium chez les agneaux en croissance. Cependant, ces valeurs résultaient d'un faible nombre d'essais effectués à l'aide de méthodes radioisotopiques. Elles doivent être révisées.

Depuis 1964, plusieurs publications portant sur le métabolisme phosphocalcique chez le Mouton en croissance ont permis de montrer que les valeurs de CUDr adoptées dans le rapport A.R.C. étaient surestimées, notamment pour le calcium (PRESTON et PFANDER, 1964; YOUNG *et al.*, 1966 *a* et *b*; COMPÈRE, 1967; SAINT-LAURENT, 1970; BRAITHWAITE et RIAZUDDIN, 1971; MADISON *et al.*, 1971; GUEGUEN et BESANÇON, 1971; BRAITHWAITE, 1975; GUEGUEN *et al.*, 1976). Malgré les précisions ainsi obtenues, de grandes incertitudes subsistent encore. En effet, la plupart des travaux cités portent sur des rations mixtes, tantôt très riches en calcium, tantôt carencées en phosphore dans le but d'étudier l'utilisation d'un phosphate ajouté. Ainsi, paradoxalement, le CUDr du phosphore et du calcium est mieux connu dans le cas des sels minéraux complémentaires que dans celui des aliments simples de la ration de base.

Il nous a donc semblé intéressant d'étudier chez l'Agneau l'utilisation des principaux éléments minéraux d'une ration simple, l'ensilage de maïs supplémenté en urée mais sans adjonction de complément minéral vitaminé. Les apports phosphocalciques sont ainsi relativement faibles et bien équilibrés, ce qui est favorable à une bonne utilisation digestive des deux éléments. De plus, les pertes fécales endogènes obtenues dans ces conditions alimentaires doivent permettre de préciser le besoin net d'entretien en phosphore et de discuter sa signification.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. — Animaux et alimentation

L'essai a porté sur 6 agneaux de race *Ile-de-France* pesant en moyenne 27,9 ± 0,6 kg au milieu de la période de bilans.

Les animaux, recevant préalablement un aliment complet à base de céréales et de foin de graminées, ont été progressivement adaptés à un régime d'ensilage de maïs (plante entière) environ 1 mois avant l'expérience. Le maïs ensilé contenait en moyenne 3,8 g de calcium, 2,1 g de phosphore, 11,4 g de potassium, 0,25 g de sodium, 1,3 g de magnésium et 85 g de matières azotées totales (N × 6,25) par kg de matière sèche. Un supplément d'urée était distribué à raison de 1 p. 100 de la matière sèche offerte, élevant ainsi la teneur en matières azotées à 11,4 p. 100 de la matière sèche. Durant la période expérimentale, les quantités consommées ont été limitées afin de minimiser les refus et ont été en moyenne par animal de 2,3 kg d'ensilage frais contenant 35,7 p. 100 de matière sèche.

2. — Déroulement de l'expérience

Après adaptation au régime expérimental, les quantités consommées ont été maintenues constantes durant la période de bilans.

Une semaine après une injection sous-cutanée d'environ 2 mCi de ³²P sous forme de phosphate disodique, des bilans minéraux et azoté ont été effectués pendant 10 jours. Les fèces et l'urine étaient récoltées séparément et pesées. Des échantillons représentatifs de fèces, d'urine,

d'aliment et de refus étaient prélevés chaque jour pour analyse. Des prélèvements de sang ont été effectués dans la veine jugulaire le 7^e, le 10^e et le 13^e jour après l'injection de ³²P pour déterminer la radioactivité spécifique du phosphore du plasma.

3. — Méthodes de dosage et calculs

Les échantillons d'aliment, de refus, de fèces, d'urine et de plasma ont été séchés puis minéralisés au four à 550°C. Après dissolution acide des cendres et dilution convenable, les dosages chimiques ont été effectués par colorimétrie au molybdovanadate d'ammonium pour le phosphore, par photométrie d'émission de flamme pour le sodium, le potassium et le calcium (photomètre Eppendorf) et par spectrophotométrie d'absorption atomique pour le magnésium (spectrophotomètre IL 151). Les mesures de radioactivité sur les solutions aqueuses d'urine, de plasma et de fèces minéralisés ont été réalisées à l'aide d'un compteur à scintillation (Nuclear-Chicago) en utilisant l'effet Cerenkov.

Les valeurs de la radioactivité spécifique du phosphore du plasma entre le 7^e et le 13^e jour et des fèces entre le 8^e et le 14^e jour après l'injection de ³²P ont permis de calculer les pertes endogènes fécales de phosphore à l'aide de la méthode de dilution isotopique que nous avons déjà décrite (GUEGUEN, 1962).

Le dosage de l'azote dans l'aliment et les fèces a été effectué par la méthode Kjeldahl après minéralisation sulfurique.

RÉSULTATS

Après quelques difficultés d'adaptation, les agneaux ont bien accepté le régime d'ensilage de maïs seul et ont consommé régulièrement une quantité moyenne journalière de 830 g de matière sèche. Cet apport alimentaire a permis un gain moyen de 140 g par jour durant la période expérimentale, ce qui est relativement faible par rapport au gain obtenu avec des régimes plus complets. L'utilisation digestive de la matière sèche de cette ration a été de $69,1 \pm 0,5$ p. 100 et celle de la matière azotée de $64,4 \pm 1,0$ p. 100. Les bilans azotés ont été positifs, soit en moyenne

TABLEAU I

*Bilans du phosphore et du calcium
chez des agneaux Ile-de-France recevant une ration d'ensilage de maïs et d'urée*

	P	Ca
Ingéré, g/j	1,71 ± 0,03 (1)	3,18 ± 0,05
Fécal, g/j	1,50 ± 0,06	2,65 ± 0,05
Absorbé apparent, g/j	0,21 ± 0,07	0,53 ± 0,04
CUDa, p. 100	12,3 ± 3,9	16,6 ± 1,2
Urinaire, g/j	0,01 ± 0,00	0,14 ± 0,04
Retenu, g/j	0,20 ± 0,07	0,39 ± 0,05
C. R., p. 100	11,7 ± 3,9	12,3 ± 1,7
Fécal endogène, g/j	1,00 ± 0,04	0,56 (2)
Absorbé réel, g/j	1,21 ± 0,03	1,09
CUDr, p. 100	70,8 ± 1,6	34,3

(1) Écart-type de la moyenne.

(2) Perte fécale endogène de Ca estimée à 20 mg par kg de poids vif et par jour.

4,0 ± 0,4 g par jour, valeur relativement faible mais compatible avec le gain de poids enregistré.

Les résultats de bilans minéraux sont présentés dans les tableaux 1 et 2.

TABLEAU 2

*Bilans du potassium, du sodium et du magnésium
chez des agneaux Ile-de-France recevant une ration d'ensilage de maïs et d'urée*

	K	Na	Mg
Ingéré, g/j	9,67 ± 0,13 (1)	0,23 ± 0,01	1,08 ± 0,01
Fécal, g/j	2,07 ± 0,13	0,06 ± 0,00	0,59 ± 0,03
Absorbé apparent, g/j	7,60 ± 0,23	0,17 ± 0,01	0,49 ± 0,03
CUDa, p. 100	78,6 ± 1,2	73,9 ± 2,2	45,4 ± 2,5
Urinaire, g/j	5,23 ± 0,29	0,04 ± 0,01	0,52 ± 0,02
Retenu, g/j	2,37 ± 0,19	0,13 ± 0,01	0,07 ± 0,01
C. R., p. 100	24,5 ± 2,0	56,5 ± 4,3	6,5 ± 0,92

(1) Écart-type de la moyenne.

Le phosphore du maïs ensilé est bien absorbé puisque le coefficient d'utilisation digestive réelle (CUDr) s'élève à 71 p. 100, alors que le CUD apparent (CUDa) n'atteint que 12 p. 100. Cet écart résulte du fait que 66 p. 100 du phosphore fécal sont d'origine endogène. L'élimination urinaire de P étant négligeable, la rétention est égale à l'absorption apparente, ce qui est très courant chez les ruminants.

Nous avons adopté, pour le calcium, une valeur constante de 25 mg par kg de poids vif et par jour pour évaluer les pertes endogènes totales, très peu variables chez les ruminants (GUEGUEN, 1973). Puisque l'élimination urinaire de Ca s'élève à 5 mg par kg et par jour, la perte fécale endogène est de 20 mg par kg et par jour. Compte tenu de cette valeur moyenne, le CUDr du calcium est de 34 p. 100, pour un CUDa de 16,6 p. 100.

Les quantités retenues de Ca et de P sont respectivement de 0,39 et de 0,20 g par jour et se situent donc dans un rapport proche de 2.

Pour ce qui concerne le sodium, le potassium et le magnésium, nous disposons seulement des bilans apparents, ayant renoncé à adopter des valeurs théoriques moyennes pour les pertes fécales endogènes. Il apparaît cependant que l'utilisation digestive du potassium et du sodium est très élevée et que la perte urinaire de sodium est négligeable. Le magnésium est également bien absorbé mais, compte tenu des pertes urinaires, sa rétention est faible.

DISCUSSION

Malgré la vitesse de croissance relativement faible permise par le régime d'ensilage de maïs enrichi en urée (140 g par jour), il s'avère que les apports alimentaires de calcium et de phosphore ainsi assurés étaient très nettement insuffisants. En effet,

la rétention journalière de calcium est de 0,4 g seulement alors que, selon les données connues (Agricultural Research Council, 1965) elle devrait être de l'ordre de 1,3 g, soit 3 fois plus. De même, la rétention journalière de phosphore devrait être triplée pour assurer une bonne minéralisation osseuse. Il est donc évident, ce qui est bien connu, que le maïs seul ne permet pas de couvrir les besoins phospho-calciques des moutons en croissance, même pour des gains de poids faibles.

Cet apport alimentaire faible était donc favorable à l'efficacité de l'utilisation digestive de ces deux éléments. En fait, le phosphore du maïs est très bien absorbé puisque son CUDr atteint 70 p. 100 comme celui du phosphore des meilleurs phosphates minéraux (PRESTON et PFANDER, 1964; LÖRCHER *et al.*, 1965; COMPÈRE, 1969; GUEGUEN *et al.*, 1976). Nos données confirment aussi les deux valeurs de 66 et 70 p. 100 obtenues par COMPÈRE (1967) pour le CUDr du phosphore du maïs ensilé chez deux moutons en fin de croissance et elles montrent à nouveau que l'agneau utilise très bien le phosphore des fourrages.

Par contre, malgré l'apport alimentaire très modéré, le calcium du maïs ensilé est faiblement absorbé, puisque son CUDr ne dépasse pas 34 p. 100. Il est cependant possible qu'un supplément de vitamine D aurait permis une meilleure utilisation digestive du calcium. Nous avons déjà insisté sur la faible efficacité de l'absorption intestinale du calcium chez les ruminants (GUEGUEN et BESANÇON, 1971; GUEGUEN, 1973; GUEGUEN *et al.*, 1976) et avons adopté pour établir des recommandations alimentaires des valeurs moyennes pour le CUDr diminuant de 35 p. 100 à 30 kg à 25 p. 100 seulement à 50 kg. Cela est en parfait accord avec les données obtenues dans les mêmes conditions par YOUNG *et al.* (1966), BRAITHWAITE et RIAZUDDIN (1971) et BRAITHWAITE (1975).

Compte tenu des pertes fécales endogènes, le potassium et le sodium du maïs sont presque totalement absorbés et le CUDr du magnésium dépasse 50 p. 100. Par comparaison aux données connues (A.R.C., 1965), la rétention journalière est normale pour le magnésium, trop faible pour le sodium dont l'apport alimentaire est insuffisant et trop forte pour le potassium, ce que nous ne pouvons expliquer.

La perte endogène fécale de 36 mg de phosphore par kg de poids vif et par jour, que nous avons obtenue, concorde parfaitement avec les données déjà citées pour des moutons en croissance recevant des régimes similaires (COMPÈRE, 1967; ANNENKOV *et al.*, 1971 *a*). Elle diffère peu de la valeur moyenne de 40 mg adoptée par l'A.R.C. (1965). La variabilité de l'excrétion fécale endogène de phosphore chez les ruminants est bien connue et les résultats cités varient entre 10 et 60 mg par kg et par jour. Les valeurs les plus faibles ont été enregistrées chez des brebis en fin de gestation consommant des régimes concentrés ou semi-synthétiques assez pauvres en phosphore (ANNENKOV *et al.*, 1971 *b*; SYKES et DINGWALL, 1976) tandis que les valeurs les plus élevées concernent des moutons en croissance recevant des régimes riches en phosphore et à base de fourrages grossiers (BRÜGGEMANN *et al.*, 1959; SHRODER et HANSARD, 1968; GUEGUEN *et al.*, 1976). Puisque la salive constitue chez les ruminants le principal moyen de régulation homéostatique pour le phosphore (TOMAS, 1974), il est évident que l'intensité du flot salivaire, qui varie suivant la nature physique de la ration, détermine le seuil minimum des pertes métaboliques inévitables de phosphore dans les fèces. Le strict besoin net d'entretien serait ainsi d'autant plus faible que les animaux consomment des régimes concentrés pauvres

en cellulose, ce qui a déjà été mis en évidence chez le Veau (GUEGUEN, 1963) et chez le Mouton (COMPÈRE, 1967).

De plus, pour un même type de ration de base l'excrétion fécale endogène augmente avec l'ingestion de phosphore. Les pertes métaboliques inévitables résultant d'une sécrétion salivaire compatible avec un bon fonctionnement du rumen sont donc, en général, inférieures aux pertes fécales endogènes, dont une partie peut correspondre à une véritable excrétion d'un excès de phosphore circulant (GUEGUEN, 1965; COMPÈRE, 1967). Aussi, même pour un apport alimentaire faible qui ne permet pas une rétention osseuse normale, un certain excès de phosphore circulant peut résulter d'une insuffisance relative en calcium (seulement 1,1 g de Ca est absorbé contre 1,2 g de P) qui ne permet pas l'accrétion osseuse maximale du phosphore absorbé. Il semble donc logique d'adopter une valeur plus faible, de 25 à 30 mg par kg et par jour, pour les pertes fécales correspondant au besoin net d'entretien. Cela est d'ailleurs conforme aux conclusions de COMPÈRE (1967) qui propose un seuil minimum de 26 mg de P par kg et par jour et à la valeur de 24 mg que nous avions obtenue chez des moutons adultes en bilan négatif et consommant un excès de calcium (GUEGUEN, 1962).

En conclusion, les données précédentes nous conduisent à recommander un apport journalier de 5,5 g de calcium pour des moutons de 30 kg gagnant environ 150 g par jour. L'apport correspondant de phosphore, dans le cas de régimes à base de fourrages grossiers éventuellement enrichis en phosphates minéraux de bonne qualité, serait de 2,2 g environ, ce qui concorde avec les conclusions de FISHWICK et HEMINGWAY (1973). Nous aboutissons ainsi à des besoins alimentaires de calcium et de phosphore qui se situent dans un rapport voisin de 2,5. Un rapport phosphocalcique plus élevé, de l'ordre de 3, devrait être recommandé dans le cas de régimes plus concentrés, lorsque le besoin d'entretien en phosphore est plus faible (SYKES et DINGWALL, 1976).

Un tel équilibre entre les deux éléments peut permettre, dans certains cas, de diminuer la phosphaturie et de prévenir l'urolithiase.

Reçu pour publication en juin 1976.

SUMMARY

UTILISATION OF THE ESSENTIAL MINERALS OF MAIZE SILAGE BY GROWING SHEEP

Mineral balances (P, Ca, Mg, K, Na) were carried out in six 28 kg lambs fed maize silage (3.8 g Ca and 2.1 g P per kg dry matter) enriched with urea (1 p. 100 D.M.) without mineral supplementation. Endogenous faecal losses of phosphorus were determined by the isotopic dilution method.

The true absorption of phosphorus reached 70 p. 100 of the intake whereas only 34 p. 100 calcium were absorbed (table 1).

The daily balances were 0.39 g for calcium and 0.20 g for phosphorus, these values representing about one third of the requirements for a daily weight gain of 140 g. Likewise, the sodium supply was insufficient.

Endogenous faecal losses of phosphorus represented 66 p. 100 of total faecal losses, *i.e.* 36 mg per kg live weight and per day. The latter value is normal for a diet based on roughage, as endogenous intestinal secretion of P depends on the amount of saliva. However, this loss is higher than the strict maintenance requirement estimated at 25-30 mg P per kg and per day with this type of diet.

Consequently, for 30 kg lambs fed with roughage and gaining 150 g per day a daily supply of 5.5 g calcium and 2.2 g phosphorus, *i.e.* at a ratio of about 2.5 is advisable.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL, 1965. *The nutrient Requirements of Farm Livestock*, n° 2, Ruminants. H.M.S.O., London.
- ANNENKOV B. N., MADISON V. L., LOBODIN N. G., 1971 a. Calcium and phosphorus metabolism in sheep (en russe). *Sel'skhoz. Biol.*, **6**, 85-90.
- ANNENKOV B. N., MADISON V. L., LOBODIN N. G., DROZDENKO A. D., 1971 b. Assimilation and metabolism of phosphorus in pregnant and lactating ewes given different amounts of calcium and phosphorus in the feed (en russe). *Doklady Uzesoyuznoi ordena Lenina Akad. Sel'skhoz. Nauki*, **8**, 35-36.
- BRAITHWAITE G. D., 1975. Studies on the absorption and retention of calcium and phosphorus by young and mature Ca-deficient sheep. *Br. J. Nutr.*, **34**, 311-324.
- BRAITHWAITE G. D., RIAZUDDIN Sh., 1971. The effect of age and level of dietary calcium intake on calcium metabolism in sheep. *Br. J. Nutr.*, **26**, 215-225.
- BRÜGGEMANN J., BRONSCH K., LÖRCHER K., SEUSS H., 1959. Die Bestimmung der Phosphorresorption aus Mineralfuttern. *Z. Tierphys. Tierernähr. Futtermitt.*, **14**, 224-241.
- COMPÈRE R., 1967. L'étude de l'équilibre phospho-calcique du régime basée sur les variations du métabolisme phosphoré. *Les Presses Agronomiques de Gembloux*, éd. Duculot, S. A.
- COMPÈRE R., 1969. Valeur comparée des phosphates monoammonique et diammonique comme sources de phosphore et d'azote alimentaire chez le Mouton. *Bull. Rech. Agron., Gembloux*, tome IV, 339-367.
- FISHWICK G., HEMINGWAY R. G., 1973. Urea phosphate and mono-ammonium phosphate as dietary supplements for sheep fed diets inadequate in phosphorus and nitrogen. *J. Agric. Sci.*, **81**, 139-143.
- GUEGUEN L., 1962. L'utilisation digestive réelle du phosphore du foin de luzerne par le Mouton, mesurée à l'aide de ³²P. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **2**, 143-149.
- GUEGUEN L., 1963. Influence de la nature du régime alimentaire sur l'excrétion fécale de phosphore endogène chez le Veau. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **3**, 243-253.
- GUEGUEN L., 1965. Contribution à l'étude de l'absorption intestinale et du mode d'excrétion du phosphore chez les animaux. *Meded. Landbouwh. Opzoek. Gent.*, **30**, 687-697.
- GUEGUEN L., BESANÇON P., 1972. Influence des sulfates sur le métabolisme phospho-calcique. I. Utilisation du sulfate de calcium par le Mouton. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **12**, 589-598.
- GUEGUEN L., 1973. Le métabolisme du calcium chez les ruminants. In : « *Physiologie comparée des Échanges calciques* », D. Pansu, Simep éd., 69 Villeurbanne, 67-78.
- GUEGUEN L., FORET R., DURAND Michelle, 1976. Utilisation du phosphate mono-ammonique chez le Mouton. I. Utilisation comparée du phosphore des phosphates mono-ammonique et monosodique et influence sur le métabolisme du calcium et du magnésium. *Ann. Zootech.*, **25**, 111-118.
- LÖRCHER K., BRONSCH K., CONRAD C., 1965. Resorptionsstudien an Nutztieren 5; Die Phosphorresorption beim Schaf nach Verfütterung einer mit verschiedenen Phosphaten supplementierten Standard Ration. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermitt.*, **20**, 234-243.
- MADISON V. L., ANNENKOV B. N., FOMICÉV Ju. P., 1971. Radioisotope methods for studying assimilation of phosphorus from fodder phosphates by sheep. *Vestn. Sel'skhoz. Nauki*, **2**, 116-119.
- PRESTON R. L., PFANDER W. H., 1964. Phosphorus metabolism in lambs fed varying phosphorus intakes. *J. Nutr.*, **83**, 369-378.
- SHRODER J. D., HANSARD S. L., 1958. Effects of orally administered stilbestrol upon growth and upon calcium and phosphorus metabolism in lambs. *J. anim. Sci.*, **17**, 343-352.
- SAINT-LAURENT G. J., 1970. Calcium nutrition of the lamb : Part I. Calcium and phosphorus requirements. Part II. Metabolism of calcium. *Ph. D. Dissert. Cornell University*.
- SYKES A. R., DINGWALL R. A., 1976. The phosphorus requirement of pregnant sheep. *J. agric. Sci.*, **83**, 587-594.
- TOMAS F. M., 1974. Phosphorus homeostasis in sheep. III. Relationship between the amount of salivary phosphorus secreted and the quantities of phosphorus excreted via the urine and faeces. *Austr. J. Agric. Res.*, **25**, 495-507.
- YOUNG V. R., RICHARDS W. P. C., LOFGREEN G. P., LUICK J. R., 1966 a. Phosphorus depletion in sheep and the ratio of calcium to phosphorus in the diet with reference to calcium and phosphorus absorption. *Br. J. Nutr.*, **20**, 783-794.
- YOUNG V. R., LOFGREEN G. P., LUICK J. R., 1966 b. The effects of phosphorus depletion, and of calcium and phosphorus intake, on the endogenous excretion of these elements by sheep. *Br. J. Nutr.*, **20**, 795-805.