

UTILISATION DU PHOSPHATE MONOAMMONIQUE CHEZ LE MOUTON

I. — UTILISATION COMPARÉE DU PHOSPHORE
DES PHOSPHATES MONOAMMONIQUE ET MONOSODIQUE
ET INFLUENCE SUR LE MÉTABOLISME DU CALCIUM ET DU MAGNÉSIUM

L. GUÉGUEN, R. FORET et Michelle DURAND
avec la collaboration technique de Monique ALEZ et Pierrette CAMUS

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

RÉSUMÉ

Deux expériences consécutives de bilans minéraux de 10 jours ont été effectuées sur 5 agneaux mâles pesant 30 kg environ et recevant un régime à base de pulpes de betterave et de manioc, pauvre en phosphore (1,3 g par kg de matière sèche) et riche en calcium (10 g par kg). La ration de base était enrichie en P provenant, soit du phosphate monosodique (aliment I), soit du phosphate monoammonique (aliment II).

Un essai parallèle de dilution isotopique (après injection de ^{32}P) a été réalisé sur 4 animaux afin de déterminer les pertes endogènes fécales de P.

Les pertes urinaires de P et de Ca sont toujours négligeables tandis que celles de Mg sont relativement importantes. Compte tenu de la quantité de phosphore fécal endogène (55 à 60 mg de P par kg de poids vif et par jour), le coefficient d'utilisation digestive réelle de P est de 62 p. 100 en moyenne pour les deux aliments. Cela indique une disponibilité intestinale du phosphore des phosphates de plus de 65 p. 100, malgré la présence d'un excès de calcium alimentaire.

L'utilisation digestive réelle du calcium est faible mais sensiblement plus élevée pour l'aliment II (21 p. 100) que pour l'aliment I (14 p. 100).

L'acidification due au phosphate monoammonique n'a pas d'effet négatif sur le métabolisme minéral puisque les bilans du calcium et du magnésium sont améliorés. L'efficacité biologique du phosphate mono-ammonique est donc au moins égale ou supérieure à celle du phosphate monosodique.

INTRODUCTION

Les phosphates ammoniques sont des sources intéressantes de phosphore et d'azote non protéique pour les Ruminants recevant des régimes riches en calcium et pauvres en phosphore et en azote, par exemple à base de pulpes de betteraves ou de mauvais foin de légumineuses.

Le phosphate monosodique est souvent adopté comme source de référence dans l'étude comparée de la valeur nutritionnelle des phosphates (GUÉGUEN, 1961). Par contre, en dehors des données obtenues sur le Mouton par COMPÈRE (1969), peu de travaux approfondis concernent l'utilisation du phosphore du phosphate monoammonique.

MAGOMEDOV (1970) a estimé le coefficient d'utilisation digestive apparente du phosphore, chez des vaches laitières, à 36,4 p. 100 pour le phosphate monoammonique contre 31,3 p. 100 pour le phosphate monosodique. Compte tenu des pertes fécales endogènes, les coefficients d'utilisation digestive réelle étaient probablement doubles des valeurs précédentes. Des bilans classiques effectués sur de jeunes brebis par FISHWICK et HEMINGWAY (1973) ont conduit à des rétentions journalières de phosphore identiques pour le phosphate d'urée, le phosphate bicalcique et le phosphate monoammonique. Seul COMPÈRE (1969) a utilisé la méthode de dilution isotopique chez le Mouton, pour mesurer l'utilisation digestive réelle du phosphore des phosphates ammoniques ajoutés à des rations pauvres en phosphore et a obtenu des valeurs moyennes de 71 p. 100 pour le phosphate monoammonique et de 80 p. 100 pour le phosphate diammonique.

Bien que la bonne utilisation digestive du phosphore du phosphate monoammonique soit déjà reconnue, il nous a semblé utile, avant d'étudier dans une seconde partie l'utilisation de l'azote non protéique ainsi fourni, de confirmer les rares données antérieures sur l'absorption du phosphore en présence d'un excès de calcium et d'étudier l'influence éventuelle de l'acidification due au phosphate sur le métabolisme du calcium et du magnésium.

MATÉRIEL, ET MÉTHODES

1. — Animaux et alimentation

L'ensemble des essais a porté sur 9 agneaux mâles de race *Ille de France* pesant environ 30 kg au début de l'expérience.

TABLEAU I

Formule des aliments

Pulpe de betterave sèche	45 p. 100
Manioc	28
Foin	15
Mélasse	5
Huile de maïs	3
Urée	2,3
Composé minéral sans phosphate	0,7
Phosphate monosodique ou monoammonique (1)	1,0

(1) Le phosphate monoammonique « Monamphos » a été fourni par la Société Windmill Holland B. V.

L'aliment de base, pauvre en phosphore (1,2 à 1,4 g de P par kg de matière sèche) et riche en calcium (10 g de Ca par kg) avait la composition indiquée dans le tableau 1 et était complété à l'aide de phosphate monosodique (aliment I) ou de phosphate monoammonique (aliment II), afin de tripler approximativement la teneur en phosphore et de couvrir les besoins du Mouton en croissance. La composition minérale des deux aliments ainsi obtenus est indiquée dans le tableau 2.

Durant la période pré-expérimentale de 2 semaines, avant d'être placés en cages à métabolisme, les animaux ont reçu l'aliment I, distribué sous forme granulée.

Le composé minéral avait la composition suivante : 78,48 p. 100 de carbonate de calcium, 15,00 p. 100 de soufre élémentaire, 5,00 p. 100 de sulfate de zinc, 1,20 p. 100 de sulfate de manganèse, 0,30 p. 100 de sulfate de cuivre, 0,01 p. 100 de sulfate de cobalt et 0,01 p. 100 d'iodate de calcium.

Un supplément vitaminique de 200 000 UI de vitamine A et de 30 000 UI de vitamine D₃ était incorporé à 100 kg d'aliment.

TABLEAU 2

Composition minérale des aliments
(en g par kg de matière sèche)

	Phosphore	Calcium	Magnésium
Aliment I (phosphate monosodique)	3,26	10,02	1,16
Aliment II (phosphate monoammonique)	3,80	9,94	1,58

2. -- Déroulement de l'expérience

Les bilans minéraux (P, Ca, Mg) ont été effectués sur 5 animaux durant deux périodes de 10 jours, séparées par une période d'adaptation de 8 jours. Durant la première période, les animaux d'un poids moyen de $29,5 \pm 0,9$ kg, recevaient l'aliment I. Durant la seconde période, le poids moyen était de $33,0 \pm 1,2$ kg et l'aliment II était distribué. Des échantillons représentatifs des aliments, des fèces et de l'urine étaient prélevés chaque jour après pesée des quantités consommées et excrétées.

Une expérience de dilution isotopique, après une injection sous-cutanée de 2 mCi de ³²P, a été faite parallèlement sur 4 animaux de même poids moyen (30 kg) et recevant l'aliment I.

La mesure des radioactivités spécifiques du phosphore du plasma et des fèces entre le 7^e et le 14^e jour après l'injection (GUEGUEN, 1962) a permis de calculer les pertes endogènes fécales de phosphore. Cet essai complémentaire avait seulement pour but de vérifier si l'élimination fécale de phosphore endogène obéissait bien, avec ce type de régime alimentaire, à la relation déjà constatée entre l'ingestion de phosphore et l'excrétion fécale endogène. Aussi, il n'a pas été jugé nécessaire de répéter cet essai radioisotopique dans le cas de l'aliment II.

3. --- Méthodes de dosage

Les échantillons d'aliments, de fèces, d'urine et de sang ont été séchés puis minéralisés au four à 530°C. Après dissolution acide des cendres et dilution convenable, les dosages chimiques ont été faits par colorimétrie au molybdovanadate d'ammonium pour le phosphore, par photométrie de flamme pour le calcium, par spectrophotométrie d'absorption atomique pour le magnésium et les mesures de radioactivité ont été faites à l'aide d'un compteur Geiger avec passeur automatique d'échantillons.

RÉSULTATS

Tous les animaux ont bien accepté le régime alimentaire à base de pulpes de betterave déshydratées et de manioc. Cependant, compte tenu de certaines différences dans la composition des régimes et dans la consommation des aliments, il n'a pas été possible d'égaliser les quantités d'éléments minéraux ingérées au cours des deux périodes de bilans.

Les gains de poids moyens journaliers ont été très satisfaisants durant les deux périodes expérimentales, soit approximativement 250 g dans la première période et 270 g dans la seconde.

Les résultats des bilans minéraux obtenus sur 5 animaux sont rassemblés dans les tableaux 3, 4 et 5.

TABLEAU 3

Bilan du phosphore

	<i>Aliment I</i> (Phosphate monosodique)	<i>Aliment II</i> (Phosphate monoammonique)
Ingéré (g/j)	3,76 ± 0,07	4,95 ± 0,01
Fécal (g/j)	3,06 ± 0,15	3,85 ± 0,08
Urinaire (g/j)	0,017 ± 0,003	0,059 ± 0,036
Absorbé apparent (g/j)	0,70 ± 0,10	1,10 ± 0,08
CUD apparent (%)	18,6 ± 2,9	22,2 ± 1,6
Retenu (g/j)	0,68 ± 0,10	1,04 ± 0,09
CR (%)	18,2 ± 2,9	21,0 ± 1,9
Fécal endogène (g/j)	1,62 ± 0,05	1,98 ± 0,07
Absorbé réel (g/j)	2,32 ± 0,15	3,08 ± 0,12
CUD réel, (%)	61,7 ± 3,2	62,2 ± 1,8

L'utilisation de la méthode de dilution isotopique sur 4 animaux consommant de l'aliment I a permis d'évaluer à 0,53 en moyenne le rapport entre le phosphore fécal endogène et le phosphore fécal total. Cela conduit à une perte fécale endogène de 1,62 g de P par jour, soit 55 mg de P par kg de poids vif. Cette valeur est conforme aux données antérieures pour des apports alimentaires équivalents ; aussi, pour les animaux consommant l'aliment II plus riche en phosphore, nous avons estimé la perte fécale endogène de P à environ 60 mg par kg de poids et par jour.

Pour le calcium, nous avons adopté une valeur constante de 25 mg de Ca par kg de poids vif et par jour puisque les pertes endogènes ne varient pratiquement pas en fonction des quantités ingérées (GUÉGUEN, 1973).

Les pertes endogènes fécales ainsi évaluées ont été utilisées dans les tableaux 3 et 4 pour calculer l'absorption réelle et le coefficient d'utilisation digestive réelle (CUDr).

TABLEAU 4

Bilan du calcium

	<i>Aliment I</i> (Phosphate monosodique)	<i>Aliment II</i> (Phosphate monoammonique)
Ingéré (g/j)	11,76 ± 0,25	13,18 ± 0,06
Fécal (g/j)	10,64 ± 0,46	11,05 ± 0,35
Urinaire (g/j)	0,083 ± 0,015	0,182 ± 0,046
Absorbé apparent (g/j)	1,12 ± 0,44	2,13 ± 0,31
CUD apparent (%)	9,5 ± 3,6	16,2 ± 2,4
Retenu (g/j)	1,04 ± 0,45	1,95 ± 0,27
CR (%)	8,8 ± 3,7	14,8 ± 2,1
Fécal endogène (g/j)	0,59 ± 0,02	0,66 ± 0,02
Absorbé réel (g/j)	1,71 ± 0,45	2,80 ± 0,31
CUD réel (%)	14,5 ± 3,7	21,2 ± 2,4

TABLEAU 5

Bilan du magnésium

	<i>Aliment I</i> (Phosphate monosodique)	<i>Aliment II</i> (Phosphate monoammonique)
Ingéré (g/j)	1,34 ± 0,02	2,06 ± 0,01
Fécal (g/j)	0,84 ± 0,05	1,26 ± 0,02
Urinaire (g/j)	0,38 ± 0,02	0,57 ± 0,02
Absorbé apparent (g/j)	0,50 ± 0,03	0,80 ± 0,03
CUD apparent (%).....	37,3 ± 3,3	38,8 ± 1,5
Retenu (g/j)	0,12 ± 0,01	0,23 ± 0,01
CR (%).....	8,9 ± 1,8	11,2 ± 1,2

Ainsi, 62 p. 100 du phosphore ingéré est réellement absorbé, et il n'y a pas de différence entre les deux aliments (tabl. 3). L'élimination urinaire est négligeable dans les deux cas et, compte tenu de l'apport alimentaire plus élevé par l'aliment II, la rétention journalière est sensiblement supérieure.

Le coefficient d'utilisation digestive du calcium (tabl. 4) est faible mais significativement supérieur dans le cas de l'aliment II (21 p. 100 contre 14 p. 100), les quantités ingérées étant comparables. L'élimination urinaire de calcium demeurant négligeable, la rétention journalière est supérieure dans le cas de l'aliment II. De même, le bilan du magnésium (tabl. 4) est sensiblement amélioré lorsque le régime contient du phosphate monoammonique.

DISCUSSION

Malgré les différences observées dans les quantités de phosphore ingérées, qui n'ont pu être égalisées dans les deux lots, il est évident que l'utilisation du phosphore est identique pour les deux régimes. L'utilisation digestive réelle de P atteint 62 p. 100 en moyenne dans les deux cas et, en supposant que le phosphore de la ration de base, qui représente environ un tiers de l'apport total, soit moins bien absorbé, il est possible d'affirmer que le coefficient d'utilisation digestive réelle (CUDr) de P des deux phosphates est supérieur à 65 p. 100. Ces résultats sont en bon accord avec les données obtenues par COMPÈRE (1969) dans des conditions très comparables. En effet, le CUDr du phosphore du phosphate monoammonique ajouté à une ration à base de pulpe, de manioc et de paille, afin de quadrupler l'apport de phosphore, a été estimé à 72 p. 100 chez des jeunes moutons de 32 kg et à 70 p. 100 chez des moutons adultes.

Il est probable qu'un apport alimentaire inférieur, notamment dans le cas de l'aliment II, aurait conduit à une efficacité encore meilleure de l'utilisation digestive du phosphore. En effet, la consommation journalière de P dans le lot II était sensiblement supérieure aux besoins moyens calculés d'après les données de l'*Agricultural Research Council* (1965), c'est-à-dire environ 4 g de P par jour pour des animaux de 30 à 40 kg et gagnant 250 g par jour, et double de la quantité journalière ingérée (2,5 g de P) par les animaux de même poids utilisés par FISHWICK et HEMINGWAY (1973). Cependant, la rétention journalière moyenne de 1 g de P que nous obtenons est identique à celle obtenue par ces derniers auteurs sur des jeunes brebis recevant une ration de base pauvre en P et complétée avec du phosphate monoammonique. Il est donc probable que les recommandations A. R. C. sont beaucoup trop élevées lorsque le phosphore ingéré est de très bonne qualité.

Comme dans les essais effectués par COMPÈRE (1969) et malgré le niveau d'ingestion assez élevé, les pertes urinaires de phosphore demeurent négligeables dans les deux lots, ce qui peut résulter de l'excès relatif de calcium. De même, le doublement de l'ingestion de phosphore, par rapport à l'essai de FISHWICK et HEMINGWAY (1973), n'augmente pas les pertes urinaires (0,06 g par jour dans les deux cas), ce qui montre bien que l'excès de P absorbé est éliminé par la voie endogène fécale et non par la voie urinaire.

Pour des quantités ingérées assez voisines, le bilan du calcium (tabl. 4) est sensiblement amélioré par l'apport de phosphate monoammonique, ce qui permet de dissiper les craintes d'un effet néfaste de l'acidification, par augmentation de l'élimination urinaire de calcium, mis en évidence par L'ESTRANGE et MURPHY (1972). Malgré le très haut niveau d'apport calcique, les pertes urinaires de calcium sont négligeables dans les deux lots, ce qui confirme les résultats déjà obtenus sur des moutons dans des conditions comparables d'alimentation (BRAITHWAITE et RIAZUDDIN, 1971 ; GUÉGUEN et BESANÇON, 1972 ; FISHWICK et HEMINGWAY, 1973). Les valeurs obtenues pour le CUDr de Ca varient entre 14 et 21 p. 100, ce qui confirme une fois de plus la faible efficacité de l'absorption intestinale du calcium chez les Ruminants, l'homéostasie calcique étant principalement assurée par l'intestin (GUÉGUEN, 1973).

Le bilan du magnésium (tabl. 5) est également amélioré par la présence de phosphate monoammonique, le CUD apparent de Mg demeurant relativement élevé (37 à 39 p. 100) malgré un apport alimentaire sensiblement plus fort dans le cas de l'aliment II. Toutefois, cette différence de teneur en Mg des deux aliments rend difficile l'interprétation de l'effet favorable du phosphate monoammonique. Il est bien connu que l'élimination urinaire du magnésium est importante chez les ovins et qu'elle augmente avec l'apport alimentaire (FIELD *et al.*, 1958). Dans le présent essai, plus du quart du magnésium ingéré est excrété dans l'urine.

Il est difficile de conclure, à partir des essais précédents, à un effet propre du phosphate monoammonique sur la rétention du calcium et du magnésium. En effet, une telle tendance avait déjà été observée dans une expérience antérieure (résultats non publiés) effectuée sur des moutons recevant un régime contenant 75 p. 100 de pulpe de betterave : le remplacement du phosphate monosodique acide par du tripolyphosphate de sodium alcalin avait une influence bénéfique sur les bilans de calcium et de magnésium. Dans cette expérience, le CUDr du phosphore s'élevait à 74 p. 100 pour le tripolyphosphate de sodium contre 58 p. 100 seulement pour le phosphate monosodique. Aussi, il est permis de douter de la supériorité habituellement reconnue du phosphate monosodique et le présent essai montre clairement que son efficacité biologique est inférieure ou au plus égale à celle du phosphate monoammonique, qui est une très bonne source de phosphore.

Reçu pour publication en juin 1975.

SUMMARY

UTILIZATION OF MONO-AMMONIUM PHOSPHATE BY SHEEP.

I. — COMPARATIVE UTILIZATION OF PHOSPHORUS (FROM MONOAMMONIUM AND MONOSODIUM PHOSPHATES) AND EFFECT ON CALCIUM AND MAGNESIUM METABOLISM

Two consecutive mineral balance experiments were carried out with 5 male lambs weighing about 30 kg and fed a diet containing beet pulps and cassava with a low phosphorus content (1.3 g per kg dry matter) and a high calcium content (10 g per kg). The basal diet was enriched with phosphorus either derived from monosodium phosphate (diet I) or from monoammonium phosphate (diet II) (table 1), in order to triple the phosphorus level.

A parallel trial with isotopic dilution (after injection of ^{32}P) was realized on 4 animals in order to determine the endogenous faecal losses of P, which increased with P intake.

Results of the mineral balances are given in tables 3, 4 and 5.

Urinary losses of P and Ca were always negligible whereas those of Mg were relatively large. On account of the amount of endogenous faecal phosphorus (55-60 mg of P per kg live-weight and per day), the true availability of P was 62 p. 100 on an average for the two diets. This indicates an intestinal availability of phosphate phosphorus exceeding 65 p. 100, in spite of the presence of an excess of dietary calcium.

The true availability of calcium was low, but noticeably higher for diet II (21 p. 100) than for diet I (14 p. 100).

The acidification due to monoammonium phosphate did not have any unfavourable action on mineral metabolism since calcium and magnesium balances were improved. Thus, the biological efficiency of monoammonium phosphate was at least equal or superior to that of monosodium phosphate.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL, 1965. *The nutrient Requirements of Farm Livestock*, n° 2, Ruminants. H. M. S. O. London.
- 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.
- COMPÈRE R., 1969. Valeur comparée des phosphates monoammonique et diammonique comme sources de phosphore et d'azote alimentaires chez le Mouton. *Bull. Rech. Agron., Gembloux*, tome IV, 339-367.
- FIELD A. C., McCALLUM J. W., BUTLER E. J., 1958. Studies on magnesium in ruminant nutrition. Balance experiments on sheep with herbage from fields associated with lactation tetany and from control pastures. *Brit. J. Nutr.*, **12**, 433-446.
- 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.
- GUÉGUEN L., 1961. Valeur comparée des phosphates minéraux comme sources de phosphore pour les animaux. *Ann. Zootech.*, **10**, 177-196.
- GUÉGUEN 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.
- GUÉGUEN L., 1973. Le métabolisme du calcium chez les Ruminants. In D. PANSU, *Physiologie comparée des échanges calciques*, Simep éd. 69-Villeurbanne, 67-78.
- GUÉGUEN L., BESANÇON P., 1972. Influence des sulfates sur le métabolisme phosphocalcique. I. Utilisation du sulfate de calcium par le Mouton. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **12**, 589-598.
- L'ESTRANGE J. L., MURPHY F., 1972. Effects of dietary mineral acids on voluntary food intake, digestion, mineral metabolism and acid-base balance of sheep. *Brit. J. Nutr.*, **28**, 1-17.
- MAGOMEDOV M. S., 1970. Effets des phosphates sur le métabolisme de la Vache laitière (en russe). *Zhivotnovodstvo*, **3**, 82-83.