

RECHERCHES SUR LE MÉTABOLISME DU MAGNÉSIUM

I. — STRUCTURE PHYSIQUE DE LA RATION ET MAGNÉSIÉMIE ; EXPÉRIENCE PRÉLIMINAIRE

PAR

P. LARVOR et M. BROCHART

Avec la collaboration technique de Yvonne CASSOU, C. ROTH et G. de SAVIGNAC.

Service de nutrition minérale, Laboratoire de Zootechnie
Ecole nationale Vétérinaire, Alfort.

SOMMAIRE

Le présent travail a eu pour but de mettre en évidence l'influence de la structure physique de la ration sur la magnésiémie des bovins. L'expérience a été menée avec un couple de vaches jumelles univittelines, soumises dans une première phase à un régime identique, et dans une deuxième phase à un régime modifié pour une seule des deux vaches, par broyage des éléments fibreux de la ration. Cette vache présenta une baisse significative du magnésium sérique. Les apports minéraux et énergétiques ayant été suffisants et constants tout au long de l'expérience (aucun refus), on est amené à conclure à une influence de la destruction de la structure fibreuse des aliments sur la magnésiémie des bovins, probablement en rapport avec les troubles de la rumination et du transit intestinal qui en résultent.

Dans une étude antérieure (LADRAT, LARVOR et BROCHART, 1959), concernant quelques cas de tétanie d'herbage, nous étions amenés à constater le développement progressif de l'inappétence chez des bovins laitiers placés sur une herbe jeune, avec pour aboutissement une crise d'hypomagnésiémie aiguë chez quelques animaux. Parmi les facteurs étiologiques, le rôle possible des troubles de la rumination entraînés par un teneur en fibre trop faible de l'herbe a été soulevé. Pour tenter de vérifier le rôle de la structure physique de la ration dans le contrôle de la magnésiémie, nous avons entrepris quelques expériences destinées à

montrer que la destruction de la structure fibreuse de la ration peut entraîner des répercussions sensibles au niveau du magnésium sérique des bovins.

MATÉRIEL, ET MÉTHODES

L'expérimentation a été menée avec un couple de vaches jumelles univittelines, de race normande, âgées de 4 ans 10 mois, et en cours de seconde lactation. Ces animaux ont reçu une ration à base de foin de graminées, orge moulue, tourteau d'arachide et phosphate bicalcique. L'analyse minérale des composants de la ration figure au tableau I. L'adaptation à ce régime, qui fut bien toléré malgré un encombrement assez faible, commença 15 jours avant le début de l'expérience. Le schéma de l'expérience fut le suivant : pendant une période témoin de 11 jours, les deux vaches reçurent une alimentation identique, dont le seul élément à structure fibreuse était constitué par 4 kg de foin de graminées par jour ; pendant la période expérimentale proprement dite, qui dura 9 jours, l'une des vaches continua à recevoir la ration initiale, tandis que l'autre eut son foin de graminées remplacé par le même foin pulvérisé. L'aspect du produit obtenu était une poudre fine avec présence de petits éléments fibreux ténus ne dépassant pas 5 mm de longueur. L'adaptation au foin pulvérisé se fit sans la moindre difficulté.

TABLEAU I

*Analyse minérale des différents éléments de la ration
(pour 1 000 du produit non desséché).*

	Mg	Ca	P	K	Na
Foin de graminées	1,04	5,95	1,60	12,2	0,33
Orge moulue	2,88	3,64	5,76	8,9	0,70
Tourteau d'arachide	1,03	0,50	1,35	3,3	0,10
Phosphate bicalcique	—	237	179	—	—

Les vaches étaient placées sur un tapis de caoutchouc, sans litière, de façon à prévenir l'ingestion de paille ; leurs stalles étaient côte à côte, les prélèvements de sang furent quotidiens, le matin à 10 h, en commençant alternativement par l'une et l'autre vache, de façon à éviter une différence systématique éventuelle due à l'influence de la réaction émotionnelle sur le taux des minéraux sanguins.

Une première série de prises de sang fut faite pendant les 10 premiers jours de la période témoin (sur 11), et une seconde pendant les 6

derniers jours de la période expérimentale (sur 9), avec une interruption de 3 jours au moment de la modification de la ration de l'une des vaches.

Une difficulté d'interprétation était constituée par le fait que l'une des vaches (que nous appellerons n° III) avait une lactation un peu supérieure à l'autre (que nous appellerons n° I) par suite d'une légère différence entre les dates des vélages. Nous avons tourné cette difficulté de la façon suivante :

1° en administrant à la vache N° III des apports un peu supérieurs, calculés de façon à compenser la différence de lactation de 3 kg. En pratique, nous avons donné 1 kg d'orge supplémentaire. Le tableau II donne la comparaison des besoins et des apports pour les deux vaches, et permet de constater que la satisfaction de leurs besoins est assurée de façon quasi identique.

TABLEAU II

Comparaison des besoins et des apports pour les deux vaches.

Produit	Quantité g	U.F. (1)	M.P. D. g (1)	Mg g (2)	Ca g (2)	P g (2)	K g (2)	Na g (2)
A) Vache N° I (lactation 10 kg)								
Foin	4 000	1,3	240	4,16	23,80	6,40	48,8	1,32
Orge	4 000	4,0	360	4,12	2,00	14,80	13,2	0,40
Tourteau d'arachide	2 000	2,5	800	5,76	7,28	11,52	17,8	1,40
Phosphate bicalcique	0 060	—	—	—	14,22	10,74	—	—
Apports	7,8	1 400	14,04	47,30	43,46	79,8	—	3,12
Besoins	7,0	900	9,5 (3)	33,00(4)	27,50(4)	55 (5)	—	14 (5)
Différence	+ 0,8	+ 500	+ 4,54	+ 14,30	+ 15,96	+ 24,8	—	-10,88
B) Vache N° III (lactation 13 kg)								
Foin	4 000	1,3	240	4,16	23,80	6,40	48,8	1,32
Orge	5 000	5,0	450	5,15	2,50	18,50	16,5	0,50
Tourteau d'arachide	2 000	2,5	800	5,76	7,28	11,52	17,8	1,40
Phosphate bicalcique	0 060	—	—	—	14,22	10,74	—	—
Apports	8,8	1 490	15,07	47,80	47,16	83,1	—	3,22
Besoins	8,0	1,080	10,7 (3)	39,80(4)	32,60(4)	64 (5)	—	17 (5)
Différence	+ 0,8	+ 410	+ 4,37	+ 8,00	+ 14,56	+ 19,1	—	-13,88

(1) Estimé d'après les tables.

(2) Dosé dans les produits.

(3) D'après BLAXTER et MCGILL (1956).

(4) D'après MORRISON (1954).

(5) D'après DU TOIT et al. (1940).

2° en utilisant comme témoin la vache n° III et comme animal traité la vache n° I. En effet, le résultat espéré étant une baisse du magnésium sérique, il fallait se mettre dans les conditions les plus défavorables, c'est-à-dire utiliser comme témoin l'animal ayant la plus forte lactation, donc le plus sensible à un trouble du métabolisme du magnésium.

3° De plus, pendant la période expérimentale, la ration comportant du foin pulvérisé entraîna chez la vache n° I une baisse significative de la lactation par rapport à sa sœur, et la différence passa de 3 kg à 4,3 kg.

La vache n°1 s'est donc trouvée de ce fait avoir des apports alimentaires relativement plus élevés que sa sœur, nouvelle circonstance qui n'aurait pas dû favoriser une baisse du magnésium sérique, bien au contraire.

Pendant toute la durée de l'expérience, il n'y eut aucun refus.

RÉSULTATS

Les résultats des analyses sanguines sont donnés dans le tableau III (en mg pour 100 ml), ainsi que la lactation quotidienne en kg.

TABLEAU III

Résultat des analyses sériques et du contrôle laitier.

(Les valeurs sériques sont exprimées en mgr pour 100 ml)

	Date	Mg			Ca			P total			Lactation			
		III	I	III-I	III	I	III-I	III	I	III-I	III	I	III-I	
Période témoin	11 janv.	2,29	2,20	+ 9	11,4	11,1	+ 3	18,1	17,3	+ 9	12,5	8,4	41	
	12 —	2,38	2,15	+ 23	11,1	11,0	+ 1	17,0	17,0	0	13,7	10,5	32	
	13 —	2,68	2,52	+ 16	10,8	10,4	+ 4	11,3	16,2	- 49	13,3	10,4	29	
	14 —	2,68	2,62	+ 6	10,9	10,7	+ 2	17,0	15,7	+ 13	12,5	9,6	29	
	15 —	2,52	2,68	- 16	11,1	10,3	+ 8	16,2	15,9	+ 3	13,2	10,4	28	
	16 —	2,81	2,69	+ 12	10,8	11,0	- 2	17,6	15,7	+ 19	12,6	10,2	24	
	17 —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11,2	9,0	22
	18 —	2,90	2,69	+ 21	10,6	10,7	- 1	16,5	16,5	0	13,2	11,0	22	
	19 —	2,76	3,10	- 34	11,4	11,1	+ 3	17,0	16,5	+ 5	12,7	10,7	20	
	20 —	2,76	2,69	+ 7	10,5	10,9	- 4	15,9	15,9	0	12,2	9,1	31	
	21 —	2,76	2,90	- 14	11,0	11,3	- 3	17,0	16,5	+ 5	13,0	9,0	40	
	22 —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13,5	10,0	35
		Moyenne	2,654	2,624	+ 3	10,96	10,85	+ 1,1	16,36	16,32	+ 0,5	12,8	9,86	29,42
Période expérimentale	23 janv.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12,7	7,6	51	
	24 —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12,7	7,7	50	
	25 —	2,49	1,94	+ 55	10,5	9,4	+ 11	14,6	12,7	+ 19	11,0	7,2	38	
	26 —	2,60	2,39	+ 21	10,5	9,4	+ 11	15,4	16,2	- 8	13,6	9,0	46	
	27 —	2,80	2,39	+ 41	10,1	10,2	- 1	15,3	16,0	- 7	13,2	8,2	50	
	28 —	2,80	2,06	+ 74	10,6	7,9	+ 27	15,5	11,8	+ 37	12,5	8,2	43	
	29 —	2,70	2,19	+ 51	10,0	10,4	- 4	15,5	15,0	+ 5	12,9	8,6	43	
	30 —	2,70	2,28	+ 42	10,6	10,7	- 1	17,4	16,6	+ 8	12,2	8,6	36	
	31 —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11,5	8,4	31
		Moyenne	2,682	2,208	+ 47,3	10,38	9,67	+ 7,16	15,62	14,72	+ 9,0	12,48	8,17	43,11

L'analyse statistique des résultats a été effectuée de la façon suivante : L'influence du jour a été éliminée en considérant uniquement l'écart III-I, c'est-à-dire la différence entre les chiffres obtenus pour les deux vaches un même jour. L'ensemble des écarts pour la période témoin a ensuite été comparé à l'ensemble des écarts pour la période expérimentale, au moyen d'une analyse de variance. Les résultats de cette comparaison sont rassemblés dans le tableau IV.

TABLEAU IV
Analyse statistique des résultats.

Source de variation	Degrés de liberté	Somme des carrés	Carré moyen	F	Signification
Mg sérique					
Traitement	1	7 730,3	7 730,3	23,53	significatif à 1 %
Variance résiduelle	14	4 599,3	328,52		
Ca sérique					
Traitement	1	194,93	194,93	3,404	non significatif
Variance résiduelle	14	801,74	57,27		
P total sérique					
Traitement	1	270,94	270,94	0,84	non significatif
Variance résiduelle	14	4 514,5	322,46		
Lactation					
Traitement	1	963,85	963,85	20,22	significatif à 1 %
Variance résiduelle	19	905,81	47,67		

On constate :

1° que le remplacement du foin normal par du foin pulvérisé a diminué significativement le Mg sérique (d'environ 16 p. 100) ainsi que la sécrétion lactée (d'environ 14 p. 100),

2° que cette opération n'a pas significativement affecté le Ca sérique (— 5 p. 100), ni le P total sérique (— 5 p. 100).

DISCUSSION

L'hypothèse du rôle d'une insuffisance de la structure fibreuse de la ration dans l'étiologie de la tétanie d'herbage a déjà été émise, notamment par FRENS (1958), qui pense que l'herbe jeune s'agglomère en une masse compacte, où les fermentations sont inhibées, d'où une digestion anormale. Par ailleurs, les recherches de KICK et al., (1937), SWANSON et HERMAN (1952), GORDON (1958), ont montré que le fait de pulvériser un fourrage raccourcit nettement le temps consacré à la rumination et peut aller jusqu'à la supprimer. Il semble que ce ne soit pas en rapport avec une impossibilité mécanique, mais plutôt avec une absence de stimulation du rumen par les aliments broyés. Dans notre expérience, sans avoir mesuré avec précision le temps de rumination, il nous a semblé effectivement que la vache recevant du foin pulvérisé a ruminé moins que sa sœur, sans pour autant voir son état physiologique altéré ou son appétit diminué. Le seul signe clinique a été une dépression modérée mais significative de la lactation. L'aspect des fèces et la finesse des particules fécales n'ont pas été modifiées, ainsi que le signalaient déjà en 1936 KICK et al.

Les effets de ce raccourcissement de la rumination pourraient être, entre autres, une diminution de l'insalivation des aliments et, bien que la motricité du rumen soit peu modifiée (LE BARS et SIMONNET, 1957), une diminution du brassage dans la panse. De plus, les travaux de BLAXTER et al. (1956) démontrent que, chez le mouton, la rapidité du transit intestinal s'accroît avec la finesse du broyage de la ration. BALCH et al. (1954) ont trouvé au contraire, chez les bovins, une diminution de la rapidité du transit, lors du remplacement du fourrage par un mélange concentré pulvérisé, avec, cependant, une accélération du transit dans la phase initiale. Ce ralentissement peut être expliqué en partie, selon BLAXTER et al. (1956), par une réduction de la quantité totale d'aliments administrée. D'ailleurs, il n'y avait pas substitution d'un foin entier par un foin pulvérisé, mais remplacement d'un foin entier par un mélange concentré pulvérisé nettement différent. On peut donc tenir pour valables, dans le cas qui nous concerne, les résultats de BLAXTER et al. (1956).

L'influence du broyage des fourrages sur leur digestibilité a fait l'objet de nombreuses études ; pour MORROW et LAMASTER (1929), ainsi que pour SWANSON et HERMAN (1952), il n'y a pas de modification de la digestibilité ; pour OLSON (1930), il y a, dans certains cas seulement, une diminution de la digestibilité ; pour FORBES et al. (1925), il y a une diminution nette de la digestibilité, ainsi que pour MEAD et GOSS (1935) (fibre brute) et pour WOODMAN et EVANS (1944). Il nous semble que les résultats de BLAXTER et al. (1956) tranchent la question d'une façon décisive : Selon ces auteurs, la digestibilité diminue régulièrement quand la vitesse du transit intestinal augmente, et la pulvérisation du fourrage entraîne à la fois une augmentation de la vitesse du transit et une diminution de la digestibilité (pour la matière sèche, la matière organique, la fibre brute, l'extractif non azoté, la protéine brute, la cellulose et les pentosanes cellulosiques et non cellulosiques). Il ne semble malheureusement pas exister de données sur la digestibilité des minéraux, et plus particulièrement du magnésium, dans ces conditions ; le phénomène en cause semble cependant extrêmement général ; deux facteurs permettent d'expliquer que le magnésium sérique soit particulièrement affecté : 1^o la difficulté de mobilisation des réserves squelettiques de magnésium (tout au moins chez les bovins adultes). 2^o le caractère souvent « limite » des apports en magnésium. Ces deux conditions se trouvant réunies, on peut tenter d'expliquer la baisse de la magnésémie que nous avons constatée par une diminution de la digestibilité du magnésium.

Nous ne nous dissimulons pas les faiblesses de la présente expérience : ration d'une composition assez anormale, absence de variété dans le génotype testé ; nous pensons pouvoir obvier à ces inconvénients dans une expérimentation ultérieure.

Ce travail préliminaire permet néanmoins de penser qu'il serait

intéressant d'envisager le rôle possible de la structure de l'herbe dans l'étiologie de la tétanie d'herbage.

SUMMARY

This work has been done to demonstrate the influence of the physical structure of food on magnesaemia of the bovine. The experiment has been performed with a pair of monozygous dairy cattle twins, submitted in a first period to an identical diet, and in a second period and for a single cow, to a diet modified by grinding the fibrous elements of the feeds. This cow exhibited a significant drop in magnesaemia. Mineral and energy supplies having been large enough and constant throughout the whole experiment, we are induced to think that there is an influence of the diet structure on magnesaemia, probably connected with the resulting disturbances in rumination and rate of passage of food through the digestive tract.

REMERCIEMENTS.

Nous tenons à remercier ici la Société de Fabrication Rationnelle d'Aliments pour le Bétail (SANDERS) qui a mis ses installations à notre disposition pour la pulvérisation du foin d'expérience.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BALCH C. C., BALCH D. A., BARTLETT S., JOHNSON V. W., ROWLAND S. J., et TURNER J., 1954. Studies of the secretion of milk of low fat content by cows on diets low in hay and high in concentrates. IV.— The effect of variations in the intake of digestible nutrients. *J. Dairy Res.* **21**, 305.
- BLAXTER K. L., et MCGILL R. F., 1956. Magnesium metabolism in cattle. *Vet. Rev. Annot.*, **2**, 35.
- BLAXTER K. L. et Mc. C. GRAHAM N., 1956. The effect of the grinding and cubing process on the utilization of the energy of dried grass. *J. Agric. Sci.*, **47**, 207.
- BLAXTER K. L., Mc. C. GRAHAM N. et WAINMAN F. W., 1956. Some observations on the digestibility of food by sheep, and on related problems. *Brit. J. Nutr.*, **10**, 69.
- DU TOIT P. J., LOUW J. G. et MALAN A. I., 1940. A study of the mineral content and feeding value of natural pastures in the Union of South Africa. *Onderstepoort. J. Vet. Sci.*, **14**, 123.
- FORBES E. B., FRIES J. A. et BRAMAN W. W., 1925. Net energy values of alfalfa hay and alfalfa meal. *J. Agric. Res.*, **31**, 987.
- FRENS A. M., 1958. Physiological aspects of the nutrition of grazing cattle. 5^e Journées d'étude de l'Association européenne de Zootechnie, Reading, 6-13 Juillet, p. 93.
- GORDON J. G., 1958. The relationship between fineness of grinding of food and rumination. *J. Agric. Sci.*, **51**, 78.
- KICK C. H. et GERLAUGH P., *Proc. Amer. Soc. Anim. Prod.* (28th Ann. Meet.). Cités par GORDON, 1958.
- KICK C. H., GERLAUGH P., SCHALK A. F. et SILVER E. A., 1937. The effect

- of mechanical processing of feeds on the mastication and rumination of steers. *J. Agric. Res.*, **55**, 587.
- LADRAT J., LARVOR P. et BROCHART — M., 1959. Recherches sur quelques cas de tétanie d'herbage. *Rec. Med. Vet.*, **135**, 903.
- LE BARS H. et SIMONNET H., 1957. Le rumen, organe régulateur. *Agricultura*, **5**, 327.
- MEAD S. W. et GOSS H., 1935. Ruminant digestion without roughage. *J. Dairy. Sci.*, **18**, 163.
- MORRISON F. B., 1954. Feeds and feeding. 21^e édition, 1207 pp., Ithaca, New-York.
- MORROW K. S. et LAMASTER J. P., 1929. Ground hay for milk production. *South Carolina Agric. Exptl. Sta. Bull.* n°255, 31 pp. Cités par SWANSON et al., 1952.
- OLSON T. M., 1930. Value of grinding grain and roughages to dairy cows. *South Dakota Agric. Exptl. Sta. Bull.* N°252, 42. Cité par SWANSON et al., 1952.
- SWANSON E. W. et HERMAN H. A., 1952. The digestibility of coarsely ground and finely ground alfalfa for dairy heifers. *J. Anim. Sci.*, **11**, 688.
- WOODMAN H. E. et EVANS R. E., 1944. *J. Agric. Sci.*, **34**, 35. Cités par GORDON, 1958.
-