

RECHERCHES SUR LE MÉTABOLISME DU MAGNÉSIUM

III. — INFLUENCE DES APPORTS QUANTITATIFS EN MAGNÉSIUM, DE LA SAISON ET DU COUPLE SUR L'ÉVOLUTION DE LA MAGNÉSIÉMIE ET DE LA CONCENTRATION URINAIRE ET FÉCALE EN Mg CHEZ 2 COUPLES DE JUMELLES BOVINES UNIVITEL-LINES AU COURS D'UN AN.

M. BROCHART et P. LARVOR

avec la collaboration technique de Nicole BERTHELOT et de C. ROTH

*Laboratoire de Zootechnie, Service de Nutrition minérale,
École nationale vétérinaire, Alfort (Seine).*

SOMMAIRE

Deux couples de jumelles bovines univitelles ont été entretenues pendant un an en stabulation permanente. Le Mg sérique, la concentration en Mg des fèces et de l'urine ont été déterminés chaque semaine, et le Mg des poils tous les deux mois. Les apports alimentaires de Mg ont été calculés avec une erreur n'excédant pas 10 p. 100. Des corrélations positives en majorité hautement significatives lient les apports alimentaires et la concentration de Mg fécal et urinaire. L'adaptation de l'élimination fécale à une réduction d'apports alimentaires demande deux mois.

Il existe un cycle saisonnier du rapport concentration urinaire-concentration fécale en Mg, avec un minimum en été et un maximum en hiver.

L'évolution annuelle du Mg sérique paraît résulter des influences conjuguées de la saison et des apports alimentaires.

Les deux couples de jumelles étudiées ont présenté un métabolisme du Mg profondément différent ; le premier couple, qui a achevé sa croissance au cours de l'expérience, a présenté une forte élimination fécale de Mg, une magnésiémie, un Mg urinaire et un Mg des poils faibles. Le 2^e couple, qui a accompli une lactation complète au cours de l'expérience, a présenté des caractéristiques exactement inverses.

L'origine de ces variations inter couples est discutée.

INTRODUCTION

Nous avons montré dans un travail précédent (LARVOR et BROCHART, 1960) que la structure physique des fourrages pouvait être un facteur non négligeable influençant l'assimilation du magnésium. Le présent travail a pour objet d'étudier l'influence de la variation quantitative des apports alimentaires en Mg, sur la magnésiémie et la concentration urinaire et fécale de Mg, ainsi que le rôle de la saison et de l'individu sur ces variables.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les recherches relatées dans cet article ont été poursuivies parallèlement à une étude sur le métabolisme de Ca, P, Na, K, qui a fait l'objet d'une publication séparée (BROCHART, LARVOR et VISSAC, 1960), où l'on trouvera toutes les données concernant les conditions expérimentales générales ; nous ne précisons ici que quelques points particuliers.

Au cours de la période expérimentale qui a duré du 1^{er} janvier au 31 décembre 1958, les animaux ont été maintenus en stabulation. Au cours de cette période, le couple de jumelles « E-S » a achevé sa croissance, cependant que le couple « I-III » accomplissait une première lactation de 10 mois. Les apports alimentaires en magnésium ont été calculés, à partir de pesées systématiques quotidiennes et d'analyses chimiques des aliments, avec une erreur maximum de l'ordre de 10 p. 100. Ces apports ont progressivement décliné du début à la fin de l'expérience, pour les deux couples, mais selon une chronologie différente selon les couples (tableau 1, et figure 2) ; ils n'ont jamais été inférieurs, même en période terminale, aux normes définies par BLAXTER et Mc GILL (1956).

Nous avons mesuré chaque semaine le magnésium sérique, la concentration en magnésium des fèces (prélèvement à 10 h) et de l'urine (prélèvement à 14 h), soit 52 déterminations par vache et par vache ; le magnésium des aliments et des fèces (ayant subi 48 h de dessiccation à 105°) a été dosé après minéralisation par voie sèche à 550° ; le magnésium sérique, urinaire, a été dosé après minéralisation nitro-perchlorique.

La méthode de dosage utilisée est la méthode colorimétrique au jaune de titane, selon CARLES (1957). La solution acide de magnésium est, préalablement au dosage, traitée par un échangeur cationique, ce qui permet d'éliminer l'anion PO₄ interférant. Mg est ensuite élué par HCl 4 N. Le pH final de l'éluat est, avant addition des réactifs, ajusté à pH 2 environ.

RÉSULTATS

A. — MODE DE RÉPARTITION DES FRÉQUENCES DE CHAQUE VARIABLE.

1° *Population globale.* — Les graphiques de répartition des fréquences (figure 1) font nettement ressortir que les valeurs du Mg sérique et du Mg fécal sont réparties suivant une distribution normale. Par contre, la distribution du Mg urinaire est de type logarithmico-normale, ainsi qu'il est fréquemment observé pour divers constituants urinaires ; pour traiter statistiquement les données du Mg urinaire, il sera donc nécessaire d'en normaliser la distribution par une transformation logarithmique.

2° *Variation inter-couple et intra-couple.* — Les graphiques de répartition par individu (non figurés dans le texte) montrent que la répartition des fréquences individuelles ne diffère pas notablement de la répartition des fréquences de la population globale.

L'examen du tableau 2 montre qu'il existe une relative identité des moyennes et des écarts-types des 2 individus d'un même couple, mais une différence notable entre les couples. L'analyse statistique détaillée de la variation intra-couple et inter-couple doit faire l'objet d'une publication séparée (LARVOR 1960). Nous nous bornerons à donner ici le rapport de la variance inter-couple à la variance intra-couple, calculée selon HANCOCK (1954) pour les trois variables étudiées :

	Magnésium sérique	Mg Fécal	Mg urinaire
Rapport $\frac{\text{variance inter-couple}}{\text{variance intra-couple}}$:	50	12	80

Afin de simplifier la présentation des résultats et les calculs statistiques, les données analytiques ont été groupées, compte tenu de la faible variation intra-couple, et de la forte variation inter-couple, en moyennes mensuelles par couple, ce qui nous permettra notamment de mieux dégager d'éventuelles influences saisonnières et des différences inter-couples.

TABEAU I

Moyennes mensuelles par couple des variables étudiées; évolution des besoins et des apports alimentaires en Mg.

	Mg fécal (p. 1 000 matière sèche)	Mg urinaire (p. 1 000)	Mg urin. × 100 Mg fécal	Mg sérique (mg/100ml)	Poids des vaches	Production laitière (kg)	Apports alimentaires (gr)	Besoins théoriques (g)	Différence apports- besoins (g)	Mg fécal × 100 Apports
Couple E — S										
Janvier.....	7,0	0,33	4,7	2,04	475		24	5,1	19	29
Février.....	5,9	0,28	4,7	2,18	500		24	5,6	48	24
Mars.....	6,2	0,38	6,1	2,23	520		16	6,0	10	39
Avril.....	6,0	0,18	3,0	2,34	525		16	6,0	37	37
Mai.....	5,4	0,15	2,7	2,28	530		16	6,2	40	34
Juin.....	4,8	0,11	2,3	2,31	545		17	6,4	41	28
Juillet.....	5,0	0,16	3,2	2,29	550		17	6,6	41	29
Août.....	5,6	0,14	2,5	2,22	565		17	6,7	40	33
Septembre.....	4,1	0,11	2,7	2,41	555		8	6,6	1	51
Octobre.....	3,2	0,11	3,4	1,87	555		8	6,6	1	40
Novembre.....	2,9	0,12	4,1	1,90	555		8	6,6	2	36
Décembre.....	2,9	0,19	6,5	2,01	565		9	6,7	2	32
Couple I — III										
Janvier.....	6,1	0,49	8,0	2,14	600		28	7,6	20	22
Février.....	5,7	0,55	9,6	2,41	600		30	7,6	22	19
Mars.....	6,0	0,62	10,3	2,70	550	15	39	11,5	27	45
Avril.....	6,0	0,40	6,6	2,63	560	14	36	11,1	25	17
Mai.....	3,9	0,31	7,9	2,69	525	13	22	10,7	41	18
Juin.....	3,4	0,22	6,4	2,43	545	11,5	16	10,1	6	21
Juillet.....	3,3	0,15	4,5	2,30	545	11	19	9,9	9	17
Août.....	2,7	0,15	5,5	2,30	550	9	19	9,0	10	14
Septembre.....	2,4	0,13	5,4	1,97	515	7	14	8,2	6	17
Octobre.....	2,4	0,09	3,7	2,56	490	5	14	7,4	7	17
Novembre.....	1,6	0,12	7,5	2,25	520	5	14	7,4	7	11
Décembre.....	1,4	0,19	13,5	2,48	530	5	14	7,4	7	10

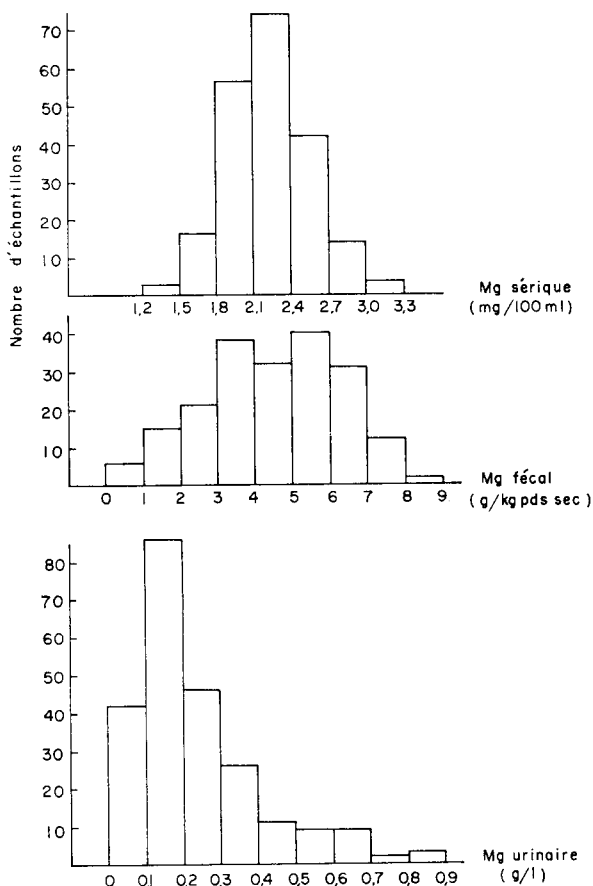


FIG. 1. — Répartition de fréquence (population globale).

TABLEAU 2
Dispersion des variables.

	Magnésium sérique (mg/% ml)			Magnésium urinaire (‰)		Magnésium fécal (‰/100 matière sèche)		
	Moyenne	σ	C. V. %	Moyenne	Limites extrêmes	Moyenne	σ	C. V. %
I	2,43	0,41	16,9	0,30	0,01 — 0,82	3,95	1,80	45,5
III	2,39	0,32	13,4	0,27	0,04 — 0,81	3,74	1,93	51,6
S	2,16	0,30	13,9	0,20	0,00 — 0,53	4,73	1,52	32,1
E	2,14	0,30	14,0	0,19	0,00 — 0,76	5,21	1,46	28,0
Population globale	2,28	0,36	15,8	0,24	0,00 — 0,82	4,78	1,44	30,2
Type de distribution	Normale			Logarithmico — normale		Normale		

Écarts 99 % mg sérique : $2,28 \pm 0,94$ — $> 1,34$ à $3,22$.

B. — INFLUENCE DES APPORTS ALIMENTAIRES.

Cette influence est extrêmement nette sur la concentration fécale et urinaire de Mg (fig. 2). Les corrélations suivantes ont été obtenues entre les moyennes men-

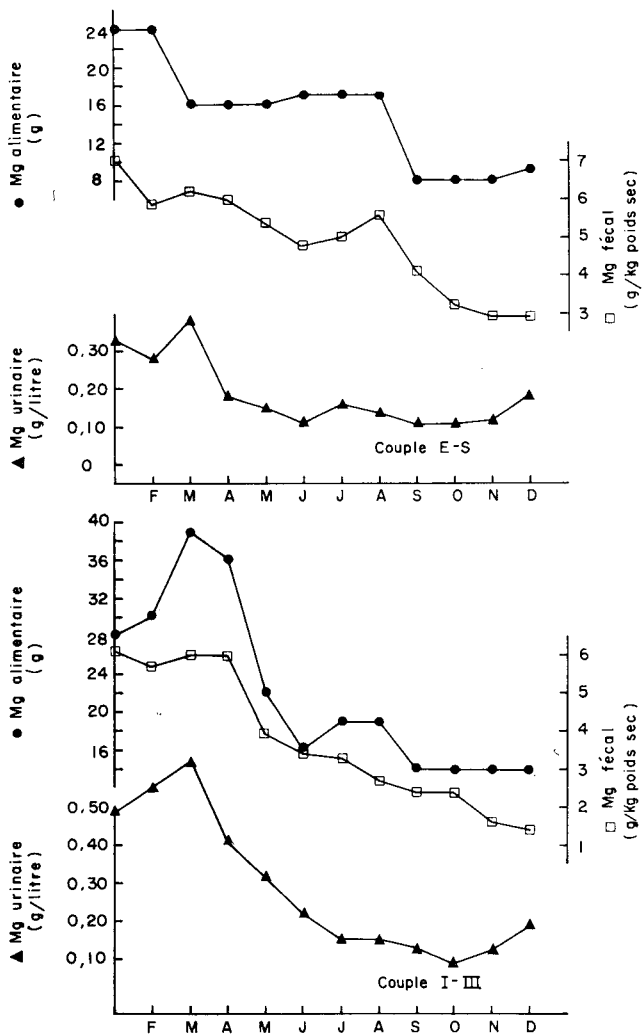


FIG. 2. — Évolution des apports alimentaires, de la concentration fécale et urinaire de Mg.

suelles par couple des concentrations fécales ou des logarithmes des concentrations urinaires et des apports correspondants en Mg (seuils de signification

r p. 100** = 0,68 ; 5 p. 100* = 0,55).

	Couple E - S	Couple I - III
Apports alimentaires — Mg fécal :	$r = + 0,87^{**}$	$r = + 0,92^{**}$
„ „ log Mg urinaire :	$r = + 0,62^{*}$	$r = + 0,88^{**}$

Cette influence est aussi nette lorsqu'elle est exprimée en fonction de la différence entre les apports et les besoins théoriques, calculés selon BLAXTER et MC GILL, (1956) (tableau I).

	Couple E — S	Couple I — III
Différence (apports — besoins théorique) — Mg fécal :	$r = + 0,87^{**}$	$r = + 0,92^{**}$
Log Mg urinaire :	$r = + 0,63^*$	$r = + 0,88^{**}$

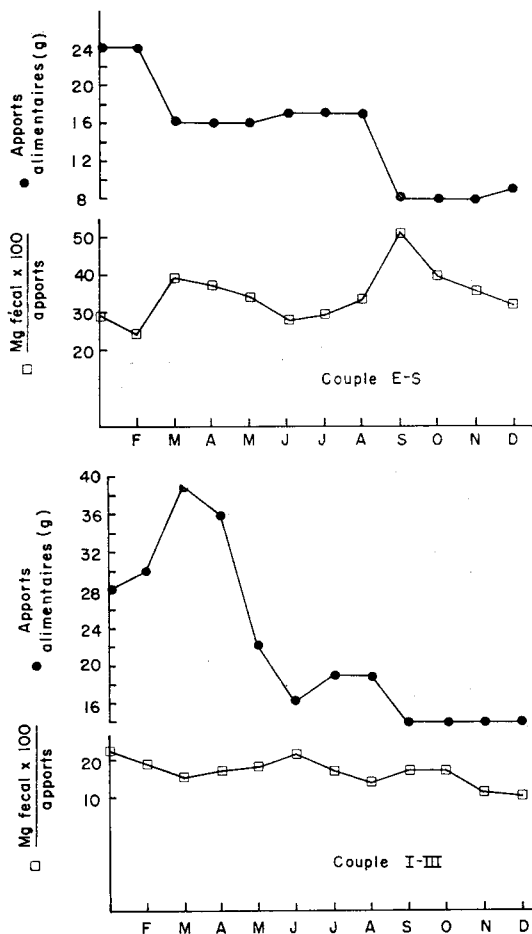


FIG. 3. — Évolution des apports alimentaires et du rapport $\frac{Mg\text{ fécal} \times 100}{\text{apports}}$

L'identité des corrélations obtenues selon que l'on considère les apports ou la différence apports-besoins théoriques est due au fait que pour le couple E-S les besoins ont été pratiquement constants, et que pour le couple I-III les apports ont varié en général parallèlement aux besoins (tableau I).

Les variations de la concentration fécale en réponse aux variations d'apports sont intéressantes à envisager dans la mesure où elles peuvent indiquer l'existence de mécanismes adaptatifs d'absorption intestinale. Chez le couple E-S (figure 3),

on observe que chaque diminution d'apport est suivie d'une augmentation du rapport concentration fécale $\times 100$ /apports, ce qui est dû au fait que l'animal continue à éliminer Mg au niveau antérieur à la réduction des apports ; le réajustement de l'élimi-

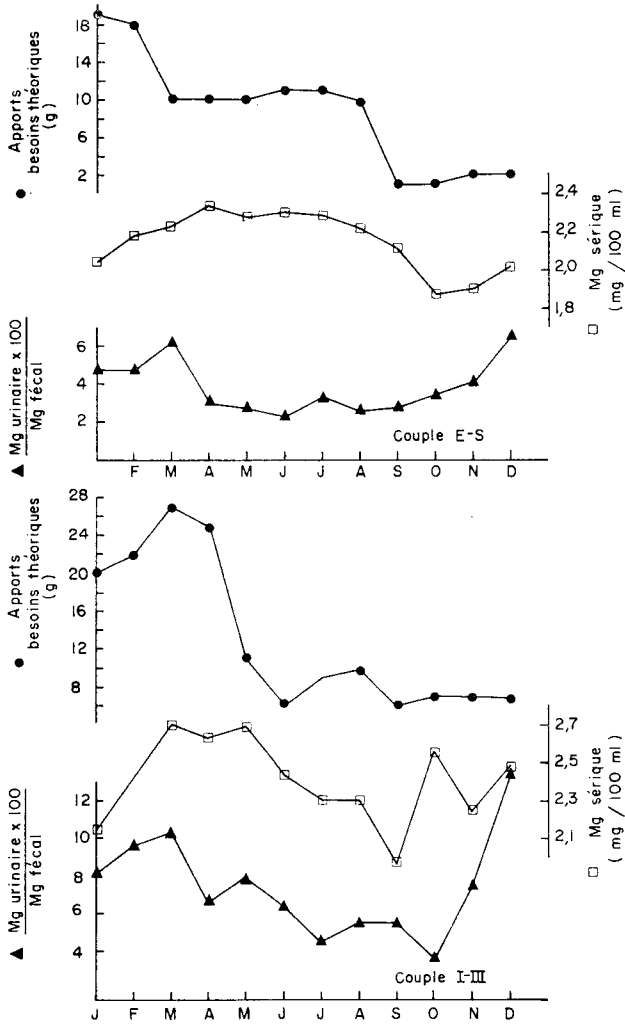


FIG. 4. — Évolution de la différence (apports — besoins théoriques) de la magnésémie et du rapport $\frac{\text{Mg urinaire} \times 100}{\text{Mg fécal}}$

nation fécale au nouveau degré d'apports demande deux mois. Chez le couple I-III un phénomène comparable est observé, mais avec une amplitude moindre. Le délai d'adaptation est également de deux mois ; on notera toutefois que ce couple paraît présenter une possibilité d'adaptation à une réduction de l'apport alimentaire très supérieure à celle du couple E-S, comme en témoigne la réduction progressive de la concentration fécale qui accompagne la baisse des apports (tableau I).

L'influence des apports alimentaires sur le magnésium sérique n'est pas évidente à première vue. On observe toutefois (fig. 4) que la baisse notable du Mg sérique observée de juin à septembre chez le couple I-III suit la baisse importante des apports alimentaires en Mg intervenant à partir de mai. La brusque remontée du Mg sérique en octobre ne peut être expliquée, par contre, par une modification d'apport alimentaire, mais on notera que c'est à partir d'octobre que la production laitière atteint son palier minimum (tableau 1). L'influence des facteurs saisonniers peut aussi contribuer à cette évolution ; ce problème sera discuté plus loin.

L'évolution du Mg sérique du couple E-S paraît indépendante de celle des apports alimentaires. On notera toutefois que pour ce couple également la diminution notable des apports intervenant à partir de septembre paraît avoir entraîné une baisse du Mg sérique.

C. — INFLUENCE DES FACTEURS SAISONNIERS.

Aucune variation saisonnière n'apparaît dans l'évolution des valeurs absolues des concentrations urinaire et fécale de Mg (fig. 2), qui dépendent essentiellement des apports alimentaires.

Par contre, le rapport concentration urinaire $\times 100$ /concentration fécale, qui est indépendant des apports, présente un cycle saisonnier assez net (fig. 4), sensiblement parallèle chez les 2 couples, ce qui semble confirmer que le métabolisme du Mg subit des fluctuations saisonnières.

L'analyse de variance appliquée aux moyennes mensuelles par couple du Mg sérique indique une influence hautement significative du mois de prélèvement ($F = 3,88$: seuil à 1 p. 100 = 2,86).

Toutefois les cycles annuels des deux couples ne sont pas régulièrement parallèles entre eux, ni en relation constante avec le cycle du rapport : concentration urinaire $\times 100$ /concentration fécale.

Cependant une évolution saisonnière du Mg sérique a été mise en évidence par ALLCROFT et GREEN (1938), qui ont signalé un maximum de la magnésémie en été, et un minimum en hiver, tendance que l'on retrouve dans notre expérience (fig. 4), avec toutefois un « trou » de juin à septembre pour le couple I-III, et des valeurs nu peu faibles de août à novembre pour le couple E-S.

Ces irrégularités du cycle saisonnier du Mg sérique par rapport au cycle théorique peuvent s'expliquer par la baisse notable des apports alimentaires survenue pour le couple I-III à partir de mai, et pour le couple E-S à partir du mois de septembre.

D. — INFLUENCE DU FACTEUR INDIVIDUEL.

L'influence individuelle ne sera évidemment dans les conditions de cette analyse qu'une influence du couple. On observe que les 2 couples diffèrent à tous les niveaux explorés du métabolisme du Mg :

1° *Au niveau sérique*, l'analyse de variance individu-mois de prélèvement indique une influence individuelle hautement significative ($F = 11,26$; seuil 1 p. 100,

4,46) ; les moyennes mensuelles des valeurs du Mg sérique du couple I-III ont été dans 11 cas sur 12 supérieures à celles du couple E-S (tableau 1 et fig. 4).

2° *Au niveau fécal*, les droites de régression de la relation (apports-besoins théoriques)-Mg fécal sont :

$$\text{Couple I-III : } Y = 0,204 X + 1,08$$

$$\text{Couple E-S : } Y = 0,195 X + 3,21.$$

(Y = concentration du Mg fécal pour 1 000 de la matière sèche ; X = différence entre apports et besoins théoriques, en grammes).

L'accroissement de l'élimination fécale pour une même augmentation d'apport est donc pratiquement identique pour les deux couples, les coefficients angulaires étant très voisins, mais l'élimination fécale de « base » paraît par contre trois fois plus grande pour le couple E-S que pour les couples I-III. Cette différence dans l'ordonnée à l'origine (ou excrétion fécale de base) des deux droites, peut évidemment être due au fait que la variable « différence apports-besoins théoriques » est fonction d'une donnée arbitraire, les besoins théoriques, supposés identiques pour tous les animaux, alors qu'on peut concevoir que les besoins diffèrent selon les individus. Toutefois, dans cette hypothèse, il faudrait admettre, pour que les deux droites de régression soient superposées, que les besoins d'un couple sont inférieurs, ou ceux de l'autre couple supérieurs, de 10 grammes aux normes théoriques ; dans le premier cas, cela conduit pour le couple E-S à des besoins négatifs, et pour le couple I-III à des besoins doubles des besoins théoriques, alors que ce couple est celui qui paraît présenter l'assimilation la plus élevée du magnésium. Si l'on admet que les corrections par rapport aux normes théoriques doivent intéresser les deux couples simultanément, les corrections positives ou négatives à apporter sont de l'ordre de 50 à 100 p. 100 et conduisent également à des impossibilités théoriques. Il semble donc bien que cette différence dans l'élimination fécale de base soit une réalité. Au cours de l'expérience, nos vaches ont éliminé quotidiennement environ 15 kg de fèces à 15 p. 100 de matière sèche, soit 2,250 kg de matière sèche par jour. Dans ces conditions, on peut calculer par extrapolation l'excrétion fécale endogène totale pour un apport nul. Cette excrétion est de 2,4 g pour le couple I-III, soit une valeur très voisine de celle signalée par BLAXTER et MC GILL (1,5 à 2 g) pour des vaches adultes en lactation, et de 7,2 g pour le couple E-S.

TABLEAU 3

Concentration en Mg des poils du toupet (mg/g).

Date du prélèvement	Génisse I	Génisse III	Génisse S	Génisse E	Moy. / prélève.
Décembre 57	0,07	0,06	0,01	0,04	0,045
Février 58.....	0,06	0,07	0,02	0,02	0,042
Avril 58.....	0,06	0,08	0,02	0,03	0,047
Juin 58.....	0,06	0,08	0,03	0,04	0,052
Août 58.....	0,07	0,09	0,02	0,02	0,050
Octobre 58.....	0,08	0,08	0,03	0,03	0,055
Décembre 58.....	0,06	0,08	0,06	0,04	0,060
Moyenne individuelle	0,065	0,077	0,027	0,031	

3° *Au niveau urinaire*, les droites de régression de la relation (apports-besoins théoriques) — log concentration urinaire sont :

$$\text{Couple I-III : } Y = 0,0314 X + 0,96427$$

$$\text{Couple E-S : } Y = 0,0199 X + 1,05997$$

(Y = logarithme de la concentration urinaire, exprimée en grammes par litre ; X = apports-besoins théoriques, en grammes).

Pour un même accroissement d'apport alimentaire par rapport aux normes théoriques, le couple I-III excrète donc plus de Mg par voie urinaire que le couple E-S.

4° *Au niveau des poils* (tableau 3) la concentration en Mg est nettement plus élevée chez le couple I-III que chez le couple E-S.

DISCUSSION

Cette étude confirme l'existence des 3 facteurs classiquement admis comme contrôlant le métabolisme du magnésium : l'alimentation, la saison, l'individu.

L'influence de l'alimentation sur la concentration fécale et urinaire de Mg est déterminante ; nos résultats mettent de plus en évidence l'inertie considérable de la régulation de l'absorption intestinale, puisqu'il s'écoule deux mois avant que l'abaissement des apports soit corrigé par une réduction correspondante de l'élimination fécale. En ce qui concerne l'influence des apports en Mg sur le niveau sérique, on a vu que les valeurs du Mg sérique sont à certains moments inférieures aux valeurs théoriques que le cycle saisonnier laisse prévoir. Ceci suggère que les normes de BLAXTER et MC GILL, basées sur un coefficient d'absorption de 33 p. 100, sont un peu faibles, ce que ces auteurs ont d'ailleurs eux-mêmes envisagé. Toutefois ces valeurs infra-normales du Mg sérique n'ont jamais atteint les valeurs pathologiques que l'on observe lors de tétanie (moins de 1 mg/100 ml). Nos observations (LADRAT et al., 1959) indiquent que l'on observe de la tétanie lorsque le déficit est de l'ordre de 50 p. 100 des besoins théoriques.

MEYER et SCHMIDT (1958) ont démontré que la thyroxine, chez le veau, augmente régulièrement l'élimination urinaire de Mg, parfois l'élimination fécale, et abaisse la magnésiémie. Nous observons en hiver, donc au maximum d'activité thyroïdienne une augmentation relative de la concentration urinaire de Mg et une baisse de la magnésiémie. Il est donc possible, ainsi que cela a été envisagé déjà par plusieurs auteurs, que le cycle annuel du métabolisme du Mg soit sous le contrôle de l'activité thyroïdienne saisonnière. Il est à remarquer qu'un tel cycle n'avait pas été démontré par ALLCROFT et GREEN (1938) sur des animaux ayant un cycle d'exploitation normal (stabulation suivie de période de pâture) ; dans nos conditions, ce cycle se manifeste en stabulation permanente, alors que les variations qualitatives de rationnement n'ont pas joué de rôle.

Les différences entre les 2 couples sont très importantes : Le couple E-S, qui présente l'élimination fécale la plus importante a une magnésiémie et une concentration urinaire de Mg régulièrement inférieures à celles du couple I-III ; la possibilité de fixation du Mg par les tissus, dans la mesure où celle-ci est représentée par la teneur en Mg des poils, est également moindre chez le couple E-S. Les différences entre les deux couples expliquent sans doute l'écart entre les coefficients des droites de

régression liant la différence « apports alimentaires-besoins théoriques » à la concentration urinaire en Mg ; le couple I-III paraît assimiler ou retenir Mg plus efficacement que le couple E-S, puisqu'il a une élimination fécale moindre et une magnésémie supérieure. On conçoit dès lors qu'une augmentation d'absorption du Mg doit entraîner chez le couple I-III, lorsqu'elle est supérieure aux besoins, une élimination accrue de Mg par voie urinaire.

Cette différence dans la capacité d'absorption intestinale des 2 couples peut être due à la non identité de leurs stades physiologiques respectifs : fin de la croissance dans un cas, lactation dans l'autre. Toutefois, si le stade physiologique devait influencer de façon décisive l'absorption intestinale, on devrait observer des modifications de l'élimination fécale soit, au cours d'un cycle complet de lactation, en fonction du stade de lactation, soit, chez les sujets en croissance, après l'achèvement de celle-ci. Or, les variations du coefficient d'utilisation de Mg (fig. 3) ne dépendent essentiellement que des variations d'apports alimentaires.

Une autre hypothèse sur l'origine de ces différences inter-couples pourrait faire intervenir un facteur individuel, peut-être héréditaire, contrôlant l'absorption intestinale.

Reçu en octobre 1960.

SUMMARY

RESEARCH ON THE METABOLISM OF MAGNESIUM. III. EFFECT OF KNOWN DOSES OF MAGNESIUM, THE SEASON AND THE INDIVIDUAL ON THE EVOLUTION, DURING A YEAR, OF MAGNESAEMIA AND THE URINARY AND FAECAL CONCENTRATION OF MG IN TWO PAIRS OF MONOZYGOUS TWIN HEIFERS.

Two pairs of identical heifers have been kept for one year under permanent housing and on dry food. Serum Mg, urinary and fecal concentrations of Mg have been measured every week, and hair Mg every two months. Mineral Mg intake has been calculated with a maximum error of 10 p. 100.

Positive correlations, most of these highly significant, between Mg intake and fecal and urinary Mg concentrations have been observed. Adaptation of fecal excretion to a reduction of intake requires two months.

There is a seasonal trend in the relation urinary Mg / fecal Mg, : with a minimum in summer and a maximum in winter.

The annual variation of serum Mg apparently depends on both seasonal and alimentary influences.

The two pairs of identical heifers have exhibited profound differences in the Mg metabolism ; one pair, the growth of which was completed during the experiment, was characterized by a high fecal Mg concentration, and low serum, urinary and hair Mg concentration. The second pair, which performed a complete lactation cycle during the experiment has shown exactly inverse characteristics. The origin of these differences between the two pairs are discussed.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLCROFT W. M., GREEN H. H., 1938. Seasonal hypomagnesaemia of the bovines. *J. Comp. Path.*, **51**, 176.
- BLAXTER K. L., Mc GILL R. F., 1956. Magnesium metabolism in cattle. *Vet. Rev. and annotations*, **2**, (1), 35.
- CARLES J., 1957. Microdosage colorimétrique du magnésium. *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **39**, 445.
- HANCOCK J., 1954. Monozygotic twins in cattle. *Advanc. Genet.*, **6**, 164.
- LADRAT J., LARVOR P., BROCHART M., 1960. Recherches sur quelques cas de tétanie d'herbage. *Rec. Méd. Vét.*, **145**, 903.
- LARVOR P., 1960. Sur la variation intra-couple de quelques variables sanguines chez deux couples de jumelles univitellines. *C. R. Journées d'étude Assoc. Europ. Zootech., Stockholm. (sous presse)*.
- LARVOR P., BROCHART M., 1960. Recherches sur le métabolisme du magnésium. I. Structure physique de la ration et magnésémie. *Ann. Zootech.* **9**, 365.
- MEYER von H., SCHMIDT P., 1958. Der Einfluss von Thyroxin auf den Magnesium- und Kalzium stoffwechsel beim Kalb. *Dtsch. Tier. Wschr.*, **65**, 602.