

## EFFET DE L'ADDITION DE SORBITOL À LA RATION DES VACHES LAITIÈRES SUR LEURS PERFORMANCES ET SUR LA COMPOSITION DE LEUR SANG

REMOND B et JACQUIER Carole

avec la collaboration technique de BONY J, GAREL JP et OLLIER A

Laboratoire de la Lactation, INRA-CRZV de Theix, 63122 Ceyrat, France

Reçu le 26 février 1986/Accepté le 2 juillet 1986

### Abstract

EFFECTS OF SORBITOL ON DAIRY COW PERFORMANCE AND BLOOD COMPOSITION. — One hundred and nineteen dairy cows were given 0, 50 or 100 g sorbitol per day in the diet, in 4 trials. Three trials were conducted at the beginning of lactation, with maize silage, grass silage or grass silage and hay based diets. In the fourth trial conducted in mid-lactation, the concentrate had been enriched with fat. No sorbitol or fructose was found in blood. Sorbitol decreased free cholesterolemia ( $P < 0.01$ ), ester-cholesterolemia ( $P < 0.10$ ) and glycemia ( $P \leq 0.05$ ). No changes in performance were noted.

Au début de la lactation, la vache laitière est systématiquement en bilan nutritionnel (énergétique surtout) négatif, pendant une durée et avec une ampleur d'autant plus grandes que la capacité de production des animaux est plus élevée. Pour pallier ce déficit énergétique, elle utilise ses lipides de réserve qui sont déversés dans le sang sous forme d'acides gras libres. Leur captation par le foie, proportionnelle à leur concentration, peut entraîner la formation de corps cétoniques (cétose) si la quantité de glucose (ou de ses précurseurs) disponible est insuffisante, ou une accumulation de triglycérides (stéatose) si la formation ou l'émission de lipoprotéines (VLDL) est limitante. Il en résulte une diminution de l'appétit et de la production des animaux (Coulon *et al* 1984), et des difficultés de reproduction.

Or, chez la monogastrique, si le sorbitol présente de façon reconnue des propriétés cholécystokinétique et cholérétique largement utilisées en médecine humaine (Plessier 1960), il semble aussi manifester une activité lipotrope. Celle-ci résulterait, après la transformation du sorbitol en fructose dans le foie grâce à la présence de la sorbitol deshydrogénase (Frahm *et al* 1977), soit de sa conversion en glycérol-1-phosphate (Topping et Mayes 1972), soit de l'accroissement de l'insulinémie qui stimule l'estérification des acides gras dans le foie et leur émission dans le sang sous forme de lipoprotéines (Topping et Mayes 1972), soit enfin de la stimulation qu'il exerce sur l'activité de la phosphatidate phospho-

hydrolase (PPDH) qui est une des enzymes clés de la synthèse des triglycérides (Sturton *et al* 1978).

Ce sont les raisons pour lesquelles nous avons voulu étudier dans quatre essais l'effet du sorbitol distribué de façon chronique à des vaches laitières placées dans deux situations nutritionnelles: 1° pendant le début de la lactation, au cours duquel elles mobilisent leurs lipides corporels (trois essais); 2° lorsqu'elles reçoivent un régime enrichi en lipides. Les résultats d'un essai ont déjà été rapportés brièvement antérieurement (Rémond et Jacquier 1986).

### Matériel et Méthodes

#### *Animaux et schéma expérimental (tabl. 1)*

Pour les quatre essais (un à Theix, un à Orcival, et deux à Marcenat), nous avons utilisé au total 119 vaches laitières, dont 36 multipares, du type Pie Noir (77 animaux) ou Montbéliard (42 animaux). Dans chaque essai, elles ont été réparties en 2 ou 3 lots de 10 à 15 vaches de façon que la production laitière attendue (Orcival et Marcenat 2), la production laitière de la mère (Theix et Marcenat 1), le poids vif, l'état corporel, la date de vêlage et le numéro de lactation, soient en moyenne les mêmes dans les différents lots.

Chaque essai a comporté une période pré-expérimentale de 2 à 4 semaines au cours de laquelle les animaux des différents lots faisant partie du même essai étaient alimentés de la même façon, et une période expérimentale de 5 à 7 semaines au cours de laquelle différentes quantités quotidiennes de sorbitol (50 ou 100 g) ont été distribuées.

Tableau 1. — Principales caractéristiques des essais

	Lieu de l'essai			
	Orcival	Theix	Marcenat	
			essai 1	essai 2
<i>Traitements expérimentaux</i>				
nombre de lots	3	2	2	3
sorbitol (g/j)	0/50/100	0/50	0/50	0/50/100
<i>Animaux</i>				
vaches par lot	12	10/12	15	10
nombre de lactations				
multipares	+	—	—	—
primipares	—	+	+	+
phase de lactation				
début	+	+	+	—
milieu	—	—	—	+
<i>Périodes (semaines par rapport au vêlage)</i>				
pré-expérimentale	— 2 et — 1	— 2 à + 1	— 2 à + 1	11 à 14
expérimentale	1 à 6	2 à 6	2 à 8	15 à 20
<i>Alimentation pendant la lactation</i>				
fourrage : nature, quantité)				
ensilage d'herbe	+	—	+	+
	(ad libitum)		(ad libitum)	(ad libitum)
ensilage de maïs <sup>b</sup>	—	+	—	—
		(ad libitum)		
foin <sup>c</sup>	+	—	+	+
	(3 kg)		(4 kg)	(4 kg)
ration totale (MAT % MS)	16,6	16,4	14,3	14,8

a : composition : Orcival, ensilage de ray-grass plus dactyle, de 2e cycle avec conservateur, 16,5 % de MAT ; Marcenat essai 1, ensilage de ray-grass du 1er cycle avec conservateur, 12,7 % de MAT ; Marcenat essai 2, ensilage de ray-grass du 1er cycle avec conservateur, 17,5 % de MAT

b : composition : Theix, ensilage de maïs, 9,3 % de MAT

c : composition : Orcival, foin de prairie permanente du 1er cycle, 12,7 % de MAT ; Marcenat essai 1 et essai 2, foin de prairie naturelle de 1er cycle, 9,3 % de MAT

### Alimentation

#### 1. Essais en début de lactation (essais à Theix, Orcival et Marcenat 1)

Pendant la fin de la gestation, les quantités de fourrages ont été plus ou moins limitées et les quantités de concentré ont été rationnées selon les recommandations de Hoden (1978). Pendant la lactation, un des fourrages au moins a été distribué à volonté et les quantités de concentré ont été offertes en quantités régulièrement croissantes jusqu'à la 5-6<sup>e</sup> semaine, de façon que les besoins nutritionnels estimés des animaux au cours de cette semaine soient satisfaits. Ces besoins estimés étaient calculés à partir de leur production soit de la lactation antérieure (essai à Orcival) soit de la 1<sup>re</sup> semaine de lactation (essais à Theix et Marcenat 1).

A Orcival et à Marcenat, l'aliment concentré (17,9 % de matières azotées totales, MAT, dans la matière sèche, MS) avait un rapport azote/énergie satisfaisant pour la production laitière (environ 116 g de Protéines Digestibles dans l'Intestin/Unité Fourragère Lait.). A Theix, on a utilisé du concentré énergétique et un mélange de

tourteaux de soja-colza tannés (1/1) en proportion aboutissant au même rapport azote/énergie. De plus, à Theix, 200 g d'urée ont été mélangés à la ration d'ensilage de maïs pour satisfaire les besoins azotés des microorganismes du rumen.

#### 2. Essai en milieu de lactation (Marcenat 2)

Après la période préexpérimentale de quatre semaines au cours de laquelle les besoins nutritionnels des animaux ont été satisfaits, les quantités d'aliment concentré distribuées ont été diminuées d'une quantité d'énergie (et d'azote) équivalant à une diminution de production laitière de 1,5 % par semaine. Le concentré distribué aux animaux avait été enrichi en matières grasses par incorporation de graines de tournesol et de soja extrudées, et de suif. Sa teneur en acides gras était de 7,1 % (par rapport à la matière sèche).

Dans les quatre essais, les animaux recevaient tous les jours 150 à 200 g d'un complément riche en minéraux et en vitamines du type 14-14 (Orcival et Marcenat 1), 10-14 (Marcenat 2) ou 10-20 (Theix) ; ces aliments ne contenaient aucune substance à activité réputée hépatoprotectrice (choline, méthionine,...).

Tableau 2. — Effet de l'apport de sorbitol sur la concentration de quelques constituants sanguins au cours de l'essai de Theix

nature du constituant	moment du prélèvement sanguin (semaines après le début de la distribution du sorbitol)				écart-type moyen <sup>a</sup>
	2 sorbitol (g/j)		5 sorbitol (g/j)		
	0	50	0	50	
	moyenne par groupe expérimental				
Hématocrite (%)	32,0	32,5	32,5	31,0	2,7 (ns)
Glucose (mg/100 ml)	68,7	62,6	69,3	66,1	5,1 (P < 0,05)
3-hydroxybutyrate (mg/100 ml)	8,1	8,3	8,7	8,9	2,5 (ns)
Triglycérides (mg/100 ml)	17,7	17,5	18,8	19,2	4,0 (ns)
Cholestérol libre (mg/100 ml)	34,6	27,6	43,4	35,0	5,4 (P < 0,01)
Esters de cholestérol (mg/100 ml)	120,8	110,4	161,3	144,7	19,6 (P < 0,01)

a : des différents groupes expérimentaux ; (ns, non significatif)

Le sorbitol était incorporé à raison de 5 ou 10 % dans des aliments concentrés. Ces aliments ont été distribués une fois par jour à Marcenat (essais 1 et 2) et deux fois par jour à Theix. A Orcival, la distribution a eu lieu en 1 ou 2 fois, selon que les quantités totales de concentré distribuées étaient inférieures ou supérieures à 5 kg par jour.

*Prélèvements et mesures*

1. *Mesures effectuées sur les animaux*

Toutes les mesures ont été individuelles. La quantité de lait produite a été mesurée 4 à 7 jours par semaine selon les essais, et sa teneur en matières grasses et en protéines 2 à 4 jours par semaine. La quantité d'aliment concentré distribuée a été pesée tous les jours et la quantité d'aliments ingérée a été mesurée 2 (Marcenat) à 4 (Theix et Orcival) jours par semaine. Les animaux ont été pesés chaque semaine à Theix, toutes les deux semaines dans l'essai à Marcenat 2, et à trois reprises au cours des essais réalisés à Orcival (1<sup>er</sup>, 3<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> semaines) et à Marcenat 1 (1<sup>er</sup>, 4<sup>e</sup> et 8<sup>e</sup> semaines).

2. *Prélèvements de sang et de lait*

Du sang a été prélevé sous vide, dans la veine jugulaire, entre 13 h 30 et 14 h 30 (Orcival et Theix) ou dans la veine caudale entre 11 h et 12 h 30 (Marcenat 2), et recueilli dans des flacons héparinés. Les prélèvements ont eu lieu au cours de la 3<sup>e</sup> semaine de lactation à Orcival, au cours des 3<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> semaines à Theix. Dans ce dernier essai, un échantillon de lait de la traite du soir a été prélevé le même jour que le 1<sup>er</sup> prélèvement sanguin. A Marcenat 2, les prélèvements de sang ont eu lieu au cours de la dernière semaine expérimentale. Nous avons en outre prélevé, dans les mêmes conditions, du sang à

10 vaches multipares ne recevant ni sorbitol ni concentré enrichi en matières grasses, mais alimentées avec la même ration de base et un aliment concentré «classique».

3. *Dosages*

A Theix, après mesure de l'hématocrite, le sang a été centrifugé. Une partie du plasma recueilli a été conservée à -18°C jusqu'à la réalisation des dosages suivants : cholestérol libre et cholestérol total (Kit Bœringher), et triglycérides (Kit Dow Chemical) ; l'autre partie a été déprotéinisée avec de l'acide perchlorique 0,6 M (2 vol/1 vol) en vue du dosage du glucose (méthode à la glucose-oxydase ou chromatographie en phase gazeuse), du fructose et du sorbitol (chromatographie en phase gazeuse) et du 3-hydroxybutyrate (méthode enzymatique de Williamson et Mellanby 1974). Ces quatre derniers dosages ont été réalisés dans du sang déprotéinisé à l'acide perchlorique 0,6 M dans l'essai d'Orcival, et dans du plasma non traité dans l'essai réalisé à Marcenat.

*Analyse statistique des résultats*

L'effet de l'apport de sorbitol sur la production des animaux et leurs quantités ingérées a été estimé en soumettant les résultats à une analyse de variance et de covariance (Seebeck 1973) ; les covariables ont été : pour la quantité de lait produite et ses teneurs en matières grasses et en protéines, les valeurs enregistrées pendant la lactation antérieure (Orcival) ou pendant la période préexpérimentale (Theix, Marcenat 1, Marcenat 2) ; pour les quantités ingérées, le format des animaux et la production laitière de la lactation antérieure ou attendue. Les résultats de composition

Tableau 3. — Effet de l'apport de sorbitol sur la concentration de quelques constituants sanguins au cours de l'essai à Orcival

nature du constituant	quantité de sorbitol (g/j)			écart-type moyen <sup>a</sup>
	0	50	100	
moyenne par groupe expérimental				
Hématocrite (%)	31,0	30,0	31,0	1,4 (ns)
Glucose (mg/100 ml)	41,6	39,8	38,0	6,2 (ns)
3-hydroxybutyrate (mg/100 ml)	10,1	11,0	11,4	4,4 (ns)
Triglycérides (mg/100 ml)	19,0	15,2	17,0	4,1 (ns)
Cholestérol libre (mg/100 ml)	33,3	28,8	33,0	3,4 (lim 0,05)
Esters de cholestérol (mg/100 ml)	161,9	147,5	153,0	13,8 (ns)

a : des différents groupes expérimentaux ; (ns, non significatif)

sanguine (exprimés en mg/100 ml ou, lorsqu'ainsi leur distribution n'était pas normale, par leur logarithme népérien) ont été soumis à l'analyse de variance, d'abord essai par essai, puis après regroupement des différents essais. On a presque systématiquement utilisé la production laitière attendue comme covariable. Les résultats de concentration du 3-hydroxybutyrate ont été soumis au test d'analyse statistique non paramétrique de Kruskal et Wallis (Dagnelie 1975) car ni la distribution des concentrations, ni celle de leur logarithme ou de leur racine carrée n'étaient normales.

## Résultats

Parmi les 119 animaux mis en lot, 25 ont été éliminés pour des raisons a priori indépendantes des traitements expérimentaux: difficultés de vêlage et mammites (14 vaches), date de vêlage inattendue (4 vaches), production laitière jugée trop faible (7 animaux).

### Quantités d'aliments ingérées et performances des animaux

L'aliment contenant du sorbitol n'a pas présenté d'appétibilité particulière et n'a pas provoqué de modifications des quantités d'aliments ingérées. L'apport de sorbitol n'a pas non plus modifié la quantité de lait produite — qui a été, en moyenne pour la période expérimentale, de 28,1, 20,5, 20,3 et 16,7 kg pour les essais Orcival, Theix, Marcenat 1, Marcenat 2, ni son taux de matières grasses (respectivement 34,4, 39,5, 39,9, 41,0 g p.1000 pour les mêmes essais), ni son taux de protéines (31,9, 30,2, 29,3, 27,3 g p.1000). Les pertes de poids vif entre le début et la fin des essais, qui ont été respectivement de 27, 5, 29 et 8 kg, n'ont pas

davantage été modifiées par l'apport de sorbitol.

### Composition du sang et du plasma (tabl. 2, 3 et 4)

Le sorbitol n'a été détecté, ni dans le sang, ni dans le lait, au seuil de sensibilité de 50 microgrammes par ml. Son apport a cependant entraîné des diminutions de la concentration du glucose, du cholestérol et des esters de cholestérol, qui ne sont significatives qu'à Theix. Cependant, si on analyse ensemble les 4 séries de résultats (deux pour Theix, une pour Orcival et une pour Marcenat) obtenues avec le régime témoin et avec le régime contenant 50 g de sorbitol, il apparaît que le sorbitol a entraîné des diminutions significatives de la glycémie (3,4 mg/100 ml;  $P < 0,05$ ), hautement significative de la cholestérolémie libre (9,2 mg/100 ml;  $P < 0,01$ ) et significative au niveau de 10 % de la concentration des esters de cholestérol (12,0 mg/100 ml). En revanche, la teneur en triglycérides n'a pas varié, de même que celle en 3-hydroxybutyrate, malgré l'accroissement systématique de la moyenne des concentrations individuelles dans les trois essais, notamment à Marcenat. On n'a pas détecté de fructose.

On note, à Marcenat, l'effet important de l'apport de matières grasses dans la ration sur les teneurs du plasma sanguin en cholestérol libre et, dans une moindre mesure, en triglycérides et en esters du cholestérol.

## Discussion

A notre connaissance, on n'a jamais étudié l'action du sorbitol sur les performances et la

Tableau 4. – Effet de l'apport de sorbitol sur la concentration de quelques constituants sanguins au cours de l'essai 2 de Marcenat

nature du constituant	régime supplémenté en matières grasses				
	oui			non	
	0	sorbitol (g/j) 50	100	sorbitol (g/j) 0	écart-type <sup>a</sup> moyen
moyenne par groupe expérimental					
Glucose (mg/100 ml)	50,4	46,2	44,1	51,8	6,8 (ns,ns)
3-hydroxybutyrate (mg/100 ml)	14,8	16,8	19,4	10,4	8,8 (ns,ns)
Triglycérides (mg/100 ml)	21,9	19,0	18,1	15,8	5,3 (ns,P < 0,05)
Cholestérol libre (mg/100 ml)	81,9	68,9	65,7	49,5	19,0 (ns,P < 0,001)
Esters de cholestérol (mg/100 ml)	281,1	296,9	268,1	232,0	51,1 (ns,P < 0,01)

a : des différents régimes ; (première signification statistique : apport du sorbitol avec une ration enrichie en matières grasses ; seconde signification statistique : influence de l'enrichissement en matières grasses dans les groupes expérimentaux ne recevant pas de sorbitol).

composition du sang de ruminants adultes, lorsqu'il est ajouté comme seul polyalcool à leur ration.

Bien que le sorbitol n'ait pas été détecté dans le sang périphérique et qu'il n'ait pas modifié les performances des animaux (production et composition du lait, quantités d'aliments ingérées), les modifications de composition sanguines qu'il entraîne suggèrent qu'il a eu une action sur la digestion et/ou, sur le métabolisme des vaches.

Seules, deux études effectuées *in vitro* ont concerné l'effet du sorbitol sur la composition du mélange des acides gras volatils dans le jus de rumen. Les résultats de Poutiainen *et al* (1977), qui portent sur une seule vache, donnent à penser qu'il favorise la production du butyrate, et ceux de Lister et Smithard (1984) qu'il accroît le rapport acétate/propionate ; ces deux observations sont cohérentes avec la tendance observée dans nos essais à l'accroissement de la concentration du 3-hydroxybutyrate dans le sang, et avec la diminution de la glycémie.

Cependant, la diminution de la cholestérolémie, semblable à ce qui est observé chez les monogastriques (voir plus loin), permet aussi de penser qu'il agit directement sur le métabolisme des animaux. En dépit de son séjour dans le rumen, le sorbitol peut être absorbé partiellement en raison de sa lente dégradation par le contenu de rumen : environ 20 % au bout de 8 h de fermentation *in vitro* dans les essais de Poutiainen *et al* (1976), et de Merensalmi (1978) ; 2,9 % après une heure de fermentation *in vitro* selon Czerkawski et Breckenridge (1969). Cependant, Lister et Smithard

(1984), contrairement à Poutiainen *et al* (1976) toutefois, enregistrent une très forte augmentation de la capacité du contenu de rumen à dégrader le sorbitol lorsque les animaux sont accoutumés à en recevoir : après 3 semaines de supplémentation, la demi-vie du sorbitol est passée de 4,5 h à 1,3 h.

La diminution de la cholestérolémie et le maintien de la triglycémie que nous avons constatés sont en accord avec les observations les plus constamment faites lorsque du sorbitol est administré, que ce soit à des hommes en perfusion intraveineuse (Berg *et al* 1973, Berg et Matzkies 1975) ou à des veaux préruminaux par incorporation dans leur ration lactée (Bauchart 1983, Bauchart *et al* 1985). Nos conditions expérimentales étaient pourtant très différentes, notamment des essais sur l'homme : durée d'administration de plusieurs semaines au lieu de 6 h ; distribution dans l'alimentation au lieu de perfusion intraveineuse ; quantité administrée de 0,02 à 0,04 g par kg de poids métabolique et par heure au lieu de 0,10 à 0,43 g. Cette similitude d'effet suggère que, dans les différents essais, le mode d'action du sorbitol a été le même d'autant que, comme chez le monogastrique, il est transformé en fructose dans le foie sous l'action de la sorbitol déshydrogénase (Frahm *et al* 1977), puis en glucose (Sastradipradja et Black 1971). Chez le monogastrique, il semble pouvoir accroître la lactatémie (Willgerodt et Beyreiss 1974) en diminuant le prélèvement de lactate sanguin par le foie (Topping et Mayes 1972), et diminuer la 3-hydroxybutyratémie (Exton et Edson 1964, Berg et Matzkies 1975).

L'une et/ou, l'autre de ces deux modifications pourrait rendre compte de la diminution de la cholestérolémie, puisque le lactate inhibe *in vitro* la synthèse du cholestérol (Beynen *et al* 1982), et le 3-hydroxybutyrate est un précurseur très important dans cette synthèse (Edmond 1974). Nous n'avons pas mesuré la lactatémie, mais l'absence de variation de la 3-hydroxybutyratémie que nous avons observée, élimine l'effet réputé anticéto-gène du sorbitol comme facteur d'explication de la diminution de la cholestérolémie.

Des résultats récents ont montré que, chez le veau, l'apport de sorbitol stimulait la sécrétion de bile (Thivend *et al* 1984) et diminuait la production nette (mesurée par différence artérioveineuse hépatique) du cholestérol libre (Durand *et al* 1984); ils suggèrent fortement que la diminution de la cholestérolémie résulte d'une sécrétion accrue dans la bile de cholestérol libre ou de sels biliaires.

L'absence de fructose dans le sang périphérique et la diminution significative de la glycémie que nous avons observées, peuvent paraître surprenantes puisque dans la majorité des essais, l'administration de sorbitol a entraîné un accroissement de la fructosémie et de la glycémie (Willgerodt et Beyreiss 1974, Kolb *et al* 1976, Kouider *et al* 1980). Ces modifications ont été observées dans un délai inférieur à 2-3 h après l'administration intraveineuse de sorbitol alors que nos échantillons de sang ont été prélevés 4 h à 6 h après son ingestion. Or, la voie d'administration du sorbitol et le délai entre l'administration et le prélèvement sanguin jouent un rôle important dans l'effet qu'il

a sur la composition du sang. Ainsi, chez le bovin, Kolb *et al* (1976) notent que l'injection intrapéritonéale permet l'administration de quantités plus élevées de sorbitol que l'injection intraveineuse et que, contrairement à celle-ci, elle n'accroît ni la glycémie, ni la fructosémie. Avec des porcelets, Brenner et Kolb (1976) enregistrent même une diminution de la glycémie consécutivement à l'injection intrapéritonéale de sorbitol. Enfin, Berzins (1979) observe chez le mouton, que l'administration intraveineuse de sorbitol augmente d'abord la glycémie, puis, environ deux heures plus tard, qu'elle la diminue fortement, ce qu'il attribue au pouvoir insulino-génique élevé du sorbitol.

L'absence d'effet du sorbitol sur les performances des animaux contraste avec les effets favorables observés par Thivend (1982) et par Bauchard *et al* (1985) sur la croissance du veau. Cependant on peut penser que nos animaux se prêtaient mal à la manifestation d'effets favorables de molécules qui favorisent le métabolisme hépatique car leur production était moyenne et leur alimentation satisfaisante. De plus, dans trois essais sur les quatre réalisés c'étaient des primipares que l'on sait peu sujettes aux désordres métaboliques.

### Remerciements

Nous remercions la Société Roquette Frères (62136 Lestrem) pour son aide technique et financière dans la réalisation de ces essais.

### Résumé

Cent dix-neuf vaches laitières ont reçu 0, 50 ou 100 g de sorbitol par jour, dans leur ration. Elles étaient réparties dans quatre essais: trois au début de la lactation, dans lesquels la ration de base était composée d'ensilage de maïs, d'ensilage d'herbe, ou d'ensilage d'herbe et foin, et un essai en milieu de lactation, dans lequel la ration était enrichie en matières grasses. Le sorbitol, qui n'a pas été détecté dans le sang (de même que le fructose), ni dans le lait, a entraîné une diminution de la cholestérolémie ( $P < 0,01$ ), de l'estercholestérolémie ( $P < 0,10$ ) et de la glycémie ( $P < 0,05$ ). Les performances des animaux n'ont pas été affectées.

### Références

- BAUCHART D, 1983. Évolution avec l'âge de la cholestérolémie et de la triglycéridémie postprandiales chez le veau préruminant; influence de l'ingestion du sorbitol. *Reprod Nutr Dév* 23:81-92
- BAUCHART D, AUROUSSEAU B, AUCLAIR E, 1985. Addition of sorbitol to a milk substitute for veal calves. 1. Effects on health, growth and feed conversion. *Reprod Nutr Dev* 25:399-410
- BAUCHART D, AUROUSSEAU B, AUCLAIR E, LABARRE A, 1985. Addition of sorbitol to a milk substitute for veal calves. 2. Effects on plasma, liver and muscle lipids. *Reprod Nutr Dev* 25:411-425
- BERG G, MATZKIES F, 1975. Serum Lipoproteide und Ketonkörper nach intravenöser dauer Infusion von Sorbit. *Klin Wochenschr* 53:187-188
- BERG G, MATZKIES F, BERGNER D, 1973. Verhalten der Serumlipoproteide nach Langzeitinfusion von Xylit, Fruktose und Sorbit bei gesunden Männern. *Klin Wochenschr* 51:1124-1125

- BERZINS R, 1979. Sorbitol induced hypoglycemia in sheep. *J Dairy Sci* 62 (suppl 1):abstr 234
- BEYNEN AC, BUECHLER KF, VAN DER MOLEN AJ, GEELEN MJH, 1982. The effects of lactate and acetate on fatty acid and cholesterol biosynthesis by isolated rat hepatocytes. *Int J Biochem* 14:165-169
- BRENNER KV, KOLB FE, 1976. Untersuchungen über die Beeinflussung des Gehalts an Sorbit, Glukose, Fruktose und Laktat in Blut von Rindern, Schafen und Ferkeln durch parenterale Verabreichung von Sorbitlösung. *Arch Exp Veterinaermed* 30:109-119
- COULON JB, DOREAU M, REMOND B, JOURNET M, 1984. Capacité d'ingestion des vaches laitières en début de lactation. 2. Les anomalies de l'ingestion : liaisons avec l'état sanitaire et quelques paramètres du métabolisme énergétique et de la digestion. *Bull Techn CRZV Theix INRA* (55):43-51
- CZERKAWSKI JW, BRECKENRIDGE G, 1969. Fermentation of various soluble carbohydrates by rumen microorganisms with particular reference to methane production. *Br J Nutr* 23:925-937
- DAGNELIE P, 1975. Théorie et méthodes statistiques, vol 2, 2<sup>e</sup> éd, Presses Agronomiques, Gembloux
- DURAND D, BAUCHARTE D, LEFAIVRE J, 1984. In vivo hepatic balance of lipids and glucose in the calf, effects of sorbitol intake. *Can J Anim Sci*, 64 (suppl):238-239
- EDMOND J, 1974. Ketone bodies as precursors of sterols and fatty acids in the developing rat. *J Biol Chem* 249:72-80
- EXTON JH, EDSON NL, 1964. The antiketogenic action of sorbitol. *Biochem J* 91:478-483
- FRAHM K, GRAF F, KRAUSSLICH H, 1977. Enzymaktivitäten in Rinderorganen. *Zentralbl Veterinaermed A* 24:81-87
- HODEN A, 1978. Rationnement au début de la lactation. In: La vache laitière, INRA Versailles, 71-85
- KOLB FE, BRENNER KV, LACHMANN G, KORBER R, KOUIDER S, 1976. Untersuchungen über die Veränderungen des Gehalts an Glukose, Fruktose, Sorbit und Elektrolyten nach intravenöser bzw intraperitonealer Verabreichung einer Sorbit-Elektrolyt-Lösung an Rinder und Schafe. *Arch Exp Veterinaermed* 30:93-107
- KOUIDER S, KOLB E, MULLER I, 1980. Untersuchungen über den Einfluss der intravenösen Verabreichung von Sorbitlösung auf den Gehalt des Blutplasmas von Kalbern, Junggrindern und Rindern an Sorbit, Fruktose, Glukose, Insulin und freien Fettsäuren sowie über die Halbwertszeit des Sorbits. *Arch Exp Veterinaermed* 34:193-203
- LISTER CJ, SMITHARD RR, 1984. Effects of intraruminal administration of polyol to sheep. *J Sci Food Agric* 35:21-28
- MERENSALMI MJ, 1978. Fodder additive for ruminants. United States Patent N° 4.127.676
- PLESSIER J, 1960. Confrontation des effets cholécystokinétiques et cholérétiques de la cholécystokinine, du sorbitol, de l'huile d'olive et du sulfate de magnésie. *Pathol Biol* 8:1201-1210
- POUTIAINEN E, TUORI M, SIRVIO I, 1976. The fermentation of polyalcohols by rumen microbes *in vitro*. *Proc Nutr Soc* 35:140A-141A
- REMOND B, JACQUIER C, 1986. Effet de l'addition de sorbitol à l'alimentation des vaches laitières en début de lactation sur leurs performances et sur quelques paramètres sanguins. *Reprod Nutr Dév* 26:365-366
- SASTRADIPRADJA D, BLACK AL, 1971. Metabolism of uniformly C14-labeled fructose, sorbitol, and glycerol in lactating goats. *J Dairy Sci* 54:1184-1196
- SEEBECK RM, 1973. The effect of body weight loss on the composition of Brahman Cross and Africander Cross steers. 1. Empty body weight, dressed carcass weight and offal components. *J Agric Sci Camb* 80:201-210
- STURTON RG, PRITCHARD PH, HAN LY, BRINDLEY DN, 1978. Effects of acute feeding with glucose, fructose, sorbitol, glycerol and ethanol. *Biochem J* 174:667-670
- THIVEND P, 1982. Influence du sorbitol dans l'alimentation du veau de boucherie. *Bull Techn CRZV Theix INRA* (50):47-50
- THIVEND P, DEBARRE M, LEFAIVRE J, TOULLEC R, 1984. Influence of sorbitol on biliary secretion in the preruminant calf. *Can J Anim Sci* 64 (suppl):102-103
- TOPPING DL, MAYES PA, 1972. The immediate effects of insulin and fructose on the metabolism of the perfused liver. Changes in lipoprotein secretion, fatty acid oxydation and esterification, lipogenesis and carbohydrate metabolism. *Biochem J* 126:295-311
- WILLGERODT H, BEYREISS K, 1974. Turnover kinetics and influence of sorbitol on the concentrations of blood glucose and lactate and on the acid-base balance in newborns. *Biol Neonate* 24:94-105
- WILLIAMSON DH, MELLANBY J, 1974. D (-) 3-hydroxybutyrate. In: Bergmeyer H U, ed, *Methods of Enzymatic Analysis*. 2<sup>e</sup> éd, Vol 4, 1836-1839. Academic Press, New York