

UTILISATION DES PROTÉINES DU LACTOSÉRUM PAR LE VEAU PRÉRUMINANT A L'ENGRAIS

I. — VIDANGE STOMACALE COMPARÉE DU LAIT ENTIER
ET DE DEUX LAITS DE REMPLACEMENT
NE CONTENANT QUE DES PROTÉINES DE LACTOSÉRUM
COMME SOURCE DE MATIÈRES AZOTÉES

R. TOULLEC (1), P. THIVEND et C.-M. MATHIEU (1)

avec la collaboration technique de Colette RAYNAL, Jacqueline RIGAUD et Y. MANIS

*Station de Recherches sur l'Élevage des Ruminants,
Centre de Recherches de Clermont-Ferrand, I. N. R. A.,
63 - Saint-Genès-Champagnelle*

RÉSUMÉ

Le but de ce travail a été de comparer, chez le veau préruminant, la vidange stomacale du lait entier avec celle de deux aliments ne contenant que des protéines de lactosérum comme source de matières azotées. Les protéines de lactosérum ont été obtenues par coagulation à chaud soit en présence d'acide lactique (Sérac), soit en présence d'acide chlorhydrique (Lactoprotéines). Le Sérac contenait 40 p. 100 de matière sèche constituée principalement de protéines (39 p. 100) et de matières grasses de lait (57 p. 100) ; il a été mélangé au moment de l'emploi à de la poudre de lactosérum séchée par le procédé Spray pour constituer l'aliment Sérac. Les Lactoprotéines ont été séchées sur rouleaux Hatmaker ; elles ont été mélangées à de la poudre de lactosérum contenant 35 p. 100 de suif pour constituer l'aliment Lactoprotéines. Le suif et le lactosérum liquide ont été homogénéisés avant séchage par le procédé Spray.

Cinq veaux préruminants (tabl. 2) ont été munis d'une canule duodénale placée immédiatement après le pylore. Pendant 12 heures consécutives après le repas du matin, les effluents gastriques ont été recueillis en totalité ; ils ont été simultanément réintroduits dans le duodénum, après prélèvement d'échantillons représentatifs destinés à l'analyse. Nous avons ainsi mesuré le débit de la matière fraîche, de la matière sèche et des constituants de la matière sèche (substances réductrices, matières minérales, matières azotées et matières grasses). 3, 15 et 5 journées de prélèvement ont eu lieu respectivement à la suite de l'ingestion du lait entier, de l'aliment Sérac et de l'aliment Lactoprotéines.

1. La vidange stomacale de la matière fraîche n'est pas plus rapide avec l'aliment Lactoprotéines qu'avec le lait entier (fig. 2), mais elle est beaucoup plus rapide avec l'aliment Sérac : les quantités totales émises au cours de la première heure, atteignent respectivement 47, 48 et 79 p. 100 des quantités ingérées.

(1) Adresse actuelle : Laboratoire de Recherches de la Chaire de Zootechnie, Centre de Recherches de Rennes, I. N. R. A., 65, rue de St-Brieuc, 35 - Rennes.

2. Lorsque les animaux reçoivent le lait entier, la teneur en matière sèche des effluents gastriques est plus faible que celle de l'aliment mais elle évolue peu en fonction du temps après le repas (fig. 3) ; en revanche, quand les veaux consomment les aliments expérimentaux, elle n'est que légèrement inférieure à celle de l'aliment immédiatement après le repas mais elle diminue constamment par la suite. La vidange stomacale de la matière sèche est plus rapide à la suite de l'ingestion des aliments expérimentaux : au cours de la première heure, les quantités totales émises atteignent respectivement 28, 67 et 36 p. 100 des quantités ingérées quand les veaux consomment le lait entier, l'aliment Sérac et l'aliment Lactoprotéines (fig. 2).

3. Quand les veaux reçoivent le lait entier, les substances réductrices et les matières minérales ont une vidange stomacale plus rapide que les matières azotées et les matières grasses (tabl. 4 et fig. 5) : au cours des 6 premières heures, les quantités totales émises atteignent respectivement 80, 80, 55 et 47 p. 100 des quantités ingérées. En revanche, lorsque les veaux consomment les aliments expérimentaux, tous les constituants de la matière sèche quittent la caillette à la même vitesse ; cela est dû à l'absence de coagulation sous l'action de la présure.

4. La vidange stomacale des substances réductrices et des matières minérales n'est pas plus rapide avec l'aliment Lactoprotéines qu'avec le lait entier (tabl. 4 et fig. 5), mais elle est beaucoup plus rapide avec l'aliment Sérac : ainsi, les quantités totales de substances réductrices émises au cours de la première heure atteignent respectivement 36, 36 et 67 p. 100 des quantités ingérées.

5. La vidange stomacale des matières azotées et des matières grasses est plus rapide avec l'aliment Lactoprotéines qu'avec le lait entier (tabl. 4 et fig. 5) mais elle est encore plus rapide avec l'aliment Sérac : ainsi, les quantités totales de matières azotées émises au cours de la première heure atteignent respectivement 37, 24 et 62 p. 100 des quantités ingérées.

6. Le remplacement total des protéines du lait par celles du lactosérum entraîne donc une accélération de la vidange stomacale. Cette accélération est due probablement à l'absence de coagulation sous l'action de la présure ; elle porte, suivant le cas, sur la matière fraîche et sur tous les constituants de la matière sèche (aliment Sérac) ou seulement sur les matières azotées et les matières grasses (aliment Lactoprotéines). La vidange stomacale est donc influencée non seulement par la nature des protéines mais aussi par la technologie de leur préparation.

INTRODUCTION

Les protéines des aliments d'allaitement actuels proviennent presque exclusivement du lait écrémé. Ces protéines sont très bien utilisées par le veau et permettent d'obtenir des croissances élevées. Les essais de remplacement total de la poudre de lait écrémé par d'autres sources de protéines ont généralement conduit à des résultats décevants (cf. revue de WARNER, 1969). Les protéines du lait écrémé présentent un certain nombre de propriétés intéressantes : coagulation sous l'action de la présure, équilibre satisfaisant des acides aminés indispensables, absence de produits peu digestibles ou indésirables (excès de minéraux, facteurs antitrypsiques)... Une coagulation sous l'action de la présure, surtout du même type que celle de la caséine, semble pratiquement impossible pour d'autres matières azotées. Cependant, l'importance de la coagulation des protéines est controversée : KASTELIC, BENTLEY et PHILLIPS (1950) et BLAXTER et WOOD (1953) la jugent indispensable tandis qu'OWEN *et al.* (1958) et NETKE, GARDNER et KENDALL (1962) concluent en sens contraire.

Les protéines du lactosérum ont les mêmes propriétés que celles du lait, sauf en ce qui concerne la coagulation. Elles constituent donc l'une des meilleures sources de protéines qu'il serait possible de substituer à celles du lait écrémé dans les aliments d'allaitement. Nous avons étudié leur utilisation par le veau préruminant sous trois aspects : vidange stomacale, utilisation digestive et utilisation pour la croissance. Ce sont les résultats concernant le premier point que nous rapportons ici.

En effet, en étudiant la vidange stomacale du lait entier chez le veau, MYLREA (1966 b) et MATHIEU (1968) ont observé que le transit des matières azotées et celui des matières grasses étaient moins rapides que celui du lactose ; ils ont attribué ces différences à la coagulation. On peut donc s'attendre à ce que l'absence de coagulation agisse sur le transit des constituants des laits de remplacement mais, les travaux sur ce sujet sont rares (tabl. 1) et ont donné des résultats contradictoires (SMITH, HENSCHEL et HILL, 1966 ; SMITH *et al.*, 1968 ; COLVIN, LOWE et RAMSEY, 1969). Nous avons donc comparé la vidange stomacale du lait entier et de deux laits de remplacement ne contenant que des protéines de lactosérum comme source d'azote. Nous avons utilisé des veaux préruminants munis d'une canule duodénale ; pendant 12 heures consécutives après le repas, nous avons recueilli, en continu, la totalité des effluents gastriques et nous les avons simultanément réintroduits dans le duodénum, après prélèvement d'échantillons représentatifs destinés à l'analyse. Nous avons ainsi mesuré le débit de la matière fraîche, de la matière sèche et des constituants de la matière sèche (substances réductrices, matières minérales, matières azotées et matières grasses).

MATÉRIEL, ET MÉTHODES

Aliments

Le lactosérum ne contenant que 12 à 13 p. 100 de matières azotées par rapport à la matière sèche, les protéines en ont été extraites ou concentrées par coagulation à chaud soit en présence d'acide lactique (Sérac), soit en présence d'acide chlorhydrique (Lactoprotéines) (1).

La préparation et la composition du Sérac ont été décrites dans une note précédente (TOULLEC *et al.*, 1969). Le Sérac contenait des matières grasses de lait ; il a été mélangé au moment de l'emploi, à une quantité égale (matière sèche) de poudre de lactosérum séchée par le procédé Spray et à un complément minéral et vitaminique (3 p. 100), pour constituer l'aliment Sérac.

Pour préparer les Lactoprotéines, le lactosérum est acidifié à pH 4,6 par addition d'acide chlorhydrique et chauffé à 80-90° C pendant 30 secondes ; les protéines précipitées sont récupérées par centrifugation, séchées sur rouleaux Hatmaker à raclette et broyées. Les Lactoprotéines utilisées dans cet essai avaient la composition suivante (p. 100 de la matière sèche) : matières azotées 51,2 ; lactose 30,5 ; matières minérales 5,2 ; acide lactique 4,6 et matières grasses 3,6. La préparation de l'aliment Lactoprotéines a été effectuée en deux étapes : dans un premier temps, un mélange de lactosérum liquide et de suif fondu (contenant 2 p. 100 de saccharoglycérides) a été homogénéisé puis déshydraté dans une tour Spray, de manière à obtenir un pré-mélange contenant 35 p. 100 de matières grasses ; dans un deuxième temps, la composition recherchée a été obtenue en mélangeant 58 p. 100 de cette poudre de lactosérum ainsi enrichie en matières grasses à 39 p. 100 de Lactoprotéines et à 3 p. 100 de complément minéral et vitaminique. La composition des aliments est reportée dans le tableau 2.

Les aliments d'allaitement ont été dilués au moment de l'emploi dans de l'eau à 40°C, à raison de 125 à 135 g de matière sèche par kg de lait de remplacement. Les laits ainsi obtenus, ainsi que le lait entier, ont été distribués au seau deux fois par jour, les quantités offertes variant en fonction du poids du veau de 4 à 6 kg par repas. Les animaux n'ont pas reçu d'autre aliment que ces laits.

Animaux et prélèvements

Cinq veaux mâles de race *Frisonne*, âgés de 15 à 81 jours (tabl. 3) ont été munis d'une canule duodénale placée immédiatement après le pylore (fig. 1). Cette canule, en plastisol, est constituée d'un canal central à partir duquel partent perpendiculairement deux canaux latéraux contigus.

(1) Société Lactosérum-France Baleyecourt (Meuse).

TABLEAU I

Résumé des travaux sur la vidange stomacale du lait

Auteur	Aliment	Conditions expérimentales	Résultats
MORTENSON, ESPE et CANNON (1935)	Lait écrémé — cru — bouilli pendant 3 mn — autoclavé pendant 15 mn à 117°C. Tension du coagulum obtenu <i>in vitro</i> sous l'action de la présure : 100 pour le lait cru, 20 pour le lait bouilli et 0 pour le lait autoclavé.	Veaux munis de canule du rumen et recevant 2 l de lait écrémé mis dans la caillette par l'intermédiaire de la canule du rumen, Vidange stomacale appréciée par palpation de la paroi de la caillette, 9 à 12 journées de prélèvements par régime.	Vidange plus rapide pour le lait bouilli ou autoclavé (8 à 12 h) que pour le lait cru (12 à 18 h), Temps nécessaire pour la coagulation dans la caillette : 1 à 10 mn pour le lait cru et 8 à 15 mn pour le lait bouilli.
ESPE et CANNON (1935)	Lait à 30 p. 100 de MG Lait à 60 p. 100 de MG Lait écrémé.	8 veaux munis de canule du rumen recevant 1 l de lait mis dans la caillette par l'intermédiaire de la canule du rumen, Vidange stomacale appréciée par palpation de la paroi de la caillette 10 journées de prélèvement par régime.	Vitesse de vidange dans l'ordre croissant suivant : lait écrémé, lait à 30 p. 100 et lait à 60 p. 100.
PLATT (1954)	Lait de ratte.	Jeunes rats tétant leur mère, Abattage à différents temps après le repas.	Vidange très rapide pour le lactosérum (60 p. 100 en 30 à 40 mn).
GUMINSKI et NAISMITH (1959)	Lait de ratte.	Jeunes rats tétant leur mère, Abattage à différents temps après le repas.	Vidange plus rapide pour les protéines du sérum que pour la caséine : N caséine/N protéines du lactosérum passant dans l'estomac de 2,5 immédiatement après le repas à 5,9 au bout de 3 h (2,8 dans le lait de ratte).
ASH (1964)	Lait écrémé — entier Lait à 76 p. 1 000 de MG — à 95 p. 1 000 de MG — à 176 p. 1 000 de MG	3 veaux munis de 2 canules du duodénum (immédiatement après le pylore) vers l'âge de 10 jours, Prélèvements entre 17 et 45 jours après 18 h de jeûne suivi d'un repas de 560, 1 100 ou 1 660 ml de lait.	Pas d'influence du taux de MG sur la vidange de la matière fraîche chez 2 des veaux, ralentissement avec l'augmentation du taux de MG chez l'un des veaux, pH passant de 2-3 avant le repas à 4,7-6,1 immédiatement après pour redescendre à la valeur initiale 3 à 5 h après.

TABLEAU I (suite)

Auteur	Aliment	Conditions expérimentales	Résultats
MYLREA (1966 a et b)	Lait entier.	3 veaux munis de 2 canules du duodénum immédiatement après le pylore et recevant 50 ml de lait/kg de PV par repas, 5 journées de prélèvement durant 12 h entre les âges de 6 et 26 j.	Après le repas, augmentation considérable du débit de matière fraîche puis diminution d'allure exponentielle, Grande importance des sécrétions digestives avant l'arrivée dans l'intestin grêle (84 p. 100 du volume du lait ingéré), Vidange plus rapide pour les substances réductrices que pour les MA et les MG (au cours des 6 premières heures après le repas, 87, 64 et 57 p. 100 des quantités respectives ingérées ont quitté la caillette), pH variant de 2,0-2,8 avant le repas à 4,5-6,2 immédiatement après pour revenir à la valeur initiale au bout de 3 à 5 h.
SMITH, HILL et HENSCHEL (1966)	Lait entier. Laits de remplacement à base de protéines de soja (ADM) avec ou sans MG, glucose ou matières minérales.	Veaux munis de 2 canules de l'intestin grêle.	Vidange moins rapide pour l'azote que pour le polyéthylène glycol ajouté au lait (au cours des 6 premières heures après le repas, 50 à 60 p. 100 de l'azote et 80 à 90 du polyéthylène glycol ingérés ont quitté la caillette), Avec les aliments dépourvus de MG, vidange plus rapide pour le polyéthylène glycol et l'eau, Avec les aliments à base de protéines de soja, vidange de l'eau et de l'azote moins rapide qu'avec le lait.
ROZEN (1967)	Lait contenant 130 g de matière sèche et 10 g de MG/l et distribué : — sous forme de lait — sous forme de yoghourt.	<i>Expérience 1</i> : 59 rats de 250 g recevant 3 ml de lait ou de yoghourt et abattus entre 3 mn et 8 h après l'ingestion, <i>Expérience 2</i> : 124 rats de 270 g recevant 3 ml de lait ou de yoghourt et abattus entre 5 mn et 4 h après l'ingestion.	<i>Expérience 1</i> : vidange un peu plus rapide pour la matière sèche du lait, <i>Expérience 2</i> : vidange plus rapide pour la matière sèche du lait au cours de la première demi-heure après l'ingestion mais moins rapide au cours de la seconde.

TABLEAU I (suite)

Auteur	Aliment	Conditions expérimentales	Résultats
MATHIEU (1968)	Lait entier.	3 veaux munis d'une double canule du duodénum posée immédiatement après le pylore, 9 journées de prélèvements durant 7 heures.	Mêmes observations que MYLREA en ce qui concerne le débit de matière fraîche, Évolution de la composition de la matière sèche : teneur en lactose très élevée au début et diminuant après la deuxième heure, teneurs en MA et MG subissant l'évolution inverse, Vidange plus rapide pour le lactose que pour les MA et les MG (au cours des 7 premières heures après le repas : 72, 57 et 51 p. 100 des quantités respectives ingérées ont quitté la caillette), Dégradation relativement importante de la caséine dans la caillette (85 p. 100), pH passant de 2,1 avant le repas à 4,5 immédiatement après et revenant à la valeur initiale au bout de 5 h.
COLVIN, LOWE et RAMSEY (1969)	Lait entier Laits de remplacement à base de soja : — soja non traité — soja traité par l'acide chlorhydrique — soja traité par la soude	1 veau muni de 2 canules du duodénum immédiatement après le pylore et recevant 2,27 kg de lait par repas, 2 journées de prélèvement durant 8 heures pour chaque régime, entre les âges de 15 et de 32 j.	Pas de différence dans la vidange de la matière fraîche, Vidange plus rapide pour la matière sèche et les MA à la suite de l'ingestion des aliments expérimentaux (en 6 h, 60 et 94 p. 100 de l'azote ont quitté la caillette lorsque le veau a reçu respectivement le lait entier et les aliments d'allaitement), pH moins élevé et déclinant plus rapidement à la suite de l'ingestion du lait entier.

TABLEAU I (suite)

Auteur	Aliment	Conditions expérimentales	Résultats
SMITH <i>et al.</i> (1968)	Lait entier (A) Laits de remplacement à base de : — caséine (B) — protéines de soja — protéines purifiées (C) ou tourteau broyé (D).	Veaux munis de 2 canules de l'intestin grêle.	Pas d'influence notable du régime sur la vidange de la matière fraîche, Vidange de l'azote très régulière avec le régime A, plus rapide au cours de la première heure puis semblable avec le régime B, plus lente au début et plus rapide au bout de 3-4 heures avec le régime C et fortement inhibée avec le régime D, Pas d'influence du régime sur la proportion d'azote non protéique.
TAGARI et ROY (1969)	Laits de remplacement contenant du lait écrémé séché par le procédé Spray : A : chauffé à 74°C pendant 30 mn. B : chauffé à 77°C pendant 15 s.	4 veaux munis de canules réentrantes du duodénum et recevant 2,5 ou 3,5 l de lait par repas, 6 journées de prélèvement durant 6 h 30 par régime, entre les âges de 10 et 38 jours.	Pas de différence dans la vidange des MA, Dégradation des protéines plus importante avec le lait B qu'avec le lait A (respectivement 62 et 45 p. 100 d'azote sous forme non protéique), pH moyen plus élevé (4,1) avec le lait A qu'avec le lait B (3,5).
NAISMITH, MITTWOCH et PLATT (1969)	Lait de ratte.	Groupes de 7 à 12 rats âgés de 11 jours abattus 0, 1, 3, 5 ou 7 h après le repas, Analyse des contenus stomacaux.	Vidange plus rapide pour le lactose que pour les MA et les MG, MA et MG quittant l'estomac à la même vitesse.

MG : Matières grasses ; MA : Matières azotées ; PV : Poids vif.

Le canal central est inséré dans le duodénum tandis que les canaux latéraux, traversant la paroi abdominale, le font communiquer avec l'extérieur. Le canal central permet un écoulement normal des effluents digestifs. Lors des prélèvements, l'introduction d'une lamelle dans une fente située entre les deux canaux latéraux obstrue la lumière centrale ; les effluents digestifs s'écoulent

TABLEAU 2

Composition des aliments

	Teneur en matière sèche (p. 100)	Composition de la matière sèche (p. 100)				
		Matières azotées	Matières grasses	Lactose	Matières minérales	Acide lactique
Aliment Sérac	13,5	24,5	28,5	34,7	6,5	2
Aliment Lactoprotéines	12,6	26,5	22,7	37,5	7,3	2
Lait entier	12,4	23,8	24,6	38,2	6,2	—

Complément minéral et vitaminisé (p. 100 kg d'aliment d'allaitement).

Phosphate bicalcique	2 400 g	Vitamine B ₆	720 mg
Chlorure de Mg : MgCl ₂ , 6H ₂ O	200 g	Vitamine B ₁₂	5 mg
Chlorure de Co	0,06 g	Vitamine C	10 g
Chlorure de Zn	0,4 g	Acide pantothénique	220 mg
Sulfate de Mn	0,4 g	Acide nicotinique	220 mg
Iodure de K	0,8 g	Acide folique	100 mg
Vitamine A	1 200 000UI	Acide paraaminobenzoïque	990 mg
Vitamine D ₃	600 000UI	Biotine	75 mg
Vitamine E	10 g	Choline	180 g
Vitamine K	200 mg	Furoxone à 10 p. 100 de furazolidone	50 g
Vitamine B ₁	640 mg	Chlortétracycline	6 g
Vitamine B ₂	300 mg		

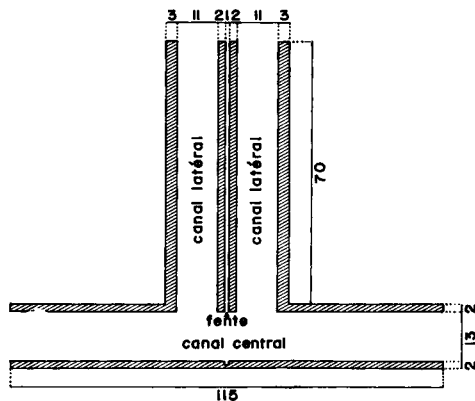


FIG. 1. — Coupe transversale de la canule
(Dimensions en mm)

alors en totalité par un canal latéral et, après prélèvement d'une partie aliquote destinée aux analyses, sont réintroduits dans l'autre canal latéral qui les dirige vers la partie distale du duodénum. L'addition d'une petite quantité de fuchsine aux effluents réintroduits permet de vérifier qu'il n'y a pas de reflux.

TABLEAU 3
Animaux et prélèvements

N° du veau	Age au moment de l'opération (i)	Nombre de journées de prélèvement après ingestion de :		
		Lait entier	Aliment Sérac	Aliment Lactoprotéines
67 932	15	1		
68 802	15		7	
68 810	34	2	8	
69 026	81			4
69 602	19			1

Les prélèvements ont commencé environ 15 jours après la pose de la canule. Ils ont eu lieu une ou deux fois par semaine et ont continué jusqu'à l'apparition de reflux, sauf chez l'un des animaux, qui a été abattu après avoir arraché accidentellement sa canule. Ils commençaient 15 minutes avant le repas du matin et duraient sans interruption jusqu'à celui du soir, qui était distribué 12 heures plus tard. Lors de chaque journée de prélèvement, un échantillon d'aliment et 8 échantillons d'effluents étaient constitués ; ces derniers correspondaient aux périodes suivantes après le repas : 0-30, 30-60, 60-120, 120-180, 180-240, 240-360, 360-540 et 540-720 mn.

Au cours des prélèvements effectués à la suite de l'ingestion du lait entier et de l'aliment Sérac, les effluents digestifs ont été recueillis dans des béciers tarés. Les effluents collectés au cours des 15 minutes précédant le repas ont été réintroduits immédiatement après le repas, en attendant l'obtention d'un volume suffisant de produit (environ 300 à 500 ml), ce qui était très rapide (environ 5 mn). Les effluents collectés après le repas ont été pesés, homogénéisés et échantillonnés de manière à en conserver 100 à 200 g par période de prélèvement ; ils ont alors été placés dans un bain-marie (40° C) et réintroduits à l'aide d'une pompe péristaltique dont le débit était réglé de manière à suivre de façon aussi parallèle que possible le débit à la sortie de la caillette. Les échantillons prélevés représentaient alors environ 16 à 19 p. 100 des effluents totaux. Lors des essais sur l'aliment Lactoprotéines, la récolte, l'échantillonnage et la réintroduction ont été réalisés à l'aide d'un appareil automatique (THIVEND et DIEZ, 1970). Cet appareil permet de réintroduire les effluents par fractions de 50 ml, à une vitesse très voisine de celle avec laquelle ils quittent la caillette. Dans ce cas, les échantillons prélevés constituaient 25 p. 100 des effluents.

Analyses

La teneur en matière sèche a été déterminée par séchage dans une étuve à 85° C pendant 24 heures et celle en cendres par incinération au four à 550° C. Les sucres réducteurs ont été dosés par la méthode de SOMOGYI (1952) après défécation par des solutions d'acétate de zinc à 30 p. 100 et de ferrocyanure de potassium à 15 p. 100.

L'azote a été dosé par la méthode Kjeldahl ou par la méthode de Dumas (à l'aide d'un auto-analyseur Coleman). Le dosage des matières grasses a été effectué selon la méthode de FOLCH, LEES et SLOANE-STANLEY (1957). La détermination des teneurs en matière sèche, matières minérales et sucres réducteurs a été effectuée sur les échantillons frais tandis que l'azote et les matières grasses ont été dosés après lyophilisation.

RÉSULTATS

Vidange stomacale de la matière fraîche (fig. 2)

Les résultats ci-dessous sont des moyennes de 3, 15 et 5 journées de prélèvements, respectivement à la suite de l'ingestion du lait entier et des aliments Sérac et Lactoprotéines. Les débits sont exprimés en quantités émises par demi-heure en p. 100 des quantités ingérées. Le débit de matière fraîche est maximal au cours de la demi-heure qui suit le repas ; les quantités émises sont alors respectivement de 28, 47 et

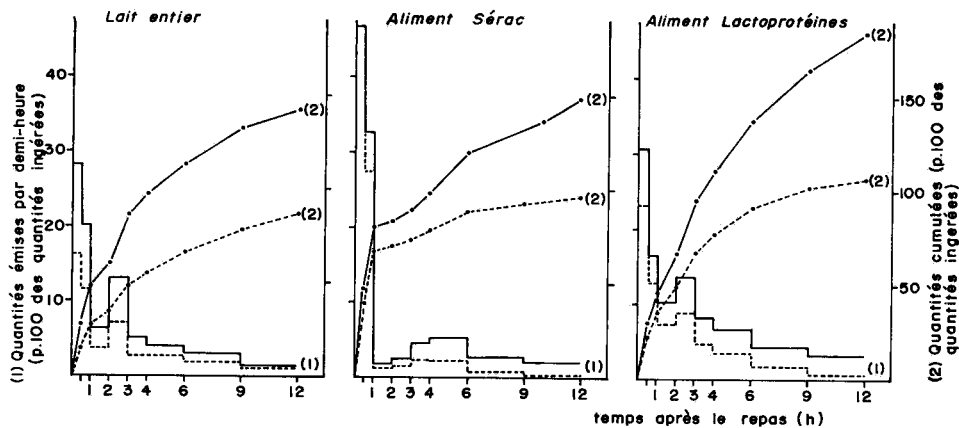


FIG. 2. — *Vidange stomacale de la matière fraîche et de la matière sèche*
(Quantités émises par demi-heure et quantités cumulées en p. 100 des quantités ingérées)
— — — Matière fraîche
- - - - Matière sèche

31 p. 100 lorsque les veaux reçoivent le lait entier, l'aliment Sérac et l'aliment Lactoprotéines. Le débit diminue légèrement au cours de la seconde demi-heure, surtout avec les 2 régimes expérimentaux. Au cours de la 1^{re} heure, la vidange stomacale de la matière fraîche est beaucoup plus rapide avec l'aliment Sérac : les quantités totales d'effluents atteignent respectivement 79, 48 et 47 p. 100 des quantités ingérées lorsque les veaux reçoivent l'aliment Sérac, le lait entier et l'aliment Lactoprotéines.

Le débit continue à décroître au cours de la seconde heure, surtout quand les veaux reçoivent l'aliment Sérac, augmente légèrement au cours de la 3^e ou de la 4^e heure et diminue à nouveau assez régulièrement après la 3^e ou la 6^e heure pour devenir très faible entre 9 et 12 h (de 1,5 à 3,4 p. 100). Remarquons que ces données sont des moyennes qui, parfois, masquent un peu l'aspect réel du phénomène ; en particulier quand les animaux reçoivent l'aliment Sérac, le débit est pratiquement nul au cours de la 2^e et de la 3^e heure.

Il faut environ 4 h 30, 4 h 15 et 3 h 40 pour obtenir une quantité de matière fraîche équivalente à la quantité ingérée lorsque les animaux reçoivent respectivement le lait entier, l'aliment Sérac et l'aliment Lactoprotéines. Les quantités totales

de matière fraîche obtenues en 12 h sont alors respectivement de 142, 149 et 185 p. 100 ; il est probable que les différences observées entre le lait entier et l'aliment Lactoprotéines sont dues soit à une plus grande importance des sécrétions digestives, soit à un meilleur recouvrement de l'ensemble des effluents avec ce dernier régime.

Vidange stomacale de la matière sèche

Lorsque les veaux reçoivent le lait entier, la teneur en matière sèche des effluents varie peu après le repas (fig. 3) : elle est de 6,9 p. 100 au cours de la 1^{re} demi-heure et varie ensuite irrégulièrement entre 6,7 et 8,4 p. 100. En revanche, quand les animaux consomment les aliments expérimentaux, la teneur en matière sèche est plus élevée immédiatement après le repas mais diminue constamment par la suite : ainsi, lorsque les animaux reçoivent l'aliment Sérac, elle passe de 11,6 p. 100 au cours de la 1^{re} demi-heure, à 6,5 au cours de la 4^e heure et 2,2 entre 9 et 12 h après le repas.

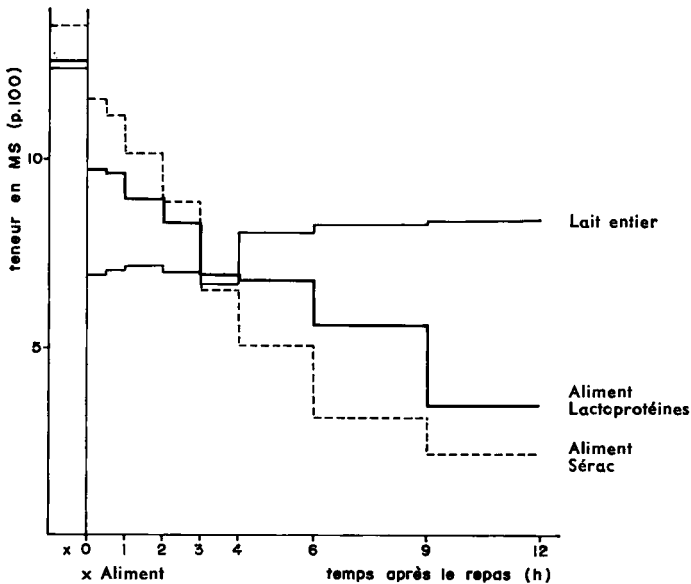


FIG. 3. — Évolution de la teneur en matière sèche des effluents (p. 100)

Le débit de la matière sèche est lié à celui de la matière fraîche (fig. 2). Lorsque les veaux reçoivent le lait entier, cette liaison est très forte quel que soit le moment après le repas ; elle est encore plus forte au cours des 2 ou 3 premières heures après le repas, quand les veaux consomment les aliments expérimentaux, mais devient plus faible par la suite étant donné la diminution de la teneur en matière sèche de la matière fraîche. Le débit de matière sèche est donc maximal au cours de la 1^{re} demi-heure qui suit le repas ; les quantités émises atteignent alors respectivement 16, 40 et 23 p. 100 lorsque les veaux reçoivent le lait entier, l'aliment Sérac et l'aliment Lactoprotéines. En revanche, le débit est très faible après la 6^e ou la 9^e heure, en particulier avec l'aliment Sérac (0,3 p. 100 entre 9 et 12 h).

Les quantités totales émises au cours de la 1^{re} heure (fig. 2) sont beaucoup plus importantes avec l'aliment Sérac (67 p. 100) qu'avec l'aliment Lactoprotéines (36 p. 100) et le lait entier (28 p. 100). Cependant, quand les veaux reçoivent les aliments expérimentaux, les quantités totales de matière sèche obtenues sont identiques au bout de 6 h (94 p. 100) ; mais, elles restent alors encore nettement supérieures à celles recueillies lorsque les veaux consomment le lait entier (59 p. 100). Les quantités totales recueillies en 12 h sont respectivement de 87, 93 et 107 p. 100 lorsque les animaux reçoivent le lait entier, l'aliment Sérac et l'aliment Lactoprotéines ; le recouvrement plus important avec le régime Lactoprotéines est peut-être dû à l'utilisation de l'appareil de prélèvement automatique.

Composition de la matière sèche (fig. 4)

La composition de la matière sèche varie après le repas mais de façon différente suivant le régime alimentaire. Au cours des 4 premières heures après le repas, lorsque les animaux reçoivent le lait entier, la matière sèche des effluents est plus riche que celle de l'aliment en substances réductrices et en matières minérales et moins riche en matières azotées et en matières grasses ; ainsi, la teneur en substances réductrices qui est de 38 p. 100 dans l'aliment, varie de 48 à 52 p. 100 dans les effluents, les valeurs correspondantes pour les matières grasses étant de 25 et de 15 à 19 ; en revanche, par la suite, les teneurs en matières grasses et en matières azotées augmentent aux dépens de celles en matières minérales et surtout en substances réductrices (ces dernières ne constituent plus que 4 p. 100 de la matière sèche entre 9 et 12 h).

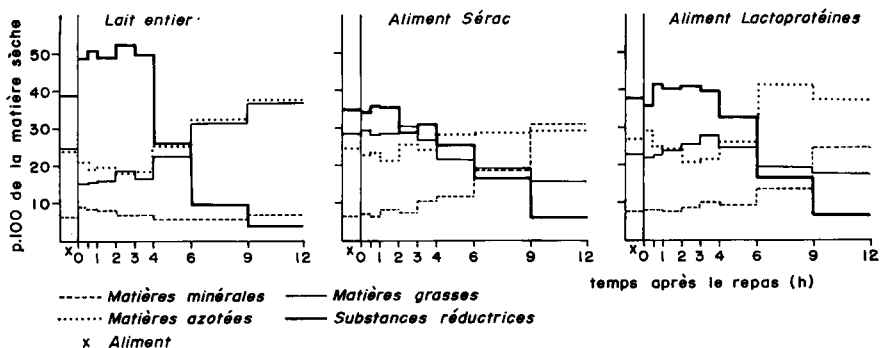


FIG. 4. — Évolution de la composition de la matière sèche des effluents (p. 100)

Lorsque les veaux reçoivent les régimes expérimentaux, la matière sèche des effluents et celle des aliments ont des compositions peu différentes au cours des 4 premières heures après le repas : ainsi la teneur en matières grasses qui est de 28 p. 100 dans l'aliment Sérac, varie alors de 28 à 31 p. 100 dans les effluents. Par la suite, les teneurs en matières azotées et surtout en matières minérales augmentent

aux dépens de celles en matières grasses et en substances réductrices (les matières minérales constituent 31 p. 100 de la matière sèche entre 9 et 12 h, quand les veaux reçoivent l'aliment Sérac).

Vidange stomacale des différents constituants de la matière sèche

L'allure générale de la vidange stomacale des constituants de la matière sèche est la même que celle de la matière sèche (tabl. 4 et fig. 2 et 5). Cependant, étant donné l'évolution de la composition de la matière sèche, on peut s'attendre à des différences importantes quand les veaux reçoivent le lait entier et minimes lorsqu'ils consomment les aliments expérimentaux.

TABLEAU 4

Vidange stomacale de la matière sèche et de ses constituants
(Débits par demi-heure en p. 100 de l'ingéré)

Temps après le repas (mn)	Aliment *	MS	SR	MM	MA	MG
0- 30	1	16,2 ± 7,5	20,5 ± 8,9	21,6 ± 7,0	15,0 ± 8,2	10,5 ± 8,2
	2	40,0 ± 19,6	39,2 ± 21,2	44,6 ± 21,8	37,1 ± 18,0	40,7 ± 19,7
	3	23,1 ± 5,8	21,8 ± 6,7	24,6 ± 5,3	24,7 ± 7,8	22,5 ± 7,7
30- 60	1	11,5 ± 4,4	15,5 ± 7,9	15,1 ± 2,6	9,0 ± 3,1	7,5 ± 4,1
	2	27,2 ± 18,7	27,3 ± 17,3	27,9 ± 19,1	25,5 ± 18,5	26,8 ± 18,8
	3	12,7 ± 5,4	13,8 ± 5,8	13,5 ± 5,8	12,1 ± 6,5	12,4 ± 5,6
60-120	1	3,8 ± 3,3	4,8 ± 4,2	6,8 ± 4,6	2,9 ± 2,5	2,4 ± 2,1
	2	1,4 ± 2,4	1,5 ± 2,5	1,8 ± 2,9	1,3 ± 2,2	1,3 ± 2,3
	3	7,4 ± 2,9	7,7 ± 2,6	7,6 ± 2,9	6,9 ± 3,6	7,8 ± 3,0
120-180	1	7,2 ± 4,8	9,6 ± 6,6	6,9 ± 7,0	5,4 ± 3,6	6,1 ± 6,0
	2	1,6 ± 4,0	1,4 ± 3,3	1,9 ± 4,7	1,7 ± 4,3	1,8 ± 4,1
	3	8,8 ± 3,4	9,5 ± 4,4	10,1 ± 4,7	7,2 ± 3,2	10,0 ± 3,9
180-240	1	2,8 ± 0,8	3,7 ± 1,2	3,1 ± 0,9	2,2 ± 0,5	1,8 ± 0,3
	2	2,4 ± 5,9	2,1 ± 4,9	2,7 ± 6,8	2,3 ± 6,2	2,4 ± 5,7
	3	4,8 ± 1,3	4,8 ± 1,2	5,9 ± 1,3	3,7 ± 1,5	5,5 ± 1,8
240-360	1	2,8 ± 2,8	1,9 ± 1,7	2,5 ± 2,1	2,6 ± 2,1	2,1 ± 1,5
	2	2,2 ± 2,4	1,7 ± 2,0	2,8 ± 2,5	2,6 ± 2,8	1,9 ± 2,3
	3	3,5 ± 0,8	3,0 ± 1,1	4,5 ± 1,0	3,7 ± 1,7	3,9 ± 0,9
360-540	1	2,0 ± 0,7	0,6 ± 0,6	2,0 ± 1,0	2,8 ± 1,1	2,9 ± 1,0
	2	0,8 ± 0,9	0,3 ± 0,5	1,7 ± 1,4	0,8 ± 0,8	0,4 ± 0,6
	3	1,8 ± 0,7	0,8 ± 0,6	3,2 ± 1,5	2,9 ± 1,1	1,6 ± 0,8
540-720	1	1,3 ± 1,6	0,1 ± 0,2	1,0 ± 1,1	1,8 ± 2,3	2,4 ± 3,7
	2	0,3 ± 0,2	0,02 ± 0,04	1,1 ± 1,0	0,3 ± 0,3	0,1 ± 0,2
	3	0,8 ± 1,0	0,2 ± 0,2	2,3 ± 1,5	1,3 ± 1,2	0,6 ± 0,4

*1 : Lait entier ; MS : Matière sèche ;
 2 : Aliment Sérac ; SR : Substances réductrices ;
 3 : Aliment Lactoprotéines ; MM : Matières minérales ;
 MG : Matières grasses ; MA : Matières azotées.

Substances réductrices et matières minérales

Pour chacun des régimes étudiés, les substances réductrices quittent la caillette sensiblement à la même vitesse que les matières minérales, du moins au cours des 6 heures qui suivent le repas (tabl. 4 et fig. 5). En revanche, il y a des différences importantes avec le régime : quand les veaux consomment l'aliment Sérac, la vidange stomacale des substances réductrices et celle des matières minérales sont beaucoup plus rapides que lorsqu'ils reçoivent le lait entier ou l'aliment Lactoprotéines ; avec ces deux derniers régimes, elles sont sensiblement identiques : ainsi, les quantités totales de substances réductrices obtenues au cours de la première heure sont respectivement de 67, 36 et 36 p. 100 (fig. 5). Pour tous les régimes étudiés, la vidange stomacale des substances réductrices et des matières minérales est relativement rapide puisque les quantités totales recueillies en 6 heures sont comprises entre 80 et 92 p. 100. Les quantités totales de substances réductrices obtenues en 12 heures sont généralement inférieures aux quantités ingérées et dans tous les cas, leur pourcentage de recouvrement est inférieur à celui de la matière sèche (de 6 p. 100 en moyenne) : cela peut s'expliquer, notamment, par une transformation partielle du lactose en acide lactique.

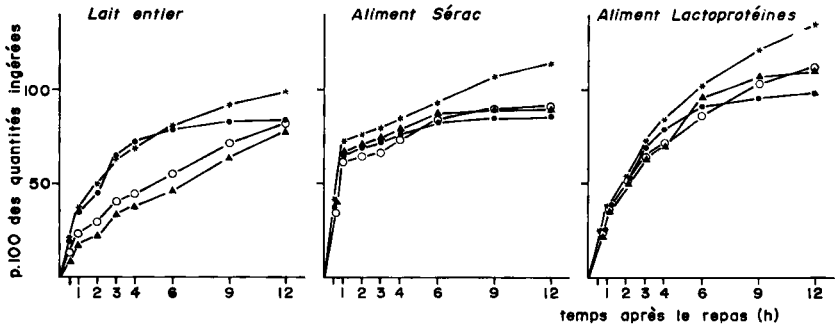


FIG. 5. — Vidange stomacale des constituants de la matière sèche
(Quantités cumulées en p. 100 des quantités ingérées)

- * : Matières minérales
- : Matières azotées
- ▲ : Matières grasses
- : Substances réductrices

Les quantités totales de matières minérales recueillies en 12 heures sont pratiquement égales aux quantités ingérées (98 p. 100) lorsque les veaux reçoivent le lait entier mais sont beaucoup plus importantes lorsqu'ils consomment les aliments Sérac et Lactoprotéines (respectivement 114 et 136 p. 100). Dans tous les cas, le recouvrement des matières minérales est nettement supérieur à celui de la matière sèche ce qui s'explique par une sécrétion notable de matières minérales dans la salive et dans la caillette ; cette sécrétion est plus importante lorsque les veaux reçoivent les régimes expérimentaux : en effet, les rapports entre les pourcentages de matières minérales et de matière sèche recouvrées sont respectivement de 1,14, 1,23 et 1,26 lorsque les veaux reçoivent le lait entier, l'aliment Sérac et l'aliment Lactoprotéines. Les différences dans la sécrétion des matières minérales, ainsi que dans les pourcentages de recouvrement de la matière sèche, expliquent probablement les écarts observés avec le régime dans le recouvrement des matières minérales.

Matières azotées et matières grasses

Pour chacun des régimes étudiés, les matières azotées quittent la caillette sensiblement à la même vitesse que les matières grasses, quel que soit le moment après le repas (tabl. 4 et fig. 5) ; il y a cependant une exception : à la suite de l'ingestion du lait entier, au cours de la première et même de la seconde demi-heure après le repas, le débit de matières grasses est inférieur à celui de matières azotées (respectivement 10 et 15 p. 100 au cours de la 1^{re} demi-heure).

Quand les veaux reçoivent le lait entier, le débit de substances réductrices et celui de matières minérales sont supérieurs à ceux des autres constituants de la matière sèche au cours des 4 premières heures après le repas, ils leur sont sensiblement égaux au cours des 2 heures suivantes et inférieurs entre 6 et 12 h (tabl. 4 et fig. 5). Les matières azotées et les matières grasses ont une vidange stomacale beaucoup plus lente et plus régulière que les substances réductrices et les matières minérales ; au cours des 6 premières heures, les quantités totales obtenues sont respectivement de 55, 47, 80 et 80 p. 100. En revanche, quand les animaux reçoivent les deux aliments expérimentaux, il n'y a pratiquement pas de différence dans les débits des constituants de la matière sèche, du moins au cours des 6 premières heures après le repas. Cependant, par la suite, on observe des différences mais qui restent minimes : ainsi, entre 9 et 12 h, lorsque les animaux consomment l'aliment Lactoprotéines, les débits de substances réductrices, de matières minérales, de matières azotées et de matières grasses sont respectivement les suivants : 0,2, 2,3, 1,3 et 0,6 p. 100.

Quand les veaux reçoivent l'aliment Lactoprotéines, la vidange stomacale des matières azotées et celle des matières grasses sont plus rapides que lorsqu'ils consomment le lait entier ; elles sont encore beaucoup plus rapides quand ils reçoivent l'aliment Sérac : ainsi, les quantités totales de matières azotées émises au cours de la première heure atteignent respectivement 37, 24 et 63 p. 100 (fig. 5). L'accélération de la vidange stomacale observée avec les aliments expérimentaux par rapport au lait entier porte donc sur l'ensemble des constituants de la matière sèche lorsque les veaux reçoivent l'aliment Sérac mais seulement sur les matières azotées et les matières grasses quand ils consomment l'aliment Lactoprotéines ; dans ce dernier cas, les matières azotées et les matières grasses quittent la caillette sensiblement à la même vitesse que les substances réductrices et les matières minérales du lait entier.

DISCUSSION

L'ingestion de l'aliment provoque une phase d'évacuation très rapide de la matière fraîche dans le duodénum (fig. 2). Cette phase dure environ une heure, mais elle est surtout intense au cours de la première demi-heure. Les quantités de matière fraîche parvenant dans le duodénum au cours de la 1^{re} heure sont importantes (47 p. 100) avec le régime lait entier ; identiques avec le régime Lactoprotéines, elles sont beaucoup plus élevées avec le régime Sérac (79 p. 100). Cela explique, au moins en partie, l'inhibition importante de la vidange stomacale qui est observée avec ce dernier régime au cours de la 2^e et de la 3^e heure ; en effet, AUFRAY, MARTINET et RÉRAT (1967) ont constaté que l'injection dans le duodénum d'un porc de

quantités importantes d'effluents gastriques prélevés sur un second animal, ralentissait ou même inhibait la vidange stomacale. Une autre cause de cette inhibition pourrait être le passage dans le duodénum de quantités importantes de matières grasses (HUNT et KNOX, 1968). L'examen des courbes moyennes de vidange stomacale (fig. 2) laisse supposer qu'il y aurait une seconde phase, beaucoup moins intense que la première, entre 3 et 6 h après le repas. En fait, ces moyennes ne correspondent pas exactement à la vidange stomacale réelle : la seconde phase s'observe toujours lorsque les animaux reçoivent l'aliment Sérac, mais de façon plus irrégulière lorsqu'ils consomment le lait entier ou l'aliment Lactoprotéines. Avec le régime lait entier, la vidange stomacale semble avoir une allure exponentielle comme celle observée dans le même cas par MYLREA (1966 a) et MATHIEU (1968) ; il en est de même avec le régime Lactoprotéines ; en revanche, avec le régime Sérac, l'allure de la courbe de vidange stomacale rappelle plutôt, mais en moins rapide, celle observée chez le porc par AUFRAY, MARTINET et RÉRAT (1967). Les sécrétions digestives sont importantes puisque le recouvrement de la matière fraîche varie de 142 à 185 p. 100 en 12 h, ce qui s'accorde avec les résultats de MYLREA (1966 a).

Quand les veaux reçoivent le lait entier, la teneur en matière sèche des effluents gastriques est nettement inférieure à celle de l'aliment mais elle évolue peu en fonction du temps après le repas (fig. 3), comme l'avait observé MATHIEU (1968). Immédiatement après le repas, il doit y avoir une dilution par le contenu stomacal pré-existant et, également, par les sécrétions digestives. Cependant, la diminution de la teneur en matière sèche par rapport à l'aliment est alors plus importante avec le lait entier qu'avec les aliments expérimentaux ; cela est dû à la coagulation sous l'action de la présure qui intervient très rapidement (1 à 10 mn après l'ingestion, d'après MORTENSON, ESPE et CANNON, 1935) et qui empêche le maintien en solution ou en suspension de la caséine et des matières grasses. Plus on s'éloigne du moment du repas, plus la dilution due aux sécrétions augmente tandis que diminue celle due à la coagulation ; celle-ci finit probablement par avoir l'effet inverse à cause de la destruction du coagulum. En revanche, lorsque les veaux consomment les aliments expérimentaux, la teneur en matière sèche des effluents n'est que légèrement inférieure à celle de l'aliment au cours de la première demi-heure mais elle diminue constamment en fonction du temps après le repas (fig. 3) ; cela indique une dilution de plus en plus grande par les sucs digestifs.

Lorsque les veaux reçoivent le lait entier, les substances réductrices et les matières minérales ont une vidange stomacale plus rapide que les matières azotées et surtout que les matières grasses (fig. 5), ce qui s'accorde avec les résultats de MYLREA (1966 b) et de MATHIEU (1968) : après la coagulation, les constituants du lactosérum (lactose, matières minérales et matières azotées non coagulables) peuvent donc quitter la caillette plus rapidement que la caséine et les matières grasses ; de même, chez le jeune rat, GUMINSKI et NAISMITH (1959) ont constaté que les protéines du sérum quittaient l'estomac plus rapidement que la caséine tandis que NAISMITH, MITTWOCH et PLATT (1969) ont observé que le lactose quittait l'estomac plus rapidement que les matières grasses et les matières azotées, ces deux derniers constituants sortant sensiblement à la même vitesse. En conséquence, la digestion et l'absorption des matières azotées et surtout des matières grasses du lait sont relativement régulières ; cela explique, en particulier, que le débit de lipides dans le canal thoracique soit pratiquement constant quel que soit le moment après le

repas, chez des veaux recevant du lait toutes les 12 heures (SHANNON et LASCELLES, 1967).

En revanche, quand les veaux reçoivent les aliments expérimentaux il n'y a pas de différence dans la vidange stomacale des constituants de la matière sèche (fig. 5). Par rapport au lait entier, la vidange stomacale de la matière sèche est accélérée. Cette accélération porte sur tous les constituants de la matière sèche lorsque les veaux reçoivent l'aliment Sérac et seulement sur les matières azotées et les matières grasses quand ils consomment l'aliment Lactoprotéines. COLVIN, LOWE et RAMSEY (1969) ont de même observé une accélération de la vidange stomacale de la matière sèche et des matières azotées en distribuant à un veau des laits de remplacement ne contenant que des protéines de soja mais ils n'ont pas étudié la vidange stomacale des autres constituants de la matière sèche. Cependant SMITH, HILL et HENSCHEL (1966) et SMITH *et al.* (1968) ont constaté un ralentissement ou même une inhibition prononcée dans la vidange stomacale des matières azotées lorsqu'ils remplaçaient les protéines du lait par celles du soja. Quand les veaux reçoivent les aliments expérimentaux, l'absence de coagulation des protéines sous l'action de la présure explique la similitude observée dans la vidange stomacale des différents constituants de la matière sèche pour chacun de ces régimes, ainsi que l'accélération de la vidange stomacale des matières azotées et des matières grasses. En revanche, il semble plus difficile d'expliquer les différences observées entre ces deux régimes, au cours des 3 ou 4 premières heures, dans la vidange stomacale de la matière fraîche et celle des constituants de la matière sèche : en effet, les teneurs en différents minéraux semblent très proches et les protéines proviennent dans les deux cas du lactosérum. Cependant, le Sérac a été obtenu par floculation à pH 5,3 en présence d'acide lactique tandis que les Lactoprotéines ont été préparées par précipitation à pH 4,6 en présence d'acide chlorhydrique ; en outre, le Sérac a subi moins de traitements thermiques que les Lactoprotéines, ces dernières ayant été séchées par le procédé Hatmaker. De plus, la teneur en matières grasses et la nature de ces dernières ne sont pas identiques ; l'aliment Sérac contient 28,5 p. 100 de matières grasses de lait tandis que l'aliment Lactoprotéines renferme 22,7 p. 100 de suif, mais il est peu probable que ces différences puissent influencer la vidange stomacale de façon notable.

En conclusion, le remplacement total des protéines du lait par celles du lactosérum entraîne une accélération de la vidange stomacale qui porte suivant le cas sur la matière fraîche et sur tous les constituants de la matière sèche ou seulement sur les matières azotées et les matières grasses. La vidange stomacale semble influencée non seulement par la nature des protéines mais aussi par la technologie de leur préparation. Il serait donc intéressant de poursuivre cette étude avec les aliments d'allaitement contenant d'autres sources de protéines et du lait dont on empêcherait la coagulation sous l'action de la présure. Cette accélération de la vidange stomacale ne semble cependant pas avoir des conséquences aussi importantes qu'on pourrait le supposer sur l'utilisation des aliments d'allaitement : en effet, un travail précédent (TOULLEC *et al.*, 1969) a montré que l'utilisation digestive de l'aliment Sérac était satisfaisante ; de plus, les essais réalisés sur l'utilisation des Lactoprotéines que nous rapporterons dans une publication ultérieure, confirment cette observation.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement L. VASSAL, de la Station de Recherches laitières et de Technologie des Produits animaux, Centre national de Recherches zootechniques, 78 - Jouy-en-Josas, qui s'est chargé de la préparation du Sérac.

SUMMARY

UTILIZATION OF WHEY PROTEINS BY FATTENING PRERUMINANT CALVES
I. — COMPARATIVE EMPTYING OF THE STOMACH ON WHOLE MILK
AND TWO MILK SUBSTITUTES CONTAINING ONLY WHEY PROTEINS AS SOURCE
OF NITROGEN

The object of this work was to compare emptying of the stomach in preruminant calves given whole milk and two feeds with only whey proteins as source of nitrogen. The whey proteins were obtained by coagulation by heat in the presence of lactic acid (Serac) or hydrochloric acid (Lactoproteins). Serac had 40 per cent of dry matter made up chiefly of protein (39 per cent) and milk fat (57 per cent). It was mixed immediately before use with spray-dried whey powder to make the Serac feed. The Lactoproteins were dried on a Hatmaker roller and were mixed with dried whey powder containing 35 per cent tallow to make up the Lactoproteins feed. The tallow and the liquid whey were homogenised before spray-drying.

Five preruminant calves (table 2) were fitted with a cannula in the duodenum immediately after the pylorus. During 12 consecutive hours after the morning feed, gastric effluent was collected completely. It was simultaneously re-introduced into the duodenum after representative samples had been taken for analysis. Thus we measured the flow of fresh matter, dry matter, reducing substances, minerals, nitrogenous matter and lipids. There were 3, 15 and 5 days of sampling, respectively, after the calves had been given whole milk, Serac and Lactoproteins feeds.

1) Abomasal emptying of fresh matter was not more rapid with Lactoproteins feed than with whole milk (fig. 2) but it was much more rapid with Serac feed. The total output during the first hour reached, respectively, 47, 48 and 79 p. 100 of the amount ingested.

2) When the calves were given whole milk the dry matter content of the gastric effluent was less than that of the feed, but it changed little with time after feeding (fig. 3). On the contrary, when the calves ate the experimental feeds it was only slightly less than that of the feed immediately after feeding, but declined steadily thereafter. Abomasal emptying of dry matter was more rapid after the experimental feeds; during the first hour the total amounts emitted were 28, 67 and 56 p. 100, respectively, of the amounts ingested when the calves had whole milk, Serac and Lactoproteins feeds (fig. 2).

3) When the calves got whole milk, reducing substances and minerals passed from the stomach more rapidly than nitrogenous matter and lipids (table 4 and fig. 5); during the first 6 hours, the total amounts emitted were 80, 80, 55 and 47 p. 100 of intake. However, on the experimental feeds all the constituents of dry matter left the abomasum at the same rate; this was because there was no coagulation caused by rennet.

4) Abomasal emptying of reducing substances and minerals was not more rapid with Lactoproteins feed than with whole milk (table 4 and fig. 5) but it was much more rapid with Serac feed; the total amounts of reducing substances emitted during the first hour were, respectively, 36, 36 and 67 p. 100 of the amounts ingested.

5) Abomasal emptying of nitrogenous matter and lipids was quicker with Lactoproteins feed than with whole milk (table 4 and fig. 5), but it was even quicker with Serac feed, so that the total nitrogenous matter passing from the stomach during the first hour reached 37, 24 and 62 p. 100 of the amounts ingested.

6) So, total replacement of milk proteins by whey proteins increased the rate of abomasal emptying. This acceleration was probably because there was no coagulation by rennet. It might apply to the fresh matter and all the constituents of the dry matter (Serac feed) or only to nitrogenous matter and lipids (Lactoproteins feed). Abomasal emptying was influenced not only by the nature of the proteins but also by the technology of their preparation.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASH R. W., 1964. Abomasal secretion and emptying in suckled calves. *J. Physiol.*, **172**, 425-438.
- BLAXTER K. L., WOOD W. A., 1953. Some observations on the chemical and biochemical events associated with diarrhoea in calves. *Vet. Rec.*, **50**, 889-892.
- AUFFRAY P., MARTINET J., RÉRAT A., 1967. Quelques aspects du transit gastro-intestinal chez le porc. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **7**, 261-279.
- COLVIN B. M., LOWE R. A., RAMSEY H. A., 1969. Passage of digesta from the abomasum of a calf fed soy flour milk replacers and whole milk. *J. Dairy Sci.*, **52**, 687-688.
- ESPE D. L., CANNON C. Y., 1935. The relation of the fat content of milk to the passage of the milk curd from the stomach of the calf. *J. Dairy Sci.*, **18**, 141-147.
- FOLCH J., LEES M., SLOANE-STANLEY G. H., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, **226**, 497-509.
- GUMINSKI T., NAISMITH D. J., 1959. The behaviour of proteins of maternal milk in the normal infant rat's stomach. *Proc. Nutr. Soc.*, **18**, XXXV-XXXVI.
- HUNT J. N., KNOX M. T., 1968. Regulation of gastric emptying. In Code E. F., *Hand-book of Physiology*, Section 6 : Alimentary canal, vol. 3. Motility, 1917-1936. *Ann. Physiol. Soc.*, Washington.
- KASTELIC L., BENTLEY G., PHILLIPS P., 1950. Studies on growth and survival of calves fed semi-synthetic milk from birth. *J. Dairy Sci.*, **33**, 725-736.
- MATHIEU C.-M., 1968. Étude de la vidange stomacale du lait entier chez le veau préruminant. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **8**, 581-583.
- MORTENSON F. N., ESPE D. L., CANNON C. Y., 1935. Effect of heating milk on the time which the curds remain in the abomasum of calves. *J. Dairy Sci.*, **18**, 229-238.
- MYLREA P. J., 1966. Digestion of milk in young calves. I. Flow and acidity of the contents of the small intestine. *Res. Vet. Sci.*, **7**, 333-341.
- MYLREA P. J., 1966. Digestion of milk in young calves. II. The absorption of nutrients from the small intestine. *Res. Vet. Sci.*, **7**, 394-406.
- NAISMITH D. J., MITTWOCH A., PLATT B. S., 1969. Changes in composition of rat's milk in the stomach of the suckling. *Brit. J. Nutr.*, **23**, 683-693.
- NETKE S. P., GARDNER K. E., KENDALL K. A., 1962. Effect of diet pH on fecal consistency of young calves. *J. Dairy Sci.*, **45**, 105-108.
- OWEN F. G., JACOBSON N. L., ALLEN R. S., HOMEYER P. G., 1958. Nutritional factors in calf diarrhoea. *J. Dairy Sci.*, **41**, 662-670.
- PLATT B. S., 1954. The fate of successive portions of a meal in the rat's stomach. *Proc. Nutr. Soc.*, **13**, XVI-XVII.
- ROZEN R., 1967. Évacuation stomacale comparée du lait et du yoghourt chez le rat. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **7**, 47-58.
- SHANNON A. D., LASCELLES A. K., 1967. A study of lipid absorption in young milk-fed calves with the use of a lymphatic-venous shunt for the collection of thoracic duct lymph. *Austr. J. Biol. Sci.*, **20**, 669-681.
- SMITH R. H., HILL W. B., HENSCHEL M. J., 1966. Protein digestion in the liquid-fed calf. *N. I. R. D. Report*, **138**.
- SMITH R. H., MC ALLAN A. B., HENSCHEL M. J., HILL W. B., 1968. Protein digestion in the liquid-fed calf : factors affecting the rate of flow of digesta. *N. I. R. D. Report*, **65**.
- SOMOGYI M., 1952. Notes on sugar determination. *J. Biol. Chem.*, **195**, 19-23.
- TAGARI H., ROY J. H. B., 1969. The effect of the pre-heating treatment of spray-dried skim milk on the pH and the contents of total, protein and non protein nitrogen of the pyloric outflow. *Brit. J. Nutr.*, **23**, 763-782.
- THIVEND P., DIEZ E., 1971. *Mise au point d'un appareil automatique pour prélever les contenus digestifs*. En préparation.
- TOULLEC R., MATHIEU C.-M., VASSAL L., PION R., 1969. Utilisation digestive des protéines du lactosérum par le veau préruminant à l'engrais. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **9**, 661-664.
- WARNER R. G., 1969. Relative values of several protein sources in calf milk replacers. *Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manufac.*, 69-74.