

DIGESTION ET UTILISATION DES ALIMENTS PAR LE VEAU PRÉRUMINANT A L'ENGRAIS

III. — REMPLACEMENT DES MATIÈRES GRASSES DU LAIT PAR DIFFÉRENTS AMIDONS

C.-M. MATHIEU, et P. THIVEND

avec la collaboration technique de Jacqueline RIGAUD et J.-M. BOISSAU

*Station de Recherches sur l'Élevage des Ruminants,
Centre de Recherches zootechniques et vétérinaires sur les Ruminants,
63 - Theix près Clermont-Ferrand
Institut national de la Recherche agronomique*

SOMMAIRE

Le but de ce travail a été d'étudier, chez le veau préruminant à l'engrais, l'utilisation digestive de différents amidons introduits dans un lait partiellement ou quasi totalement écrémé. Cinq amidons ont été utilisés : amidons crus de maïs, de pomme de terre et de manioc, amidons éclatés de maïs et de pomme de terre. Pour chaque amidon, deux « laits » isoénergétiques à un lait à 35 p. 1 000 ont été préparés ; ils contenaient 25 ou 75 g d'amidon et avaient des teneurs en matières grasses de 25 ou 5 g/kg. 27 veaux mâles (2 à 5 par régime) ont été utilisés. Ils étaient maintenus en cage à bilan de l'âge d'environ 15 jours jusqu'à leur abattage à l'âge de 12-13 semaines. Ils ont reçu des quantités de lait importantes, comparables à celles qui sont habituellement distribuées à des veaux à l'engrais.

La digestibilité de l'amidon a été dans l'ensemble élevée. Elle a varié avec la nature et avec la quantité d'amidon ingéré (de 91,6 pour l'amidon de maïs à 58,6 pour la fécule de pomme de terre, dans le cas des laits à faible teneur en amidon ; de 65,1 à 49,7 pour les amidons correspondants, dans le cas des laits riches en amidon) ; le traitement hydrothermique qu'a subi l'amidon éclaté de maïs n'a pas amélioré son utilisation digestive. En revanche, la fécule de pomme de terre éclatée a été mieux utilisée que la fécule crue. La digestibilité de la matière sèche des laits a varié comme celle de l'amidon. Quelle que soit la quantité ingérée, les amidons crus ont été antidiarrhéiques, mais les amidons éclatés ont eu un pouvoir laxatif très élevé.

Le coefficient de rétention de l'azote a augmenté avec la quantité d'énergie digestible ingérée ; pour un même niveau énergétique, il a été plus élevé lorsqu'une partie des matières grasses était remplacée par de l'amidon (cas des laits contenant 25 g d'amidon par kg). La mesure des variations de la glycémie postprandiale n'a pas permis de déterminer l'importance de l'utilisation digestive des différents amidons ; la glycosurie a été dans l'ensemble très faible.

L'état d'engraissement des carcasses a été généralement insuffisant, plus spécialement dans le cas des veaux qui recevaient de fortes quantités d'amidon.

INTRODUCTION

Le remplacement d'une partie des matières grasses du lait par différents amidons dans l'alimentation du veau préruminant a fait l'objet d'un certain nombre de travaux depuis le début du siècle. Les premiers essais ont été effectués dans un but essentiellement zootechnique (mesure des gains de poids et des quantités consommées). LIEBIG (1911) en Allemagne, GOUIN et ANDOUARD (1908) puis TERROINE (1930, 1931) en France ont ainsi démontré qu'une partie de l'énergie peut être fournie par de l'amidon dans les rations des veaux à l'engrais (tabl. 1). D'autres chercheurs (SHAW, WOODWARD et NORTON, 1918; RAVEN et ROBINSON, 1958; HUBER et *al.*, 1961 *b*; NISHIMATSU et KUMENO, 1966) ont étudié la valeur nutritive de l'amidon, en mesurant son coefficient d'utilisation digestive. Leurs résultats montrent que le jeune veau est capable de digérer une partie importante de l'amidon qu'il reçoit (tabl. 2). Enfin, des études métaboliques ont été effectuées par FLIPSE et *al.* (1950 *a* et *b*), DOLLAR et PORTER (1957), OKAMOTO, THOMAS et JOHNSON (1959), HUBER et *al.* (1961 *a*). Ces auteurs n'ont jamais pu montrer que l'ingestion d'un repas d'amidon provoquait une augmentation significative de la glycémie périphérique du jeune veau ce qui les a conduits à mettre en doute l'aptitude de cet animal à digérer l'amidon (tabl. 3).

Aucune de ces études n'envisage simultanément les différents aspects zootechniques, digestifs et métaboliques. Les méthodes utilisées pour apprécier l'utilisation digestive de l'amidon sont parfois imprécises ou mal adaptées (mesure des variations de la glycémie postprandiale). De plus, les essais ont souvent été réalisés sur un petit nombre d'animaux et dans des conditions assez différentes de celles rencontrées dans la pratique (période expérimentale généralement très courte). C'est pour ces diverses raisons que nous avons entrepris une étude complète de l'utilisation digestive des trois amidons les plus couramment employés (manioc, maïs, pomme de terre), soit à l'état cru, soit après avoir subi un traitement hydrothermique permettant de les maintenir en suspension dans l'eau (amidon de maïs et de pomme de terre éclatés). Ce travail fait partie de l'étude systématique des différents glucides susceptibles de remplacer les matières grasses du lait (MATHIEU et de TUGNY, 1965; MATHIEU et BARRÉ, 1968).

Nous avons introduit chaque amidon selon deux doses (25 et 75 g par kg) dans des laits partiellement écrémés. Afin de préparer des laits isoénergétiques à un lait à 35 p. 1 000 de matières grasses, les 25 g d'amidon ont été introduits dans un lait à 25 p. 1 000, les 75 g dans un lait à 5 p. 1 000. Ces deux régimes ont permis de comparer la digestion de l'amidon ingéré à des niveaux très différents (de 150 à 350 g/j pour le lait 25-25, de 500 à 1 000 g/j pour le lait 5-75). De plus, le lait 25-25 a été choisi afin d'obtenir une carcasse suffisamment grasse (MATHIEU et BARRÉ, 1964).

Nous avons distribué ces laits à des veaux maintenus en cages à bilan. Les quantités données étaient comparables à celles qui sont habituellement offertes aux veaux à l'engrais. Nous avons mesuré chaque semaine la digestibilité apparente de l'amidon et des principaux constituants du lait, la rétention de l'azote, la glycémie postprandiale et la croissance pondérale des animaux; les veaux ont été abattus à la fin de l'expérience et nous avons apprécié la qualité de la carcasse.

TABLEAU 2
Données bibliographiques sur la digestion de l'amidon par le veau préruminant :
utilisation digestive de l'amidon

Auteurs	Caractéristiques et nombre des animaux	Age en début d'expérience	Durée de l'expérience	Nature des amidons ou des produits amyliacés	Quantités d'amidon distribuées	Autres constituants de la ration	Mode de distribution	Critères d'appréciation de l'utilisation de l'amidon	Conclusions
SHAW, WOODWARD et NORTON (1918)	2 veaux	4 j	30 j	Amidon cru de maïs (76 à 77 p. 100 d'amidon pur)	184 g/j	Lait entier	3 jours lait 4 jour lait + amidon 5 jours lait	Dosage de l'amidon dans les fèces	Le veau dès l'âge d'un mois digère l'amidon en totalité
RAVEN et ROBINSON (1958)	4 veaux en cages à bilan	3-4 j	17 j	Amidon de maïs		Lait écrémé + Lactose	Préperiode de 5 jours 2 périodes expérimentales de 6 j chacune	Dosage de l'amidon dans les fèces	CUD amidon de maïs (p. 100) 52-62-48-51
HUBER et al. (1961 b)	12 veaux	12 à 14 semaines	10 j par amidon	Amylose Amylopectine Amidon de maïs hydrolysé Amidon de manioc	30 g/100 kg de poids vif et par repas	Lait écrémé + Luzerne	Préperiode de 5 jours Expérience de 5 jours Amidon soluble dans le lait écrémé Distribution au seuil à tétine	Étude des variations de la glycémie après le repas + dosage de l'amidon dans les fèces	CUD (p. 100) Amylose 83 Amylopectine 89 Amidon de maïs hydrolysé 80 Amidon de manioc 80
NISHIMATSU et KUMENO (1966)	6 veaux	10 j	30 j	Farine de blé crue (A) Farine de blé autoclavée (B) Farine de blé grillée (C) Maïs éclairé (D) Amidon de pomme de terre (E)				Dosage de l'amidon dans les fèces	CUD amidon (p. 100) A : 89,0 B : 89,9 C : 92,4 D : 94,6 E : 97,7

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Animaux

Les essais ont été effectués sur 34 veaux mâles parmi lesquels 7 ont dû être retirés au cours du premier mois pour des raisons sanitaires.

Ces veaux, de race *Normande*, achetés entre les âges de 6 et 15 jours ont été placés dès leur arrivée dans des cages à bilan. Les mesures n'ont commencé qu'une semaine plus tard de façon à laisser les veaux s'adapter à leurs nouvelles conditions d'existence ; ces mesures ont été effectuées pendant 10 à 13 semaines. Les animaux ont été abattus entre les âges de 90 et 100 jours.

Les veaux ont été pesés une fois par semaine le matin avant le premier repas, ainsi que le jour de leur abattage.

Aliments

Les deux types de lait seront désignés par deux nombres, le premier rappelant la teneur en matières grasses et le second la teneur en amidon ; ils répondent aux dénominations suivantes : 25-25 et 5-75.

Nous avons utilisé 4 amidons préparés industriellement, pratiquement purs (0,3 à 1,5 p. 100 de constituants non glucidiques) et une farine de manioc dont la teneur en amidon était de 91,5 p. 100. Les amidons éclatés de maïs et de pomme de terre ont subi un traitement hydrothermique (prégélatinisation).

Les laits ont été préparés à partir d'un lait de mélange de taux butyreux supérieur à 35 p. 1 000. Ce lait provenait de la traite du soir du troupeau de la Station. Une partie du lait était écrémée chaque jour. Par mélange en proportions convenables du lait entier et du lait écrémé, on a obtenu des laits à 5 et à 25 g de matières grasses par kg.

L'amidon était mélangé au lait au moment de la distribution. Pour compenser l'élimination des vitamines A et D lors de l'écémage, nous ajoutions une fois par semaine des vitamines A et D sur support de glucose (en milliers d'UI de vitamine A : 100 et 35 ; de vitamine D : 10 et 3,5 respectivement pour les laits à 5 et 25 p. 1 000).

Le lait était distribué deux fois par jour dans des seaux, à une température d'environ 37°C. Les quantités offertes étaient les mêmes pour tous les veaux ; elles étaient importantes et augmentaient avec l'âge passant de 5 kg/j à 2 semaines jusqu'à un maximum de 14 kg/j à partir de la 9^e semaine. Les quantités refusées par chaque veau étaient pesées après chaque repas. Les veaux ont consommé au total de 730 à 950 kg de lait selon leur appétit et la durée de l'expérience.

Mesures et calculs

Les mesures et les calculs effectués ont été exposés en détail dans une publication précédente (MATHIEU et BARRÉ, 1964) ; rappelons-les brièvement :

— des échantillons moyens hebdomadaires (6 jours par semaine) destinés à l'analyse étaient constitués à partir des laits, des fèces et de l'urine de chaque veau. Nous avons ainsi calculé pour chaque veau le coefficient d'utilisation digestive apparent (CUD) de la matière sèche, de la matière organique, des matières grasses, de l'azote et de la fraction indéterminée. Le CUD de l'amidon a été calculé en considérant d'une part, que la fraction indéterminée des fèces n'était constituée que par des glucides (amidon et lactose), d'autre part que le CUD du lactose était égal à 99 p. 100 (MATHIEU et BARRÉ, 1964). Nous avons également calculé le coefficient de rétention apparent (CR) de l'azote ;

— une fois par semaine, nous mesurons le taux de sucres réducteurs (SOMOGYI, 1952) du sang (glycémie) et de l'urine (glycosurie) d'un veau pour chaque régime ;

— à l'abattage, la carcasse et les différentes parties du 5^e quartier (viscères, peau, sang) ont été pesées ce qui a permis de calculer le rendement commercial et le rendement vrai. La qualité de la carcasse a été appréciée par un expert ; quatre muscles (hampe, onglet, bavette, filet mignon) ont été prélevés et analysés. A partir des résultats obtenus sur 5 veaux abattus à l'âge de 15 jours (poids vif 55,1 kg ± 10,4 ; poids de carcasse 33,8 kg ± 6,2 ; rendement 61,5 p. 100 ± 4,0) nous avons estimé le poids de carcasse des veaux au début de l'expérience ; nous avons pu alors calculer le gain de poids de la carcasse.

TABLEAU 3

*Données bibliographiques sur la digestion de l'amidon par le veau préruminant :
mesure de l'évolution de la glycémie postprandiale*

Auteurs	Caractéristiques et nombre des animaux	Age en début d'expérience	Durée de l'expérience	Nature des amidons ou des produits amylicés	Quantités d'amidon distribuées	Autres constituants de la ration	Mode de distribution	Critères d'appréciation de l'utilisation de l'amidon	Conclusions
FLIPSE et al. (1950 a)	3 veaux	3 à 5 j	31 j 35 j	En p. 100 de la ration : Amidon de maïs 60 p. 100 ou dextrines 60 p. 100 ou corn sugar 60 p. 100		Caséine 25 p. 100 + saindoux 40 p. 100 + sels minéraux 5 p. 100	Distribution journalière au seau	Analyses de sang hebdomadaires Gain de poids	Très mauvaise utilisation des trois régimes
FLIPSE et al. (1950 b)	2 groupes de veaux	2 j	31 j	Amidon 45 p. 100 + glucose 45 Amidon 45 + lactose 40 + glucose 5		Caséine 25 p. 100 + saindoux 40 p. 100 + sels minéraux 5 p. 100	Distribution journalière au seau 2 fois/jour	Gain de poids Santé Étude des variations de la glycémie après le repas	Mauvaise utilisation de l'amidon améliorée quand le glucose est remplacé en partie par le lactose
DOLLAR et PORTER (1957)	8 veaux	2 j		Dextrines et amidon soluble	4,4 g/kg de poids vif	Lait entier	Distribution <i>per os</i> de solutions aqueuses Jeûne la veille	Étude des variations de la glycémie après le repas	Le jeune veau n'utilise ni les dextrines ni l'amidon

TABLEAU 3 (suite)

Auteurs	Caractéristiques et nombre des animaux	Age en début d'expérience	Durée de l'expérience	Nature des amidons ou des produits amyliacés	Quantités d'amidon distribuées	Autres constituants de la ration	Mode de distribution	Critères d'appréciation de l'utilisation de l'amidon	Conclusions
OKAMOTO, THOMAS et JOHNSON (1959)	8 veaux	5 à 53 j		Dextrines, amidon de maïs, maïs cuit, cru ; pomme de terre déshydratée, orge cuit	4,4 à 5,5 g/kg de poids	Les animaux les plus jeunes : lait Les autres : lait, foin et concentré	Distribution au seau Jeûne la veille de l'expérience	Étude des variations de la glycémie après le repas	Les amidons non traités ne sont pas utilisés
HUBER et <i>al.</i> (1961 a)	5 groupes de veaux 4 par lot en cage	22 j 50 j 136 j 227 j 600 j	1 j par amidon	Amylose Amylopectine Amidon de maïs hydrolysé Amidon de manioc	2 g/kg de poids vif pour les plus jeunes 4 g pour les autres	Les 3 premiers lots : lait complet, concentré et foin Les autres : foin et 2 kg de concentré	Les 3 premiers lots : seau à tétine Les autres : fistule du rumen ; canule jusqu'à l'orifice feuillette	Étude des variations de la glycémie après le repas	L'amidon est très mal utilisé par l'animal

RÉSULTATS

Croissance pondérale

Les animaux recevant une faible quantité d'amidon (lait 25-25) ont eu une croissance sensiblement égale, voire supérieure, (tabl. 5) à celle des veaux recevant un lait entier isoénergétique (821, 891, 893 g/j pour les amidons de maïs, de maïs éclaté et de pomme de terre ; 1 035, 1 050 g/j pour la farine de manioc et la fécule de pomme de terre éclatée). En revanche, elle a été beaucoup plus faible avec les régimes riches en amidon (lait 5-75) (770 g/j avec de la farine de manioc, 601 g/j avec de l'amidon de maïs). Nous avons confirmé ce dernier point sur un nombre plus important d'animaux élevés en lot, dans des conditions plus proches de la pratique (tabl. 4) : les gains de poids obtenus ont été en général voisins de ceux des animaux maintenus en cages à bilan. Il semble donc que le séjour prolongé en cage n'ait pas exercé d'influence sur la croissance.

TABLEAU 4

Comparaison des gains de poids des animaux élevés en lot ou en cages à bilan

Type d'amidon	Teneur du lait en		Animaux en lot			Animaux en cages à bilan		
	matières grasses (g/kg)	amidon (g/kg)	Nombre de veaux	Quantité ingérée (kg)	Gain de poids (g/j)	Nombre de veaux	Quantité ingérée (kg)	Gain de poids (g/j)
Manioc	5	75	6	725	751	5	875	770
Maïs	5	75	7	882	658	2	797	601
Maïs éclaté	5	75	9	918	638	3	787	608
Pomme de terre	5	75	8	880	532	3	941	617
Fécule de pomme de terre éclatée	5	75	4	853	668	2	882	791

Quelle que soit la quantité d'amidon distribuée (25 ou 75 g/kg de lait), la croissance des animaux a été plus importante avec la farine de manioc et la fécule de pomme de terre éclatée (1 035 ou 770 g/j ; 1 050 ou 791 g/j) qu'avec l'amidon de maïs cru ou éclaté (821 ou 601 g/j ; 891 ou 608 g/j) ou la fécule de pomme de terre (893 ou 617 g/j). Cette classification est restée identique avec les animaux élevés en lot (tabl. 4) mais les différences entre la fécule de pomme de terre éclatée et les deux amidons de maïs ont été très faibles (668, 658 et 638 g/j).

Diarrhées et bilan d'eau

Nous avons obtenu une estimation objective de la consistance des fèces, aspect important des diarrhées, en déterminant chaque jour leur teneur en matière sèche. Nous avons réparti les teneurs en matière sèche des fèces en 9 classes (< 4 p. 100, de 4 à 8 p. 100, de 8 à 12 p. 100 ...) que nous avons ensuite regroupées en trois classes correspondant à trois aspects macroscopiques : état diarrhéique < 12 p. 100, état relâché de 12 à 20 p. 100, état normal > 20 p. 100 (BLAXTER et WOOD, 1953 ; ROY et *al.*, 1961). Pour chaque régime, la fréquence des états correspondant aux différentes classes de matières sèches des fèces, a été représentée dans la figure 1.

La fréquence des diarrhées a été très faible (de 1 à 9 p. 100) chez les veaux recevant de l'amidon cru. Les amidons de manioc, de maïs et surtout de pomme de terre, distribués en quantité importante (lait 5-75) sont nettement antidiarrhétiques. Cependant, la fréquence de l'état normal diminue (de 94,2 à 66,8 p. 100 pour la féculé de pomme de terre) lorsque ces amidons sont distribués en quantité plus faible (lait 25-25).

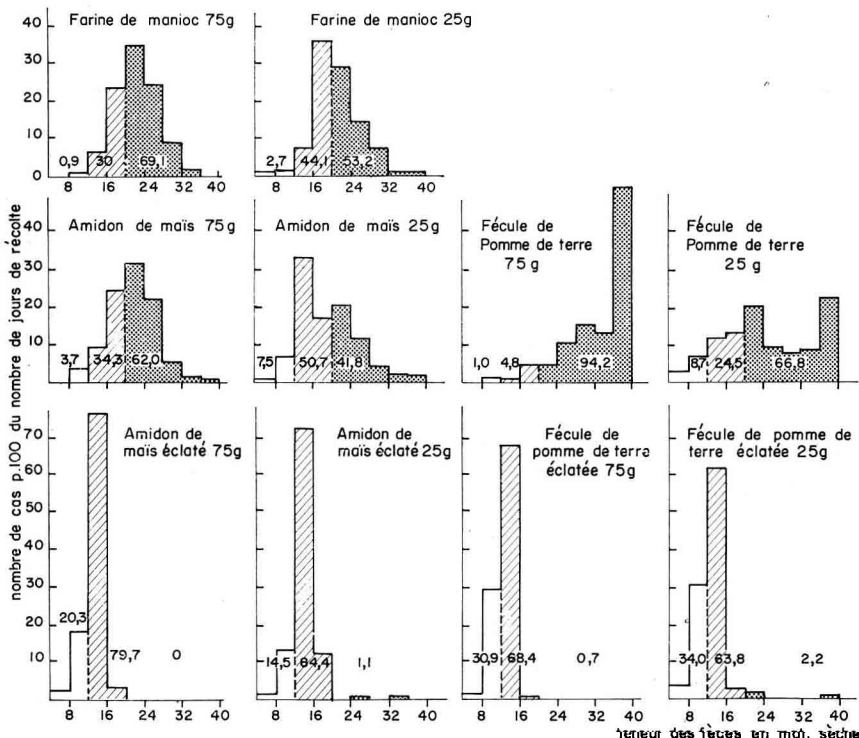


FIG. 1. — Répartition de la teneur en matière sèche des fèces (en p. 100 du nombre de jours de récolte)

État diarrhétique
 — relâché
 — normal

Le traitement hydrothermique augmente considérablement la fréquence des états diarrhétiques et relâchés, quel que soit le type de régime : l'état normal disparaît pratiquement (< 2 p. 100) ; l'état relâché prédomine dans tous les cas : de 60 à 70 p. 100 pour la féculé de pomme de terre éclatée, de 80 à 85 p. 100 pour l'amidon de maïs éclaté.

Les quantités d'eau retenue (eau ingérée moins eau éliminée dans l'urine et dans les fèces) sont sensiblement les mêmes (de 30 à 40 p. 100 de l'eau ingérée) quels que soient les types et les concentrations d'amidon (fig. 2). Il semble qu'il y ait un équilibre entre les quantités d'eau fécale et d'eau urinaire excrétées. Lorsque la première augmente, la seconde diminue et inversement, de sorte que la somme des deux reste constante ; c'est le cas notamment avec l'amidon de maïs éclaté (lait 5-75) et avec l'amidon de maïs cru (lait 25-25).

TABIEAU 5
Digestibilité des laits, rétention azotée et croissance des veaux

No des veaux	Type d'amidon	Teneur du lait en		Coefficient d'utilisation digestive (p. 100)					Coefficient de rétention de l'azote (p. 100)	Gain de poids (g/j)	Gain de carcasse (g/j)	Quantité de lait consommée par kg de gain de poids
		matières grasses (g/kg)	amidon (g/kg)	Matière organique (t)	Matières grasses	Azote	Amidon					
0703	Manioc			81,4 ± 3,7	92,4 ± 2,4	91,4 ± 0,9	61,8 ± 8,6	55,7 ± 12,7	893	561	12,0	
0721				79,3 ± 4,6	88,5 ± 9,2	90,0 ± 8,4	56,3 ± 8,9	52,9 ± 5,3	798	527	13,4	
0970		5	75	79,3 ± 2,6	93,0 ± 2,3	91,2 ± 1,7	55,8 ± 6,2	54,1 ± 9,6	727	503	14,0	
0971				77,5 ± 2,2	90,9 ± 7,1	91,2 ± 2,1	50,2 ± 3,3	53,5 ± 11,1	740	494	13,8	
0974				82,5 ± 2,3	94,0 ± 2,7	91,3 ± 2,7	63,7 ± 3,8	50,2 ± 11,0	695	470	15,2	
Moyenne			(79,9) 80,0	91,8	91,0	57,6		53,3	770	511		
0704	Maïs			93,6 ± 2,5	97,3 ± 3,7	94,0 ± 1,9	74,8 ± 15,5	63,7 ± 16,1	1 012	633	10,7	
0723		25	25	94,0 ± 1,6	96,6 ± 3,7	92,6 ± 2,0	80,4 ± 11,6	64,0 ± 10,6	1 059	658	10,7	
Moyenne				(93,7) 93,8	96,9	93,3	77,6	63,8	1 035	645		
0966		5	75	82,0 ± 3,9	87,8 ± 6,7	90,9 ± 2,8	63,3 ± 9,8	46,0 ± 9,7	545	374	18,4	
0968				83,7 ± 3,8	93,8 ± 2,3	93,7 ± 2,9	67,0 ± 5,7	53,2 ± 15,3	658	476	15,3	
Moyenne			(83,3) 82,8	90,8	92,3	65,1	49,6	601	425			
3950	Pomme de terre			96,6 ± 3,1	96,0 ± 7,9	93,4 ± 6,2	95,3 ± 3,8	62,0 ± 14,7	833	546	12,2	
3959		25	25	96,5 ± 1,2	99,0 ± 0,5	96,2 ± 0,7	87,8 ± 7,0	69,2 ± 2,7	809	577	11,2	
Moyenne				(96,4) 96,6	97,5	94,8	91,6	65,6	821	562		
2955		5	75	78,9 ± 3,6	90,6 ± 3,4	92,8 ± 3,1	55,6 ± 8,1	49,0 ± 12,0	630	371	18,7	
2956				77,9 ± 4,4	92,3 ± 2,5	92,6 ± 3,4	53,5 ± 9,5	50,2 ± 16,5	607	388	17,8	
2957			74,5 ± 3,8	90,6 ± 2,4	90,3 ± 3,5	40,0 ± 9,1	51,1 ± 11,0	613	393	17,6		
Moyenne			(76,3) 76,1	91,1	91,9	49,7	50,1	617	384			
2964	Moyenne			94,1 ± 2,8	96,8 ± 6,1	94,4 ± 3,1	78,6 ± 7,4	64,9 ± 12,2	883	575	15,9	
2965		25	25	91,9 ± 3,6	98,0 ± 1,5	94,2 ± 3,8	66,7 ± 9,7	72,1 ± 5,8	940	604	11,7	
2966				86,0 ± 3,3	96,3 ± 3,5	99,0 ± 4,6	30,5 ± 22,6	59,9 ± 15,3	857	568	12,1	
Moyenne				(90,7) 90,6	97,0	95,8	58,6	65,6	893	582		

TABLEAU 5 (suite)

N° des veaux	Type d'amidon	Teneur du lait en		Coefficient d'utilisation digestive (p. 100)					Coefficient de rétention de l'azote (p. 100)	Gain de poids (g/l)	Gain de carcasse (g/l)	Quantité de lait consommée par kg de gain de poids
		matières grasses (g/kg)	amidon (g/kg)	Matière organique (1)	Matières grasses	Azote	Amidon					
1740				77,7 ± 3,8	77,9 ± 6,3	80,9 ± 4,7	58,4 ± 6,8	54,7 ± 9,0	564	478	14,4	
1953		5	75	75,6 ± 2,9	80,9 ± 12,2	85,1 ± 7,4	54,6 ± 7,6	59,9 ± 8,4	649	430	15,8	
1955				85,5 ± 6,3	77,5 ± 2,4	84,2 ± 6,5	60,7 ± 15,6	59,2 ± 6,3	610	423	17,0	
Moyenne	Maïs éclaté			(76,3) 79,6	78,7	83,4	57,9	57,9	608	444		
1956				95,5 ± 1,5	98,4 ± 2,5	93,1 ± 2,2	88,8 ± 6,2	67,7 ± 6,5	800	642	12,0	
1957		25	25	96,1 ± 2,9	98,3 ± 1,4	94,0 ± 1,3	90,5 ± 6,9	68,8 ± 5,8	945	631	10,4	
1958				92,2 ± 2,4	99,0 ± 1,2	91,4 ± 2,4	73,0 ± 13,1	66,0 ± 5,9	958	651	11,0	
Moyenne				(94,9) 94,8	98,5	92,8	84,1	67,5	891	641		
3960				75,4 ± 2,6	88,2 ± 2,0	89,3 ± 3,5	50,5 ± 6,4	61,2 ± 12,8	783	479	15,6	
3963		5	75	80,0 ± 8,0	88,2 ± 3,5	88,5 ± 3,6	61,3 ± 6,6	69,1 ± 11,3	799	523	13,8	
Moyenne	Fécule de pomme de terre éclatée			(78,0) 77,7	88,2	88,9	55,9	65,1	791	498		
3962				95,1 ± 1,8	96,5 ± 2,6	92,5 ± 7,4	87,1 ± 7,8	63,4 ± 11,7	1 050	685	14,0	
3967		25	25	96,3 ± 1,2	97,9 ± 2,1	93,9 ± 3,4	91,7 ± 4,9	72,6 ± 5,9	1 049	705	10,7	
Moyenne				(95,6) 95,7	97,2	93,2	89,4	68,0	1 050	695		
9407				97,3 ± 1,5	98,8 ± 0,8	94,3 ± 3,3		62,1 ± 14,2	893	558		
9558				98,8 ± 0,2	99,2 ± 0,2	97,5 ± 1,2		75,7 ± 8,3	1 135	781		
0713		35	35	98,9 ± 0,5	99,2 ± 0,1	98,0 ± 0,8		57,0 ± 16,3	869	559		
0716				98,5 ± 0,7	99,0 ± 0,4	97,6 ± 1,6		63,4 ± 12,0	845	575		
1959				98,9 ± 0,7	99,1 ± 1,2	97,8 ± 1,1			842	585		
Moyenne	Témoïn			(98,2) 98,5	99,1	97,0		64,6	940	612		

(1) Les valeurs entre parenthèses correspondent au CUD de la matière sèche.

Digestibilité des laits

Pour tous les régimes étudiés, le coefficient d'utilisation digestive de la matière sèche, de la matière organique, de l'azote et des matières grasses est resté relativement constant pendant toute la période expérimentale (tabl. 5). Cependant le CUD

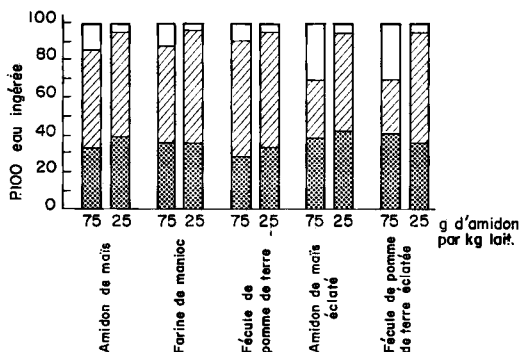
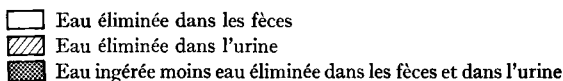


FIG. 2. — Excrétion de l'eau dans les fèces et dans l'urine (p. 100 de l'eau ingérée)



apparent de l'amidon a varié dans des limites assez larges (écarts-types compris entre ± 3 et ± 16), sans que l'on puisse toutefois établir une relation entre ses variations et l'âge des animaux (fig. 3).

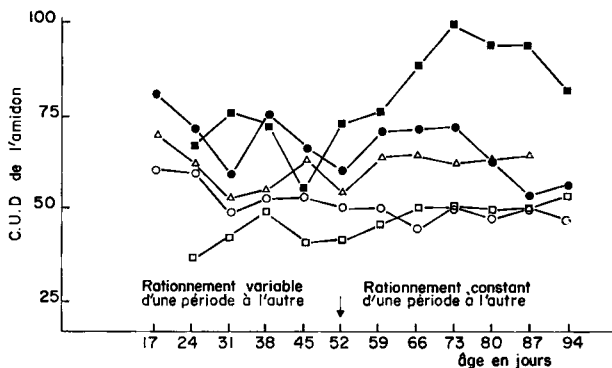
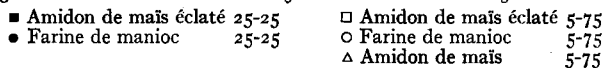


FIG. 3. — Variations du C.U.D. de différents amidons avec l'âge de l'animal



La digestibilité de l'amidon a été plus élevée lorsque le régime contenait peu d'amidon (de 8,9 pour l'amidon de pomme de terre à 33,5 points pour la fécula de pomme de terre éclatée). Pour une concentration donnée, elle a varié avec la nature de l'amidon, selon le classement ci-après :

— pour les laits 25-25 : amidon de maïs (91,6), de pomme de terre éclaté (89,4), de maïs éclaté (84,1) ; farine de manioc (77,6), fécula de pomme de terre (58,6) ;

— pour les laits 5-75 : amidon de maïs (65,1), amidon de maïs éclaté (57,9), farine de manioc (57,6), amidon de pomme de terre éclaté (55,9) et de pomme de terre (49,7).

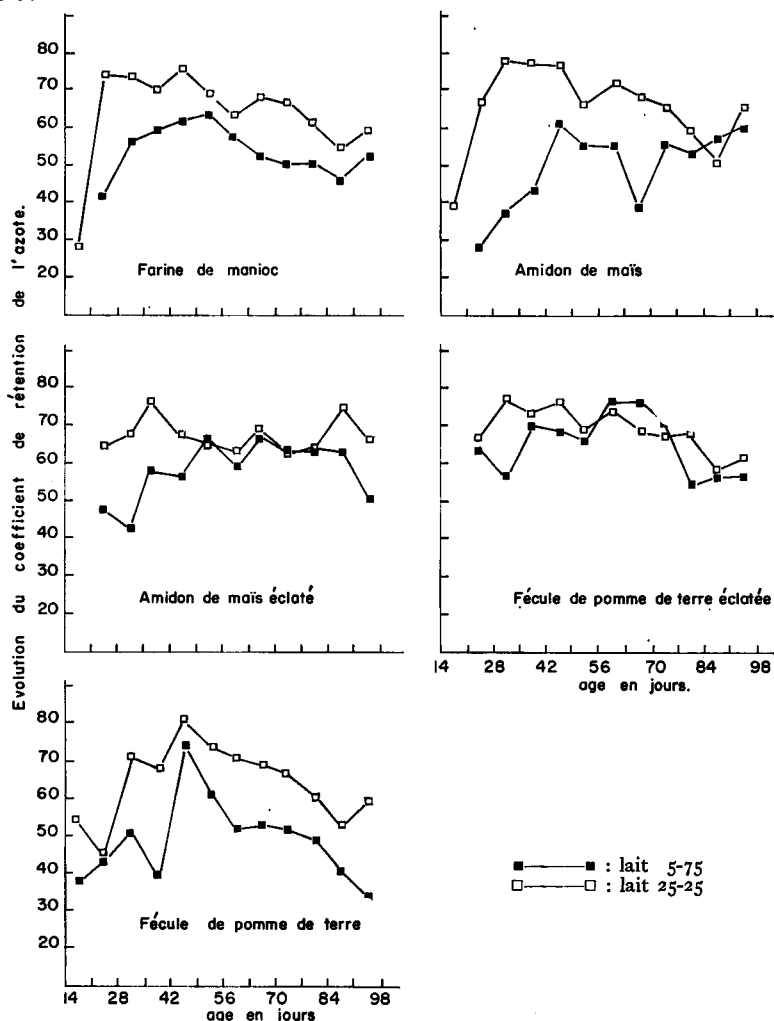


FIG. 4. — Evolution du coefficient de rétention de l'azote avec l'âge

La digestibilité des autres constituants du lait a été également plus faible lorsque le régime était riche en amidon. Les CUD des matières grasses et de l'azote des laits 5-75 ont été inférieurs à ceux des laits 25-25 (de 78,7 à 91,8 contre 96,9 à 98,5 pour les matières grasses ; de 83,4 à 92,3 contre 92,8 à 94,8 pour l'azote), cette baisse étant due probablement à une augmentation de l'excrétion endogène.

Pour une même teneur du lait en amidon, les CUD des matières grasses et de l'azote n'ont pas varié avec la nature de l'amidon cru. En revanche, ils ont été plus faibles (78,7 et 88,2 pour les matières grasses, 83,4 et 88,9 pour l'azote), avec les amidons éclatés. Les CUD de la matière sèche et de la matière organique ont varié généralement comme le CUD de l'amidon correspondant.

Rétention azotée

Le coefficient de rétention apparent de l'azote a évolué avec l'âge de façon analogue pour les veaux recevant les laits 25-25 quelle que soit la nature de l'amidon. Il a augmenté jusqu'à la 5-6^e semaine de l'essai, puis a eu tendance à diminuer par la suite (fig. 4). Il a été légèrement supérieur (65,6, 67,5, 68,0) à celui d'un lait entier isoénergétique (64,6) (tabl. 5) sauf pour la farine de manioc.

Avec les animaux recevant les laits riches en amidon, le coefficient de rétention de l'azote a été plus faible et a varié de façon très irrégulière avec l'âge (fig. 4). La nature de l'amidon semble avoir une influence beaucoup plus importante dans ce cas (de 49,6 pour l'amidon de maïs à 65,1 pour la fécule de pomme de terre éclatée) que dans celui d'un régime moins riche en amidon (de 63,8 pour la farine de manioc à 68,0 pour la fécule de pomme de terre éclatée).

Les valeurs individuelles du coefficient de rétention de l'azote ont présenté une corrélation significative ($P < 0,01$) avec la quantité de matière organique digestible ingérée par jour ($r = + 0,71$), avec le gain de poids vif ($r = + 0,73$), et avec la quantité de matière organique digestible par kg de gain ($r = - 0,65$).

Glycémie et glycosurie

Pour compléter les renseignements fournis par le CUD sur l'utilisation digestive de la fraction glucidique, nous avons étudié l'apparition des sucres réducteurs dans le sang et leur élimination dans l'urine (tabl. 6 et 7).

TABLEAU 6

Variation de la glycémie périphérique au cours de la journée

Type d'amidon	Teneur du lait en		Teneur du sang en sucres réducteurs (g/l)			
	matières grasses (g/kg)	amidon (g/kg)	Avant le 1 ^{er} repas	2 heures après	Avant le 2 ^e repas	2 heures après
Manioc	5	75	0,73 ± 0,22	1,10 ± 0,28	0,92 ± 0,23	1,05 ± 0,26
	25	25	0,90 ± 0,19	1,60 ± 0,28	1,01 ± 0,32	1,37 ± 0,38
Maïs	5	75	0,63 ± 0,19	1,01 ± 0,25	0,72 ± 0,19	0,94 ± 0,17
	25	25	0,82 ± 0,09	1,15 ± 0,19	0,80 ± 0,11	1,12 ± 0,24
Pomme de terre	5	75	0,83 ± 0,12	1,05 ± 0,17	0,84 ± 0,09	1,15 ± 0,20
	25	25	0,71 ± 0,07	1,09 ± 0,22	0,77 ± 0,10	1,13 ± 0,27
Maïs éclaté	5	75	0,81 ± 0,11	0,99 ± 0,12	1,00 ± 0,27	0,98 ± 0,44
	25	25	0,80 ± 0,14	1,18 ± 0,26	0,76 ± 0,23	1,19 ± 0,23
Fécule de pomme de terre éclatée	5	75	0,84 ± 0,13	0,93 ± 0,18	0,73 ± 0,10	0,74 ± 0,13
	25	25	0,87 ± 0,07	1,03 ± 0,12	0,82 ± 0,13	1,04 ± 0,15
	5	0	0,59 ± 0,12	1,14 ± 0,26	0,67 ± 0,16	1,32 ± 0,21
	25	0	0,83 ± 0,11	1,31 ± 0,24	0,81 ± 0,15	1,46 ± 0,32

TABLEAU 8
Rendement, composition des différents muscles
 (p. 100 de la matière sèche)

Type d'amidon	Teneur du lait en		Rendement vrai (p. 100)	Matières grasses				Azote			
	matières grasses (g/kg)	amidon (g/kg)		Bavette	Hampe	Onglet	Filet mignon	Bavette	Hampe	Onglet	Filet mignon
Manioc	5	75	66,7	5,3	8,3	8,3	6,2	14,2	13,1	12,7	14,3
	25	25	65,0	8,4	19,1	17,4	8,3	13,6	11,9	11,8	13,8
Maïs	5	75	66,9	7,0	15,5	6,4	12,1	14,0	12,3	13,4	12,8
	25	25	65,9*	7,5	16,6	18,4	7,2	13,7	11,9	12,0	14,1
Pomme de terre	5	75	65,8**	3,6	6,8	7,0	4,4	14,5	13,4	13,3	14,0
	25	25	65,8	5,8	14,9	16,2	6,3	14,1	12,4	12,0	14,1
Maïs éclaté	5	75	65,3	3,5	9,8	7,5	4,7	14,4	13,1	13,1	14,4
	25	25	67,8	7,4	15,4	16,6	8,3	14,0	12,1	11,7	14,0
Fécule de pomme de terre éclatée	5	75	67,0	3,5	8,1	10,0	5,5	14,6	12,7	12,5	14,2
	25	25	67,6	4,6	17,4		8,3	14,4	11,5		14,1
	35	0	65,9	10,9	14,7	19,7	11,1	13,5	11,1		13,3

* 1 veau

** 2 veaux

Quelle que soit la nature ou la quantité d'amidon ingérée, la glycémie post-prandiale a toujours été significativement plus importante ($P < 0,01$) que celle mesurée au moment du repas. Cependant, l'augmentation du taux de sucres réducteurs ne correspond pas obligatoirement à une absorption accrue de glucose provenant de la digestion de l'amidon. En effet, lorsque les animaux reçoivent le lait 25-25, leur glycémie, au moment du repas ou deux heures après, n'est pas plus élevée que celle des veaux ne recevant que du lait écrémé à 25 p. 1 000 (MATHIEU et BARRÉ, 1964). En revanche, lorsque les animaux reçoivent une forte quantité d'amidon (75 g/kg de lait) leur glycémie est différente de celle des veaux recevant le lait écrémé correspondant (5 p. 1 000) : elle est plus élevée au moment du repas ($P < 0,01$) et plus faible deux heures après ($P < 0,01$).

Pour une concentration d'amidon donnée, le niveau de la glycémie varie avec la nature de l'amidon. Les différences sont significatives, tant au moment du repas ($P < 0,05$) que deux heures après ($P < 0,01$) (de 0,93 à 1,10 g/l pour les laits 5-75 ; de 1,03 à 1,60 g/l pour les laits 25-25).

Les quantités quotidiennes de sucres excrétées dans l'urine ont été dans l'ensemble très faibles (tabl. 7) surtout avec les amidons éclatés (de 1,5 à 3 g/j). Avec les autres produits étudiés, elles n'ont jamais été supérieures à celles observées avec des animaux ne recevant que le lait écrémé correspondant (5 ou 25 p. 1 000).

Carcasse

Le rendement des veaux à l'abattage a été élevé (tabl. 8) ce qui s'explique par le faible développement du tube digestif. Il a été égal (65,0, 65,3) ou légèrement supérieur (67,8, 67,6, 67,8) à celui des animaux recevant un lait entier à 35 p. 1 000 (65,9) mais n'a pas varié de façon significative avec la nature ou la concentration de l'amidon. Dans l'ensemble la qualité des carcasses n'a jamais été satisfaisante, cela étant dû essentiellement à l'insuffisance des tissus adipeux. L'état d'engraissement et l'importance du dépôt de graisse périrénale ont été médiocres pour les carcasses des veaux recevant un régime riche en amidon. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec la farine de manioc ou l'amidon de maïs éclaté, distribué en faible quantité. Dans ce cas, le classement est voisin de celui obtenu avec les animaux recevant un lait entier à 35 p. 1 000.

DISCUSSION

Dans les conditions de notre essai qui correspondaient à celles de l'engraissement du veau tel qu'il est pratiqué actuellement, nous avons constaté que l'utilisation digestive de l'amidon mélangé au lait écrémé était beaucoup plus importante que ne l'avaient laissé prévoir les études de FLIPSE *et al.* (1950 *a* et *b*), de DOLLAR et PORTER (1957) ou d'OKAMOTO, THOMAS et JOHNSON (1959). Le CUD apparent de l'amidon est, dans l'ensemble, élevé et il varie avec la nature et la quantité d'amidon distribuée, ce qui confirme les résultats de SHAW WOODWARD et NORTON (1918), de RAVEN et ROBINSON (1958), d'HUBER *et al.* (1961 *b*) ou de NISHIMATSU et KUMENO (1966). La méthode que nous avons utilisée pour calculer le CUD de l'amidon nous

a fourni des résultats sans doute moins précis que ceux obtenus en dosant l'amidon dans les fèces mais elle nous a permis de travailler sur un nombre plus important d'animaux. Nous avons supposé que la fraction glucidique des fèces était formée uniquement de lactose et d'amidon. En fait, elle contient aussi des polysaccharides microbiens qu'il eût fallu défalquer. De plus, la présence d'une grande quantité d'amidon dans l'aliment a pu diminuer le CUD du lactose que nous avons fixé à 99 p. 100. Il est donc possible que la valeur exacte du CUD des différents amidons soit légèrement supérieure à celle que nous avons obtenue. On peut obvier à ces inconvénients en dosant directement l'amidon dans les fèces. Il est nécessaire d'utiliser une méthode permettant de déterminer non seulement l'amidon intact, mais aussi l'ensemble de ses produits de dégradation, des dextrines, jusqu'au maltose, sans toutefois doser les autres glucides présents dans les fèces (lactose). De telles exigences écartent les méthodes classiques de dosage de l'amidon (PUCHER, LEAVENWORTH et VICKERY, 1948; EARLE et MILNER, 1944) et requièrent l'utilisation d'une méthode spécifique que nous avons mise au point à la suite de cet essai (THIVEND, MERCIER et GUILBOT, 1965). Cependant, quelle que soit la méthode utilisée pour mesurer la quantité d'amidon non digérée, on n'obtiendra jamais une valeur exacte du CUD si les fèces ne sont pas traitées de façon à inhiber, dès leur émission, toute fermentation microbienne ou enzymatique. Il semble, en effet, que l'importance de la dégradation de l'amidon puisse varier dans de larges proportions, avec les différents modes de récolte, de séchage et de conservation (NEVEN et FOUASSIN, 1962; HUBER *et al.*, 1961 *b*; NISHIMATSU et KUMENO, 1966).

Les divergences ou les contradictions que l'on observe entre nos résultats et ceux des divers auteurs qui ont mis en doute l'aptitude du jeune veau à utiliser l'amidon, semblent être dues aux méthodes employées tant pour le déroulement de l'essai que pour les mesures à effectuer. Il n'y a en effet rien de commun entre le système d'alimentation biquotidien que nous avons utilisé pendant environ 90 jours dans chaque essai et la distribution passagère d'amidon, précédée parfois d'un jeûne de 24 heures, telle que l'ont réalisée DOLLAR et PORTER (1957) ou OKAMOTO, THOMAS et JOHNSON (1959). Bien que l'augmentation de l'activité amyolytique du suc pancréatique, avec l'âge ou avec un régime riche en glucides, soit plus faible chez le veau (THIVEND, 1967) que chez le porc (HUDMAN *et al.*, 1957) ou chez le rat (BEN ABDELJLIL et DESNUELLE, 1964) il faut, semble-t-il, ménager à l'animal une période d'adaptation suffisamment longue pour que ses enzymes digestifs et sa flore intestinale hydrolysent l'amidon avec un maximum d'efficacité.

La mesure des variations de la glycémie postprandiale ne paraît pas être un critère suffisant pour étudier l'utilisation digestive de l'amidon. Chez le jeune veau, la dégradation des chaînes d'amylose et d'amylopectine semble se situer essentiellement au niveau intestinal. Il en résulte que la production et l'absorption de glucose sont plus lentes avec de l'amidon qu'avec des glucides (maltose, lactose) rapidement hydrolysés. Quels que soient les CUD des amidons utilisés, nous n'avons jamais pu mettre en évidence deux heures après le repas, une augmentation de la glycémie supérieure à celle observée avec des laits sans amidon (tabl. 6). De la même façon, la majorité des auteurs (FLIPSE *et al.*, 1950 *a* et *b*; DOLLAR et PORTER, 1957; OKAMOTO, THOMAS et JOHNSON, 1959) n'a pas observé des variations dans les premières heures qui suivent l'ingestion d'amidon. Au contraire, il semble que l'amidon distribué en grande quantité retarde l'absorption du glucose provenant du lactose du lait, puisque nous

avons observé une glycémie postprandiale significativement plus faible ($P < 0,01$) pour les laits 5-75 que pour un lait écrémé à 5 p. 1 000. Seuls HUBER et *al.* (1961 *b*) en effectuant des mesures à des temps plus éloignés du repas (8 heures) ont signalé une élévation du taux de glucose sanguin. Cependant, même dans ce dernier cas, l'augmentation de la glycémie postprandiale ne peut rendre compte à elle seule, de la quantité d'amidon digérée. La flore microbienne joue un rôle important dans la digestion des glucides chez le veau (MORRILL et *al.*, 1965; HARTMAN, MORRILL et JACOBSON, 1965) et le glucose n'est peut-être pas le seul produit terminal de l'hydrolyse de l'amidon. Par conséquent, la glycémie du sang périphérique ne peut donner qu'une idée approximative de l'importance de la digestibilité de l'amidon.

Le coefficient de rétention de l'azote a varié généralement dans le même sens que l'énergie digestible des différents laits ($r = + 0,71$), aspect déjà décrit dans nos publications précédentes (MATHIEU et BARRÉ, 1964; MATHIEU et DE TUGNY, 1965). Il a été relativement faible dans le cas des laits riches en amidon (5-75); nous avons pu calculer, en utilisant les données de VAN ES, VAN WEERDEN et FRENS (1966), qu'au cours des 4 premières semaines d'expérience, l'énergie digestible fournie par les glucides et par les lipides ne couvrait approximativement que le besoin d'entretien. Pour satisfaire l'ensemble de sa dépense énergétique, l'animal a dû utiliser une partie des protéines alimentaires comme source d'énergie ce qui explique les valeurs peu élevées des coefficients de rétention correspondants. Le même calcul permet de penser qu'un phénomène analogue peut être à l'origine de la faible rétention azotée observée ultérieurement (fig. 4). Avec les laits 25-25, le coefficient de rétention de l'azote a été égal, voire supérieur, à celui du lait entier, bien que le niveau énergétique de ces laits ait été moins élevé en raison de la plus faible digestibilité de leur fraction glucidique. Le remplacement d'une partie de la matière grasse du lait par de l'amidon a donc entraîné une amélioration de la rétention azotée, fait déjà signalé chez le veau par TERROINE (1930) et par RAVEN et ROBINSON (1958). L'étude de la composition du gain de poids des animaux confirme cette supériorité des glucides sur les lipides vis-à-vis de l'utilisation de l'azote. Comparativement aux veaux nourris au lait entier, ceux qui reçoivent des laits contenant de l'amidon élaborent moins de matières grasses, plus de protéines et retiennent une proportion plus élevée de l'azote ingéré. L'amidon, comme le glucose, n'apparaît pas comme un précurseur important des matières grasses au cours de la lipogenèse. L'appréciation de l'état d'engraissement et du dépôt de graisse périrénale renforce cette hypothèse.

La présence d'amidon dans le lait a entraîné d'importantes variations dans l'état diarrhéique des fèces. A digestibilité égale, les amidons crus sont antidiarrhéiques, les amidons éclatés ont un pouvoir laxatif élevé. Les troubles digestifs diarrhéiques semblent être plus liés à la nature et à la quantité de l'amidon ingéré qu'à la physiologie digestive de l'animal, contrairement aux conclusions de FLIPSE et *al.* (1950 *b*) ou de DOLLAR et PORTER (1957). Plusieurs hypothèses peuvent être émises pour expliquer ces diarrhées :

— le traitement que subissent les amidons éclatés les rend très hygroscopiques ce qui peut provoquer dans la lumière intestinale, un appel d'eau par osmose, responsable de l'effet hydragogue observé avec ce type d'amidon; ce phénomène n'existe pas avec les amidons crus dont la capacité d'hydratation est pratiquement nulle d'où leur pouvoir antidiarrhéique, surtout quand leur digestibilité est faible;

— la présence d'oses ou d'oligosaccharides en quantité importante dans l'in-

testin peut favoriser l'état diarrhéique. LUST (1947) signale, chez le nourrisson, que les solutions de concentration supérieure à 5 p. 100 en oses et à 8 p. 100 en diholosides sont hypertoniques vis-à-vis de l'organisme et que l'ingestion d'une solution hypertonique de sucres accélère le transit intestinal comme sous l'effet d'un purgatif salin. Si l'on étudie la cinétique de l'amylolyse *in vitro* des différents amidons (fig. 5), on remarque que la quantité de glucides alcoolo-solubles formés en un temps donné, est beaucoup plus importante pour les amidons éclatés que pour les amidons crus, ce qui, transposé *in vivo* pourrait expliquer l'importance de l'état diarrhéique avec les régimes à base d'amidon de pomme de terre ou de maïs éclaté ;

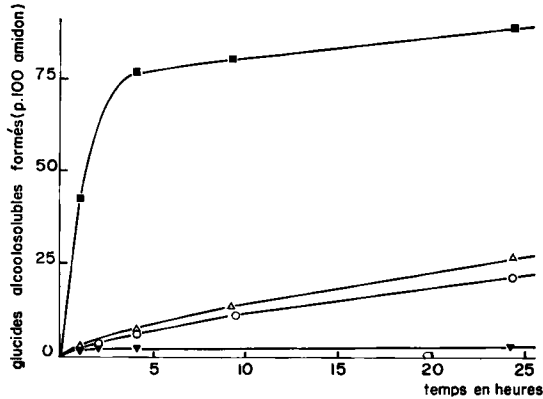


FIG. 5. — Cinétique de la dégradation enzymatique de différents amidons (1)
 (l'amylolyse a été effectuée à 37°C en présence de 3 p. 100 d'amylase bactérienne par rapport au substrat; les produits d'hydrolyse (glucides solubles dans l'alcool 80 p. 100) ont été dosés par la méthode à l'anthrone)
 ■ Amidon de maïs éclaté
 ▲ Amidon de maïs
 ○ Farine de manioc
 ▼ Féculé de pomme de terre

— enfin, l'abondance des glucides très fermentescibles peut favoriser le développement d'une microflore intestinale (HARTMAN, MORRILL et JACOBSON, 1965) d'un type particulier avec formation d'importantes quantités d'acides à faible poids moléculaire (lactique, acétique) (WEIJERS et VAN DE KAMER, 1965). Ces produits terminaux peuvent être à l'origine des diarrhées soit par irritation de la muqueuse entraînant un hyperpéristaltisme et une accélération du transit, soit par augmentation de l'excrétion d'eau (osmose). Cependant, la prolifération bactérienne intestinale peut avoir également un effet inverse. La présence d'amidon cru dans l'intestin du veau peut entraîner comme chez les autres monogastriques, une production importante de vitamines B qui n'aura pas lieu avec les amidons traités ou avec les dextrines. Cette synthèse de vitamine B peut expliquer le pouvoir antidiarrhéique des amidons crus puisque MAGNAR RONNING et BENEVENGA (1960) ont démontré que l'adjonction de vitamines du groupe B (thiamine, biotine, acide pantothénique, riboflavine, choline) à un lait synthétique chez le veau, diminuait la fréquence des diarrhées.

En définitive, il est possible de remplacer une partie des matières grasses du lait par de l'amidon, à condition que la teneur du lait en matières grasses ne soit pas inférieure à 25 p. 1 000 si l'on veut obtenir une carcasse de bonne qualité. Les ami-

(1) Nous remercions A. GUILBOT et Christiane MERCIER (Laboratoire de Biochimie des Céréales de l'I.N.R.A.) pour les mesures d'amylolyse *in vitro* qu'ils ont effectuées.

dons les plus digestibles ont été par ordre décroissant l'amidon de maïs, de pomme de terre éclaté, de maïs éclaté et de manioc. Les troubles diarrhéiques observés avec les amidons éclatés limitent leur utilisation dans la pratique. Contrairement à ce que l'on pouvait penser, le traitement hydrothermique permettant le maintien en suspension de l'amidon de maïs n'a pas amélioré son utilisation digestive.

Reçu pour publication en novembre 1967.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé en partie grâce au contrat n° 62 FR 098 de la Délégation générale à la Recherche scientifique et technique à laquelle nous adressons nos vifs remerciements.

SUMMARY

DIGESTION AND UTILIZATION OF FEEDS BY FATTENING PRERUMINANT CALVES.

III. — REPLACEMENT OF THE FAT OF MILK BY DIFFERENT STARCHES

The object of this work was to study, in the fattening preruminant calf, the digestive utilization of different starches introduced into partly or almost completely skimmed milks. Five starches were used : raw starches of maize, potato and manioc and expanded maize and potato starches. For each starch a « milk » equal in energy value to milk with 3,5 per cent fat was prepared. They had 25 or 75 g starch and fat contents of 25 or 5 g per kg. They correspond to the description 25-25 and 5-75.

27 male calves, 2 to 5 per diet, were used. They were maintained in metabolism cages from the age of about 15 days until they were killed at the age of 12 to 13 weeks. They received large amounts of milk comparable to amounts usually given to fattening calves. Each week apparent digestibility of starch and of the main constituents of milk, retention of nitrogen and blood sugar after eating were estimated and liveweight gain of the calves was recorded.

1. Daily weight gain of animals given a small amount of starch (25-25 milk) was generally equal to or even greater than that of the calves given whole milk of equal energy value (table 4). It was much less on diets rich in starch. In each case the best results were obtained with expanded potato starch and manioc flour. Lowest gain in weight was obtained with raw potato starch.

2. Overall, the digestibility of starch was high and differed according to the type and the amount given (table 4) (from 91.6 for maize starch to 58.6 for potato starch in 25-25 milks ; from 65.1 to 49.7 for the corresponding starches in 5-75 milks). Hydrothermic treatment undergone by the maize starch did not improve its digestive utilization. In contrast expanded potato starch was better utilized than the raw starch. Digestibilities of dry matter and organic matter of the milks varied in the same way as for the starch. The coefficients of digestive utilization (digestibility) of fat and nitrogen were less with expanded starches than with raw starches.

3. The raw starches were antidiarrhoeic, ingested in any amount. With expanded starches, on the other hand, there were very many occurrences of looseness and diarrhoea (fig. 1). The amount of water retained (water ingested less water eliminated in urine and faeces) was largely the same, whatever the type and concentration of starch.

4. Coefficient of nitrogen retention varied in the same way as the amount of digestible energy ingested ($r = + 0.71$). For the same energy value it was higher when part of the fat was replaced by starch (25-25 milks).

5. Blood sugar was always significantly more ($P < 0.01$) after eating than the value recorded when the feed was given (table 6) ; but this increase in content of reducing sugars seemed to be due to absorption of the sugars of milk and not to glucose arising from the digestion of starch. On the whole there was little sugar excreted in urine.

6. Carcasses were generally insufficiently fat, particularly in calves given large amounts of starch (table 8).

7. In conclusion, it is possible to replace part of the milk fat by starch. The fat content of the milk should not be less than 2,5 per cent in order to give a carcass of good quality. Bouts of diarrhoea seen with expanded starches restrict their use in practice.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BEN ABDEJLIL A., DESNUELLE P., 1964. Sur l'adaptation des enzymes exocrines du pancréas à la composition du régime. *Biochim. Biophys. Acta*, **81**, 136-149.
- BLAXTER K. L., WOOD W. A., 1951. The nutrition of the young *Ayrshire* calf. I. The endogenous nitrogen and basal energy metabolism of the calf. *Brit. J. Nutr.*, **5**, 11-25.
- DOLLAR A. M., PORTER J. W. G., 1957. Utilization of carbohydrates by the young calf. *Nature*, **179**, 1299-1300.
- EARLE F. R., MILNER R. T., 1944. Improvements in the determination of starch in corn and wheat. *Cereal Chem.*, **21**, 567-575.
- EWERS E., 1910, in RADLEY J. A., 1953. *Starch and its derivatives*, vol. II, 362, 3d, ed. London Chapman and Hall Ltd., 465 p.
- FLIPSE R. J., HUFFMAN C. F., WEBSTER H. D., DUNCAN C. W., 1950 a. Carbohydrate utilization in the young calf. I. Nutritive value of glucose corn syrup and lactose as carbohydrate sources in synthetic milk. *J. Dairy Sci.*, **33**, 548-556.
- FLIPSE R. J., HUFFMAN C. F., DUNCAN C. W., WEBSTER H. D., 1950 b. Carbohydrate utilization in the young calf. II. Nutritive value of starch and the effect of lactose on the nutritive value of starch and corn syrup in synthetic milk. *J. Dairy Sci.*, **33**, 557-564.
- GOUN A., ANDOUARD P., 1908. Quelques conseils sur l'élevage artificiel des veaux in *Société de l'Alimentation Rationnelle du bétail*, C. R. XI^e Congrès 1-3. Imprimerie Paul Dupont, Paris.
- HARTMAN P. A., MORRILL J. L., JACOBSON N. L., 1966. Influence of diet and age on bacterial counts of ileal digesta and faeces obtained from young calves. *Appl. Microbiol.*, **14**, 70-73.
- HUBER J. T., JACOBSON N. L., MCGILLIARD A. D., ALLEN R. S., 1961 a. Utilization of carbohydrates introduced directly into the omaso-abomasal area of the stomach of cattle of various ages. *J. Dairy Sci.*, **44**, 321-330.
- HUBER J. T., JACOBSON N. L., MCGILLIARD A. D., MORRILL J. L., ALLEN R. S., 1961 b. Digestibilities and diurnal excretion patterns of several carbohydrates fed to calves by nipple pail. *J. Dairy Sci.*, **44**, 1484-1493.
- HUDMANN D. B., FRIEND D. W., HARTMAN P. A., ASHTON G. C., CATRON D. V., 1957. Digestive enzymes of the baby pig. Pancreatic and salivary amylase. *J. Agric. Food Chem.*, **5**, 691-693.
- LIEBIG, 1911, in KELLNER O., 1911. *Principes fondamentaux de l'alimentation du bétail* 288 p, (3^e édition traduite par A. GRÉGOIRE). Berger-Levrault, Paris-Nancy.
- LUST M., 1947. *Traité de diététique du nourrisson*. 1 vol. 539 p. éd. Masson, Paris.
- MAGNAR RONNING, BENEVENGA N. J., 1960. B-Vitamin requirements of calves fed a high carbohydrate diet. *J. Dairy Sci.*, **43**, 892.
- MATHIEU C.-M., BARRÉ P. E., 1964. Digestion et utilisation des aliments par le veau préruminant à l'engrais. I. Utilisation des laits entiers ou partiellement écrémés. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **4**, 403-422.
- MATHIEU C.-M., de TUGNY H., 1965. Digestion et utilisation des aliments par le veau préruminant à l'engrais. II. Remplacement des matières grasses du lait par du glucose. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **5**, 21-39.
- MATHIEU C.-M., BARRÉ P. E., 1968. Digestion et utilisation des aliments par le veau préruminant à l'engrais. IV. Remplacement des matières grasses du lait par du saccharose. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.* (A paraitre).
- MORRILL J. L., JACOBSON N. L., MCGILLIARD A. D., HOTCHKISS D. K., 1965. Use of a re-entrant ileal fistula to study carbohydrate utilization by the young bovine. *J. Nutr.*, **85**, 429-437.
- NEVEN M., FOUASSIN A., 1962. Méthode de dosage de l'amidon dans les matières fécales. *Nutr. Diét.*, **4**, 241-250.
- NISHIMATSU I., KUMENO F., 1966. Nutrition of young dairy calves. 2. Utilization of various cooked starch. *Jap. J. Zootech. Sci.*, **37**, 20-24.
- OKAMOTO M., THOMAS J. W., JOHNSON T. L., 1959. Utilization of various carbohydrates by young calves. *J. Dairy Sci.*, **42**, 920.
- PUCHER E. W., LEAVENWORTH C. S., VICKERY H. B., 1948. Determination of starch in plant tissues. *Analyt. Chem.*, **20**, 850.
- RAVEN A. M., ROBINSON K. L., 1958. Studies of the nutrition of the young calf. I. A comparison of starch, lactose and hydrogenated palm oil with butterfat, in milk diets. *Brit. J. Nutr.*, **12**, 469-482.
- ROY J. H. B., SHILLAM K. W. G., THOMPSON S. Y., DAWSON D. A., 1961. The effect of emulsification of a milk substitute diet by mechanical homogenisation and by the addition of soya-bean lecithin on plasma lipid and vitamin A levels and on the growth of the newborn calf. *Brit. J. Nutr.*, **15**, 541-554.
- SHAW R. H., WOODWARD T. E., NORTON R. P., 1918. Digestion of starch by the young calf. *J. Agric. Research*, **12**, 575.

- SOMOGVI M., 1952. Notes on sugar determination. *J. Biol. Chem.*, **195**, 19-23.
- TERROINE E. F., 1930. L'emploi du mélange de lait écrémé et de bouillies amylacées dans l'alimentation du jeune bétail. *Bull. Soc. Hyg. Alim.*, **18**, 173-187.
- TERROINE E. F., 1931. De l'emploi des laits artificiels dans l'élevage du bétail. *Bull. Soc. Hyg. Alim.*, **19**, 1-23.
- THIVEND P., MERCIER Ch., GUILBOT A., 1965. Dosage de l'amidon dans les milieux complexes. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **5**, 513-526.
- THIVEND P., 1967. (Travaux en cours).
- VAN ES A. J. H., VAN WEERDEN E. J., FRENS A. M., 1966. Wärmeproduktion, Wasserverdunstung und Energiestoffwechsel bei Mastkälbern, gefüttert mit einem flüssigen Milchersatzfutter. *Z. Tierphysio. Tierernähr. u. Futtermittelkde*, **21**, 25-33.
- WEIJERS H. A., VAN DE KAMER J. H., 1965. Alteration of intestinal bacterial flora as a cause of diarrhoea. *Nutr. Abstr. Rev.*, **35**, 591-604.
-