

Influence du remplacement d'une partie du lait écrémé par des levures d'alcanes et des produits amylicés dans les aliments d'allaitement destinés au veau de boucherie

R. TOULLEC, Renée GUYON⁽¹⁾ et P. THIVEND⁽²⁾

avec la collaboration technique de Y. GAUCHET, J. LAREYNIÉ et Yvette LENTO

*Station de Recherches zootechniques, I.N.R.A.,
Institut Technique de l'Élevage Bovin⁽¹⁾,
65, rue de Saint-Brieuc, 35042 Rennes Cedex (France)*

*Station de Recherches sur l'Élevage des Ruminants⁽²⁾,
Centre de Recherches de Clermont-Ferrand, I.N.R.A.,
Theix 63110 Beaumont (France)*

Résumé

Le but de ce travail a été d'étudier chez le veau préruminant, l'influence du remplacement d'une partie des protéines et du lactose de la poudre de lait par des protéines de levures d'alcanes et des produits amylicés.

Deux aliments d'allaitement (C et D), qui contenaient 16,5 p. 100 de levures d'alcanes apportant la moitié des protéines ont été comparés à 2 aliments (A et B) dont les protéines provenaient en quasi totalité du lait. Dans les aliments A et C, les glucides étaient presque uniquement du lactose; dans les aliments B et D, une partie du lactose (20 p. 100 des aliments) avait été remplacée par un mélange de glucose (5 p. 100), d'amidon de maïs cru (5 p. 100) et d'amidon de maïs partiellement hydrolysé (10 p. 100). Chacun de ces aliments a été distribué à 12 veaux mâles préruminants, entre les âges d'environ 5 et 19 semaines.

L'état sanitaire des animaux a été très satisfaisant avec les 4 aliments. L'introduction des levures dans les aliments a eu un effet significativement dépressif sur le gain de poids vif (10 p. 100) et sur l'efficacité alimentaire (8,5 p. 100) pendant les 6 premières semaines de l'essai; au-delà, les performances des animaux des différents lots ont été identiques. Les levures n'ont affecté ni le rendement en carcasse, ni l'état d'engraissement mais ont eu une influence défavorable sur la coloration de la viande et sur la conformation de la carcasse. Elles ont également entraîné une diminution de l'urémie (à 9 et 18 semaines d'âge) et de la glycémie (à 9 semaines). Les produits amylicés n'ont eu aucune incidence significative sur les performances des animaux, à l'exception du poids du foie qui a été accru. Cependant, ils ont eu tendance à limiter l'état d'anémie des animaux et ils ont provoqué une diminution de l'urémie et une augmentation de la glycémie à 9 semaines.

Les levures d'alcanes pourraient donc remplacer une part importante (jusqu'à la moitié) de la poudre de lait écrémé dans les aliments d'allaitement distribués au veau de boucherie à partir de l'âge de 11 semaines sans influencer défavorablement la croissance et l'efficacité alimentaire. Avant cet âge, il semble judicieux de limiter leur taux d'incorporation à 7,5 p. 100, de mani-

re à ce qu'elles apportent moins du quart des protéines alimentaires. Cependant, elles devraient être additionnées d'un complexant du fer, pour éviter une augmentation excessive de la coloration de la viande. Les produits amylacés utilisés dans cet essai sont aussi bien utilisés que le lactose, à partir de l'âge de 6 semaines, lorsqu'ils constituent jusqu'à 20 p. 100 de la matière sèche de l'aliment.

Introduction

Les protéines de levures d'alcanes peuvent remplacer une part importante de celles du lait dans les aliments d'allaitement distribués au veau de boucherie destiné à être abattu au poids vif d'environ 150 kg; cependant, une influence défavorable qui s'atténue avec l'âge, est observée sur la croissance et l'efficacité alimentaire (BERENDE, 1972; KIRCHGESSNER et ROTH, 1973; PARUELLE, TOULLEC et PATUREAU-MIRAND, 1975). Par ailleurs, les produits amylacés peuvent se substituer avantageusement à une part importante des lipides dans les aliments d'allaitement distribués en fin d'engraissement à des veaux abattus vers 200 kg (THIVEND et TOULLEC, 1973 et 1975; VERMOREL *et al.*, 1974; PATUREAU-MIRAND *et al.*, 1976).

A partir de ces observations, nous avons étudié l'influence du remplacement de la moitié des protéines du lait par celles des levures d'alcanes dans les aliments distribués entre les âges d'environ 5 et 19 semaines à des veaux de boucherie abattus entre 190 et 200 kg. En même temps, nous avons cherché à préciser l'effet de la substitution partielle des produits amylacés non plus aux lipides mais au lactose.

Matériel et méthodes

Aliments

Quatre aliments d'allaitement A, B, C et D différant par l'origine de leurs protéines et de leurs glucides, ont été comparés (tabl. 1). Dans A et B (aliments « lait écrémé »), les protéines étaient apportées presque exclusivement par la poudre de lait écrémé. Dans C et D (aliments « levures »), elles provenaient pour 51 p. 100 de levures d'alcanes cultivées sur gas-oil, le reste étant fourni par de la poudre de lait écrémé et des acides aminés de synthèse. Dans A et C (aliments « lactose »), les glucides étaient uniquement du lactose (exceptés ceux qui provenaient des levures dans l'aliment C et de l'amidon dénaturant dans les 2 aliments). Dans B et D (aliments « produits amylacés »), 39 p. 100 des glucides étaient apportés par un mélange de produits amylacés comprenant 25 p. 100 de glucose, 25 p. 100 d'amidon de maïs cru et 50 p. 100 d'amidon de maïs partiellement hydrolysé par voie enzymatique.

Afin d'obtenir un meilleur maintien en suspension des levures, un extrait de guar (1) a été ajouté au moment de la préparation de chacun des 4 laits de remplacement à l'étable, à raison de 0,5 p. 100 de l'aliment.

(1) GUAR 23-337, Société IRANEX, 4, rue Frédéric-Passy, 92200 Neuilly-sur-Seine.

TABLEAU I
Composition des aliments
Composition of diets

Source de protéines (<i>Source of protein</i>)	Lait écrémé (<i>Skim milk</i>)		Levures (<i>Yeasts</i>)	
	Lactose <i>Lactose</i>	Produits amylacés <i>Starch derivatives</i>	Lactose <i>Lactose</i>	Produits amylacés <i>Starch derivatives</i>
Source de glucides (<i>Source of carbohy- drates</i>)	A	B	C	D
Aliment (<i>Diet</i>)	A	B	C	D
Constituants (p. 100 de l'aliment) <i>Constituents (p. 100 of diet)</i> :				
Matières grasses (<i>Fat</i>) ⁽¹⁾	18,0	18,0	18,0	18,0
Poudre de lait écrémé (<i>Skim milk powder</i>)	57,0	57,0	27,0	27,0
Levures d'alcanes (<i>Alcane grown yeasts</i>) ⁽²⁾	—	—	16,3	16,3
Dl méthionine (<i>Dl methionine</i>)	0,12	0,12	0,25	0,25
Lysine (<i>Lysine</i>)	—	—	0,07	0,07
Lactose (<i>Lactose</i>)	21,4	1,4	33,6	13,6
Produits amylacés (<i>Starch derivatives</i>) ⁽³⁾	—	20,0	—	20,0
Complément minéral vitaminisé (<i>Mix- ture of minerals and vitamins</i>) ⁽⁴⁾ . .	3,5	3,5	4,8	4,8
Composition chimique (p. 100 de MS) <i>Chemical composition (p. 100 of DM)</i> :				
Matières azotées totales (<i>Total crude protein</i>)	19,6	19,7	20,6	20,5
Matières azotées digestibles (<i>Digestible crude protein</i>) ⁽⁵⁾	18,6	18,2	18,4	17,8
Matières grasses (<i>Fat</i>)	18,7	18,3	17,8	18,3
Matières minérales (<i>Ash</i>)	7,0	6,9	6,7	6,3
Calcium (<i>Ca</i>)	0,94	0,98	1,17	1,19
Phosphore (<i>P</i>)	0,84	0,85	0,82	0,80
Magnésium (<i>Mg</i>)	0,13	0,13	0,12	0,12
Sodium (<i>Na</i>)	0,57	0,53	0,40	0,41
Potassium (<i>K</i>)	1,10	1,15	1,25	1,18
Fer (<i>Fe</i>)	0,0015	0,0015	0,0049	0,0046

(1) Suif (75 p. 100) et huile de coprah (25 p. 100) introduits dans du lait écrémé concentré, à raison de 40 p. 100 de la matière sèche, les mélanges ainsi obtenus étant homogénéisés et séchés par le procédé Spray (*Tallow (75 p. 100) and coconut oil (25 p. 100) were incorporated into concentrated skim milk and the mixture was homogenized and spray dried*).

(2) Contenant 72,5 p. 100 de matières azotées et 180 ppm de fer par rapport à la matière sèche (*Containing 72.5 p. 100 crude protein and 180 p.p.m. iron on a dry matter basis*).

(3) Comprenant 25 p. 100 de glucose, 25 p. 100 d'amidon de maïs cru et 50 p. 100 d'amidon de maïs partiellement hydrolysé par voie enzymatique (25 p. 100 glucose, 25 p. 100 raw maize starch and 50 p. 100 maize starch partly hydrolyzed by enzymatic process).

(4) Dont 1 p. 100 d'amidon pré-gélatinisé (*Of which 1 p. 100 pregelatinized starch*).

(5) Calculées en admettant que la digestibilité apparente de protéines est de 0,949 pour le lait et de 0,844 pour les levures et que l'introduction de 20 p. 100 de produits amylacés entraîne une baisse de 0,026 dans ces valeurs (TOULLEC et al., 1978) (*Calculated in assuming that the apparent digestibility of nitrogen was 0.949 for milk and 0.844 for yeasts and that the introduction of 20 p. 100 starch derivatives caused a 0.026 decrease in these values (TOULLEC et al., 1978).*)

Animaux et régimes

48 veaux mâles de race Frisonne ont été achetés à l'âge d'environ 8 jours. Ils ont été placés dans des cases individuelles sur litière de paille et munis d'une muselière. Au cours des 30 premiers jours de présence en étable tous les veaux ont reçu un aliment préexpérimental contenant 71,5 p. 100 de poudre de lait écrémé, 18,5 p. 100 de matières grasses, 3 p. 100 de poudre de lactosérum, 4 p. 100 de produits amylacés et 3 p. 100 d'un complément minéral et vitaminisé. Les animaux ont été répartis en 4 lots A, B, C et D, compte-tenu de leur poids vif le vingt sixième jour, de leur gain de poids vif depuis l'arrivée, de la valeur de leur hématoците et de leur état sanitaire. Les aliments expérimentaux ont été substitués en 3 jours à l'aliment de démarrage à partir du trente et unième jour. Les animaux ont été alimentés en fonction de leur poids vif et de leur appétit. La concentration est passée progressivement de 150 à 190 g d'aliment d'allaitement/kg de lait de remplacement et la quantité de matière sèche proposée de 1 580 à 3 280 g/j au cours de la période expérimentale. Les aliments ont été distribués au seau, à raison de 2 repas par jour; le repas du dimanche soir a été supprimé à partir de la quatrième semaine de présence.

Prélèvements, mesures et calculs

Les animaux ont été pesés à leur arrivée, une fois par semaine à heure fixe et juste avant l'abattage. Des prélèvements de sang ont été effectués dans la veine jugulaire 4, 25, 53 et 116 jours après l'entrée en étable, pour la détermination de la valeur de l'hématoците, de la glycémie et de l'urémie (MICHEL, 1973).

L'abattage des veaux a été effectué 98 et 99 j après la mise en lots, à raison de la moitié de l'effectif de chaque lot par journée. La carcasse chaude, le foie et les dépôts adipeux périrénaux ont été pesés. Le pourcentage de rémission à 545 m μ a été mesuré sur le muscle Pectoralis ascendeus, à l'aide d'un réflectomètre Manu-flex 2. Un prélèvement a été effectué dans le Pars lumbalis en vue d'en déterminer la teneur en fer héminique d'après la méthode de HORNSEY (1956).

Les moyennes ont été comparées 2 à 2 selon le test *t* de STUDENT. Les effets principaux (protéines et glucides) et leur interaction ont été estimés selon la technique d'analyse de variance d'un plan factoriel.

Résultats

Pour l'ensemble de la période expérimentale, l'état sanitaire des animaux a été très satisfaisant et les refus alimentaires ont été peu importants (respectivement 1,3-1,7-2,5 et 0,2 p. 100 de la matière sèche proposée chez les veaux des lots A, B, C et D).

Croissance et efficacité alimentaire

Au cours des 6 premières semaines de l'essai, les veaux des lots C et D (« levures ») ont eu un gain de poids vif moins élevé et ont consommé davantage de matière sèche par kg de gain de poids vif que les animaux des lots A et B (« lait

TABLEAU 2

Croissance et efficacité alimentaire (moyennes ± écarts-types des moyennes)
Growth and feed conversion ratio (means ± standard errors)

Aliment (Diet)	A	B	C	D
Nombre de veaux (Number of calves)	12	12	12	12
Poids vif (kg) (Live weight (kg)):				
— à l'arrivée (on arrival)	46,8 ± 0,8	46,2 ± 0,7	46,7 ± 0,5	47,4 ± 0,5
— à la mise en lots (at the beginning of the trial)	68,8 ± 1,1	68,8 ± 1,1	68,8 ± 1,0	69,0 ± 0,9
— à la fin de l'essai (at the end of the trial)	199,3 ± 2,0	196,6 ± 3,3	191,4 ± 3,9	194,5 ± 1,8
Gain de poids vif (g/j) (Live weight gain (g/d)):				
— jusqu'à la mise en lots (until the beginning of the trial)	818 ± 32	839 ± 22	818 ± 27	799 ± 26
— après la mise en lots (after the beginning of the trial):				
● 0-6 semaines (0-6 weeks) ^(1,2)	1 302 ± 16g	1 238 ± 34a	1 143 ± 44g	1 143 ± 20a
● 6-14 semaines (6-14 weeks)	1 377 ± 33	1 379 ± 42	1 358 ± 45	1 409 ± 20
● 0-14 semaines (0-14 weeks)	1 344 ± 20	1 317 ± 30	1 265 ± 40	1 294 ± 16
Quantité totale de matière sèche ingérée après la mise en lots (Dry matter intake after the beginning of the trial (kg)) ⁽¹⁾	222,1 ± 1,7	219,9 ± 2,7	216,4 ± 2,7a	222,6 ± 0,8a
Quantité de matière sèche ingérée /kg de gain de poids vif (DM intake/kg LWG (kg)):				
— jusqu'à la mise en lots (until the beginning of the trial)	1,23 ± 0,04	1,21 ± 0,03	1,24 ± 0,03	1,28 ± 0,03
— après la mise en lots (after the beginning of the trial):				
● 0-6 semaines (0-6 weeks) ^(1,2)	1,38 ± 0,02g	1,44 ± 0,04a	1,52 ± 0,04g	1,54 ± 0,02a
● 6-14 semaines (6-14 weeks)	1,94 ± 0,03	1,91 ± 0,03	1,92 ± 0,05	1,94 ± 0,05
● 0-14 semaines (0-14 weeks) ⁽³⁾	1,71 ± 0,02	1,73 ± 0,03	1,78 ± 0,04	1,78 ± 0,02

⁽¹⁾ Les valeurs de la même ligne accompagnées d'une même lettre sont significativement différentes (Means with same superscripts are significantly different) (a : P < 0,05, g : P < 0,01).

^(2,3) Effet « protéines » significatif (Significant « protein » effect) (2 : P < 0,01, 3 : P < 0,05).

⁽⁴⁾ Interaction significative (Significant interaction) (P < 0,05).

écrémé ») (tabl. 2). La source de protéines a eu alors un effet hautement significatif (10 p. 100 sur le gain de poids vif et 7,5 p. 100 sur l'efficacité alimentaire); en revanche, la nature des glucides n'a eu aucun effet significatif, malgré l'influence légèrement défavorable des produits amylicés lorsque les protéines provenaient exclusivement du lait écrémé. Pendant les huit semaines suivantes, les performances des animaux ont été très voisines dans les 4 lots. Pour l'ensemble de l'expérience, les résultats ont été un peu moins satisfaisants pour les veaux des lots « levures » que pour ceux des lots « lait écrémé »; cependant, seul l'effet « protéines » sur l'efficacité alimentaire (3,5 p. 100) a été significatif.

Valeur de l'hématocrite, urémie et glycémie

La valeur de l'hématocrite a diminué entre la mise en lots et la quatrième semaine de l'essai, surtout chez les veaux des lots « lait écrémé » (fig. 1). Chez ces derniers, elle a ensuite continué à décroître alors qu'elle a augmenté chez les veaux des lots « levures ». L'effet « protéines » a été significatif dès la quatrième semaine. Les aliments « produits amylicés » ont eu tendance à ralentir la diminution de la valeur de l'hématocrite mais cet effet n'a pas été significatif.

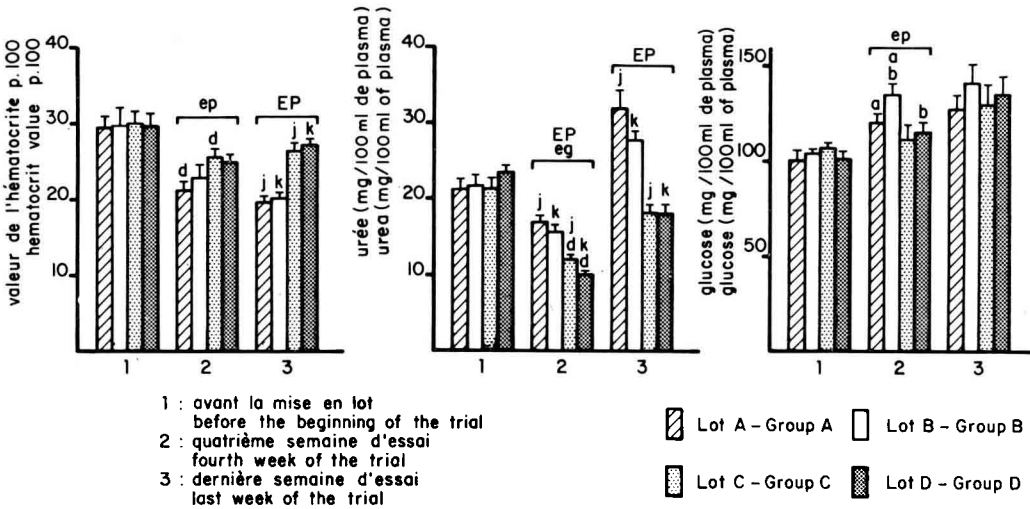


FIG. 1. — Évolution de la valeur de l'hématocrite, de l'urémie et de la glycémie (moyennes ± écarts-types des moyennes).

Evolution of hematocrit value and of urea and glucose plasma levels (means and standard errors).

Le sang a été prélevé 5 h 30 à 6 h (1) ou 3 h 30 à 4 h (2 et 3) après le repas du matin (Blood was sampled 5 h 30 to 6 h (1) or 3 h 30 to 4 h (2 and 3) after the morning meal).

Les colonnes surmontées des mêmes lettres sont significativement différentes (Columns topped with the same superscripts are significantly different (a, b : P < 0.05 — d : P < 0.02 --- j, k : P < 0.001).

ep et EP : effet « protéines » significatif (ep and EP : significant « protein » effect (P < 0.05 (ep); P < 0.001 (EP)).

eg : effet « glucides » significatif (eg : significant « carbohydrates » effect (P < 0.05)).

Dans tous les lots, l'urémie a été plus forte à la fin de l'essai que pendant la quatrième semaine ($P < 0,001$). Elle a été plus faible lorsque les protéines du lait ont été remplacées par celles des levures d'alcanes ou le lactose par les produits amylacés (fig. 1). L'effet « protéines » a toujours été significatif; l'effet « glucides » ne l'a été qu'au début de l'essai.

La glycémie a été plus élevée à la fin de l'essai que pendant la quatrième semaine (fig. 1), mais cet effet de l'âge n'a pas été significatif. Pendant la quatrième semaine, elle a été moins forte chez les animaux des lots « levures » que chez ceux des lots « lait écrémé » (effet « protéines » significatif). Elle a été plus élevée quand les produits amylacés ont été substitués au lactose; mais cet effet n'a été significatif que chez les animaux des lots « lait écrémé » et seulement à la quatrième semaine.

Résultats d'abattage

Le rendement commercial et l'état d'engraissement des carcasses ont été très voisins pour les animaux des 4 lots (tabl. 3). La distribution des aliments « levures » a eu une influence significativement défavorable sur la conformation

TABLEAU 3

Résultats d'abattage (moyennes \pm écarts-types des moyennes)
Results at slaughter (means \pm standard errors)

Aliment (Diet)	A	B	C	D
Poids de carcasse (Carcass weight) (kg)	123,2 \pm 1,4	120,2 \pm 2,3	117,1 \pm 2,9	119,6 \pm 2,0
Rendement commercial (p. 100 du poids vif) (Killing out percentage (p. 100 of live weight)	62,7 \pm 0,5	62,1 \pm 0,4	62,1 \pm 0,5	62,2 \pm 0,6
Poids de carcasse/longueur de carcasse (kg/cm) (Carcass weight/carcass length) (kg/cm) ⁽²⁾	1,35 \pm 0,02	1,31 \pm 0,02	1,28 \pm 0,03	1,30 \pm 0,02
Poids du foie (Liver weight) ^(1,2,3)	3,06 \pm 0,06 _{da}	3,31 \pm 0,06 _d	3,36 \pm 0,12 _a	3,34 \pm 0,11
Poids des dépôts adipeux péri-rénaux (Perirenal fat weight) ⁽¹⁾	2,12 \pm 0,14	2,17 \pm 0,16	2,04 \pm 0,09	2,18 \pm 0,12
Pourcentage de rémission du Pectoralis ascendeus à 545 m μ (Percentage remission of Pectoralis ascendeus at 545 m μ) ^(2, 4)	26,2 \pm 2,4	24,7 \pm 2,3 _a	20,7 \pm 2,2	16,3 \pm 2,5 _a
Teneur en fer héminique du Pars lumbalis (10 ⁻⁶ g/g de muscle frais) (Haem-iron content of Pars lumbalis (10 ⁻⁶ g/g fresh muscle) ^(2,4)	18,7 \pm 0,8 _j	20,4 \pm 1,2 _g	26,3 \pm 1,6 _j	26,9 \pm 1,8 _g

(¹) En p. 100 du poids de carcasse (In p. 100 of carcass weight).

(²) Les valeurs de la même ligne accompagnées des mêmes lettres sont significativement différentes (Means with same superscripts are significantly different) (a : $P < 0,05$, d : $P < 0,02$, g : $P < 0,01$, j : $P < 0,001$).

(^{3, 4}) Effet « protéines » significatif (Significant « Protein » effect) (3 : $P < 0,05$, 4 : $P < 0,01$).

de la carcasse (estimée d'après le rapport poids/longueur) et sur la coloration de la viande (appréciée d'après les mesures de réflectométrie et de teneur en fer héminique du muscle Pectoralis ascendens). Elle a également accru significativement le poids du foie. Les effets « protéines » sont principalement dus aux différences observées chez les animaux des lots « lactose ». La substitution des produits amyliques au lactose n'a eu d'effet significatif que chez les animaux des lots « lait écrémé » où elle a accru le poids du foie; cependant, elle a eu tendance à augmenter la coloration de la viande.

Discussion

Le remplacement de la moitié des protéines du lait par celles des levures d'alcanes a un effet dépressif sur la croissance et l'efficacité alimentaire pendant les 6 premières semaines de l'essai. Cela confirme nos observations antérieures, effectuées sur des veaux âgés de 3 à 15 semaines (PARUELLE, TOULLEC et PATUREAU-MIRAND, 1975) et peut être attribué à plusieurs causes.

Les valeurs particulièrement faibles de l'urémie, au cours de la quatrième semaine, chez les veaux recevant les aliments « levures », pourraient indiquer un apport protéique insuffisant (PATUREAU-MIRAND, 1975). Cependant, les 4 aliments d'allaitement que nous avons utilisés ont théoriquement des teneurs très voisines en matières azotées digestibles. Il en est de même pour les sommes des teneurs en acides aminés indispensables et semi-indispensables, corrigées selon PION, DE BELSUNCE et FAUCONNEAU (1963), qui atteignent respectivement 10,3 et 10,5 p. 100 de la matière sèche dans les aliments « lait écrémé » et « levures »; néanmoins l'apport d'histidine est légèrement moins élevé avec les aliments « levures » (0,49 p. 100 au lieu de 0,57) et pourrait avoir été limitant (PATUREAU-MIRAND *et al.*, 1974), d'autant plus que la digestibilité apparente des acides aminés des levures est moins élevée (PATUREAU-MIRAND *et al.*, 1977). De plus, une partie de l'azote des levures est sous forme nucléique (environ 12 p. 100 d'après DURAND, 1974). Cette forme serait peu utilisable par le veau prédominant, ROTH et KIRCHGESSNER (1976) ayant observé une augmentation importante des teneurs sanguines en acide urique et en allantoiné, en remplaçant une partie du lait écrémé de l'aliment d'allaitement par des bactéries cultivées sur méthanol, riches en azote nucléique. Dans notre essai, la quantité d'azote digestible correspondant aux acides aminés, à l'exception de l'azote amidé de la glutamine et de l'asparagine, est théoriquement un peu plus faible dans les aliments « levures » (environ 2,44 p. 100 de la matière sèche au lieu de 2,55); or, c'est principalement l'azote des acides aminés qui, au cours de leur catabolisme, participe à la synthèse de l'urée.

Les aliments « levures » renferment également moins d'énergie digestible (environ 4,5 p. 100) que les aliments « lait écrémé ». Cela provient, d'une part de la digestibilité peu élevée des glucides des levures, par rapport à celle du lactose (GAILLARD et VAN WEERDEN, 1976; BESLE, LASSALAS et THIVEND, 1978) et, d'autre part de l'effet dépressif des protéines de substitution moins digestibles que celles du lait sur la digestibilité des lipides (TOULLEC et COROLLER, résultats non publiés).

La glycémie moins élevée observée au cours de la quatrième semaine de l'essai chez les veaux recevant les aliments « levures » pourrait être liée à des modifications métaboliques dues à l'évacuation gastrique plus rapide des levures par rapport à la caséine (PATUREAU-MIRAND, PRUGNAUD et PION, 1971).

L'influence défavorable des levures sur la croissance et l'efficacité alimentaire ne s'est pas maintenue au cours de la dernière période, alors que les veaux étaient âgés de 11 à 19 semaines. Cela pourrait être dû à la diminution des besoins en protéines des veaux avec l'âge, comme le montre l'augmentation de l'urémie et à l'état d'anémie plus prononcé des animaux recevant les aliments « lait écrémé ». L'augmentation du poids du foie constatée chez les animaux des lots « lactose » en remplaçant les protéines du lait par celles des levures, est en accord avec nos résultats antérieurs sur le veau (PARUELLE, TOULLEC et PATUREAU-MIRAND, 1975), ainsi qu'avec certaines observations d'ENGEL (1972) sur le rat et la souris. La conformation moins satisfaisante des animaux des lots « levures » indique que la croissance de leur squelette est moins affectée que celle de leurs muscles. Les aliments « levures » ont une teneur élevée en fer, qui entraîne une coloration excessive de la viande à l'abattage; cet inconvénient pourrait être évité en utilisant un complexant du fer (PARUELLE, TOULLEC et PATUREAU-MIRAND, 1975).

La substitution des produits amylacés à une partie du lactose n'a pas d'influence significative sur la croissance et l'efficacité alimentaire. La tendance légèrement défavorable observée au cours de la première période de l'essai est probablement due à la nécessité d'une adaptation des animaux. Nos résultats s'accordent avec ceux obtenus en substituant des produits amylacés partiellement hydrolysés à 12 p. 100 de poudre de lait écrémé (BURGSTALLER, KRIPPL et KIRCHGESSNER, 1968) ou de lactosérum (THIVEND, 1976). HUBER, NATRAJAN et POLAN (1968), ainsi que GROPP (1973*b*) ont au contraire observé un effet dépressif en remplaçant 9 à 14 p. 100 de lactose par de l'amylopectine ou de l'amidon de maïs cru ou éclaté; cependant, il s'agissait de veaux plus jeunes (1 à 6 semaines) et de produits différents de ceux que nous avons utilisés. L'augmentation du poids du foie observée avec les produits amylacés, chez les animaux des lots « lait écrémé » a également été obtenue en substituant ces produits à une partie des lipides de l'aliment; cependant, cet effet n'était pas systématique (THIVEND et TOULLEC, 1973 et 1975).

L'urémie plus faible des veaux recevant les aliments « produits amylacés » peut avoir des causes digestives et métaboliques. Les produits amylacés ont un effet dépressif sur la digestibilité apparente des protéines (MATHIEU et THIVEND, 1968; VAN ES *et al.*, 1971; VERMOREL *et al.*, 1974). Cet effet est dû, au moins en partie, à l'accroissement de l'utilisation par la flore, de l'urée sanguine excrétée dans le caecum et le colon, du fait qu'une partie de l'amidon échappe à la digestion dans l'intestin grêle (ASSAN, 1974). L'augmentation de l'excrétion fécale d'azote n'a pas de conséquence néfaste sur les performances de nos animaux parce qu'elle est probablement compensée par la diminution de l'excrétion urinaire et qu'alors la quantité d'azote retenu n'est pas modifiée (VAN ES *et al.*, 1971). De plus, la digestion de l'amidon cru et de l'amidon partiellement hydrolysé est plus lente et plus régulière que celle du lactose (THIVEND et MARTIN-ROSSET, 1971; GROPP, 1973 *a* et *b*), à cause de leur évacuation gastrique moins rapide (COOMBE et SMITH, 1974). Cela explique la glycémie plus élevée observée 4 h après le repas chez les veaux recevant les aliments « produits amylacés ». Cet apport prolongé de glucose au niveau sanguin pourrait favoriser l'utilisation des acides aminés pour la synthèse protéique, en maintenant plus longtemps l'insulinémie à un niveau élevé (PATUREAU-MIRAND *et al.*, 1976; GRIZARD, PATUREAU-MIRAND et PION, 1976). La fraction des produits amylacés qui est digérée dans le caecum et le colon est transformée principalement en acides lactique et acétique (ASSAN, 1974), dont l'effet favorable sur la synthèse protéique a été mis en évidence chez le rat (VERMOREL, 1968 et 1974).

En conclusion, compte tenu des résultats antérieurs (BERENDE, 1972; KIRCHGESSNER et ROTH, 1973; PARUELLE, TOULLEC et PATUREAU-MIRAND, 1975), il conviendrait de ne pas incorporer plus de 7,5 p. 100 de levures d'alcanes dans les aliments d'allaitement distribués au veau de boucherie jusqu'à l'âge d'environ 11 semaines; pour éviter tout effet dépressif sur la croissance et l'efficacité alimentaire, les levures devraient alors apporter moins du quart des protéines alimentaires. Au-delà de cet âge, il serait possible d'introduire jusqu'à 16 p. 100 de levures dans les aliments, en remplacement de la moitié de la poudre de lait écrémé. Néanmoins, leur teneur élevée en fer est un facteur limitant leur emploi, si elles ne sont pas additionnées d'un complexant efficace. Les produits amylacés pourraient remplacer plus du tiers du lactose et constituer au moins 20 p. 100 de la matière sèche des aliments distribués à partir de l'âge de 6 semaines, que les protéines proviennent exclusivement du lait écrémé ou en partie des levures d'alcanes. Il faut pour cela adapter progressivement les animaux et utiliser un mélange de glucides suffisamment digestible mais dont l'hydrolyse progressive évite une accumulation de produits fermentescibles dans l'intestin. L'emploi des produits amylacés pourrait cependant limiter l'état d'anémie des animaux.

Accepté pour publication en février 1979.

Remerciements

A la Société Française des Pétroles BP, 10, quai Paul-Doumer, 92401 Courbevoie, pour l'aide financière apportée à la réalisation de ce travail et à M. MICHEL, Station de Physiopathologie de la Nutrition, I.N.R.A. Theix qui a effectué les dosages de glucose et d'urée plasmatiques.

Summary

The influence of replacing part of skim milk by alkane grown yeasts and starch derivatives in milk replacers for veal calves

Two milk replacers (C and D), containing 16.5 p. 100 alkane grown yeasts (supplying 51 p. 100 of the crude protein), were compared with two diets (A and B) in which the protein was provided almost exclusively by skim milk (Table 1). In diets A and C, carbohydrates were almost only lactose; in diets B and D, a part of lactose (20 p. 100 of the diet) was replaced by a mixture of glucose (5 p. 100), raw maize starch (5 p. 100) and partly hydrolyzed maize starch (10 p. 100). Each diet was offered to 12 Friesian preruminant bull calves, between the ages of about 5 and 19 weeks.

The health of the calves was very satisfactory with the 4 diets. The « yeast » diets significantly depressed live weight gain (10 p. 100) and feed efficiency (8.5 p. 100) for the first 6 weeks of the trial (Table 2) whereafter the performances became very similar with the 4 diets. Yeasts did not affect either dressing out percentage or the degree of fatness, but had a detrimental influence on meat colour and carcass conformation (Table 3). They reduced urea (at 9 and 18 weeks of age) and glucose (at 9 weeks) plasma levels (fig. 1).

Starch derivatives had no significant effect on performances of calves, with the exception of liver weight which increased (Tables 2 and 3). However, they seemed to limit the anemic state of calves and they reduced urea and increased glucose plasma levels at 9 weeks (fig. 1).

Alkane grown yeasts might replace an important part (up to the half) of skim milk in the milk replacers fed to veal calves from 11 weeks of age, without markedly affecting growth and feed efficiency. Before this age, in order to avoid a decrease in the performances of the animals, the incorporation level must not exceed 7.5 p. 100, thus supplying less than the fourth of the dietary protein. However, an iron chelating agent must be included into the diet in order to prevent an increase in meat coloration. The starch derivatives used in this trial are as well utilized as lactose from 6 weeks of age until an incorporation level of 20 p. 100 in the milk replacer.

Références bibliographiques

- ASSAN B., 1974. Contribution à l'étude de la digestion intestinale de l'amidon chez le veau préruminant. *Thèse Université Clermont-Ferrand*, n° 64, 81 p.
- BÉRENDE P. L. M., 1972. Cité par SHACKLADY C. A., GATUMEL E. Valeur nutritionnelle de levures cultivées sur alcanes. In GOUNELLE DE PONTANEL H., *Levures cultivées sur alcanes*, 37-57, Centre de Recherches Foch, Paris.
- BESLE J. M., LASSALAS B., THIVEND P., 1979. Digestion des glucides des levures d'alcanes par le veau préruminant. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **19**, sous presse.
- BURGSTALLER G., KRIPPL J., KIRCHGESSNER M., 1968. Zur Kälbermastmit vorbehandelter Maisstärke im Milchaustauschfutter. *Bayer. Landw. Jahrbuch.*, **51**, 799-806.
- COOMBE N. B., SMITH R. H., 1974. Digestion and absorption of starch, maltose and lactose by the preruminant calf. *Brit. J. Nutr.*, **31**, 227-235.
- DURAND G., 1974. (Communication personnelle).
- ENGEL C., 1972. Analyse des essais toxicologiques effectués sur les levures cultivées sur alcanes. In GOUNELLE DE PONTANEL H., *Les levures cultivées sur alcanes*, 65-88, Centre de Recherches Foch, Paris.
- ES (VAN) A. J. H., DOMMERHOLT J., NYKAMP H. J., VOGT J. E., 1971. Der Gehalt an verdaulichen Nährstoffen und umsetzbarer Energie einiger Veredlungsprodukte der Maisstärkeindustrie für Mastkälber. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelkde.*, **32**, 71-81.
- GAILLARD B. D. E., VAN WEERDEN E. J., 1976. The digestion of yeast cell wall polysaccharides in veal calves. *Brit. J. Nutr.*, **36**, 471-478.
- GRIZARD J., PATUREAU-MIRAND P., PION R., 1976. Utilisation d'un régime riche en produits amylicés par le veau préruminant de poids élevé. II. Influence sur l'insulinémie postprandiale. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **16**, 593-601.
- GROPP J., 1973a. Studien über die Verwertung von Nahrungskohlenhydraten beim Mastkalb. 2. Mitteilung. Lactose Saccharose und Fructose. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk.*, **32**, 1140163.
- GROPP J., 1973b. Studien über die Verwertung von Nahrungs Kohlenhydraten beim Mastkalb. 3. Mitteilung. Stärke und Maltose. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk.*, **32**, 194-222.
- HORNSEY H., 1956. The colour of cooked pork. Estimation of the nitric oxidehaem pigments. *J. Sci. Food Agric.*, **7**, 534-540.
- HUBER J. T., NATRAJAN S., POLAN C. E., 1968. Varying levels of starch in calf milk replacers. *J. Dairy Sci.*, **51**, 1081-1084.
- KIRCHGESSNER M., ROTH F. X., 1973. Zum Einsatz von auf n — Paraffinen gewachsener Hefe in der Kälbermast. *Züchtungskunde*, **45**, 208-214.
- MATHIEU C. M., THIVEND P., 1968. Digestion et utilisation des aliments par le veau préruminant à l'engrais. III. Remplacement des matières grasses du lait par différents amidons. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **8**, 249-271.
- MICHEL M., 1973. Recherche des tests biochimiques destinés à caractériser l'état nutritionnel et sanitaire d'un troupeau de veaux. *Ann. Rech. Vétér.*, **4**, 113-124.
- PARUELLE J. L., TOULLEC R., PATUREAU-MIRAND P., 1975. Utilisation des protéines par le veau préruminant à l'engrais. IV. Utilisation des protéines de levures d'alcanes et influence de l'addition d'un complexant du fer. *Ann. Zootech.*, **24**, 685-696.
- PATUREAU-MIRAND P., 1975. Quelques aspects de la nutrition azotée du veau et de l'agneau préruminants. *Ind. Alim. Anim.*, **1**, 27-41.
- PATUREAU-MIRAND P., GRIZARD J., PRUGNAUD J., PION R., 1976. Utilisation d'un aliment riche en produits amylicés par le veau préruminant de poids élevé. I. Influence sur les teneurs en acides aminés libres du sang et du muscle. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **16**, 579-592.
- PATUREAU-MIRAND P., PRUGNAUD J., PION R., 1971. Influence de la nature des protéines des aliments d'allaitement sur l'amino-acidémie du veau préruminant. *X^e Congrès International de Zootechnie*, Thème VII, Versailles.
- PATUREAU-MIRAND P., TOULLEC R., GUILLOTEAU P., PION R., 1977. Influence de la nature des protéines alimentaires sur la composition en acides aminés des fèces du veau préruminant. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **17**, 71-83.
- PATUREAU-MIRAND P., TOULLEC R., PARUELLE J. L., PRUGNAUD J., PION R., 1974. Influence de la nature des matières azotées des aliments d'allaitement sur l'amino-acidémie du veau préruminant. I. Matières azotées du lait, du lactosérum, du poisson et des levures d'alcanes. *Ann. Zootech.*, **23**, 519-537.

- PION R., DE BELSUNCE C., FAUCONNEAU G., 1963. Composition en acides aminés de quelques aliments. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **3**, li.s. 1, 11-18.
- ROTH F. X., KIRCHGESSNER M., 1976. Methanol-fermentation protein in veal calf nutrition. *Anim. Feed Sci. Techn.*, **1**, 33-44.
- THIVEND P., 1976. L'utilisation digestive des glucides par le veau préruminant. *Ind. Alim. Anim.*, **1**, 19-34.
- THIVEND P., MARTIN-ROSSET W., 1971. Étude des variations post-prandiales de la glycémie mésentérique chez le veau préruminant. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **11**, 350-351.
- THIVEND P., TOULLEC R., 1973. Accroissement du poids à l'abattage des veaux de boucherie : cas des femelles de race laitière. *C. R. Acad. Agric.*, **59**, 439-447.
- THIVEND P., TOULLEC R., 1975. Influence du remplacement d'une partie des lipides par des produits amylacés dans les aliments d'allaitement distribués au veau de boucherie : cas des animaux mâles de race Frisonne. *Bull. Techn. C.R.Z.V.*, Theix I.N.R.A., **19**, 23-28.
- TOULLEC R., THIVEND P., VERMOREL M., GUEGUEN L., 1978. Veau préruminant. In I.N.R.A., *Alimentation des ruminants*, 245-274. I.N.R.A. Publications, Versailles.
- VERMOREL M., 1968. Utilisation énergétique de la triacétine par le rat en croissance. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **8**, 453-455.
- VERMOREL M., 1974. (Communication personnelle).
- VERMOREL M., BOUVIER J. C., THIVEND P., TOULLEC R., 1974. Utilisation énergétique des aliments d'allaitement par le veau préruminant à l'engrais de différents poids. In MENKE., K. H., LANTZSCH H. J., REICHL J. R., *Energy Metabolism of farm animals*, 143-146, E.A.A.P. Publ. n° 14.
-