

## Utilisation des tourteaux traités au formol par les vaches laitières

### II. — Effets sur la production laitière du traitement des tourteaux et du niveau d'apport azoté au début de la lactation

R. VÉRITÉ et M. JOURNET

avec la collaboration technique de Jeanne FLECHET,  
Renée LEFAIVRE, B. MARQUIS et Maryse VÉRITÉ

*Laboratoire de la Production Laitière,  
Centre de Recherches de Clermont-Ferrand, I.N.R.A.,  
Theix, Saint-Genès-Champagnelle  
63110 Beaumont (France)*

---

### Résumé

L'intérêt pour la production laitière du traitement au formol des tourteaux a été testé au cours de 3 essais comportant 84 vaches alimentées individuellement, avec une ration d'ensilage de maïs à volonté (essai 1) ou limité (essais 2 et 3), de maïs-grain et de tourteaux. Les tourteaux distribués étaient constitués par un mélange 3/1 (essai 1) ou 1/1 (essais 2 et 3) de soja et de colza.

Dans l'essai 1, pendant les 13 premières semaines de lactation, 2 groupes de 12 vaches adultes ont reçu des quantités identiques de tourteau normal ou traité. Dans l'essai 2, pendant les 13 premières semaines de lactation, 3 groupes de 12 vaches adultes ont reçu du tourteau normal (Lots 1 et 2) ou du tourteau traité (lot 3). Dans le lot 1, le rapport tourteau/maïs grain a été constant (1/4) pendant toute l'expérience alors que dans les lots 2 et 3 il a diminué régulièrement de 1/0 au vêlage à 1/4 en 7<sup>e</sup> semaine puis il est resté constant. Dans l'essai 3, 3 groupes de 8 vaches ayant passé le pic de production ont reçu pendant 10 semaines des rations à taux azoté moyen, différant par la nature du supplément azoté : maïs-urée (13 %) — tourteau normal ou traité.

Le traitement du tourteau a accru la production laitière de 0,9, 1,9 et 1,2 kg respectivement dans les essais 1, 2, 3. L'évolution post-expérimentale de la production confirme ces différences. Le gain de poids n'a pas changé sauf dans l'essai 2 où l'accroissement de production a été obtenu aux dépens des réserves corporelles. La composition du lait en matières grasses, en acides gras et en matières azotées n'a pas été affectée. Dans l'essai 1, la distribution de tourteaux traités a coïncidé avec un accroissement relativement élevé (1 kg MS) mais non significatif de l'ingestion d'ensilage.

Dans l'essai 2, les différences importantes de production au cours des 6 premières semaines entre les lots 1 et 2 (2,1 kg) et 2 et 3 (2,3 kg) indiquent la nécessité d'un apport azoté élevé et d'un supplément azoté peu dégradable pour maximiser la sécrétion laitière des vaches à potentiel élevé en début de lactation surtout si l'apport énergétique est déficitaire.

L'importance de la nature du supplément azoté et de sa dégradabilité est clairement montrée dans l'essai 3 où la production est passée de 16,4 kg avec du maïs-grain-urée à 17,6 avec du tourteau normal et à 18,8 kg avec du tourteau formolé.

Le traitement des tourteaux n'a pas affecté les paramètres sanguins liés à l'état de nutrition

énergétique excepté en cas de mobilisation des réserves corporelles (essai 2). Le taux d'urée sanguine n'a été diminué que dans l'essai 3 alors que le taux d'urée dans le lait l'a toujours été.

Les effets sur la production du lait, de la qualité et de la quantité des suppléments azotés en début de lactation sont discutés en liaison avec l'acido-amino-acidémie libre mesurée au cours de ces essais (CHAMPREDON *et al.*, 1977). Les conséquences pour la supplémentation des rations d'ensilages de maïs sont envisagées ainsi que la nécessité d'un nouveau système d'évaluation de la valeur azotée des aliments.

## Introduction

La fourniture de certains acides aminés à la mamelle de la vache peut être insuffisante et limiter la production, même dans des conditions d'alimentation azotée considérées comme normales. En effet : 1° la désamination des protéines alimentaires dans le rumen est généralement importante (GOERING et WALDO, 1974); 2° la synthèse des protéines microbiennes est limitée et fonction de la disponibilité en énergie (HUNGATE, 1966) et 3° la composition en acides aminés indispensables de l'azote absorbé dans l'intestin est différente de celle de l'azote du lait. Des essais d'infusion intra-veineuse (FISHER, 1972, FISHER et ERFLE, 1974; LINZELL et MEPHAM, 1974) ou intra-abomasale (revue de CLARK, 1975) d'acides aminés ou de caséine ont effectivement montré une amélioration de la production de matières azotées et parfois de la production de lait et de son taux d'azote, même dans des cas où les apports azotés dépassaient largement les recommandations. Pour alimenter correctement des vaches à forts besoins ou pour ne pas gaspiller une source azotée de bonne qualité, il peut donc être intéressant d'accroître la quantité de protéines échappant à la dégradation dans le rumen en les traitant par du formol (VÉRITÉ *et al.*, 1977).

L'intérêt zootechnique de ce traitement est cependant controversé. Si plusieurs essais ont bien montré une amélioration du bilan azoté, de la pousse de la laine et de la croissance chez le mouton (FAICHNEY, 1971; DELORT-LAVAL, LEROY et ZELTER, 1972) en revanche, d'autres essais n'en ont pas montré (SHARMA, INGALLS et MCKIRDY, 1972; FAICHNEY et DAVIES, 1972...). Les raisons de ces échecs peuvent provenir d'un traitement trop fort provoquant une diminution de la digestibilité de l'azote, d'un mauvais choix des protéines traitées qui n'apportaient pas le ou les acides aminés les plus limitants et (ou) de la comparaison avec un régime témoin permettant déjà de couvrir les besoins azotés.

Relativement au besoin énergétique, le besoin en acides aminés indispensables est plus élevé pour la production laitière que pour la croissance et l'engraissement; la vache laitière est donc susceptible de bien valoriser les protéines traitées. Cependant, peu d'essais ont été réalisés avec des vaches laitières et ils n'ont pas montré d'amélioration liée au traitement de la source protéique (tourteau de soja ou caséine ou sérum) (CLARK, DAVIS et HATFIELD, 1974; RODRIGUEZ, MULLET et SCHINGOETHE, 1974; WACHIRA *et al.*, 1974; WILSON, 1970). Mais dans ces essais de courte durée (12 à 28 j) le traitement a parfois entraîné une diminution notable de la digestibilité de l'azote (6 à 7 points) et en outre l'apport azoté était souvent important alors que la fraction traitée était faible. En revanche, dans 2 essais, KOURI (1974) a enregistré des augmentations de 4 à 10 p. 100 de la quantité de matières azotées sécrétée par des chèvres liées à un traitement modéré de tourteaux par des tannins.

La couverture des besoins azotés est difficile surtout pour les vaches fortes productrices au début de la lactation. En effet, la quantité de protéines sécrétées par la mamelle est maximum dès les premiers jours (JOURNET et JARRIGE, 1960). Or, la synthèse microbienne n'augmente que progressivement en liaison avec l'apport d'énergie, les réserves corporelles de protéines mobilisables sont faibles (COPPOCK *et al.*, 1968; PAQUAY, DEBAERE et LOUSSE, 1970) et souvent l'apport azoté alimentaire est fortement déficitaire à cette période : le déficit de matières azotées digestibles peut couramment dépasser 500 g/j au cours de la première semaine de lactation.

Au cours de 3 essais d'alimentation, nous avons voulu réaliser : 1<sup>o</sup> l'intérêt de traiter les tourteaux au formol pour l'alimentation des vaches laitières, et 2<sup>o</sup> d'accroître le niveau d'apport azoté au début de la lactation. Dans les comparaisons entre tourteau normal et tourteau formolé : 1. — le niveau des apports azotés a été modéré; 2. — le mélange de tourteau utilisé (soja — colza) a été choisi pour sa richesse relative en méthionine et lysine qui pourraient bien être les principaux acides aminés limitants et 3. — le traitement au formol réalisé n'avait pas provoqué de diminution de la digestibilité de l'azote (cf. VÉRITÉ *et al.*, 1977).

### Matériel et méthode

Le traitement au formol des tourteaux de soja et de colza et son effet sur la digestion ont été décrits ailleurs (VÉRITÉ *et al.*, 1977). Le mélange de tourteaux distribués aux vaches était constitué pour 3 parties de soja et 1 partie de colza (Essai 1 — 1972-73) ou de 1 partie de soja et 1 partie de colza (Essais 2 et 3 — 1973-74).

#### *Schéma expérimental — Animaux — Alimentation*

##### *Essai 1*

Pendant les 13 premières semaines de lactation, 2 lots de vaches ont reçu l'un du tourteau normal et l'autre du tourteau formolé en complément d'une ration d'ensilage de maïs distribuée à volonté. Vingt deux vaches Holstein et Frisonne, ayant déjà effectué de 1 à 4 lactations, ont été réparties avant vêlage en 2 lots identiques sur la base du numéro de lactation, de la date de vêlage prévue (13-11-72 au 4-03-73) et de la production de lait à 4 p. 100 M.G., du taux butyreux et du poids vif enregistrés au cours des trois premiers mois de la lactation antérieure.

Depuis 4 semaines avant vêlage jusqu'à la mise à l'herbe (7-05-73), les vaches ont reçu à volonté de l'ensilage de maïs (enrichi au moment de la récolte, de 35 g/kg MS d'un mélange 1/1 urée-minéraux). Pendant les deux dernières semaines de gestation, elles ont reçu également une faible quantité de maïs-grain (1 à 2 kg). Après vêlage, elles ont reçu du maïs-grain et du tourteau de façon à couvrir leurs besoins réels (0,38 UF et 60 g M.A.D. par kg de lait à 4 % M.G.) en supposant que pour toutes les vaches, la ration de base couvrait en plus de l'entretien les besoins d'énergie pour une production de 14 kg de lait à 4 p. 100 M.G. et d'azote pour une production de 11 kg de lait à 4 p. 100 M.G. Toutefois, la quantité d'aliments concentrés a été augmentée progressivement et n'a atteint son maximum qu'entre la 2<sup>e</sup> et la 5<sup>e</sup> semaine de lactation. Pendant la période expérimentale (13 premières semaines de lactation) les vaches du lot 1 ont reçu du tourteau formolé et celles du

lot 2 du tourteau normal. Ensuite, jusqu'à la mise à l'herbe toutes les vaches ont reçu du tourteau normal. Au pâturage (ray-grass), les vaches ont reçu du maïs-grain (0,35 kg/kg de lait à 4 % M.G.) au-dessus de 18 kg de lait.

Les vaches étaient alimentées individuellement en stabulation entravée sur litière de paille. Elles recevaient les aliments concentrés mélangés en 2 repas (6 h 30 et 15 h) et l'ensilage de maïs en 2 repas (9 h et 15 h 30). Trois vaches n'ont été prises en compte lors de l'exploitation des résultats pour des raisons diverses métrite et mammites (lot 1), fièvres vitulaire et mammites (lot 2), météorisation : (lot 2).

### *Essai 2*

Pendant les 13 premières semaines de lactation, 2 lots de vaches ont reçues rations iso-énergétiques et iso-azotées à base d'ensilage de maïs complété avec du tourteau normal ou du tourteau formolé, en quantité suffisante pour couvrir les besoins azotés dès le vêlage. Un 3<sup>e</sup> lot a reçu une ration iso-énergétique mais avec un apport faible de tourteau normal et ne permettant de couvrir les besoins azotés qu'après la 6<sup>e</sup> semaine de lactation.

Trente six vaches multipares, Holstein ou Frisonne, ont été réparties avant le vêlage en 3 lots identiques sur la base du numéro de lactation, de la date de vêlage prévue (25-10-73 au 18-01-74), de la production de lait à 4 p. 100 M.G. et de la production de protéines, enregistrées au cours des 3 premiers mois de la lactation antérieure.

Depuis 4 semaines avant vêlage jusqu'à la mise à l'herbe (8-04-74), les vaches ont reçu de l'ensilage de maïs (enrichi au moment de la récolte de 28 g/kg MS.) d'un mélange 1/1 d'urée-minéraux en quantité limitée (12 kg M.S. jusqu'au 4-03-74 puis ensuite 8-9 kg M.S. d'ensilage + 2-3 kg de foin de luzerne). Pendant les trois dernières semaines de gestation, elles ont reçu une faible quantité (1 à 2 kg) de maïs-grain et de tourteau. Les quantités d'aliment concentré (maïs et tourteau) ont été accrues progressivement après le vêlage de façon à couvrir seulement à partir de la 5<sup>e</sup> ou 6<sup>e</sup> semaine les besoins énergétiques correspondant à la production attendue (LUCAS, 1943) de chaque vache (estimée à partir de la lactation antérieure).

Dans le lot 1 (sous-alimentation azotée) le concentré a toujours contenu 20 p. 100 de tourteau normal provoquant ainsi un déficit en début de lactation. Dans les lots 2 (« tourteau normal ») et 3 (« tourteau formolé ») la proportion de tourteau dans le concentré a décliné depuis la 1<sup>re</sup> semaine (100 %) pour atteindre un plateau (20 %) au cours de la 7<sup>e</sup> semaine, de façon à couvrir constamment dès le vêlage les besoins azotés (60 g de M.A.D./kg de lait à 4 % de M.G.). A partir de la 7<sup>e</sup> semaine le concentré a contenu 20 p. 100 de tourteau dans tous les lots et la quantité distribuée a diminué de 5 p. 100 toutes les 2 semaines. A partir de la 14<sup>e</sup> semaine (période post-expérimentale), tous les lots ont reçu du tourteau normal. Au pâturage (ray-grass), les vaches ont reçu du maïs-grain (0,4 kg/kg de lait 4 % M.G.) au-dessus de 15 kg de lait.

Les vaches étaient alimentées individuellement, en stabulation entravée, sur litière de paille. Elles recevaient les aliments concentrés mélangés en 2 repas à 6 h 30 et 14 h 30 et l'ensilage de maïs à 8 h 30 et 17 h 30.

Une vache dans chaque lot a été retirée de l'expérience pour acétonémie liée à la mauvaise qualité d'un ensilage de maïs. Deux autres vaches n'ont pas été prises en compte lors de l'exploitation des résultats : l'une (lot 2) pour mammites et œdèmes des pattes, l'autre (lot 3) pour fièvre vitulaire et mammites.

*Essai 3*

Trois lots de vaches en milieu de lactation ont reçu des rations iso-énergétiques et iso-azotées différant par la nature de la source azotée de complément : urée ou tourteau normal ou tourteau formolé.

Vingt quatre vaches, Holstein ou Frisonne, entre la 11<sup>e</sup> et la 17<sup>e</sup> semaine de lactation au début de la période expérimentale (4-02-74), ont été réparties en 3 lots identiques sur la base du numéro de lactation et de l'âge (2 multipares, 2 primipares de 3 ans, 4 primipares de 2 ans), de la production de lait à 4 p. 100 M.G. enregistrée au cours de la période pré-expérimentale (13 à 33 kg) et du poids vif.

Au cours de la période pré-expérimentale (4 semaines) toutes les vaches ont reçu un régime commun constitué de 9 à 12 kg M.S. d'ensilage de maïs, de 120 g d'urée et d'un aliment concentré pour couvrir leurs besoins. Au cours de la période expérimentale (10 semaines), les vaches ont reçu 9 à 12 kg M.S. d'ensilage de maïs, 400 g d'un condiment minéral, un concentré énergétique de composition identique pour les 3 lots, et un concentré azoté différent selon le lot :

- lot 1 : maïs grain (87 %), urée (13 %),
- lot 2 : tourteaux soja (50 %) et colza (50 %) non traités,
- lot 3 : tourteaux de soja (50 %) et colza (50 %) traités au formol.

Les apports étaient calculés de façon à couvrir les besoins pré-déterminés (LUCAS, 1943) en supposant que la diminution hebdomadaire de la production serait de 2,5; 2,0; 1,5 p. 100 respectivement pour les adultes, les primipares de 3 ans et celles de 2 ans. Les vaches, en stabulation entravée, sur litière de paille, étaient alimentées individuellement et recevaient la ration complète mélangée en 2 repas égaux (9 et 17 h 30). Au cours de la période post-expérimentale, les vaches étaient au pâturage le jour (ray-grass) et à l'étable la nuit (6 kg M.S. d'ensilage de maïs) et recevaient du concentré énergétique (0,4 kg/kg de lait à 4 % M.G.) au-dessus de 15 kg de lait.

Une vache (lot 1) n'a pas été prise en compte lors de l'analyse des résultats, pour mammites.

*Mesures et prélèvements — Analyses*

La teneur en matière sèche (tabl. 1) a été déterminée à l'étuve à 80 °C, chaque jour pour les ensilages et les refus d'aliments et 1 fois par semaine pour les autres aliments. La composition chimique (tabl. 1) des aliments a été déterminée sur un échantillon moyen sec. Pour les ensilages, les teneurs en azote et en acides organiques ont été déterminées sur un échantillon moyen humide conservé à — 15 °C. La digestibilité de chaque ensilage a été déterminée sur 4 à 6 moutons (essais 1 et 2) ou sur 4 vaches (essai 3) par collecte totale des fèces pendant 5 jours.

Pour chaque vache, les quantités d'aliments offertes et refusées, la quantité de lait produite, le taux butyreux et le taux de protéines (essai 1 : méthode Gerber et noir amido; essais 2 et 3 : Milko-tester) ont été mesurés chaque jour. Les vaches ont été pesées chaque semaine à jour et heure fixes. De plus, dans l'essai 3, des pesées triples ont été réalisées au cours des 2<sup>e</sup> et 10<sup>e</sup> semaines expérimentales et de la 4<sup>e</sup> semaine post-expérimentale. Des échantillons individuels de sang jugulaire (2 h 30 après la distribution du matin de l'aliment concentré dans les essais 1 et 2 ou celle de la ration complète dans l'essai 3) et de lait (sur

TABLEAU I  
Composition et valeur nutritive des aliments  
Composition and nutritive value of feeds

	Teneur en matière sèche (%) <i>Dry matter content (%)</i>	Composition chimique (% MS) <i>Composition (% DM)</i>			Valeur nutritive (kg MS) <i>Nutritive value (kg DM)</i>		
		Matières minérales <i>Ash</i>	Matières azotées <i>Crude protein</i>	Cellulose <i>Weende fibre</i>	U.F. <i>F.U.</i>	g MAD <i>g DCP</i>	
<i>Essai 1</i>							
— ensilage de maïs + urée . . . . .	29	6,1	13,0	18,5	0,75	80	<i>Trial 1</i> — <i>maize silage + urea</i> — <i>maize grain*</i> — <i>normal meal</i> — <i>treated meal</i>
— maïs-grain* . . . . .	88	5,3	10,9	2,3	1,23	80	
— tourteau normal . . . . .	90	6,6	50,6	5,9	1,07	462	
— tourteau traité . . . . .	89	6,6	50,7	6,2	1,07	462	
<i>Essai 2</i>							
— ensilage de maïs + urée . . . . .	37	5,6	12,0	17,0	0,75	80	— <i>maize silage + urea</i> — <i>lucerne hay</i> — <i>maize grain</i> — <i>normal meal</i> — <i>treated meal</i>
— foin de luzerne . . . . .	86	10,2	18,2	29,2	0,50	132	
— maïs-grain . . . . .	88	4,3	10,4	2,3	1,25	75	
— tourteau normal . . . . .	90	7,0	46,7	9,0	1,00	417	
— tourteau traité . . . . .	88	7,2	47,4	9,5	1,00	424	
<i>Essai 3</i>							
— ensilage de maïs . . . . .	34	4,3	9,0	16,2	0,76	45	— <i>maize silage</i> — <i>low-N concentrate**</i> — <i>maize grain + urea</i> (13 %) — <i>normal meal</i> — <i>treated meal</i>
— aliment concentré** . . . . .	90	7,0	13,9	12,8	1,00	100	
— maïs (+ 13 % urée) . . . . .	90	2,7	46,8	3,9	1,10	428	
— tourteau normal . . . . .	90	7,0	46,7	9,0	1,00	417	
— tourteau traité . . . . .	88	7,2	47,4	9,5	1,00	424	

(\*) Contenant 2,5 p. 100 de carbonate de chaux et 0,5 p. 100 de sel. (\*\*) Composé de luzerne déshydratée (16 %), de pulpes de betteraves (37 %), de maïs (39 %), tourteau de soja (5 %), de carbonate de chaux (2,5 %) et de sel (0,5 %). Pelleted with 2,5 p. 100 CO<sub>2</sub> Ca + 0,5 p. 100 NaCl. (\*\*\*) Mixture of dehydrated lucerne (16 p. 100), beet pulp (37 p. 100), maize (39 p. 100), soyabean meal (5 p. 100), CO<sub>2</sub>Ca (2,5 p. 100), NaCl (0,5 p. 100).

2 traites consécutives) ont été prélevés au cours des 1<sup>re</sup>-5<sup>e</sup> et 10<sup>e</sup> semaines de lactation dans l'essai 1, des 2<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> semaines de lactation ainsi que de la semaine précédant et celle suivant la mise à l'herbe dans l'essai 2, des 6<sup>e</sup> et 10<sup>e</sup> semaines expérimentales ainsi que des 4<sup>e</sup> semaines pré et post-expérimentales dans l'essai 3. La teneur en acides gras libres du plasma a été déterminée par la méthode de DOLE et MEINERTZ (1960), celle en corps cétoniques du sang par la méthode de PROCOS (1961), celle en urée du plasma (essai 1) ou du sang (essais 2 et 3) et du lait par la méthode à la diacétylmonoxime (MICHEL, 1971), celle en glucose du plasma (essai 1) ou du sang (essais 2 et 3) par la méthode à la glucose-oxydase. Les teneurs en acides aminés libres du sang ont été déterminées selon la technique de MOORE et STEIN modifiée par PAWLAK et PION (1968) et seront rapportées par ailleurs (CHAMPREDON *et al.*, 1977). La composition des acides gras du beurre a été déterminée par chromatographie en phase gazeuse des esters butyliques.

La composition du mélange d'acides gras volatils du jus de rumen a été déterminée par chromatographie en phase gazeuse (RIGAUD et JOURNET, 1970) sur des échantillons individuels prélevés par tubage œsophagien 1) dans l'essai 2 : 2 h 30 après la distribution du concentré (avant celle d'ensilage) le 20-02-74 et 2 h après la distribution d'ensilage le 21-02-74) dans l'essai 3 : 2 h 30 après la distribution du repas (ensilage + concentré) au cours de la 6<sup>e</sup> semaine expérimentale.

Les productions de référence (essais 1 et 2 : 3 premiers mois de la lactation antérieure; essai 3 : 4 semaines de la période pré-expérimentale) ont servi de base pour l'analyse de covariance des résultats expérimentaux.

## Résultats

### A. — Effets du traitement au formol des tourteaux

#### 1. Quantités ingérées

Dans l'essai 1, où l'ensilage de maïs était distribué à volonté, la consommation a été en moyenne identique dans les 2 lots avant vêlage et pendant les 2 premières semaines de lactation. Par la suite, l'ingestion d'ensilage a augmenté lentement dans le lot « tourteau normal » et rapidement dans le lot « tourteau traité » (fig. 1). En moyenne pendant la période expérimentale, la différence a été de 1,0 kg M.S. (soit 0,75 UF et 120 g de matières azotées). Au cours de la période post-expérimentale, l'ingestion est devenue identique dans les 2 lots. Par suite de la limitation des quantités offertes il n'y a pas eu de différences d'ingestion entre lots dans les essais 2 et 3. Les quantités de tourteaux ingérées ont représenté environ 30 p. 100 de l'apport azoté total dans chaque essai.

Par suite du plan de rationnement différent, les apports énergétiques ont été maximum plus tôt dans l'essai 1 (3<sup>e</sup> semaine) que dans l'essai 2 (6<sup>e</sup> semaine) (fig. 3). De ce fait, le déficit énergétique a été nettement plus élevé et a duré plus longtemps dans l'essai 2 (fig. 3).

#### 2. Production

L'emploi de tourteau traité en remplacement du tourteau normal a correspondu à un accroissement de la production laitière de 0,9 kg (essai 1), 1,9 kg

(essai 2), et 1,2 kg (essai 3). La teneur du lait en matières grasses et en matières azotées n'a pas été modifiée par le traitement de tourteaux, sauf dans l'essai 1 où la teneur en matières azotées du lait a été légèrement plus élevée (1 g %) avec le tourteau formolé (non significatif).

Dans l'essai 1, la production laitière bien que peu différente en moyenne a eu une persistance mensuelle (après la 4<sup>e</sup> semaine) plus élevée avec le tourteau traité (91 % vs 87 %); au cours de la période post-expérimentale l'écart de production de lait à 4 p. 100 entre les 2 lots a diminué et s'est même inversé après la mise à l'herbe (fig. 2).

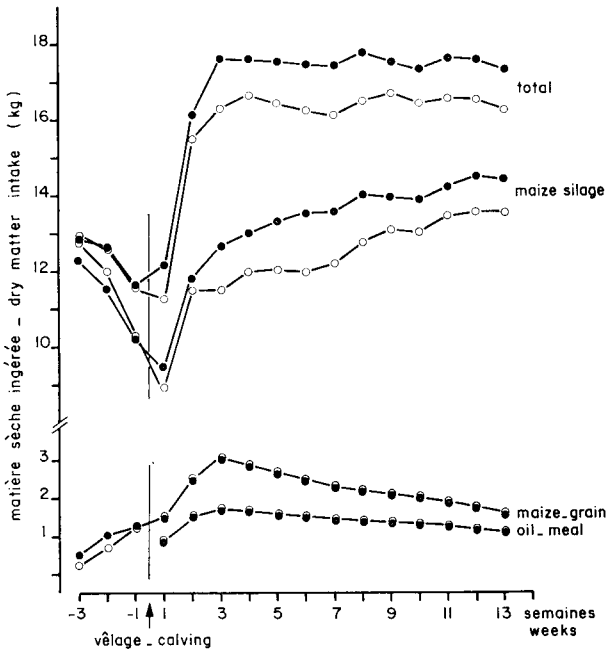


FIG. 1. — Évolution des quantités ingérées au cours de l'essai 1.  
Dry matter intake during trial 1.

- Tourteau normal — Normal meal  
●—● Tourteau formolé — Treated meal

Dans l'essai 2, la différence de production a surtout été importante au cours des 6 premières semaines de lactation (+ 2,3 kg) pendant lesquelles la quantité de tourteau distribuée était élevée (2,3 kg). Par la suite la production laitière a diminué rapidement dans les 2 lots, sans doute à cause de la diminution importante des apports azotés à ce moment (fig. 3) et aussi de la mauvaise qualité de l'ensilage distribué à cette période (fermentation butyrique). En effet, l'ensilage employé dans cet essai provenait de 3 silos utilisés successivement dans le temps et ayant malheureusement des qualités différentes. L'écart s'est annulé au moment de la mise à l'herbe (fig. 2).

Dans l'essai 3, l'écart de production s'est établi très rapidement (3 à 4 semaines) et s'est maintenu constant ensuite (1,4 kg). Les productions sont redevenues

identiques dans les 3 lots en 3-4 semaines. Dans cet essai, les vaches recevant la complémentation à base d'urée avaient produit moins de lait pendant la période expérimentale (1,2 kg en moyenne sur celles recevant le tourteau normal). Le traitement du tourteau n'a pas modifié l'évolution du poids vif dans les essais 1 et 3

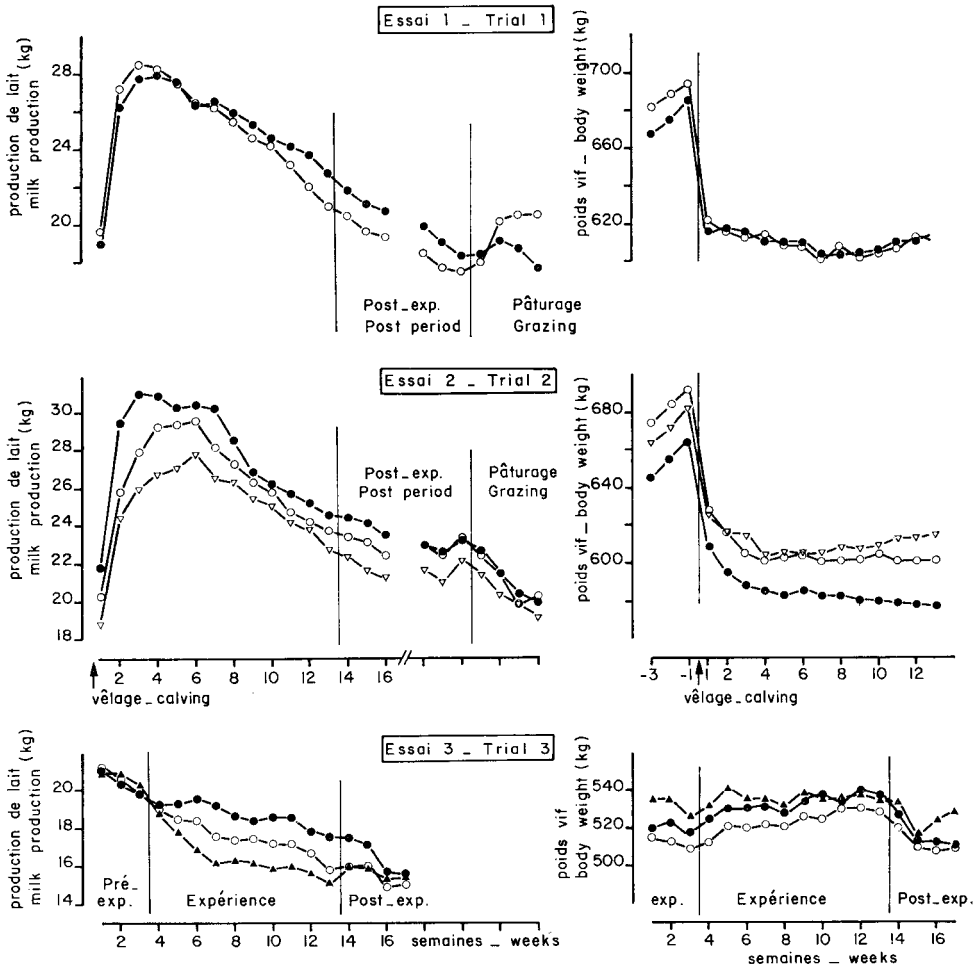


FIG. 2. — Évolution de la production laitière et du poids vif au cours des 3 essais.  
Milk production and body weight during the 3 trials.

- Tourteau normal — Normal meal
- Tourteau formolé — Treated meal
- ▽—▽ Sous alimentation azotée — Low N level
- ▲—▲ Maïs-urée — Maize with urea.

(fig. 2). Dans l'essai 2, le poids vif a également évolué de la même façon dans les 2 lots (— 23 kg) pour les 4 premières semaines mais par la suite il est resté presque stable avec le tourteau normal alors qu'il a diminué régulièrement (— 10 kg jusqu'en 13<sup>e</sup> semaine) avec le tourteau formolé.

TABLEAU 2  
*Ingestion, production et bilans nutritifs des vaches au cours des 3 essais*  
*Intake, production and nutritive balances of the cows during the 3 trials*

	Essai 1 — Trial 1		Essai 2 — Trial 2		Essai 3 — Trial 3			Dry matter intake (kg DM)
	Tourteau normal <i>Normal meal</i>	Tourteau traité <i>Treated meal</i>	Sous-alimentation <i>Low N level</i>	Tourteau normal <i>Normal meal</i>	Tourteau traité <i>Treated meal</i>	Mais + urée <i>Maize + urea</i>	Tourteau normal <i>Normal meal</i>	
<i>Quantités ingérées (kg M.S.) :</i>								
— Ensilage de maïs . . . . .	12,27	13,25	11,64	11,18	11,17	10,17	9,75	9,94
— Foin de luzerne . . . . .	—	—	0,23	0,42	0,30	—	—	—
— Maïs-grain . . . . .	2,27	2,32	3,86	3,37	3,44	—	—	—
— Aliment concentré . . . . .	—	—	—	—	—	3,10	3,21	3,36
— Tourteau normal . . . . .	1,45	—	0,98	1,63	—	—	1,16	—
— Tourteau traité . . . . .	—	1,44	—	—	1,68	—	—	1,12
— Maïs-urée . . . . .	—	—	—	—	—	1,17	—	—
— Ration totale . . . . .	15,99	17,01	16,71	16,60	16,59	14,44	14,12	14,42
<i>Productions et composition du lait (1) :</i>								
— Lait (kg) . . . . .	24,6	25,5	25,6 <sup>a</sup>	27,0 <sup>b</sup>	28,9 <sup>c</sup>	16,4 <sup>a</sup>	17,6 <sup>b</sup>	18,8 <sup>c</sup>
— Lait 4 % (kg) . . . . .	24,8	25,5	25,1 <sup>a</sup>	26,6 <sup>b</sup>	28,0 <sup>b</sup>	16,1 <sup>a</sup>	17,0 <sup>a</sup>	18,1 <sup>b</sup>
— Matières grasses (g) . . . . .	992	1 020	993	1 054	1 096	638 <sup>a</sup>	663 <sup>ab</sup>	707 <sup>b</sup>
— Matières azotées (g) . . . . .	789	844	813 <sup>a</sup>	862 <sup>a</sup>	927 <sup>b</sup>	525 <sup>a</sup>	557 <sup>b</sup>	600 <sup>c</sup>
— Taux butyreux (g/100) . . . . .	40,5	40,0	39,7 <sup>a</sup>	38,8 <sup>a</sup>	38,2 <sup>a</sup>	38,7 <sup>a</sup>	37,7 <sup>a</sup>	37,4 <sup>a</sup>
— Taux de matières azotées (g/100) . . . . .	32,3	33,2	31,9 <sup>a</sup>	31,6 <sup>a</sup>	31,6 <sup>a</sup>	32,1 <sup>a</sup>	31,9 <sup>a</sup>	32,1 <sup>a</sup>
— Gain de poids (2) (kg)	+ 2,5	— 5,1	+ 12,0	+ 0,1	— 9,5	— 6,9 <sup>a</sup>	+ 4,7 <sup>b</sup>	+ 4,5 <sup>b</sup>

*maize silage*  
*lucerne hay*  
*maize grain*  
*low N concentrate*  
*normal meal*  
*treated meal*  
*maize + urea*  
*total*

*Production and milk composition (1)*  
*milk (kg)*  
*fat corrected milk (kg)*  
*fat (g)*  
*protein (g)*  
*fat content (g/100)*  
*protein content (g/100)*  
*body weight gain(2) (kg)*

<i>Poids vif (kg) :</i>	606	607	610	606	585	535	524	533
<i>Apports :</i>								
— Énergie — U.F. . . . .	13,6	14,3	14,7	14,5	14,5	12,1	11,8	12,0
— Matières azotées (N × 6,25) (g) . . . . .	2 576	2 704	2 300	2 529	2 548	1 894	1 865	1 893
— Matières azotées digestibles (g) . . . . .	1 833	1 910	1 655	1 881	1 904	1 268	1 243	1 258
— Taux azoté de la ration (MAT % MS) . . . . .	16,1	15,9	13,8	15,2	15,3	13,1	13,2	13,1
<i>Bilan :</i>								
— Énergie (apports — besoins) (U.F.) . . . . .	+ 0,5	+ 0,2	+ 0,7	— 0,3	— 0,4	+ 1,8	+ 1,3	+ 1,0
— Azote (g MAD/kg lait 4 %) <sup>(3)</sup> . . . . .	59	61	53	57	56	59	55	51

(1) Valeurs ajustées par analyse de covariance; dans un essai, 2 lots sont différents significativement ( $P < 0,05$ ) lorsqu'ils ne sont pas indexés par la même lettre. (2) Calculé entre la 4<sup>e</sup> et la 13<sup>e</sup> semaine de lactation (essais 1 et 2) ou entre la 2<sup>e</sup> et la 10<sup>e</sup> semaine expérimentale (essai 3). (3) Calculé après déduction du besoin d'entretien.

(1) *Values adjusted by covariance analysis; within each trial, treatments with different subscripts differ significantly ( $P < 0,05$ ).*  
 (2) *Between the 4th and 13th week of lactation (trials 1 and 2) or the 2nd and 10th experimental week (trial 3).* (3) *DCP for milk = DCP intake — maintenance needs.*

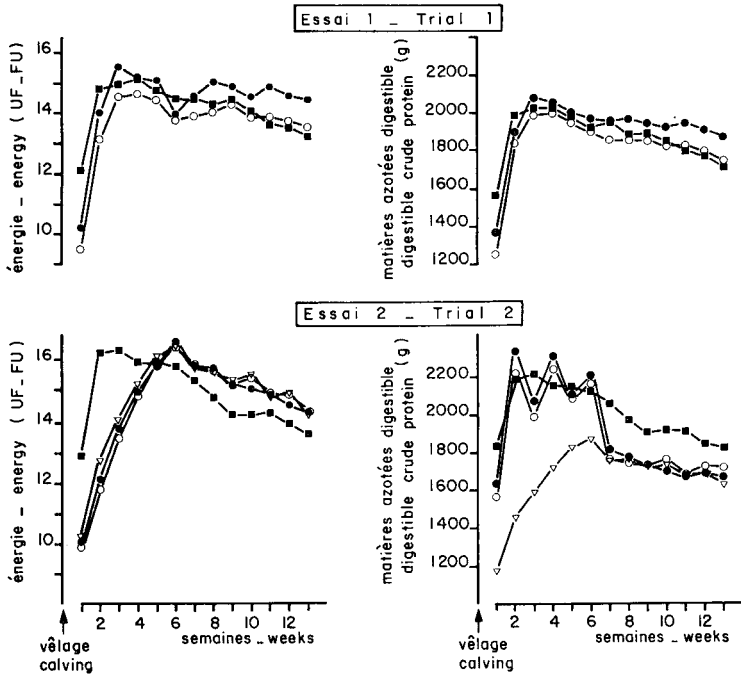


FIG. 3. — Évolution en début de lactation des apports et des besoins énergétiques au cours des essais 1 et 2.  
Comparison between energy and nitrogen needs and intake at the beginning of lactation (Trials 1 and 2)

Apports Intake } ○—○ Tourteau normal — Normal meal  
 ●—● Tourteau formolé — Treated meal  
 ∇—∇ Sous-alimentation azotée — Low N level  
 Besoins Needs } ■—■ Correspondant pour chaque expérience au lot ayant produit le plus de lait.  
 Corresponding in each experiment to the group with the highest milk yield.

### 3. Aspects digestifs et métaboliques (tabl. 3):

#### 1. Acides gras volatils du rumen

Outre les mesures réalisées sur vaches fistulisées (VÉRITÉ *et al.*, 1977), des tubages œsophagiens ont été réalisés au cours des essais 2 et 3. Dans ces essais (tabl. 3), il n'y a pas eu de différences significatives entre traitements dans les proportions relatives des acides gras majeurs. Par contre, dans l'essai 3, la proportion relative des A.G.V. mineurs (isobutyrique, valériannique, isovalériannique) a été plus forte avec le tourteau normal qu'avec le tourteau formolé : 4,2 vs 3,0 p. 100. Par ailleurs, dans l'essai 2, la proportion relative d'acide butyrique a été très élevée à cause de la mauvaise qualité de l'ensilage.

#### 2. Paramètres du sang et du lait relatifs à la nutrition énergétique:

Dans aucun essai, la teneur en glucose n'a été modifiée significativement par l'emploi de tourteau traité. Les critères de la mobilisation des lipides cor-

porcls (corps cétoniques et acides gras libres) n'ont pas varié dans l'essai 1. Par contre, dans l'essai 2, l'emploi de tourteau formolé a correspondu à un accroissement des teneurs en corps cétoniques et en acides gras libres.

La distribution de tourteau traité a correspondu dans l'essai 1, à une proportion plus faible d'acides gras longs dans le beurre (34,5 contre 40,2 %) au cours de la 1<sup>re</sup> semaine. Par la suite, la composition n'a pas été différente entre les 2 lots. A l'inverse, dans l'essai 2, le tourteau traité a correspondu à une proportion légèrement plus élevée d'acides gras longs. Ces différences s'expliquent par celles du bilan énergétique : dans l'essai 1, la proportion d'acides gras longs a été liée étroitement au déficit énergétique de chaque vache ( $r = 0,86; n = 38; P < 0,01$ ). Dans l'essai 2, la légère différence de composition des matières grasses va dans le sens d'une mobilisation plus importante des réserves, déjà montrée par la perte de poids vif et les teneurs sanguines en corps cétoniques et en acides gras libres plus fortes avec le tourteau traité.

3. *Urée du sang et du lait :*

La teneur en urée du sang a été plus faible avec le tourteau traité qu'avec le tourteau normal dans l'essai 3; dans les 2 autres essais, elle n'a pas différé.

La teneur du sang en urée dépend de l'importance de la désamination dans le rumen et de l'apport d'urée dans la ration, de l'équilibre des acides aminés absor-

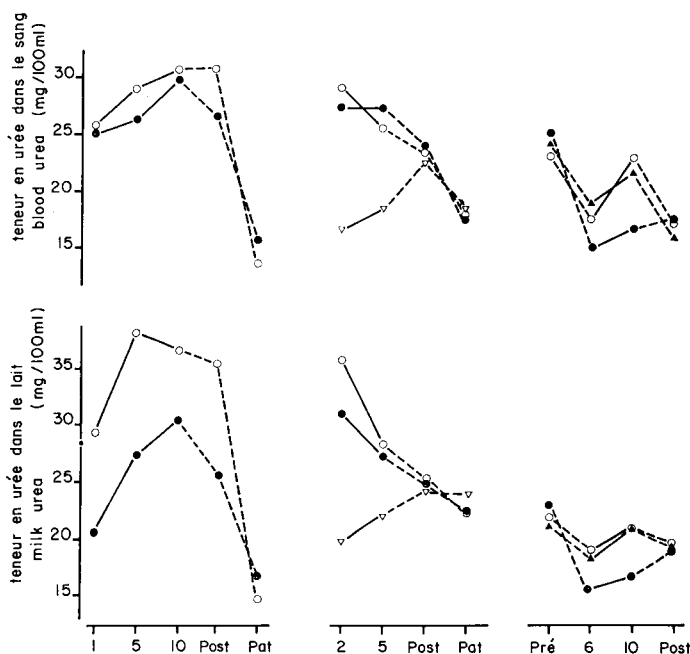


FIG. 4. — Évolution de la teneur en urée du sang et du lait au cours des 3 essais.  
Blood and milk urea content during the 3 trials.

- Tourteau normal — Normal meal
- Tourteau formolé — Treated meal
- ▽—▽ Sous alimentation azotée — Low N level
- ▲—▲ Maïs — urée — Maize — urea

TABLEAU 3  
*Critères digestifs et sanguins et composition du lait*  
*Composition of rumen contents, blood and milk*

	Essai 1 — Trial 1		Essai 2 — Trial 2			Essai 3 — Trial 3			
	Tourteau normal Normal meal	Tourteau traité Treated meal	Sous-alimentation Low N level	Tourteau normal Normal meal	Tourteau traité Treated meal	Mais + urée Maize + urea	Tourteau normal Normal meal	Tourteau traité Treated meal	
<i>Acides gras volatils du rumen</i>									<i>Rumen volatile fatty acids</i>
— Teneur totale (mmoles/l)			89	92	86	105	107	106	— mmole/l
— Proportion molaire (%) en acide :									— acid molar proportions (%)
— acétique . . . . .			67,9	64,7	67,9	67,4	66,5	67,7	— acetic
— propionique . . . . .			16,1	18,2	15,1	19,4	19,0	17,1	— propionic
— isobutyrique . . . . .			0,6	0,8	0,7	0,8	1,1	0,8	— isobutyric
— butyrique . . . . .			13,3	14,0	14,5	10,2	10,1	11,8	— butyric
— iso valérianique . . . . .			1,0	1,2	0,8	1,4	1,8	1,2	— iso valeric
— valérianique . . . . .			0,8	0,9	0,8	0,7	1,3	1,0	— valeric
— Corps cétoniques sanguins (mg d'équivalent-acétone / 100 ml)									— Blood ketone bodies (mg acetone-equiv. / 100 ml)
— expérience (1) . . . . .	2,6	2,9	2,7	4,2	7,2				— experimental period (1)
— post-expérience . . . . .	2,5	2,1							— postexperimental period
<i>Acides gras libres plasmatiques</i> ( $\mu$ équiv. /l)									<i>Non-esterified fatty acids</i> ( $\mu$ equiv. /l)
— 1 <sup>er</sup> ou 2 <sup>e</sup> semaine de lact. . . . .	523	502	393	510	644				— 1st or 2nd week of lactation
— 5 <sup>e</sup> semaine de lactation . . . . .	305	327	257	333	412				— 5th week of lactation



bés et du taux de satisfaction du besoin azoté; elle reflète l'importance des pertes urinaires d'azote (THORNTON, 1970; THORNTON et WILSON, 1972). Comme nous l'avions déjà observé par ailleurs (JOURNET, VÉRITÉ et VIGNON, 1975), la teneur en urée du lait a été significativement ( $P < 0,01$ ) liée à celle du plasma mesurée 3 h après le repas (= 0,74 intra-lot dans l'essai 1 et  $r = 0,85$  dans l'essai 3). Cependant, comme le prélèvement de lait correspond à la production d'une journée, la teneur en urée du lait pourrait bien être un meilleur critère de la nutrition azotée que celle du plasma qui varie au cours de la journée. La teneur en urée du lait (tabl. 3 — fig. 4), a été significativement ( $P < 0,01$ ) plus élevée avec le tourteau normal qu'avec le tourteau formolé dans l'essai 1 (35,1 contre 26,4 mg/100 ml) et dans l'essai 3 (20,1 contre 16,1) mais pas dans l'essai 2.

### B. — Effets de la sous-alimentation azotée en début de lactation

Au cours des 6 premières semaines de l'essai 2, avec l'emploi d'un aliment concentré de composition constante (20 % de tourteau), les vaches du lot 1 ont reçu 1,4 kg M.S. de tourteau de moins et 1,3 kg M.S. de maïs de plus que celles des 2 autres lots. De ce fait l'apport azoté a été beaucoup plus faible (— 500 g N  $\times$  6,25 en moyenne sur les 6 premières semaines) surtout au tout début de la lactation et le déficit azoté a été très important (fig. 3). L'apport énergétique calculé a été constamment identique à celui des autres lots mais également fortement inférieur aux besoins en début de lactation (fig. 3). Après la 6<sup>e</sup> semaine l'alimentation des vaches du lot 1 est devenue en tout point identique à celle des vaches du lot 2.

Par rapport au lot ayant reçu un apport élevé de tourteau normal dès le vêlage, le lot sous-alimenté en azote a produit moins de lait pendant les 6 premières semaines (2,1 kg) (fig. 2). La différence a encore été plus grande (4,4 kg) par rapport au lot ayant reçu du tourteau traité. Cette différence n'a décliné que lentement ensuite et ne s'est annulée que lorsque les vaches ont été au pâturage. La composition du lait n'a pas été différente mais les productions de matières grasses et de matières azotées ont été beaucoup plus faibles (respectivement 114 et 85 g).

Bien que la quantité d'énergie disponible pour la sécrétion lactée ait été la même dans les 3 lots, la part de celle-ci effectivement utilisée pour produire du lait a été plus faible dans le cas de la sous-alimentation azotée. Les vaches bien alimentées en azote ont en effet produit plus de lait en mobilisant davantage leurs réserves lipidiques comme le montrent les pertes de poids vif plus importantes (fig. 2), les teneurs sanguines plus élevées en corps cétoniques et en acides gras libres, et la proportion plus élevée des acides gras longs dans le beurre. La sous-alimentation azotée s'est traduite également par des teneurs faibles en urée dans le sang et dans le lait (fig. 4).

## Discussion

### A. — Le traitement des tourteaux au formol comme moyen d'accroître l'apport d'acides aminés indispensables pour la production laitière

Le remplacement de 1 kg M.S. de tourteaux normaux par 1 kg M.S. de tourteaux traités a correspondu à un accroissement de production d'environ 1 kg de lait et 40 g de matières azotées par vache et par jour, sans modification de la composition du lait. En conséquence, l'efficacité d'utilisation de l'azote de la ration

(azote du lait /azote ingéré) a été améliorée dans les 3 essais d'environ 2 points pour 100. On peut l'attribuer à l'accroissement de l'apport au niveau intestinal des protéines assimilables que nous avons estimé à 110 g d'acide aminé par kg de tourteau traité (VÉRITÉ *et al.*, 1977). Un accroissement de la quantité de lait et surtout de la quantité de protéines sécrétées a également été obtenu à la suite d'infusion intra-duodénale de 300 à 500 g de caséine par jour (VIK MO, EMERY et HUBER, 1974; SPECHTER, 1972) ou de mélanges d'acides aminés (SCHWAB et SATTER, 1974; SCHWAB, CLAY et SATTER, 1975). L'infusion intra-duodénale de quantités très élevées de caséine (800 à 1 200 g/j) a provoqué en outre une augmentation du taux de protéines (BRODERICK, KOWALCZYK et SATTER, 1970 et VIK MO, EMERY et HUBER, 1974).

Dans nos essais, il est possible que l'amélioration de la production soit due non pas à l'accroissement de l'apport total de protéines dans l'intestin mais à celui de l'apport de quelques acides aminés indispensables limitants. Le traitement au formol a permis d'accroître dans des proportions importantes (25 à 50 %) les quantités absorbées dans l'intestin de certains acides aminés essentiels tels que l'arginine, l'histidine, la valine et la phénylalanine. Le mélange de tourteaux de colza et de soja avait été choisi pour son bon équilibre en acides aminés (lysine — méthionine) par rapport aux besoins de la production laitière. D'après la mesure de l'aminocidémie libre plasmatique effectuée sur les vaches de ces essais (CHAMPREDON *et al.*, 1977), la lysine, la méthionine et la tyrosine sont apparues le plus souvent comme limitantes. Nous avons considéré que les acides aminés indispensables les plus limitants étaient ceux dont la teneur dans le plasma (et les proportions par rapport aux acides aminés totaux ou indispensables) avec le tourteau formolé était inférieure ou égale à celle obtenue avec le tourteau normal. Avec des rations à base également le plus souvent de maïs (grain ou ensilage), la méthionine et la lysine sont toujours citées parmi les acides aminés limitants avec la thréonine et l'isoleucine (SCHWAB, CLAY et SATTER, 1975), la valine (BRODERICK, SATTER et HARPER, 1974), la phénylalanine (VIK MO *et al.*, 1974; DERRIG, CLARK et DAVIS, 1974).

Toutefois, dans nos essais, la baisse de teneur sanguine en lysine pourrait également provenir d'une diminution de disponibilité liée au traitement comme l'indique FAICHNEY (1974). Comme dans les essais de ce dernier, le traitement au formol a provoqué un accroissement, parfois considérable des teneurs sanguines en proline, valine, leucine et isoleucine. L'accumulation dans le sang des acides aminés ramifiés constitue une preuve de leur faible désamination dans le rumen avec le tourteau formolé qu'indiquait déjà la faible teneur en acides gras volatils ramifiés du rumen; elle signifierait également qu'ils ne sont pas limitants pour la sécrétion du lait.

Dans l'essai 1, où le fourrage était distribué à volonté, l'emploi de tourteau traité au formol, a correspondu à un accroissement non négligeable (bien que non significatif) du niveau d'ingestion qui peut être consécutif au supplément d'acides aminés apporté par le tourteau. L'augmentation des quantités ingérées avec le taux azoté est bien connu surtout avec des fourrages pauvres en azote, mais aussi avec des rations plus digestibles destinées aux vaches laitières (cf. revue de JOURNET et REMOND, 1976). Elle s'explique généralement par la meilleure nutrition azotée des micro-organismes du rumen. Mais il est possible comme dans notre essai, que l'effet ait eu lieu au niveau métabolique et que l'équilibre et (ou) le niveau d'apport des acides aminés aient des répercussions sur le niveau d'ingestion dans le cas de rations très digestibles. FAICHNEY et DAVIES (1973) et SCHMIDT, BENEVENGA et JORGENSEN (1974) ont également observé des augmentations d'ingestion en utilisant des aliments traités au formol.

B. — *Alimentation azotée des vaches fortes productrices en début de lactation*

Dans l'essai 2, nous avons pu montrer l'influence de la qualité mais aussi de la quantité des apports azotés au début de la lactation sur la production de lait et de protéines en accord avec les résultats obtenus par REMOND et JOURNET (1977). En effet, d'après la comparaison des lots recevant du tourteau normal en quantités différentes, la production par vache au cours des 6 premières semaines augmente de 0,7 kg de lait par 100 kg de M.A.D. supplémentaires, ce rendement a même atteint 1,2 sur les 12 premières semaines. Ces valeurs sont élevées, si l'on considère qu'en milieu de lactation le rendement marginal est généralement de 0,4 à 0,5 kg de lait par 100 g de M.A.D. lorsqu'on se situe au-dessus des recommandations habituelles (cf. Revue de BROSTER, 1972). Pour différents auteurs (THOMAS, 1971; KNOTT, POLAN et HUBER, 1972; HUBER et THOMAS, 1971; VAN HORN et JACORSON, 1970), le taux azoté optimum des rations pourrait se situer entre 12 et 14,5 p. 100 pour des vaches en milieu de lactation produisant entre 17 et 27 kg de lait. Cependant, plusieurs essais de longue durée incluant le début de la lactation ont montré un accroissement de la production de lait jusqu'à un taux azoté de 15,5 à 16 p. 100 (GARDNER et PARK, 1973) et même de 16-18 p. 100 (GRIÈVE, MACLEOD et STONE, 1974). Dans notre essai, le taux azoté de 13,8 p. 100 en début de lactation s'est avéré très insuffisant pour des vaches d'un potentiel moyen de 27-28 kg de lait. Une raison d'être d'un taux azoté élevé en début de lactation pourrait être aussi l'augmentation d'ingestion.

En début de lactation, l'insuffisance de l'apport azoté intestinal peut être aggravée par le déficit énergétique généralement de règle à cette période et impliquant l'utilisation de certains acides aminés pour la néoglucogénèse. La différence de réponse entre les essais 1 et 2 va dans ce sens. De plus, les protéines corporelles mobilisées pourraient ne pas être équilibrées en acides aminés indispensables pour la production de lait comme l'indiquent les fortes teneurs du plasma en glycine en début de lactation. D'après l'aminocidémie libre (CHAMPREDON *et al.*, 1977), les acides aminés les plus limitants à cette période ont semblé être la méthionine, la phénylalanine et la tyrosine. La disponibilité insuffisante en acides aminés a pu agir directement au niveau de la mamelle en limitant la synthèse des protéines (et éventuellement celle du lactose), mais elle peut aussi influencer sur le métabolisme général et notamment sur la capacité de mobilisation des réserves de la vache laitière. Nous avons pu mettre en évidence dans l'essai 2 que la mobilisation des réserves lipidiques après le vêlage était d'autant plus importante que la quantité de protéines ingérée était élevée. Nous avons antérieurement observé le même phénomène à la suite d'un apport de DL-méthionine en début de lactation (REMOND *et al.*, 1971). Mais il est difficile de savoir si l'accroissement de la production laitière est la conséquence ou la cause de cette mobilisation plus importante des réserves. Néanmoins, cet essai indique qu'en début de lactation, les vaches laitières ne peuvent tolérer sans baisse de production qu'une faible sous-alimentation azotée. En effet, par rapport au lot « tourteau normal », un déficit d'apport de 19 kg de matières azotées digestibles aux vaches du lot en sous-alimentation azotée a provoqué une baisse de production de 5 kg de protéines. Il est donc possible que les réserves corporelles de protéines mobilisables soient faibles ou peut être que leur efficacité d'utilisation soit limitée. COPPOCK *et al.* (1968) ont estimé à 5 kg ces réserves. PAQUAY, DE BAERE et LOUSSE (1970) à partir de bilan azoté réalisé sur une période de 3 à 4 mois, ont trouvé une capacité de dépôt de 15 kg de protéines

par une vache tarie; cependant, à partir de la même publication (essais 1 à 4) on peut calculer que la quantité de protéines mobilisée a varié de 5 à 7 kg pour 4 vaches.

### C. — Complémentation azotée des rations d'ensilage de maïs

Dans 2 essais antérieurs (VÉRITÉ, HODEN et JOURNET, 1973), nous avons étudié la complémentation azotée des rations d'ensilage de maïs seul (ou avec un peu de foin) par de l'urée et des tourteaux normaux, en essayant de déterminer le niveau d'apport optimum. L'azote de l'urée représentait de 15 à 20 p. 100 de N total ingéré. Avec un apport de 55 g de matière azotée digestible par kg de lait 4 p. 100, une ration d'ensilage de maïs seul et un apport assez élevé d'urée, la persistance de la production laitière a été faible. Il est possible que l'apport de protéines digestibles dans l'intestin ait été insuffisant ou que l'équilibre des acides aminés indispensables ait été mauvais. Dans un autre essai (VÉRITÉ et JOURNET, 1975) nous avons d'ailleurs attribué les mauvaises performances laitières, obtenues avec un régime d'ensilage de maïs très immature, à une disponibilité trop faible en lysine et méthionine provenant probablement d'une synthèse de protéines microbiennes insuffisante avec un régime trop pauvre en céréales.

En conséquence, l'emploi de tourteaux traités au formol, devrait être particulièrement intéressant pour compléter des rations à base d'ensilage de maïs. Il devrait en effet permettre une réduction des apports de tourteaux dans le cas d'ensilage normaux ou sinon un gain de production surtout pour les vaches en début de lactation et à haut niveau de production. Le choix des tourteaux devra se porter sur ceux qui ont une bonne composition en acides aminés indispensables et en particulier sur les tourteaux riches en méthionine (colza et tournesol) et en lysine (soja). Par ailleurs, le traitement des tourteaux s'accompagnant d'une diminution de la production de l'ammoniaque dans le rumen, l'emploi d'une source azotée non protéique se justifiera encore davantage qu'en l'absence de traitement. Les résultats de ces essais permettent de préconiser : 1<sup>o</sup> le remplacement du tourteau de soja le plus souvent utilisé par un mélange approprié de tourteaux traités tel que celui que nous avons utilisé et un apport simultané d'urée, 2<sup>o</sup> l'utilisation au cours du 1<sup>er</sup> mois de lactation d'un mélange de céréales et de tourteaux traités en proportion élevée de tourteaux (depuis 100 % la 1<sup>re</sup> semaine) et décroissante ensuite.

Les expériences à entreprendre devront préciser ces règles d'utilisation et en particulier déterminer le niveau optimum d'apport de tourteau en complément d'une ration d'ensilage de maïs urée et également le niveau optimum d'apport d'urée, lorsque l'urée est la source d'azote non protéique. A l'avenir ces méthodes devraient s'accompagner d'une économie très importante de tourteaux dans l'alimentation des vaches laitières, nourries principalement en hiver avec des rations d'ensilage de maïs.

### D. — Perspectives d'avenir sur l'expression des besoins et des apports azotés

D'un point de vue plus général, ces résultats et les connaissances acquises récemment sur les besoins en acides aminés des vaches, sur la capacité de synthèse des protéines microbiennes et sur les procédés de protection des protéines alimentaires de la dégradation dans le rumen, vont permettre d'exprimer diffé-

remment et de façon plus précise les besoins et les apports azotés des vaches laitières. Les besoins devraient s'exprimer à l'avenir en quantité de protéines digestibles dans l'intestin (P.D.I.) et en quantités d'acides aminés indispensables comme pour les monogastriques. Les apports devront faire part des protéines microbiennes et des protéines alimentaires non fermentescibles dans le rumen et arrivant dans le duodénum. Les premiers varient proportionnellement à la quantité de matière organique digérée dans le rumen et peuvent être estimés à partir de la quantité de matière organique digestible ingérée, mais les seconds nécessitent de connaître, pour les aliments composant la ration, la quantité de protéines non dégradées dans le rumen. Il faudra en outre mieux connaître la composition en acides aminés de cette fraction qui ne constitue guère que 20 à 25 p. 100 des apports de protéines digestibles dans l'intestin pour pouvoir modifier de façon appréciable la composition en acides aminés des contenus digestifs intestinaux qui jusqu'ici variaient peu avec le régime utilisé.

Par ailleurs, pour profiter au maximum des capacités des vaches laitières à satisfaire la majeure partie de leurs besoins en acides aminés à partir de l'azote microbien, il faudra préciser les besoins en ammoniacque des bactéries. Ils devront être satisfaits le plus possible à partir de source d'azote non protéique et non à partir de protéines de bonne qualité dégradées inutilement dans le rumen. Pratiquement il faudra déterminer pour chaque type de ration l'apport possible et souhaitable d'azote non protéique compte tenu de la quantité d'azote alimentaire dégradé en ammoniacque dans le rumen et de la capacité de synthèse de protéines microbiennes.

*Reçu pour publication en janvier 1977.*

## Remerciements

Nous remercions vivement MM. DELORT-LAVAL et TISSIER pour la préparation des tourteaux traités au formol et MM. MICHEL et VIGNON pour les analyses d'urée.

## Summary

*Utilization of formaldehyde treated oil-meals by dairy cows. II. — Milk production as affected by oil-meal treatment and protein supply during early lactation.*

The effects of treating oil-meals with formaldehyde on milk production were tested in 3 trials including 84 individually fed lactating cows. Soyabean and rapeseed oil-meals were treated separately with formaldehyde at the rate of 0.3 and 0.4 p. 100 DM, respectively. Mixtures of normal or treated oil-meals were made of 3 parts soyabean — 1 part rapeseed (trial 1) or 1/1 (trials 2 and 3). In each trial cows were given maize silage mixed with low N-concentrate and oil-meals in amounts adjusted each 2 weeks, but predetermined at the beginning of the experiment.

In trial 1, during the first 13 weeks of lactation, 2 groups of 12 mature cows were given urea-maize silage *ad libitum*, maize grain and either normal or treated oil-meals (1.45 kg DM). In trial 2, during the first 13 weeks of lactation, 3 groups of 12 mature cows were given a limited amount of urea-maize-silage, maize grain and either normal (groups 1-2) or treated meals (group 3). In group 1, ratio between meals and maize-grain was constant (1/4); in groups 2 and 3 it decreased steadily from 1/0 at calving to 1/4 during the 7th week, afterwards it was constant. In trial 3, 3 groups of 8 cows were given for 10 weeks after peak yield, diets with a moderate level of nitrogen differing by the nature of the nitrogen supplement: maize-urea (13 %) or normal or treated oil-meals. In trials 2 and 3, diets were isoenergetic.

Compared to normal meals, the treated ones resulted in a milk production increase of

0.9, 1.9 ( $P < 0.05$ ), 1.2 ( $P < 0.05$ ) kg, respectively in trials 1, 2, 3 (Table 2). Post experimental evolution of production corroborates these differences (Fig. 1). Body weight changes (Fig 1) did not differ between treatments except in trial 2, where increased milk yield was obtained at the expense of body stores. Fat and protein contents of milk were not affected nor fatty acid composition of milk. In trial 1, treatment of meals corresponded to a non significant but relatively high (1 kg DM) increase of silage intake.

As shown in trial 2, the large milk yield differences during the first 6 weeks (Fig. 1) between groups 1 and 2 (2.1 kg) and between group 2 and 3 (2.3 kg) indicate that a high protein supply and a poorly degradable N-supplement are required during early lactation to maximize milk secretion of high yielding cows, mainly if cows are underfed in energy.

Importance of the nature of N supplement and of its degradability is clearly shown in trial 3 when, with a similar but moderate N intake, milk increased from 16.4 kg with maize-urea to 17.6 and 18.8 kg with normal and treated cakes.

Treatment of oil-meals did not change blood parameters related to energy nutrition except an increase in NEFA and ketone bodies in trial 2 when mobilization of body stores occurred. Treatment always led to a decrease in milk urea content (Table 3). Blood urea decreased only in trial 3 when N intake was low.

Effects on milk production of the quality and quantity of N supplements during early lactation are discussed in relation to free amino-acid level in blood, measured at the same time (CHAMPREDON *and al.*, 1977). Consequences for practical N-supplementation of maize silage diet and necessity for a new system of N-evaluation of feed are considered.

## Références bibliographiques

- BRODERICK G. A., KOWALCZYK T., SATTER L. D., 1970. Milk production response to supplementation with encapsulated methionine per os or casein per abomasum. *J. Dairy Sci.*, **53**, 1714.
- BRODERICK G. A., SATTER L. D., HARPER A. E., 1974. Use of plasma amino acid concentration to identify limiting amino acids for milk production. *J. Dairy Sci.*, **57**, 1015-1023.
- BROSTER W. H., 1972. Protein requirements of cows for lactation. *Handbuch der Tierernährung*. 2<sup>e</sup> Tome : Leistungen und Ernährung. W. LEINKEIT et K. BREIREM. Ed. Paul Parey, Hambourg.
- CHAMPREDON C., VÉRITÉ R., PRUGNAUD J., PYON R., 1977. Utilisation des tourteaux traités au formol par les vaches laitières. III. — Influence sur l'amino-acidémie libre du traitement des tourteaux, du niveau d'apport azoté et de la nature de l'azote alimentaire. *Ann. Zootech.* (à paraître).
- CLARK J. H., 1975. Lactational response to postprandial administration of proteins and amino acids. *J. Dairy Sci.*, **58**, 1178-1197.
- CLARK J. H., DAVIS C. L., HATFIELD E. E., 1974. Effects of formaldehyde treated soybean meal on nutrient use, milk yield and composition, and free amino acids in the lactating bovine. *J. Dairy Sci.*, **57**, 1031-1036.
- COPPOCK C. E., TYRRELL H. F., MERRILL W. G., REID J. J., 1968. The significance of protein reserve to the lactating cow. *Proc. Cornell Nut. Conf. Feed Manufacture*, 86-94.
- DAVIES H. L., FAICHNEY G. J., 1973. The effect of formaldehyde treatment of barley on productive performance of Friesian steers. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husbandry*, **13**, 142-145.
- DELORT-LAVAL J., LEROY F., ZELTER S. Z., 1972. Protection des protéines alimentaires contre la désamination bactérienne au niveau du rumen. III. Effet du tannage de la protéine du lait sur son devenir dans le rumen et son efficacité métabolique chez le mouton adulte à l'entretien. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **12**, 179-185.
- DERRIG R. G., CLARK J. H., DAVIS C. L., 1974. Effect of abomasal infusion of sodium caseinate on milk yield, nitrogen utilization and amino acid nutrition of the dairy cow. *J. Nutr.*, **104**, 151-159.
- DOLE V. R., MEINERTZ H., 1960. Microdetermination of long chain fatty acids in plasma and tissues. *J. Biol. Chem.*, **135**, 2596-2599.
- FAICHNEY G. J., 1971. The effect of formaldehyde-treated casein on growth of ruminant lambs. *Austr. J. Agric. Res.*, **22**, 453.
- FAICHNEY G. J., 1974. Effect of formaldehyde treatment of casein and peanut meal supplements on amino acids in digesta and plasma of lambs and sheep. *Austr. J. Agric., Res.*, **25**, 583-598.

- FAICHNEY G. J., DAVIES H. L., 1972. The effect of formaldehyde treatment of peanut meal in concentrate diets on the performance of calves. *Austr. J. Agric. Res.*, **23**, 167-175.
- FAICHNEY G. J., DAVIES H. L., 1973. The performance of calves given concentrate diets treated with formaldehyde. *Aust. J. Agric. Res.*, **24**, 613-621.
- FISHER L. J., 1972. Response of lactating cows to the intravenous infusion of amino acids. *Can. J. Anim. Sci.*, **52**, 377-384.
- FISHER L. J., ERFLE J. D., 1974. Response of lactating cows to intravenous infusion L-lysine, L-lysine plus D-méthionine, or D-carnitine. *J. Dairy Sci.*, **57**, 633.
- GARDNER R. W., PARK R. L., 1973. Protein requirements of cows fed high concentrate rations. *J. Dairy Sci.*, **56**, 390-394.
- GOERING H. K., WALDO D. R., 1974. Processing effects on protein utilization by ruminants. *Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manufacturers*, 25-36.
- GRIEVE D. G., MACLEOD G. K., STONE J. B., 1974. Effect of diet protein percent for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **57**, 633 A.
- HUBER J. T., THOMAS J. W., 1971. Urea treated corn silage in low protein rations for lactating cows. *J. Dairy Sci.*, **54**, 224-230.
- HUNGATE R. E., 1966. *The rumen and its microbes*. New York : Academic Press.
- JOURNET M., JARRIGE R., 1960. Évolution de la sécrétion des matières azotées et du lactose au cours des premiers mois de lactation. *Ann. Zootech.*, **9**, 133-155.
- JOURNET M., REMOND B., 1976. Physiological factors affecting the voluntary intake of feed by cows: a review. *Livest. Prod. Sci.*, **3**, 129-146.
- JOURNET M., VÉRITÉ R., VIGNON B., 1975. L'azote non protéique du lait : facteurs de variation. *Lait*, 543-544, 212-223.
- KHOUSI S., 1974. Contribution à l'étude de l'évaluation de l'efficacité nutritive des protéines tannées chez le ruminant (cas particulier de la chèvre laitière). *Thèse Docteur 3<sup>e</sup> cycle — Université des Sciences et Techniques du Languedoc — Montpellier* — 109 p.
- KNOTT F. N., POLAN C. E., HUBER J. T., 1972. Further observation on utilization of urea by lactating cows. *J. Dairy Sci.*, **55**, 466-473.
- LINZELL J. L., MEPHAM T. B., 1974. Effects of intramammary arterial infusion of essential amino acids in the lactating goat. *J. Dairy Res.*, **41**, 101-109.
- LUCAS H. L., 1943. A method of equalized feeding for studies with dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **26**, 1011-1042.
- MICHEL M. C., 1971. Analyse quantitative de quelques substances azotées et glucidiques en milieu biologique. Essai de rationalisation. *Thèse Docteur d'Université*, Clermont-Ferrand.
- PAQUAY R., DE BAERE R., LOUSSE A., 1970. The capacity of the mature cow to lose and recover nitrogen and the significance of protein reserves. *Br. J. Nutr.*, **27**, 26-37.
- PAWLAK M., PION R., 1968. Influence de la supplémentation des protéines de blé par des doses croissantes de lysine sur la teneur en acides aminés libres du sang et du muscle de rat en croissance. *Ann. Biol. anim. Bioch., Biophys.*, **8**, 517-530.
- PROCOS J., 1961. Modifications of the spectrophotometric determination of ketone bodies in blood enabling the total recovery of  $\beta$ -hydroxybutyric acid. *Clin. Chem.*, **7**, 97.
- REMOND B., CHAMPREDON C., DECAEN C., PION R., JOURNET M., 1971. Influence d'un apport de DL-Méthionine à des vaches au début de la lactation sur la production laitière et la composition du sang. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **11**, 455-469.
- REMOND B., JOURNET M., 1977. (Communication personnelle).
- RIGAUD J., JOURNET M., 1970. Méthode de dosage des acides gras volatils dans le liquide du rumen. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **10**, 151-158.
- RODRIGUEZ D., MULLET L. D., SCHINGOETHE D. J., 1974. Formaldehyde treated whey protein concentrate for lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, **57**, 634.
- SCHMIDT S. P., BENEVENGA N., JORGENSEN N. A., 1974. Effect of formaldehyde treatment of soya bean meal on the performance of growing steers and lambs. *J. Anim. Sci.*, **38**, 646-653.
- SCHWAB C. G., SATTER L. D., 1974. Effect of abomasal infusion of amino acids on lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **57**, 632.
- SCHWAB C. G., CLAY A. B., SATTER L. D., 1975. Determination of limiting amino acids for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **58**, 778.
- SHARMA H. R., INGALLS J. R., MCKIRDY J. A., 1972. Nutritive value of formaldehyde-treated rapeseed meal for dairy calves. *Can. J. Anim. Sci.*, **52**, 363-371.
- SPECHTER H. H., 1972. *Post ruminal casein infusion of urea-fed lactating cows*. Ph. D. Thesis University of Guelph, Canada, cité par CLARK J. H. (1975).

- THOMAS J. W., 1971. Protein requirements of milking cows. *J. Dairy Sci.*, **54**, 1629-1636.
- THORNTON R. F., 1970. Factors affecting the urinary excretion of urea nitrogen in cattle. II. The plasma urea nitrogen concentration. *Aust. J. Agric. Res.*, **21**, 145-152.
- THORNTON R. F., WILSON B. W., 1972. Factors affecting the urinary excretion of urea nitrogen in cattle. III. — High plasma urea nitrogen concentrations. *Aust. J. agric. Res.*, **23**, 727-734.
- VAN HORN H. H., JACOBSON D. R., 1970. Response of lactating cows to added increments of dietary protein and non protein nitrogen. *J. Dairy Sci.*, **54**, 379-382.
- VÉRITÉ R., HODEN A., JOURNET M., 1973. Niveaux de complémentation azotée des rations à base d'ensilage de maïs-urée pour les vaches laitières. *Bull. Tech. CRVZ-Theix, I.N.R.A.*, **13**, 19-22.
- VÉRITÉ R., JOURNET M., 1975. Alimentation des vaches laitières avec de l'ensilage de maïs : influence de la nature de l'ensilage, de la suralimentation énergétique et de la nature de la complémentation azotée. I. — Production laitière. *Ann. Zootech.*, **24**, 95-107.
- VÉRITÉ R., PONCET C., CHABI S., PION R., 1977. Utilisation des tourteaux traités au formol par les vaches laitières. I. — Aspects digestifs. *Ann. Zootech.*, **26**, 167-181.
- VIK MO L., EMERY R. S., HUBER J. T., 1974. Milk production in cows abomasally infused with casein or glucose. *J. Dairy Sci.*, **57**, 869-877.
- VIK MO L., HUBER J. T., BERGEN W. G., LICHTENWALNER R. E., EMERY R. S., 1974. Blood metabolites in cows abomasally infused with casein or glucose. *J. Dairy Sci.*, **57**, 1024-1030.
- WACHIRA J. D., SATTER L. D., BROOKE G. P., POPE A. L., 1974. Evaluation of formaledyde-treated protein for growing lambs and lactating cows. *J. anim. Sci.*, **39**, 796-807.
- WILSON G. F., 1970. The influence of protein supplements on milk yield and composition. *Proc. Soc. anim. Prod.*, **30**, 123-127.
-