



HAL
open science

UTILISATION COMPARÉE POUR LA PRODUCTION DE LAIT DE 3 RATIONS A BASE DE BETTERAVES, DE PULPES DE BETTERAVES OU D'ENSILAGE DE MAÏS : UTILISATION DE L'ÉNERGIE ET ASPECTS DIGESTIFS ET MÉTABOLIQUES

R. Vérité, Renée Lefaivre, B. Marquis, A. Ollier, Maryse Vérité

► To cite this version:

R. Vérité, Renée Lefaivre, B. Marquis, A. Ollier, Maryse Vérité. UTILISATION COMPARÉE POUR LA PRODUCTION DE LAIT DE 3 RATIONS A BASE DE BETTERAVES, DE PULPES DE BETTERAVES OU D'ENSILAGE DE MAÏS : UTILISATION DE L'ÉNERGIE ET ASPECTS DIGESTIFS ET MÉTABOLIQUES. *Annales de zootechnie*, 1975, 24 (3), pp.373-390. hal-00887483

HAL Id: hal-00887483

<https://hal.science/hal-00887483>

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UTILISATION COMPARÉE POUR LA PRODUCTION DE LAIT DE 3 RATIONS A BASE DE BETTERAVES, DE PULPES DE BETTERAVES OU D'ENSILAGE DE MAÏS : UTILISATION DE L'ÉNERGIE ET ASPECTS DIGESTIFS ET MÉTABOLIQUES

R. VÉRITÉ

avec la collaboration technique de Jeannette FLÉCHET,
Renée LEFAIVRE, B. MARQUIS, A. OLLIER et Maryse VÉRITÉ

*Laboratoire de la Production laitière,
Centre de Recherches de Clermont-Ferrand, I. N. R. A.,
Theix, Saint Genès Champanelle, 63110 Beaumont*

RÉSUMÉ

1. Nous avons étudié les effets sur la production de lait, l'efficacité d'utilisation de l'énergie et sa partition entre la sécrétion lactée et la formation de réserves corporelles de 3 rations provoquant dans le rumen la formation de proportions différentes d'AGV. Les rations de base étaient constituées de : ensilage d'herbe + pulpes sèches de betteraves (« lot pulpes »), ensilage d'herbe + betteraves (« lot betteraves ») ou ensilage de maïs (« lot ensilage de maïs ») pour obtenir respectivement des fermentations de type « acétique », « butyrique » ou « intermédiaire ». Chacune de ces rations de base a été distribuée individuellement et en quantité limitée, à un lot de 10 vaches au cours des 17 semaines de l'essai. La complémentation (tourteau de soja et aliment concentré) était calculée de façon à couvrir les besoins énergétiques et azotés prédéterminés de chaque vache. La digestibilité de chaque ration a été déterminée par ailleurs sur 4 vaches.

2. Pour des ingestions identiques d'énergie digestible, la ration « betteraves » a permis une production de lait (14,1 kg/j) inférieure à celle des 2 autres lots et les vaches ont perdu du poids (— 11,5 kg) (tabl. 3). Avec la ration « pulpes » la production de lait (16,7 kg/j) a été légèrement plus élevée qu'avec la ration « ensilage de maïs » (16,0 kg/j) mais le gain de poids a été légèrement plus faible (0 kg contre 7 kg). Le taux butyreux du lait a été plus faible avec la ration « pulpes » qu'avec les rations « betteraves » et « ensilage de maïs » (respectivement 38,6, 40,3 et 39,9 p. 1 000).

Pour les rations « pulpes », « betteraves », « ensilage de maïs », les rendements d'utilisation de l'énergie métabolisable ont été respectivement 60,2, 52,6 et 62,4 p. 100. Les valeurs énergétiques nettes des pulpes, des betteraves et de l'ensilage de maïs, déterminées à partir des productions ont été respectivement 0,92-0,85 et 0,78 UF/kg MS. Du point de vue énergétique, un changement réel de poids vif de 1 kg est équivalent à 7,9 kg de lait à 4 p. 100 de MG (soit 3,0 UF ou 5,9 Mcal d'énergie nette, tabl. 5).

3. Les proportions relatives d'acides acétique et butyrique dans le jus de rumen ont été respectivement 64 et 13 p. 100 avec la ration « pulpes », 54 et 22 p. 100 avec la ration « betteraves » et 60 et 14 p. 100 avec la ration « ensilage de maïs ». La teneur en corps cétoniques sanguins a été élevée avec les « betteraves » et l'« ensilage de maïs » (8,5 et 7,2 mg équivalent acétone/100 ml). La teneur en urée plasmatique a été nettement plus élevée avec les « betteraves » et les « pulpes »

qu'avec « l'ensilage de maïs ». Les matières grasses du lait ont été plus riches en acide gras à 18 C avec « l'ensilage de maïs » qu'avec les deux autres rations.

4. Les différences importantes de production laitière et d'efficacité d'utilisation de l'énergie ont été discutées en relation avec les phénomènes digestifs et métaboliques enregistrés. Nous n'avons pas observé, entre régimes, les différences escomptées dans la partition de l'énergie entre sécrétion lactée et formation de réserves corporelles. On peut peut-être l'attribuer à des différences trop faibles dans les proportions relatives des AGV produits ou au fait que cette partition dépend d'abord de la nutrition azotée (VÉRITÉ et JOURNET, 1975). En revanche, les différences entre vaches ont été importantes. Les estimations du coût énergétique du gain de poids et de la valeur énergétique nette des pulpes, des betteraves et de l'ensilage de maïs ont été comparées aux résultats d'autres auteurs.

INTRODUCTION

Chez la Vache laitière, en plus de la couverture des besoins d'entretien, l'énergie ingérée disponible sert à produire du lait et (ou) à constituer des réserves corporelles. Si le rendement de l'utilisation de l'énergie métabolisable pour la production a fait récemment l'objet de beaucoup d'essais (notamment à Beltsville et à Wageningen), par contre la répartition de l'énergie de production entre la sécrétion lactée et la formation des réserves corporelles et ses causes ont été peu étudiées. On sait cependant que ce partage varie avec le stade de lactation, le potentiel de production, l'individu, le niveau des apports énergétiques, et aussi avec la nature de la ration. De nombreux exemples confirment l'influence de ce dernier facteur. En effet, des diminutions très rapides de la production laitière associées à une baisse du taux butyreux et à un engraisement excessif des vaches ont souvent été notées avec des rations à base de fourrages broyés et agglomérés (JOURNET et HODEN, 1973) et parfois avec des rations à très forte proportion d'aliment concentré (JORGENSEN et SCHULTZ 1965 ; REMOND et JOURNET, 1971). Par ailleurs, une tendance semblable mais plus faible et sans baisse de taux butyreux a été notée avec du foin comparativement à de l'ensilage (MERRIL et SLACK, 1965 et LABADIE, 1968) ou avec de l'ensilage de maïs immature comparativement à l'ensilage d'herbe (VÉRITÉ et JOURNET, 1971) ou à de l'ensilage de maïs enrichi en grain (VÉRITÉ et JOURNET, 1975).

Dans le cas de rations globalement équilibrées en éléments nutritifs (énergie, azote, minéraux...), la cause de cette modification du métabolisme pourrait être recherchée dans des différences dans la nature des nutriments énergétiques comme nous en avons émis l'hypothèse dans un essai précédent (VÉRITÉ et JOURNET, 1971). En effet, les proportions relatives des AGV produits dans le rumen ont un effet non seulement sur la composition du lait mais aussi sur la quantité de lait produite (ROOK et BALCH, 1961 ; ROOK, BALCH et JOHNSON, 1965). ØRSKOV *et al.* (1969) ont comparé deux rations iso-énergétiques dans lesquelles une partie de l'énergie était fournie par infusion intraruminale d'acides acétique ou propionique. Les rendements globaux de l'énergie métabolisable pour la production ont été voisins dans les deux cas mais une part plus grande de cette énergie était utilisée pour former des réserves corporelles dans le cas de l'infusion d'acide propionique. ARMSTRONG et BLAXTER (1965) ont fait la même observation avec des chèvres.

Dans l'essai présent, nous avons voulu savoir, dans des conditions normales d'alimentation, si la nature des AGV produits dans le rumen avait une influence sur

le rendement d'utilisation de l'énergie et sur la partition de l'énergie entre la sécrétion lactée et la formation de réserves corporelles. Pour cela, nous avons distribué, à 3 lots de vaches, 3 rations de base de nature relativement voisine (contenant toutes de l'ensilage) mais provoquant des fermentations dans le rumen différentes :

- fermentation de type acétique (« lot pulpes ») : ensilage d'herbe + pulpes sèches de betteraves (dans le rapport 40/60 en MS) ;
- fermentation de type butyrique (« lot betteraves ») : ensilage d'herbe + betteraves (dans le rapport 45/55 en MS) ;
- fermentation de type intermédiaire (« lot ensilage de maïs ») : ensilage de maïs comme seul fourrage.

Cette étude nécessitant une détermination correcte des variations de poids vif et de leur valeur calorifique, nous avons dans le même temps, essayé de déterminer le coût énergétique du gain de poids de la vache en production. Par ailleurs, nous avons voulu déterminer la valeur énergétique nette des betteraves, des pulpes de betteraves et de l'ensilage de maïs.

Le principe du rationnement était d'apporter à toutes les vaches, en plus de leurs besoins d'entretien, une même quantité d'énergie digestible par kg de lait à 4 p. 100 MG attendu, selon un schéma prédéterminé (LUCAS, 1943).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Schéma expérimental. Animaux. Alimentation

Les 3 régimes ont été comparés dans un essai de type continu comportant les périodes suivantes : préexpérience (3 semaines) ; transition (2 semaines), expérience (17 semaines), transition (1 semaine) et post-expérience (3 semaines). Trente vaches de races *Holstein* et *Frisonne* ont été réparties en 3 lots sur la base du numéro de lactation (1 à 5), de la production laitière en période pré-expérimentale (15 à 29 kg) et du stade de lactation (6 à 19 semaines au début de la période expérimentale).

Au cours de la période pré-expérimentale toutes les vaches ont reçu un régime commun (foin de prairie à volonté + ensilage d'herbe + pulpes sèches de betteraves + aliment concentré suivant les besoins).

Au cours de la période expérimentale, chaque vache a reçu une des 3 rations de base en quantité limitée (représentant environ 80 p. 100 de la ration totale en MS), du tourteau de soja et un aliment concentré. Les besoins (1) attendus de chaque vache étaient calculés en supposant son poids vif constant et une diminution hebdomadaire de sa production de 2,5 p. 100 depuis la pré-expérience. Les apports permettaient de couvrir les besoins énergétiques et azotés ainsi calculés sauf en 11^e, 12^e et 13^e semaines où l'apport énergétique a été seulement 85 p. 100 des besoins. Cette période de sous-alimentation a été programmée pour mieux mettre en évidence les différences de valeur laitière entre régimes. Les vaches, en stabulation entravée et sur litière de copeaux étaient alimentées individuellement et recevaient la ration de base en 2 repas égaux, et l'aliment concentré (+ 200 g d'un composé minéral) en un seul repas (le matin).

Au cours de la post-expérience, toutes les vaches ont été au pâturage.

Prélèvements et mesures

La teneur en matière sèche (48 h à l'étuve à 80°C) des ensilages a été déterminée chaque jour et celle des autres aliments chaque semaine. La composition chimique et la teneur en énergie brute (bombe calorimétrique) des aliments ont été déterminées sur des échantillons moyens secs

(1) Besoins d'entretien : UF : 1,5 + 0,005 poids vif (kg)
g MAD : 0,6 × poids vif (kg)

Besoins de production : 0,38 UF¹ et 60 g MAD par kg de lait à 4 p. 100 de MG.

(tabl. 1). Cependant pour les ensilages, 1^o) les teneurs en matière sèche ont été corrigées pour tenir compte des pertes de produits volatils à l'étuve (DULPHY, DEMARQUILLY et HENRY, 1975); 2^o) on a admis ainsi implicitement que la valeur calorifique par kg MS de la fraction volatile était la même que celle de la fraction non volatile et 3^o) les teneurs en azote et en acides organiques ont été déterminées sur des échantillons moyens humides conservés à — 15°C. La détermination de la teneur en lipides des aliments et de leur composition en acides gras est décrite ailleurs (VÉRITÉ et JOURNET, 1975). Pour chaque vache, les quantités d'aliments offertes et refusées, la quantité de lait produite et le taux butyreux (méthode Gerber) ont été mesurés chaque jour et la teneur en matières azotées du lait (méthode au noir amido sur un échantillon de lait de 4 traites consécutives) et le poids vif chaque semaine. De plus, des pesées triples (3 jours consécutifs) ont été réalisées en 2^e, 9^e, 13^e et 17^e semaines expérimentales ainsi qu'en 3^e semaine post-expérimentale. Par ailleurs, au cours des 8, 13 et 17^e semaines expérimentales et de la 3^e semaine post-expérimentale, on a réalisé pour chaque vache : 1^o) un échantillon de beurre (échantillon de lait de 2 jours) pour déterminer la composition en acides gras des matières grasses du lait par chromatographie en phase gazeuse (DECAEN et ADDA, 1966); 2^o) un prélèvement de sang jugulaire (3 h après le début du repas du matin) pour déterminer la teneur en glucose et en urée (MICHEL, 1971) en corps cétoniques (PROCO, 1961) et en acides gras libres (DOLE et MEINERTZ, 1960), et 3^o) un prélèvement de jus de rumen par tubage œsophagien (immédiatement après la prise de sang) pour déterminer la composition du mélange d'acides gras volatils par chromatographie en phase gazeuse (RIGAUD et JOURNET, 1970). Les productions individuelles de la période pré-expérimentale ont servi de base pour l'ajustement par analyse de covariance des productions obtenues au cours de la période expérimentale.

TABLEAU I

Composition et valeur nutritive des aliments

	Composition chimique (p. 100 MS)				Valeur nutritive (par kg MS)		
	Matières minérales	Matières azotées	Cellulose Weende	Acides gras	UF	g MAD	Énergie brute (kcal)
Ensilage d'herbe (22 p. 100 MS) (1)	9,3	11,4	33,9	1,7	0,58	74	4 507
Ensilage de maïs (28 p. 100 MS) (1)	5,5	9,0	18,0	2,1	0,73	50	4 422
Pulpes séchées	3,6	10,6	18,7	0,4	0,90	66	4 186
Betteraves	6,1	11,1	5,4	0,4	1,00	71	3 984
Tourteau de soja	8,1	57,6	1,8	1,9	1,15	536	4 554
Aliment concentré (2)	5,5	22,4	4,9	2,4	1,10	184	—

(1) Respectivement pour l'ensilage d'herbe et l'ensilage de maïs, les teneurs (g par kg MS) en acides lactique, acétique, et butyrique, le pH et la proportion d'azote ammoniacal (p. 100 de l'azote total) ont été : 45 et 77, 34 et 19, 4,0 et 0, 4,25 et 3,75, 8,6 et 9,2.

(2) L'aliment concentré était composé de : 15 p. 100 orge, 10 p. 100 avoine, 20 p. 100 blé, 30 p. 100 maïs, 12,5 p. 100 tourteau d'arachide, 10 p. 100 tourteau de colza toasté, 2 p. 100 carbonate de calcium et 0,5 p. 100 de sel.

La digestibilité de chaque ensilage (herbe et maïs) a été déterminée par collecte totale pendant 6 jours des fèces de 6 moutons recevant l'ensilage à volonté comme seul aliment. La digestibilité de chaque ration de base a été déterminée par collecte totale pendant 5 jours des fèces de 4 vaches recevant la ration de base en quantité limitée (10 à 12 kg MS) et une petite quantité de tourteau de soja (0,4 à 0,7 kg MS) pour amener la teneur en matière azotée de la ration à 12 p. 100 de la MS. La digestibilité de chaque ration de base a été calculée par différence en supposant connue celle du tourteau (respectivement 90, 92 et 90 p. 100 pour la matière sèche, la matière organique et l'énergie).

RÉSULTATS

Productions

Les caractéristiques chimiques des aliments sont rapportées dans le tableau 1. La digestibilité des ensilages distribués comme seuls aliments aux moutons indique une valeur énergétique (calculée par la formule de BREIREM, 1954) assez faible pour les deux types d'ensilage : 0,58 UF/kg MS pour l'ensilage d'herbe et 0,73 UF/kg MS pour l'ensilage de maïs. La digestibilité globale des rations de base, mesurée avec les vaches (tabl. 2), a été plus élevée pour la « ration betteraves » que pour la « ration pulpes », elle-même plus élevée que pour la « ration ensilage de maïs ». Les valeurs de la digestibilité de la matière organique de l'ensilage de maïs obtenues sur moutons (69,3 p. 100) et sur vaches (69,8 p. 100) concordent bien. La digestibilité de la matière organique des pulpes et des betteraves calculée par différence (en prenant comme digestibilité pour l'ensilage d'herbe celle — 63,1 p. 100 — obtenue sur moutons) est élevée (respectivement 85 et 95 p. 100).

TABLEAU 2

Digestibilité des rations
(essai avec 4 vaches)

Régime	« Pulpes »	« Betteraves »	« Ensilage de maïs »
<i>Ration ingérée (kg MS)</i>			
- Ensilage	4,53	4,86	11,62
- Pulpes ou betteraves	6,99	6,31	—
- Tourteau de soja	0,45	0,45	0,55
- Ration totale	11,97	11,62	12,17
- Teneur en MAT p. 100 MS	12,7	11,6	11,3
<i>Digestibilité de la ration totale</i>			
- matière sèche	75,1 ± 1,3*	79,7 ± 0,8	68,4 ± 1,1
- matière organique	77,3 ± 1,2	81,7 ± 0,8	70,8 ± 1,1
- énergie	74,6 ± 1,4	79,4 ± 0,8	69,3 ± 1,0
<i>Digestibilité de la ration de base</i>			
- matière sèche	74,5	79,2	67,4
- matière organique	76,7	81,3	69,8
- énergie	74,0	78,9	68,2

* : ± écart-type de la moyenne.

En moyenne, l'ingestion d'énergie digestible par les vaches a été assez voisine dans les 3 lots comme prévu (tabl. 3). Cependant, dans les calculs prévisionnels de ration, la digestibilité de la « ration pulpes » avait été légèrement sous-estimée si bien

TABLEAU 3

Ingestion et production

Résultats moyens de l'essai et effets de la sous-alimentation

	« Pulpes »	« Betteraves »	« Ensilage de maïs »
<i>1. Résultats moyens de l'essai</i>			
<i>Consommations journalières</i>			
- Ensilage d'herbe (kg MS)	4,22	4,27	—
- Ensilage de maïs (kg MS)	—	—	10,52
- Pulpes sèches de betteraves (kg MS)	6,20	—	—
- Betteraves (kg MS)	—	5,23	—
- Tourteau de soja (kg MS)	1,30	1,36	1,52
- Aliment concentré (kg MS)	0,79	0,58	0,52
- Ration totale (kg MS)	12,51	11,43	12,56
- Énergie digestible (Mcal)	41,6	39,4	40,0
- Énergie nette estimée (UF)	10,39	9,91	9,99
- Matières azotées (N × 6,25) (g) ...	2 044	1 961	1 912
- Matières azotées digestibles (g) ...	1 550	1 509	1 421
<i>Productions ⁽¹⁾</i>			
- Lait (kg)	16,7 ^A	14,1 ^B	16,0 ^A
- Lait à 4 p. 100 de MG (kg)	16,3 ^A	14,0 ^B	15,9 ^A
- Matières grasses (g)	641 ^A	561 ^B	630 ^A
- Matières azotées (g)	572 ^A	474 ^B	523 ^C
- Taux butyreux (‰)	38,6 ^a	40,3 ^b	39,9 ^{ab}
- Taux de matières azotées (‰)	34,4	33,9	33,0
- Poids vif moyen (kg)	566	528	556
- Gain de poids vif ⁽²⁾ (kg)	— 0,1 ^{ab}	— 11,5 ^a	+ 6,9 ^b
<i>2. Variations de production dues à la sous-alimentation ⁽³⁾</i>			
- Apport d'énergie (UF)	— 1,35	— 1,40	— 1,40
- Apport de matières azotées digestibles (g)	+ 50	+ 10	+ 40
- Lait (kg)	— 0,56	— 0,58	— 0,43
- Lait à 4 p. 100 de MG (kg)	— 0,65	— 0,53	— 0,43
- Matières grasses (g)	— 18	— 20	— 18
- Matières azotées (g)	— 27	— 30	— 16
- Taux butyreux (‰)	— 0,5	+ 0,2	— 0
- Taux de matières azotées (‰)	— 0,4	— 0,7	— 0,2

(¹) Valeurs ajustées par analyse de covariance sur la valeur de la même variable enregistrée en pré-expérience ; différences significatives au seuil 1 p. 100 (lettres majuscules différentes) ou 5 p. 100 (lettres minuscules différentes).

(²) Calculé entre la 2^e et la 17^e semaines expérimentales.

(³) Différence entre la valeur enregistrée en période de sous-alimentation (semaines 11 à 13) et celle enregistrée en période d'alimentation normale (moyenne des semaines 7 à 10 et 14 à 17).

que les vaches de ce lot ont reçu légèrement plus d'énergie digestible. En moyenne (tabl. 3) la ration « betteraves » n'a permis qu'une production de lait (14,1 kg) nettement inférieure ($P < 0,001$) à celle des rations « ensilage de maïs » (16,0 kg) et « pulpes » (16,7 kg). Les productions de matières grasses et de lait à 4 p. 100 de matières grasses ont également été plus faibles avec la ration « betteraves ». La production de matières azotées a été significativement ($P < 0,01$) différente entre chacun des 3 lots (« pulpes » > « ensilage de maïs » > « betteraves »). Entre les pesées triples de début (2^e semaine) et de fin (17^e semaine) d'expérience, le poids vif des vaches recevant les betteraves a nettement diminué (— 11,5 kg en moyenne) ; il n'a pas varié pour celles recevant les pulpes (+ 0,1 kg) et il a légèrement augmenté pour celles recevant l'ensilage de maïs (+ 6,9 kg) ; seule la différence entre le lot « betterave » et le lot « ensilage de maïs » est significative ($P < 0,05$). Au cours de la même période (2^e, 17^e semaines), l'ingestion a diminué de la même quantité (2,5 kg MS) dans chacun des 3 lots, ce qui pourrait correspondre à une diminution des contenus digestifs d'environ 10 kg (VÉRITÉ et JOURNET, 1975) ; les variations de poids réel des vaches sont peut-être sous-estimées de cette quantité.

Au cours du changement de régime (2 semaines) entre la pré-expérience et l'expérience et pendant les premières semaines expérimentales la production laitière a fortement baissé avec la ration « ensilage de maïs » et surtout avec la ration « betteraves » (fig. 1). Le changement dans la nature du régime a été plus important pour

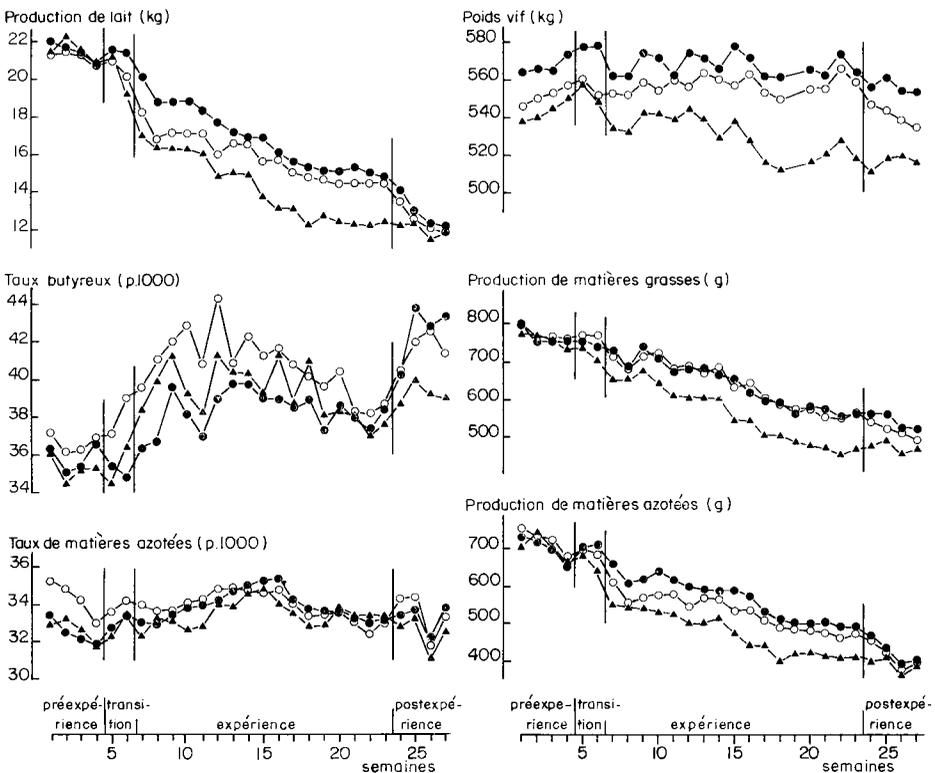


FIG. 1. — Évolution au cours de l'essai des productions et du poids vif

● : lot « pulpes » ▲ : lot « betteraves » ○ : lot « ensilage de maïs »

ces 2 lots, mais ce fait n'explique pas à lui seul toute la différence de production. Une partie de celle-ci doit provenir de différences propres aux rations. Par la suite l'écart de production a diminué entre les lots « pulpes » et « ensilage de maïs » mais s'est maintenu entre les lots « pulpes » et « betteraves ». La persistance mensuelle de la production laitière (calculée entre le milieu de la période préexpérimentale et la fin de la période expérimentale) a été bonne avec les rations « pulpes » (92,4 p. 100 et « ensilage de maïs » (92,2 p. 100) mais faible avec la ration « betteraves » (88,6 p. 100). A la mise à l'herbe (réalisée tardivement sur une prairie naturelle), la production des lots « pulpes » et « ensilage de maïs » a baissé de façon importante (environ 2,5 kg) tandis que celle du lot « betteraves » ne changeait pas. De ce fait, la production de lait est redevenue identique dans les 3 lots en période post-expérimentale.

La sous-alimentation énergétique (1,4 UF en moyenne par jour, tabl. 3) pendant les 11, 12 et 13^e semaines avait été réalisée en supposant qu'elle entraînerait une diminution de production d'autant plus grande que la ration avait une meilleure valeur laitière. Elle n'a pas permis de mettre en évidence de différence entre les 3 lots bien que la production laitière se soit légèrement mieux maintenue avec l'ensilage de maïs. Cette absence de différence, de même que la faible réponse de la production de lait (0,4 kg de lait par UF marginale) peuvent provenir de la trop courte durée de la sous-alimentation.

En moyenne, le taux butyreux a été significativement plus élevé ($P < 0,05$) avec les betteraves (40,3 p. 1 000) et l'ensilage de maïs (39,9 p. 1 000) qu'avec les pulpes (38,6 p. 1 000). Il avait augmenté (fig. 1) de façon très importante (4 à 7 points p. 1 000 selon le lot) en début de période expérimentale, puis avait diminué après la période de sous-alimentation. A la mise à l'herbe il a augmenté fortement (+ 4 points dans les lots « pulpes » et « ensilage de maïs » en partie à cause de la baisse de production de lait et seulement faiblement (1 point) dans le lot « betteraves » où la production de lait n'a pas baissé. Le taux azoté du lait n'a pas été différent et a toujours évolué parallèlement dans les 3 lots. Il a d'abord augmenté (2 points p. 1 000) lentement jusqu'en 10^e semaine, puis a baissé (1,4 point p. 1 000) de façon rapide et systématique ($P < 0,01$) pendant la sous-alimentation. Il est resté constant ensuite.

Utilisation de l'énergie

Le rendement de l'utilisation de l'énergie métabolisable pour la production laitière (lait \pm variation de poids) a été calculé en admettant : 1^o) que le rapport énergie métabolisable/énergie digestible est de 0,85 (cf. MOE *et al.*, 1972 ; VAN ES, 1974 ; HOFFMANN *et al.*, 1972, avec des rations de même digestibilité) ; 2^o) que le besoin d'entretien en énergie métabolisable dans des conditions normales de stabulation est de 130 kcal/kg^{3/4} (cf. VAN ES, 1974 ; NRC, 1971) et 3^o) qu'un gain de poids de 1 kg correspond à 7,9 kg de lait 4 p. 100 (cf. ci-après). Ce rendement a été de 60,2, 52,6 et 64,2 p. 100 respectivement pour les rations « pulpes », « betteraves » et « ensilage de maïs ». La moyenne de ces résultats est cohérente avec les valeurs généralement trouvées dans les essais en chambre respiratoire (VAN ES, 1974), mais la dispersion entre régimes est importante bien que les concentrations en énergie métabolisable des 3 rations soient semblables (respectivement 2,83, 2,93 et 2,69 kcal ME/kg MS). Si les variations de poids réelles sont sous-estimées de 10 kg (cf. paragraphe précédent), les rendements mentionnés ci-dessus sont sous-estimés chacun de 3 points.

Nous avons calculé, en terme d'énergie nette (unité fourragère — UF), la valeur des pulpes, des betteraves et de l'ensilage de maïs à partir des résultats zootechniques enregistrés. Cette valeur a été obtenue par différence entre d'une part, le coût ⁽¹⁾ énergétique total de l'entretien et des productions (lait \pm changement de poids) et, d'autre part, l'apport énergétique estimé des autres aliments composant la ration. Les valeurs énergétiques nettes des pulpes, des betteraves et de l'ensilage de maïs ont été respectivement 0,92, 0,85 et 0,78 UF/kg MS.

Pour un régime donné, toutes les vaches ont reçu, par rapport à leur potentiel, le même apport énergétique. En conséquence, et si on suppose que le rendement de l'énergie pour l'entretien et pour la sécrétion lactée est peu différent entre vaches, une vache qui aura produit moins de lait que prévu (d'après sa production pré-expérimentale) aura disposé de plus d'énergie pour former des réserves corporelles. De fait, la production de lait à 4 p. 100 MG (ajustée par covariance sur la production pré-expérimentale) a été liée négativement (r moyen ⁽²⁾ = $-0,55$; $P < 0,01$) au gain de poids. L'axe principal ⁽³⁾ de cette liaison avait comme valeur moyenne ⁽²⁾ : $-7,9 \pm 1,3$ kg de lait 4 p. 100 par kg de gain de poids. Cela signifie qu'il a fallu apporter la même quantité d'aliment pour produire 7,9 kg de lait à 4 p. 100 MG ou 1 kg de gain de poids corporel réel. Le coût de ce dernier peut donc être estimé à $0,38 \text{ UF} \times 7,9 = 3,0 \text{ UF}$.

L'estimation du gain de poids réel est fréquemment biaisé par l'évolution systématique des quantités de contenu digestif entre les pesées initiales et finales. Ceci a lieu lorsque les quantités ingérées évoluent et surtout lorsque la nature du régime change. Cependant, avec la méthode de calcul employée ici (régression entre lait et gain de poids), le coût énergétique du gain de poids n'est pas faussé par ces erreurs systématiques. On le vérifie d'ailleurs dans cet essai. En effet, la variation de poids vif a été calculée de 2 façons : 1^o) par différence entre les poids enregistrés en 2^e et 17^e semaines expérimentales où la nature du régime n'a pas changé et 2^o) par différence entre les poids enregistrés en pré-expérience (régime hivernal) et en post-expérience (pâturage). En moyenne les pertes de poids ont été estimées à 2 kg par la 1^{re} méthode et à 18 kg par la 2^e, ce qui reflète la diminution des contenus digestifs lors du passage du régime hivernal à celui de pâturage. Malgré ces différences importantes, l'estimation du coût énergétique du gain de poids a été la même puisque l'équivalence lait/gain de poids a été 7,9/1 dans le premier cas et 7,7/1 dans le 2^e.

Phénomènes digestifs et métaboliques

1. *Production d'acides gras volatils.*

Les proportions relatives des acides gras volatils (AGV) produits ont été assez différentes entre les 3 régimes (tabl. 4). Les différences ont surtout porté sur la production d'acide acétique, faible avec la ration « betteraves » (54 p. 100), plus élevée avec la ration « ensilage de maïs » (60 p. 100) et normale avec la ration « pulpes » (64 p. 100) et sur celle d'acide butyrique très élevée avec la ration « betteraves »

⁽¹⁾ Confér. (1) page 375 et 3,0 UF par kg de gain de poids.

⁽²⁾ Les corrélations et les régressions calculées intra-lot n'ont pas été significativement différentes. Une valeur moyenne de la corrélation et de la régression a donc été calculée par une technique de covariance.

⁽³⁾ Par suite du rôle symétrique des 2 variables (production de lait et gain de poids), l'axe principal a été utilisé de préférence aux droites de régression.

(22 p. 100) et normale avec les 2 autres rations (13 à 14 p. 100). De plus, avec la ration « betteraves » il faut noter la faible proportion des acides ramifiés (ic_4 et ic_5) et la proportion élevée d'acide caproïque (ainsi qu'avec la ration « ensilage de maïs »). Le régime post-expérimental (pâturage) a provoqué une augmentation de la proportion d'acide acétique. Par ailleurs, pour une ration donnée, la composition en AGV a très peu varié entre les vaches.

TABLEAU 4

*Caractéristiques digestives et sanguines
et composition des matières grasses du lait*

	« Pulpes »	« Betteraves »	« Ensilage de maïs »	Pâturage (période post-expérimentale)
<i>Acides gras volatils du jus de rumen</i>				
- teneur (mmoles/l)	94,8	97,5	87,3	62,1
- composition du mélange (moles %):				
• Acide acétique	64,5 ^{A*}	54,1 ^B	60,3 ^C	71,5
• Acide propionique	18,9	20,3	20,5	14,6
• Acide isobutyrique	1,3 ^a	0,8 ^b	1,2 ^a	1,8
• Acide butyrique	13,0 ^a	22,3 ^c	14,2 ^b	10,0
• Acide isovalérianique	1,0 ^a	0,7 ^a	1,5 ^b	1,1
• Acide valérianique	1,1 ^a	1,3 ^b	1,5 ^c	1,0
• Acide caproïque	0,2 ^a	0,5	0,7	—
<i>Corps cétoniques sanguins (mg d'acétone par 100 ml)</i>				
- acétone	0,5 ^a	0,9 ^b	0,5 ^a	0,1
- acétoacétate	0,5	0,6	0,6	0,4
- β -hydroxybutyrate	3,8 ^A	7,0 ^B	6,1 ^B	2,1
- total	4,8 ^a	8,5 ^b	7,2 ^b	2,6
<i>Acides gras libres du plasma (micro équiv. par litre)</i>	245 ^a	246 ^b	244 ^a	530
<i>Glucose du plasma (mg par 100 ml)</i>	62,4 ^a	53,7 ^b	59,1 ^a	69,5
<i>Urée du plasma (mg par 100 ml) ..</i>	36,6 ^A	34,1 ^A	26,9 ^B	24,7
<i>Acides gras du beurre (composition relative en p. 100)</i>				
- C ₄ à C ₁₂	15,7 ^a	17,0 ^b	15,7 ^a	10,3
- C ₁₄ 0-1 Δ	16,2 ^a	16,2 ^a	15,0 ^b	10,9
- C ₁₆ 0-1 Δ	37,1	37,0	34,8	27,3
- C ₁₈ 0-1-2-3 Δ	27,4 ^a	27,1 ^a	32,1 ^b	48,3

* : Différences significatives au seuil 1 p. 100 (lettres majuscules différentes) ou 5 p. 100 (lettre minuscules différentes).

2. Critères sanguins (tabl. 4).

La teneur en corps cétoniques sanguins a été normale (< 5 mg/100 ml) chez la plupart des vaches recevant les pulpes et chez toutes les vaches lorsqu'elles étaient au pâturage (période post-expérimentale). Elle a été très élevée chez les vaches rece-

vant l'ensilage de maïs (7,2 mg d'équivalent-acétone/100 ml) ou les betteraves (8,5 mg/100 ml). Dans tous les cas l'acide β -hydroxybutyrique a constitué une part importante de ces corps cétoniques (environ 80 p. 100). La variabilité entre vaches du taux des corps cétoniques a été importante. Pour les vaches recevant les betteraves, ce taux a été en liaison positive avec la proportion d'acide butyrique dans le mélange d'AGV du jus de rumen et avec la teneur en acides gras libres du plasma et en liaison négative avec la teneur en glucose du plasma.

La teneur en acides gras libres du plasma (mesurée 3 heures après le début du repas) a été normale et identique avec les 3 régimes. Au cours de la période post-expérimentale elle a été beaucoup plus élevée, reflétant sans doute l'augmentation des apports lipidiques de la ration puisque les vaches étaient alors au pâturage. La teneur en glucose plasmatique a été plus faible ($P < 0,05$) avec le régime « betteraves » qu'avec les 2 autres régimes. La teneur en urée plasmatique a été très nettement plus faible ($P < 0,001$) avec l'ensilage de maïs (26,9 mg/100 ml) qu'avec les 2 autres rations (36,6 et 34,1 mg/100 ml). Cet écart peut s'expliquer partiellement par les différences de niveaux d'apport azoté mais aussi surtout par des différences dans la digestion de l'azote dans le rumen (liées à la nature des constituants azotés et glucidiques).

3. *Acides gras du beurre* (tabl. 4).

La composition en acides gras des matières grasses du lait a été pratiquement identique avec les rations de « pulpes » et de « betteraves », bien qu'avec cette dernière la proportion d'acides gras courts (C_4 à C_{12}) ait été légèrement ($P < 0,05$) plus forte : 17,0 p. 100 contre 15,7 p. 100. Avec l'ensilage de maïs la composition a été sensiblement différente. En particulier, la proportion d'acides gras longs (C_{18}) a été nettement plus forte ($P < 0,01$) qu'avec les 2 autres rations 32,0 p. 100 contre 27,4 et 27,1 p. 100. En compensation les teneurs en C_{16} et C_{14} ont été inférieures. Par ailleurs, la teneur en acides gras à nombre impair de carbone (C_{15} et C_{17}) a été plus élevée ($P < 0,01$) avec le régime à base de pulpes (3,4 p. 100) qu'avec ceux à base de betteraves (2,6 p. 100) et d'ensilage de maïs (2,3 p. 100). L'activité des désaturases a été plus faible avec l'ensilage de maïs qu'avec les 2 autres rations puisque le rapport $C_{18:1}/C_{18:0}$ est passé de 2,10 (ensilage de maïs) à 2,55 (pulpes) et 2,86 (betteraves).

La sous-alimentation énergétique n'a pas modifié la proportion des acides gras courts (C_4 à C_{12}) mais a provoqué une augmentation nette (+ 2,7 points) de celle de l'acide oléique au détriment de celles des acides myristique et palmitique. Le retour à un niveau alimentaire normal a provoqué un retour à la composition antérieure.

Le passage des vaches au pâturage au cours de la période post-expérimentale a profondément modifié la composition en acides gras du beurre. La proportion des acides gras longs est passée de 29 à 48 p. 100 au détriment de tous les autres acides gras.

DISCUSSION

Utilisation de l'énergie pour la production. Valeur laitière

Pour savoir si la répartition de l'énergie nette d'une ration entre la sécrétion lactée et la formation de réserves corporelles (« valeur laitière ») dépend du type des fermentations qu'elle provoque dans le rumen (en particulier des proportions relatives des AGV produits), il est nécessaire que les apports d'énergie nette soient identiques

pour les régimes comparés (ou tout au moins suffisamment proches). Dans ce but nous avons apporté la même quantité d'énergie digestible par les 3 rations (cet apport a toutefois été un peu plus élevé avec les pulpes). Cependant la quantité d'énergie nette disponible pour la production (lait et réserves corporelles) a été plus faible avec la ration « betteraves ». En conséquence, le rendement d'utilisation de l'énergie métabolisable pour la production, bien que proche en moyenne de ceux trouvés dans des essais en chambre respiratoire (BELTSVILLE, WAGENINGEN, ROSTOCK) a différé très largement entre les 3 régimes : « pulpes » : 60,2, « betteraves » : 52,6 et « ensilage de maïs » : 64,2 p. 100. Une partie de ces différences pourrait provenir d'erreurs systématiques entre régimes, en particulier dans la mesure des variations de poids. Cependant, celles-ci ont été faites avec le maximum de précautions pour éviter l'interférence des variations de contenu digestif : horaire fixe de repas et de pesée, pesées triples en début et fin d'essai, pesée initiale réalisée après que les animaux soient bien adaptés aux régimes ; diminutions semblables des quantités de MS distribuées entre le début et la fin de l'essai. Par ailleurs, la faible différence de concentration en énergie métabolisable des rations ne peut expliquer ces différences de rendement d'autant plus que les variations sont opposées à l'effet généralement admis (VAN ES, 1974). Il semble bien qu'une part au moins de la différence soit liée à la nature des rations et aux phénomènes digestifs et métaboliques qu'elles provoquent : nature des AGV produits, quantité de glucose disponible et nutrition azotée.

Selon ARMSTRONG et BLAXTER (1965), ØRSKOV *et al.* (1969) et HOLTER *et al.* (1972), des modifications (par infusion) dans les proportions relatives des AGV du rumen n'entraînent pas de différence dans le rendement global de l'énergie métabolisable pour la production (lait \pm gain de poids) ; elles modifient seulement la répartition de l'énergie entre la sécrétion lactée et la formation de réserves corporelles. Cependant, en incluant dans la ration de bœufs, un supplément important de saccharose, NEHRING *et al.* (1965) ont constaté que le rendement de l'énergie métabolisable du saccharose est plus faible que celui de l'amidon ou de la cellulose. Or, dans la ration « betterave », l'apport de saccharose était d'environ 3,5 kg par vache et par jour. De plus, avec les betteraves, la forte production d'acide butyrique a entraîné une augmentation importante du taux des corps cétoniques sanguins. Celui-ci est probablement à l'origine d'une diminution de la disponibilité en glucose (confirmée par la baisse de la glycémie) et donc aussi de la diminution de la sécrétion lactée. Par ailleurs, le moins bon état sanitaire des vaches (légères pertes d'appétit et tremblements nerveux chroniques) lié à cette cétose sub-clinique a pu accroître les pertes urinaires et le métabolisme de base.

La nutrition azotée des vaches a pu aussi différer entre régimes. En effet, les fortes quantités de matières azotées solubles apportées par l'ensilage d'herbe et les betteraves ont probablement entraîné une production importante d'ammoniaque dans le rumen et une forte excrétion d'urée (comme l'indique la teneur élevée du sang en urée) d'où une faible disponibilité en acides aminés au niveau de l'intestin. Ce déficit en acides aminés aurait pu limiter la sécrétion lactée comme nous l'avons déjà observé dans un autre essai (VÉRITÉ et JOURNET, 1975), tandis que les fortes quantités d'urée à métaboliser et à excréter diminueraient le rendement énergétique (TYRREL, MOE et FLATT, 1970).

Dans ces conditions, il est difficile de vouloir comparer la « valeur laitière » de la ration « betteraves » à celle des 2 autres rations. Pour ces dernières, la répartition

de l'énergie nette entre la sécrétion lactée et la formation de réserves corporelles n'a pas été significativement différente. Tout au plus peut-on noter une très légère tendance à une moins bonne valeur laitière de la ration « ensilage de maïs ». Cette tendance est indiquée par les résultats moyens au cours de l'essai (production de lait plus faible et gain de poids plus élevé), par la diminution de production plus importante au moment de la transition de départ et par la réponse marginale à la sous-alimentation légèrement plus faible. Cette déviation vers un métabolisme lipidique (confirmée par l'augmentation du taux butyreux) pourrait être liée à la nature des AGV produits ou à la teneur élevée en corps cétoniques du sang.

TABLEAU 5

Variations de poids chez la vache laitière
Besoin énergétique et valeur calorifique du gain de poids

Auteurs	Conditions expérimentales	Méthode d'estimation	Besoin énergétique (UF/kg de gain)	Valeur calorifique (Mcal/kg)
BATH <i>et al.</i> , 1965	18 vaches en lactation sous-alimentées pendant 0-49 ou 105 jours — perte moyenne de poids vif vide : 41 et 70 kg.	abattage ou bilan CN	—	5,0 ou 5,3
HOMB <i>et al.</i> , 1965	3 essais avec 2 lots de 6 vaches en lactation (alimentation normale ou sous-alimentation de 3 UF) pendant 3,5 à 5 mois ; perte de poids de carcasse : 38 kg en moy.	abattage	—	4,5 à 5,0
MOE <i>et al.</i> , 1971	2 vaches taries sous-alimentées pendant 6 mois ; perte moyenne de poids vif : 117 kg.	bilan en chambre respiratoire	—	5,8 et 6,7
BÉRANGER <i>et al.</i> , 1970	Engraissement de 8 vaches taries maigres pendant 2 mois ; 82 kg de gain de poids vif.	bilan des apports et des besoins énergétiques	3,1	(6,1)*
VÉRITÉ et JOURNET, 1975	23 vaches en milieu de lactation alimentées normalement. Variations de poids vif en 7 semaines : de — 9 à + 33 kg.	bilan des apports et des besoins énergétiques	3,0	(5,9)*
VÉRITÉ et JOURNET, 1971	12 vaches en milieu de lactation alimentées normalement ; variations de poids en 14 semaines : de — 17 à + 27 kg.	équivalence lait-gain de poids (cf. texte) 8,7 kg de lait 4 p. 100 pour 1 kg de gain de poids	3,3	(6,5)*
Essai présent	29 vaches en milieu de lactation alimentées normalement ; variations de poids en 15 semaines : de — 23 à + 25 kg.	<i>id.</i> 7,9 kg de lait 4 p. 100 par kg de gain de poids	3,0	(5,9)*

(*) : Valeurs calculées en supposant l'équivalence suivante : 0,38 UF = 750 kcal de lait ou de gain de poids ; ceci suppose que chez la vache en lactation, le rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette est le même pour la sécrétion de lait et la formation de réserves corporelles.

Coût énergétique du gain de poids

Dans cet essai, les différences dans la répartition de l'énergie entre la sécrétion lactée et la formation de réserves corporelles ont été plus importantes entre vaches qu'entre régimes, bien que les vaches aient été à même stade de lactation et que leurs besoins nutritifs aient été couverts de la même façon. La régression entre le gain de poids et la production de lait à 4 p. 100 MG a permis d'estimer l'équivalence entre les besoins énergétiques pour ces 2 productions, pour des vaches en lactation aux alentours de l'équilibre de poids. Cette méthode a 2 avantages : 1°) elle n'est pas biaisée par des erreurs systématiques d'estimation du gain de poids (elle élimine par exemple l'effet d'une variation systématique du poids des contenus digestifs entre le début et la fin de l'essai) comme nous l'avons vérifié dans cet essai ; 2°) elle n'est pas biaisée par des erreurs d'estimation de la valeur énergétique des aliments puisqu'elle établit une liaison directe entre le gain de poids et la production de lait. La valeur trouvée (7,9 kg de lait 4 p. 100 par kg de gain de poids) est en bon accord avec celles calculées dans 2 essais précédents du même type (VÉRITÉ et JOURNET, 1971 et 1975) ou par d'autres auteurs (tabl. 5).

Valeur énergétique des pulpes et des betteraves

La valeur énergétique des pulpes de betteraves déterminée à partir des résultats zootechniques (lait et gain de poids) est d'environ 0,95 UF/kg MS et serait donc inférieure d'environ 15 p. 100 à celle de l'orge. En revanche, CASTLE (1972) dans un essai de substitution entre pulpe et orge avec des vaches en lactation alimentées selon les normes n'a pas trouvé de différences dans les productions. BHATTACHARYA *et al.* (1971 et *a* et *b*) arrivent aussi à la même conclusion en comparant les pulpes à l'orge et au maïs mais avec un apport énergétique très largement excédentaire. Cependant il semble bien que les pulpes aient une valeur inférieure à celle de l'orge puisque 1°) la digestibilité de la matière organique (76 à 82 p. 100) est généralement inférieure à celle de l'orge (cf. tables de NEHRING *et al.*, 1972, de la National Academy of Sciences, 1971 et essais sur moutons et vaches de HODEN *et al.*, 1975) ; 2°) les pulpes sont très pauvres en matières grasses et 3°) l'énergie digestible des pulpes, de l'orge et du maïs est utilisée avec la même efficacité selon VAN ES, NIJKAMP et VOGT (1971). Dans l'essai réalisé par ce dernier, la teneur en énergie métabolisable de rations contenant de l'orge ou du maïs n'était que très peu différente (supérieure de 2,4 et 6 p. 100) de celle d'une ration contenant des pulpes, mais ces aliments ne représentaient que 20 p. 100 de la ration. La teneur en énergie métabolisable de l'orge et du maïs serait donc supérieure à celle des pulpes, d'environ 10 et 30 p. 100 respectivement.

La valeur énergétique des betteraves a été estimée d'après les productions à 0,85 UF/kg MS. Cette valeur est un peu plus faible que la valeur généralement admise et coïncide mal avec la forte digestibilité trouvée (94 p. 100). Cependant 1°) la digestibilité a pu être surestimée comme le confirment les valeurs plus faibles trouvées par DEMARQUILLY (1972) ; 2°) les troubles sanitaires de certaines vaches ont probablement entraîné une moins bonne utilisation de la ration ; 3°) l'ingestion de fortes quantités de betteraves, donc de saccharose, doit en diminuer la valeur. En effet, JARRIGE et JOURNET (non publié) ont également trouvé une valeur énergétique faible dans un essai de substitution avec l'orge et BROSTER *et al.* (1970) ont montré qu'avec des quan-

tités élevées de saccharose distribuées à des vaches laitières, l'énergie digestible du saccharose était utilisée moins efficacement que celle des céréales.

Composition du lait

Comme nous l'avions déjà noté par ailleurs (VÉRITÉ et JOURNET, 1971, 1973 et 1975), les rations de betteraves et d'ensilage de maïs ont provoqué un taux butyreux élevé. Avec l'ensilage de maïs, celui-ci est sans doute dû à l'apport élevé d'acides gras alimentaires (260 g contre 130-140 g avec les 2 autres rations) et plus particulièrement d'acides C₁₈ (190 g contre 80 g). L'effet favorable de l'apport d'acides gras longs (C₁₈) sur le taux butyreux a souvent été montré (NOBLE, STEELE et MOORE, 1969 ; STEELE et MOORE, 1968 ; SAUVANT, 1973) et les modifications concomitantes de composition en acides gras du lait sont analogues à celles observées ici : augmentation des acides stéarique et oléique aux dépens des acides palmitique et myristique et diminution de l'activité des désaturases (diminution du rapport C_{18:1}/C_{18:0}). Le taux butyreux élevé avec les betteraves est au contraire à relier à la forte production d'acide butyrique qui a entraîné une augmentation des précurseurs (β-hydroxybutyrate) pour la synthèse des acides gras courts. L'acide butyrique aurait un effet favorable sur le taux butyreux plus important que l'acide acétique.

La teneur en azote du lait n'a pas varié entre régimes. En revanche, cette teneur est un critère réagissant rapidement et de façon sensible à la sous-alimentation énergétique (cf. AURIOL et JARRIGE, 1962). La diminution de production de lait a été moins rapide et moins sensible, sans doute à cause de la trop faible durée de la sous-alimentation.

CONCLUSION

Les pulpes sèches de betteraves, en raison des fermentations « acétiques » qu'elles entraînent dans le rumen, se révèlent être un aliment d'une très bonne valeur laitière. Introduites dans la ration de base à raison de 60 p. 100 de la matière sèche, elles ont assuré en effet une bonne persistance de la production de lait et une composition normale du lait. On peut penser que leur utilisation dans les aliments concentrés devrait améliorer la valeur laitière des rations, en particulier de celle de l'ensilage de maïs. D'après cet essai, leur valeur énergétique semble inférieure à celle de l'orge d'environ 10 à 15 p. 100. Les rations à base d'ensilage de maïs seul, récolté au stade pâteux du grain, assurent un taux butyreux élevé et ont une valeur laitière assez bonne mais cependant légèrement inférieure à celles de pulpes. L'utilisation de fortes quantités de betteraves (55 p. 100 de la MS de la ration de base), en association avec un ensilage d'herbe de qualité très moyenne et distribué en quantité limitée, a posé des problèmes d'ordre sanitaire et a entraîné des diminutions de productions. Pour utiliser avec profit de fortes quantités de betteraves, il est nécessaire de les associer à de l'ensilage d'herbe bien conservé, ou à du foin de bonne qualité ou à de l'ensilage de maïs (VÉRITÉ et JOURNET, 1973). De plus, leur introduction dans la ration doit être très progressive (au moins 3 semaines pour atteindre 5-6 kg de matière sèche).

SUMMARY

COMPARISON OF THE EFFECT OF 3 DIETS CONTAINING BEETS
OR BEET PULPS OR MAIZE SILAGE ON THE MILK PRODUCTION OF DAIRY COWS:
ENERGY EFFICIENCY, DIGESTIVE AND METABOLIC ASPECTS

1. A study was made on the effects of three diets, inducing different VFA ratios in the rumen, on milk production, energy efficiency and the partition of the latter between milk secretion and formation of body reserves. The basal diets were composed of : grass silage + dried beet pulps (« pulp » group), grass silage + beets (« beet » group) or maize silage (« maize silage » group) in order to obtain fermentations of the « acetic », « butyric » or « intermediate » type, respectively. Each of these basal diets given in limited amounts, were individually fed to 10 cows during 17 weeks. The supplementation (soyabean oil-meal and concentrate feed) was calculated to meet the predetermined requirements of each cow for energy and protein. In addition, the digestibility of the three diets was determined on 4 cows (table 2).

2. At the same level of digestible energy intakes, the « beet » diet led to a lower milk yield (14.1 kg/d) than the two other diets and furthermore the cows lost weight (— 11.5 kg) (table 3). The milk production was slightly higher with the « pulp » diet (16.7 kg/d) than with the « maize silage » diet (16.0 kg/d), but the weight gain was a little lower (0 kg versus 7 kg). The milk fat content was lower with the « pulp » diet than with the « beet » and « maize silage » diets (38.6-10.3 and 39.9 g p. 1 000, respectively) (table 3 and fig. 1).

The efficiency of metabolisable energy utilization for milk production was 60.2, 52.6 and 64.2 p. 100, respectively for the « pulp », « beet » and « maize silage » diets. Net energy values of pulps, beets and maize silage, calculated from the milk production data were 0.92-0.85 and 0.78 FU/kg dry matter. In terms of energy, a true live weight change of 1 kg corresponded to 7.9 kg + p. 100 fat-corrected milk (*i. e.* 3.0 FU or 5.9 Mcal net energy, table 5).

3. The relative proportions of acetic and butyric acids in the rumen fluid were respectively 64 and 13 p. 100 with the « pulp » diet, 54 and 22 p. 100 with the « beet » diet and 60 and 14 p. 100 with the « maize silage » diet (table 4). The blood level of ketone bodies was high with beets and maize silage (8.5 and 7.2 mg acetone equivalent/100 ml). The blood level of urea was markedly higher with beets and pulps than with maize silage (table 4). The milk fat contained more 18 C fatty acids with the maize silage diet than with the two other ones.

4. The large differences in milk production and energy efficiency are discussed in connection to the digestive and metabolic phenomena recorded. The presupposed differences between the diets as regards the partition of the energy between milk secretion and formation of body reserves were not observed. This might be due to the too small differences in the relative proportions of VFA produced or to the fact that this partition primarily depends on protein nutrition (VÉRITÉ and JOURNET, 1975). In contrast, the differences between cows were large. Estimations of energy requirement for weight gain and of the net energy value of beets, pulps, and maize silage were compared to the findings of other authors.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement M. M.-C. MICHEL de la Station de Physiopathologie de la Nutrition du C. R. Z. V. de Theix pour les analyses de glucose et d'urée qu'il a effectuées.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARMSTRONG D. G., BLAXTER K. L., 1965. Effects of acetic and propionic acids on energy retention and milk secretion in goats. *Proc. 3rd Symposium on Energy metabolism. E. A. A. P.*, Publ. 11, 59-72.
- AURIOL P., JARRIGE R., 1962. Possibilités de modifier la composition du lait. *Fédération internationale de laiterie*. Bulletin 1962, partie II, 1-39.
- BATH D. L., MAGNAR RONNING, MEYER J. H., LOFGREEN G. P., 1965. Calorie equivalent of liveweight loss of dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 48, 374.

- BÉRANGER C., NÉGRIN M., MALTERRE C., 1970. Évolution du gain de poids vif et de l'état d'engraissement des vaches tarries au pâturage. *Ann. Zootech.*, **19**, 53-66.
- BHATTACHARYA A. N., LUBBADAH W. F., 1971 a. Feeding high levels of beet pulp in high concentrate dairy rations. *J. Dairy Sci.*, **54** (1), 95-99.
- BHATTACHARYA A. N., SLEIMAN F. T., 1971 b. Beet pulp as a grain replacement for dairy cows and sheep. *J. Dairy Sci.*, **54**, 89-94.
- BREIREM K., 1954. « Die Nettoenergie als Grundlage der Bewertung der Futtermittel in Nehring K. 100 Jahre Möckern. Die Bewertung der Futterstoffe und andere der Tierernährung. » Berlin, *Deutsch Akad. der Landwirtschaftswissenschaften*, t., II, 97-108.
- BROSTER W. H., SUTTON J. D., SMITH T., VALÉRIE BROSTER J., BALCH C. C., 1970. The effect of supplements of sucrose and of glucose monohydrate on the milk production and live weight of dairy cows. *J. Agric. Sci. Camb.*, **74**, 217-225.
- CASTLE M. E., 1972. A comparative study of the feeding value of dried sugar-beet pulp for milk production. *J. agric. Sci. Camb.*, **78**, 371-377.
- DECAEN C., ADDA J., 1966. Évolution de la sécrétion des acides gras des glycérides du lait de vache au cours de la lactation. *XVII^e Congr. Internat. de laiterie*, A, 161-171.
- DEMARQUILLY C., 1972. Digestibilité, valeur nutritive et ingestibilité des betteraves de différentes teneurs en matière sèche. *Ann. Zootech.*, **21**, 415-428.
- DOLE V. R., MEINERTZ H., 1960. Microdetermination of long chain fatty acids in plasma and tissues. *J. Biol. Chem.*, **235**, 2596-2599.
- DULPHY J. P., DEMARQUILLY C., HENRY M., 1975. Perte de composés volatils lors de la détermination à l'étuve de la teneur en matière sèche des ensilages. *Ann. Zootech.* (sous presse).
- HODEN A., JOURNET M., DEMARQUILLY C., GUÉGUEN L., 1975. Étude de la valeur alimentaire des pulpes. Influence de la complémentation azotée. *Bull. Techn. C. R. Z. V.*, Theix, **19** (sous presse).
- HOFFMANN L., HENTSCH W., HILDEGAARD WITTENBURG, SCHIEMANN R., 1972. Utilization of food energy for milk production. 5) General Analysis of trials with dairy cows conducted at the Oskar Kellner Institute to investigate the interrelationship between energy utilization and nutrient composition of dairy rations. *Archiv für Tierernährung*, **22**, 721-741.
- HOLTER J. B., JONES L. A. A., COLOVOS N. F., URBAN W. E., 1972. Caloric value of acetate and propionate for lactations dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **55**, 1757-1762.
- HOMB T., MATRE T., OPSTVEDT J., LYSO A., BREIREM K., 1965. Underfeeding of fat cows during the last months before slaughter. *Meld. Norges Landbrukshøgsk.*, **44** (27), p. 44.
- JØRGENSEN N. A., SCHULTZ L. H., 1965. Ration effects on rumen acids, ketogenesis and milk composition. I. Restricted roughage feeding. *J. Dairy Sci.*, **48**, 1040-1045.
- JOURNET M., HODEN A., 1973. Utilisation des luzernes et des graminées déshydratées comme unique fourrage de la ration des vaches laitières, et étude de leur digestion dans le rumen. *Ann. Zootech.*, **22**, 37-54.
- LABADIE P., 1968. Utilisation comparée du foin et de l'ensilage d'herbe dans l'alimentation des ruminants. *Mémoire E. N. I. T. A.*, Bordeaux.
- LUCAS H. L., 1943. A method of equalized feeding for studies with dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **26**, 1011-1042.
- MERILL W. G., SLACK S. T., 1965. Feeding value of perennial forages for dairy cows a review. *Anim. Sci. Mimeo Series*, **3** (3).
- MICHEL M. C., 1971. *Analyse quantitative de quelques substances azotées et glucidiques en milieu biologique. Essai de rationalisation.* Thèse Docteur d'Université de Clermont-Ferrand.
- MOE P. W., FLATT W. P., TYRREL H. F., 1972. Net energy value of feeds for lactation. *J. Dairy Sci.*, **55** (7), 945-958.
- MOE P. W., TYRREL H. F., FLATT P., 1971. Energetics of body tissue mobilization. *J. Dairy Sci.*, **54** (4), 548-553.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1971. *Atlas of nutritional data on united states and canadian feeds.* National Academy of Sciences, Washington D. C., 772 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1971. *Nutrient requirements of dairy cattle.* 4th revised Edition. National Academy of Sciences, Washington D. C.
- NEHRING K., SCHIEMANN R., HOFFMANN L., KLIPPEL W., JENTSCH W., 1965. Utilization of the energy of cellulose and sucrose by cattle, sheep and pigs. *Proc. 3rd Symposium on Energy Metabolism.* E. A. A. P., Publ., **11**, 249-268.
- NEHRING K., BEYER M., HOFFMANN B., 1972. Futtermittel tabellenwerk.
- NOBLE R. C., STEELE W., MOORE, J. H. 1969. The effect of dietary palmitic and stearic acids on milk fat composition in the cow. *J. Dairy Res.*, **36**, 375.
- ORSKOV E. R., FLATT W. P., MOE P. W., MUNSON A. W., HEMKEN R. W., KATZ I., 1969. The influence of ruminal infusion of V. F. A. on milk yield and composition and on energy utilization by lactating cows. *Br. J. Nutr.*, **23**, 443-453.
- PROCOS J., 1961. Modifications of the spectrophotometric determination of ketones bodies in blood enabling the total recovery of beta-hydroxybutyric acid. *Clin. Chem.*, **7**, 97.

- REMOND B., JOURNET M., 1971. Alimentation des vaches laitières avec des rations à forte proportion d'aliments concentrés. I. Quantités ingérées et production laitière. *Ann. Zootech.*, **20**, 169-184.
- 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.
- ROOK J. A. F., BALCH C. C., 1961. The effects of intraruminal infusions of acetic, propionic and butyric acids on the yield and composition of the cow. *Brit J. Nutr.*, **15**, 361, 369.
- ROOK J. A. F., BALCH C. C., JOHNSON V. W., 1965. Further observations on the effects of intraruminal infusions of volatile fatty acids and lactic acid on the yield and composition of the milk of the cow. *Brit. J. Nutr.*, **19**, 93-99.
- SAUVANT D., 1973. *Origine mammaire et extramammaire des acides gras du lait de chèvre, interactions entre les acides acétique et stéarique*. Thèse Univ. Paris VI, Sci., 177 p.
- STEELE N., MOORE J. H., 1968. The effect of a serie of saturated fatty acid in the diet on milk fat secretion in the cow. *J. Dairy Res.*, **35**, 361.
- TYRRELL H. F., MOE P. W., FLATT W. P., 1970. Influence of excess protein intake on the energy metabolism of the dairy cow. *Proc. 5th Symp. Energy Metabol. Vitznau, Switzerland, F. A. A. P.*, Publ. 13, 69-72.
- VAN ES A. J. H., 1974. Feed evaluation for dairy cows. *F. A. A. P. 25th annual meeting. Commission on animal nutrition*, Copenhagen, August 20, p. 8.
- VAN ES A. J. H., NIJKAMP H. J., VOGT J. E., 1971. The net energy content of dried sugar-beet pulp and of sucrose when fed to lactating cows. *J. agric. Sci.*, **19**, 48-56.
- VÉRITÉ R., JOURNET M., 1971. Utilisation comparée de l'ensilage de maïs et de l'ensilage d'herbe pour la production laitière. *Ann. Zootech.*, **20**, 153-167.
- VÉRITÉ R., JOURNET M., 1973. Utilisation de quantités élevées de batteraves par les vaches laitières : étude de l'ingestion, de la digestion et des effets sur la production. *Ann. Zootech.*, **22**, 219-235.
- 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.