

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

R. VÉRITÉ et M. JOURNET

avec la collaboration technique de J. 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. Un maïs, récolté au stade laitieux du grain, a été ensilé seul (« ensilage laitieux ») ou après adjonction de grains de maïs aplati (« ensilage enrichi en grains »). On a comparé l'utilisation pour la production laitière de ces 2 ensilages lorsqu'ils étaient inclus dans des rations iso-énergétiques et iso-azotées. En outre on a étudié l'effet sur la production de la nature de la complémentation azotée (tourteau d'arachide seul ou avec urée) et du niveau des apports énergétiques (normal ou normal + 10 p. 100).

L'essai d'alimentation, de type factoriel $2 \times 2 \times 2$, réalisé sur 24 vaches en milieu de lactation, a compris une période expérimentale de 10 semaines et 2 périodes pré- et post-expérimentales de 3 semaines sur un régime commun à toutes les vaches. La ration était constituée d'ensilage de maïs comme seul fourrage et d'aliment concentré. Chaque semaine et pour chaque vache la quantité de concentré distribué était fonction de l'ingestion d'ensilage et de la production laitière attendue (calculée en supposant une décroissance de 2,5 p. 100 par semaine de la production laitière pré-expérimentale). La digestibilité des ensilages a été déterminée à l'aide de 4 autres vaches en fin de lactation.

2. L'ensilage de maïs laitieux a eu une moins bonne valeur laitière que l'ensilage enrichi en grains : il a permis des productions de lait, de lait à 4 p. 100 de matière grasse, et de matières azotées (14,9-14,9 et 0,48 kg) inférieures ($P < 0,05$) à celles de l'ensilage enrichi en grains (16,2-15,9 et 0,52 kg). Par contre, le gain de poids journalier et le taux butyreux ont été plus élevés (+ 250 g/j et 40,9 p. 1 000 contre + 108 g/j et 38,6 p. 1 000). Les matières grasses produites ont été moins riches en acides gras à 18 C et plus riches en acides gras à 16 C avec l'ensilage laitieux qu'avec l'ensilage enrichi en grains.

3. Il n'y a pas eu d'effet significatif de la nature de la complémentation azotée sur la produc-

tion, ni d'interaction avec le niveau d'apport énergétique. La réponse de la production laitière à la suralimentation énergétique a été assez importante : 1,2 kg/UF supplémentaire.

4. La mauvaise valeur laitière de l'ensilage de maïs ne semble pas liée à la composition du mélange d'acides gras volatils du jus de rumen (VÉRITÉ et JOURNET, 1975). D'après les teneurs plasmatiques en acides aminés libres et en glucose mesurées dans cet essai (CHAMPREDON, PRON et VÉRITÉ, 1974), elle pourrait provenir d'une moins bonne nutrition azotée et d'une carence en méthionine, lysine et histidine.

5. Les différences de taux butyreux et de composition en acides gras du lait entre les 2 ensilages peuvent être dues à des différences d'apports lipidiques et d'alcool par la ration et de mobilisation des lipides corporels.

INTRODUCTION

Bien que les productions de maïs à l'hectare, en matière sèche et en éléments nutritifs, soient maximales au stade vitreux du grain (ANDRIEU et DEMARQUILLY, 1971), tout comme les quantités de matière sèche d'ensilage ingérées par les vaches (VÉRITÉ, 1972 et revues de COPPOCK et STONE, 1968 ; JOURNET *et al.*, 1970), le maïs est ensilé dans certains cas (année défavorable, région marginale) à un stade plus précoce. Or, peu d'études ont été réalisées sur la production de lait avec des ensilages de maïs à faible teneur en matière sèche (HUBER *et al.*, 1965 ; BRYANT *et al.*, 1966 ; FISHER *et al.*, 1968 ; LOGAN *et al.*, 1968 ; WALDERN, 1972). A apport énergétique identique, l'ensilage de maïs récolté au stade laiteux semble provoquer une persistance de la production laitière plus faible que l'ensilage d'herbe et favoriser au contraire l'engraissement des vaches (VÉRITÉ et JOURNET, 1971). Il était donc intéressant de comparer l'utilisation pour la production de lait d'un ensilage de maïs récolté au stade laiteux avec un ensilage plus riche en grains et de connaître la valeur de production de ces ensilages ainsi que le niveau optimum de complémentation en aliment concentré.

La complémentation des rations d'ensilage de maïs avec de l'urée (dans l'ensilage ou dans l'aliment concentré) semble permettre une production de lait égale ou légèrement inférieure à celle obtenue avec une complémentation à base de tourteau (cf. revues de COPPOCK et STONE, 1968 et de JOURNET *et al.*, 1970) à condition que l'apport d'urée ne soit pas excessif (JOURNET, 1973). CONRAD et HIBBS (1968) ont observé une bonne utilisation de l'urée lorsqu'elle était incorporée dans la luzerne déshydratée (« dehy 100 »). La plupart de ces essais ont été réalisés avec une proportion élevée de céréales (aliment concentré + grain du maïs ensilé) dans la ration, ce qui peut améliorer l'utilisation de l'urée. Il paraissait intéressant d'étudier cette utilisation avec des ensilages de maïs moins riches en grain et avec les rations généralement employées en France comportant moins d'aliment concentré et apportant moins d'énergie.

Dans un essai factoriel $2 \times 2 \times 2$, nous avons voulu connaître l'effet sur la production des vaches laitières de chacun des 3 facteurs suivants : 1° nature de l'ensilage de maïs récolté au stade laiteux du grain (« ensilage laiteux ») et le même maïs enrichi en grains à la mise en silo (ensilage enrichi en grains) ; 2° niveau d'apport énergétique : suralimentation énergétique de 10 p. 100 ou apport normal d'énergie ; 3° nature de la complémentation azotée : tourteau d'arachide ou urée.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'essai (8-12-1969 au 19-04-1970), de type continu, a comporté les périodes suivantes : pré-expérience (3 semaines), transition (2 semaines), expérience (10 semaines), transition (1 semaine) et post-expérience (3 semaines). Les 24 vaches laitières utilisées, qui avaient vêlé depuis 7 à 17 semaines au début de la période expérimentale, ont été réparties en 3 blocs de 8 animaux. Ces blocs ont été constitués en tenant compte, dans l'ordre, du numéro de lactation (1^{re} ou 2^e et 3^e), de la race (*Frisonne* ou *Holstein*) et du niveau de production au cours de la période préexpérimentale (de 14 à 28 kg, en moyenne 21,0 kg). Les animaux de chaque bloc ont été ensuite répartis entre 8 lots expérimentaux.

Pendant la période préexpérimentale, toutes les vaches ont reçu du foin de graminées et de l'ensilage d'herbe de prairies naturelles à volonté ainsi que des betteraves (2,5 kg de matière sèche (MS)) et un aliment concentré pour couvrir leurs besoins.

Pendant la période expérimentale, chaque lot a reçu, pour chacun des 3 facteurs étudiés, une des 2 variantes suivantes :

1^o Nature de la ration de base : Ensilage de maïs laiteux, distribué à volonté ou ensilage de maïs enrichi en grains distribué en quantité limitée (7 à 10 kg de MS) pour obtenir une ration comportant plus de 50 p. 100 de grains. Ces ensilages provenaient d'une même parcelle de maïs (variété *INRA 258*, 20 p. 100 MS). Une partie de la récolte avait été ensilée directement (ensilage laiteux). A l'autre partie, du grain de maïs humide (34 p. 100 d'humidité), éclaté par aplattissage avait été ajouté à la mise en silo. Ce grain représentait 36,4 p. 100 de la matière sèche du produit final.

2^o Niveau d'apport énergétique : ce niveau (ajusté chaque semaine par la quantité d'orge distribuée) couvrait exactement les besoins des animaux ou 110 p. 100 des besoins. Pour éviter les effets en chaîne d'une suralimentation (ou sous-alimentation) accidentelle sur la production de lait, les besoins (1) ont été calculés à tout moment, non à partir de la production enregistrée, mais à partir de la production attendue. Cette dernière était obtenue en supposant que la production de chaque vache enregistrée en pré-expérience diminuait régulièrement ensuite de 2,5 p. 100 par semaine. En fait, 13 vaches ont été suralimentées et 11 seulement ont été alimentées normalement.

3^o Nature de la complémentation azotée : la couverture des besoins azotés (fonction de la production attendue) a été assurée par l'apport de 100 à 150 g d'urée (inclus dans 1 kg à 1,5 kg de luzerne déshydratée) et d'un peu de tourteau d'arachide si nécessaire ou par l'apport de tourteau d'arachide (et de 1,5 kg de luzerne déshydratée également).

Les vaches, sur litière de copeaux de bois, étaient alimentées individuellement et recevaient, en 2 repas égaux, l'ensilage (10 h et 18 h) et les autres aliments (9 h et 15 h). Chaque vache a reçu en plus 200 g par jour d'un composé minéral (60 p. 100 de phosphate bicalcique + 20 p. 100 sel marin + 18,8 p. 100 sulfate de magnésium + 1,2 p. 100 de sulfates de cuivre, zinc, cobalt et manganèse). Une vache ayant eu 2 mammites a été éliminée de l'expérience.

Pendant la période post-expérimentale, la ration de toutes les vaches était constituée de foin de graminées, de pulpes sèches de betteraves, d'ensilage de maïs et d'aliment concentré (en moyenne respectivement 4,7, 4,3, 2,8 et 1,6 kg de MS).

La teneur en matière sèche a été déterminée à l'étuve à 80°C, chaque jour pour les ensilages et les refus d'aliments et 2 fois par semaine pour les autres aliments. La composition chimique (tabl. 1) des aliments a été déterminée sur un échantillon moyen séché à l'étuve à 80°C. Pour les ensilages, les teneurs en azote et en acides organiques ont été déterminées sur un échantillon moyen humide conservé à -15°C. La teneur en lipides des aliments et leur composition en acides gras ont été déterminées par chromatographie en phase gazeuse des esters butyriques obtenus après hydrolyse acide, triple extraction au chloroforme-méthanol et saponification.

Pour chaque animal et chaque jour, les quantités d'aliments offertes et refusées, la quantité de lait produite et le taux butyreux (méthode Gerber) ont été mesurés. La teneur en matières azotées du lait (noir amido) a été déterminée une fois par semaine sur un échantillon moyen de lait de 4 traites consécutives. Des échantillons de beurre en vue de la détermination chromatographique des acides gras du beurre (DECAEN et ADDA, 1970) ont été constitués pour chaque animal

(1) Normes de besoins utilisés : Entretien : $\left(1,5 + \frac{P}{200}\right)$ UF et 0,6 g MAD par kg poids vif ; Lait : 0,38 UF et 60 g MAD par kg de lait 4 p. 100 de matières grasses.

au cours de la 8^e semaine expérimentale et à la fin de la période post-expérimentale. Les animaux ont été pesés une fois par semaine et pendant 3 jours consécutifs au début de la période expérimentale et à la fin des périodes préexpérimentale, expérimentale et post-expérimentale. A la fin de la période préexpérimentale, au cours des 2^e, 4^e et 10^e semaines expérimentales et à la fin de la période post-expérimentale, des prélèvements de sang jugulaire ont été faits 2 h 30 après le début du repas en vue de la détermination de la teneur en glucose et en urée (MICHEL, 1971) et de la composition en acides aminés libres, selon une modification de la technique de MOORE et STEIN, décrite par PAWLAK et PION (1968). Les résultats sont rapportés dans une autre publication (CHAMPREDON *et al.*, 1974). Les productions individuelles de la période préexpérimentale ont servi de base pour l'ajustement par analyse de covariance des résultats d'ingestion et de production obtenus au cours de la période expérimentale.

La digestibilité de chaque ensilage a été déterminée, dans un essai avec inversion, sur 4 vaches en fin de lactation, par collecte totale des fèces pendant 7 jours (après 2 semaines d'adaptation). Chaque vache recevait de l'ensilage laiteux presque à volonté (10,0 kg MS en moyenne) ou de l'ensilage enrichi en grains en quantité limitée (9,0 kg MS en moyenne) avec 1,36 kg de MS de luzerne déshydratée et du tourteau d'arachide (en moyenne 0,48 kg MS avec l'ensilage laiteux et 0,75 kg MS avec l'autre ensilage) pour obtenir une teneur en matière azotée de la ration proche de 14 p. 100 de la matière sèche. La digestibilité de la matière organique de la luzerne ayant été déterminée dans un essai précédent (63 p. 100) et celle du tourteau d'arachide étant estimée à 83 p. 100, nous avons déterminé par différence celle des ensilages.

RÉSULTATS

La composition chimique et la valeur énergétique des aliments sont données dans le tableau 1. Les ensilages, de caractéristiques chimiques assez différentes, ont été bien conservés tous les deux. L'ensilage laiteux avait des teneurs en acides lactique et acétique plus élevées que l'ensilage enrichi en grains. La digestibilité de la matière organique a été très différente : 68,5 ± 0,9 p. 100 pour l'ensilage laiteux et

TABLEAU I

Composition chimique et valeur énergétique des aliments

Aliments	Matière sèche (%)	Composition chimique (p. 100 de la MS)				Valeur énergétique (UF/kg MS)
		Matières minérales	Matières azotées	Cellulose brute	Acides gras longs	
Luzerne déshydratée	90,8	11,4	18,3	28,8	1,12	0,55
Luzerne déshydratée + urée	91,0	10,4	46,1	25,8	1,01	0,50
Orge	85,1	4,5	11,9	6,2	2,11	1,10
Tourteau d'arachide	91,6	6,2	57,8	4,8	1,40	1,00
Ensilage de maïs laiteux ⁽¹⁾	19,9	7,7	11,0	28,3	0,65	0,69 ⁽²⁾
Ensilage de maïs enrichi en grains ⁽¹⁾	28,6	4,9	9,7	15,8	2,05	0,83 ⁽²⁾

⁽¹⁾ Respectivement pour l'ensilage « laiteux » et l'ensilage « enrichi en grains », les teneurs (g/kg MS) en acides lactique, acétique et butyrique, le pH et la proportion d'azote ammoniacal (p. 100 de l'azote total) ont été : 77, 35, 0,04, 3,80, 6,5 et 51, 20, 0,09, 3,70, 8,0.

⁽²⁾ Valeurs obtenues à partir des résultats de digestibilité (cf. texte).

74,5 ± 0,7 p. 100 pour l'ensilage enrichi en grains, ce qui correspond d'après la formule de BREIREM (1954) à 0,69 et 0,83 UF/kg MS. Pour l'ensilage enrichi en grains, la digestibilité de la matière organique ainsi mesurée est plus faible que celle calculée à partir des proportions de ses 2 composants (63,6 p. 100 de « maïs laiteux » + 36,4 p. 100 de grain de maïs) et de la digestibilité de leur matière organique (respectivement 68,5 et 92 p. 100). La raison en a été la perte importante de grains dans les fèces (11,9 p. 100 de la quantité de grains ingérée) car l'aplatissage trop grossier avait laissé intact une bonne partie des grains. En tenant compte de ces pertes, la digestibilité calculée est alors plus faible (73,1 p. 100) et concorde avec celle mesurée.

Comparaison des deux ensilages

La quantité ingérée (tabl. 2) d'ensilage laiteux distribué à volonté a été en moyenne de 1,88 kg MS par 100 kg de poids vif. Ce niveau d'ingestion est faible malgré la quantité d'aliment concentré ingérée également faible (3,6 kg de MS), mais

TABLEAU 2

Quantités ingérées et productions moyennes enregistrées au cours de l'expérience
(Valeurs ajustées par analyse de covariance sur la production laitière en période pré-expérimentale)

	Type de l'ensilage		Niveau énergétique		Complémentation azotée	
	Ensilage laiteux	Ensilage enrichi en grains	Normal	Élevé	Tourteau	Urée
<i>Quantités ingérées</i>						
Ration totale (kg MS)	14,41	12,59	12,88	14,11	13,70	13,32
Ensilage de maïs (kg MS)	10,79	7,99	9,28	9,49	9,39	9,33
Luzerne déshydratée (avec ou sans urée) (kg MS)	1,26	1,24	1,21	1,29	1,36	1,14
Orge (kg MS)	1,85	2,65	1,85	2,66	1,90	2,66
Tourteau d'arachide (kg MS)	0,51	0,71	0,54	0,67	0,87	0,32
Apport énergétique (UF)	10,66	10,87	10,18	11,35	10,71	10,82
Apport azoté (g MAT)	2 095	1 895	1 951	2 039	1 978	2 017
<i>Productions</i>						
Lait (kg)	14,9**	16,2	14,9**	16,3	15,7	15,4
Lait à 4 p. 100 MG (kg)	14,9*	15,9	14,7**	16,2	15,6	15,2
Matières grasses (g)	600	625	584**	640	621	603
Protéines (g)	481**	516	477**	521	505	491
Taux butyreux (g p. 1 000)	40,9*	38,6	39,9	39,6	40,1	39,6
Taux de protéines (g p. 1 000)	32,7	32,1	32,5	32,3	32,8	32,1
Gain de poids vif (entre la 2 ^e et la 10 ^e semaine expérimentale) (g/j)	239*	— 38	— 28*	188	110	77

Seuil de signification pour la comparaison considérée : * : 5 p. 100 ; ** : 1 p. 100.

MS : matière sèche ; MAT : matières azotées totales (N × 6,25) ; MG : matières grasses ; UF : unités fourragères.

il peut s'expliquer par la faible teneur en matière sèche de l'ensilage (20 p. 100). Les apports énergétiques journaliers ont été très voisins dans les 2 lots et supérieurs d'environ 0,7 UF aux besoins réels. Les apports journaliers de matières azotées ($N \times 6,25$) ont été plus élevés (200 g) avec l'ensilage laiteux qu'avec l'ensilage enrichi en grains.

Pendant la période expérimentale (tabl. 2), les productions de lait, de lait à 4 p. 100 de matières grasses, et de matières azotées ont été plus faibles avec l'ensilage laiteux qu'avec l'ensilage enrichi en grains de 8,2 p. 100 ($P < 0,01$), 5,5 p. 100 ($P < 0,05$) et 6,8 p. 100 ($P < 0,01$) respectivement. Par contre le taux butyreux a été plus élevé (+ 2,4 g p. 1 000 en moyenne, $P < 0,05$) ainsi que la teneur en protéines du lait (+ 0,9 g p. 1 000, non significatif). Avec l'ensilage enrichi en grains, les matières grasses du lait (tabl. 3) ont contenu, pendant la période expérimentale, proportionnel-

TABLEAU 3

Composition en acides gras des matières grasses du lait
(en p. 100 de poids d'esters méthyliques)

	Période expérimentale		Période postexpérimentale	
	Ensilage laiteux	Ensilage enrichi en grains	Ensilage laiteux	Ensilage enrichi en grains
4	4,34 ± 0,20	5,56 ± 0,29	3,77 ± 0,27	4,42 ± 0,31
6	2,56 ± 0,14	3,04 ± 0,18	2,57 ± 0,22	3,08 ± 0,34
8	1,37 ± 0,04	1,52 ± 0,11	1,39 ± 0,09	1,64 ± 0,16
10	3,09 ± 0,12	2,98 ± 0,17	3,10 ± 0,17	3,43 ± 0,29
10 : 1	0,43 ± 0,04	0,45 ± 0,04	0,43 ± 0,04	0,53 ± 0,03
12	4,59 ± 0,24	4,37 ± 0,28	4,75 ± 0,22	4,66 ± 0,24
14	11,38 ± 0,40	11,38 ± 0,27	12,08 ± 0,25	12,18 ± 0,31
14 : 1	2,13 ± 0,09	1,75 ± 0,07	2,65 ± 0,12	2,60 ± 0,11
15	1,82 ± 0,09	1,14 ± 0,04	1,98 ± 0,08	1,80 ± 0,08
15 : 1	0,35 ± 0,03	0,46 ± 0,05	0,37 ± 0,05	0,42 ± 0,05
16	39,83 ± 0,69	31,77 ± 0,75	34,54 ± 0,37	34,62 ± 1,17
16 : 1	3,70 ± 0,09	3,26 ± 0,14	4,48 ± 0,15	4,42 ± 0,20
17	1,64 ± 0,09	1,26 ± 0,11	0,92 ± 0,06	0,92 ± 0,08
17 : 1	0,62 ± 0,07	0,57 ± 0,07	0,44 ± 0,05	0,43 ± 0,06
18	5,54 ± 0,19	7,56 ± 0,46	5,85 ± 0,23	5,77 ± 0,26
18 : 1	14,09 ± 0,28	19,55 ± 0,86	18,69 ± 0,70	16,70 ± 0,64
18 : 2	1,77 ± 0,08	2,30 ± 0,18	1,71 ± 0,06	1,95 ± 0,15
18 : 3	0,74 ± 0,07	1,08 ± 0,15	0,27 ± 0,05	0,43 ± 0,09

Moyenne ± écart-type de la moyenne.

lement plus d'acides gras longs (à 18 atomes de carbone) : 30,5 contre 22,1 p. 100 ($P < 0,01$) et moins d'acide palmitique : 31,8 contre 39,8 p. 100 ($P < 0,001$) qu'avec l'ensilage laiteux. D'une façon générale, la persistance mensuelle de la production de lait a été faible : 87,3 p. 100 en moyenne. Par ailleurs, avec l'ensilage laiteux il faut remarquer l'augmentation importante et continue (fig. 1) du taux butyreux (+ 6 g p. 1 000)

et du taux de matières azotées (+ 2 g p. 1 000) entre le début et la fin de la période expérimentale. Au cours de la période post-expérimentale, la production de lait, le taux butyreux, le taux de matières azotées et la composition en acides gras des matières grasses du lait sont redevenus identiques dans les deux lots. En effet, avec « l'ensilage laiteux » la production de lait a augmenté de plus de 1 kg tandis que le taux butyreux a baissé de 4 g p. 1 000 (fig. 1).

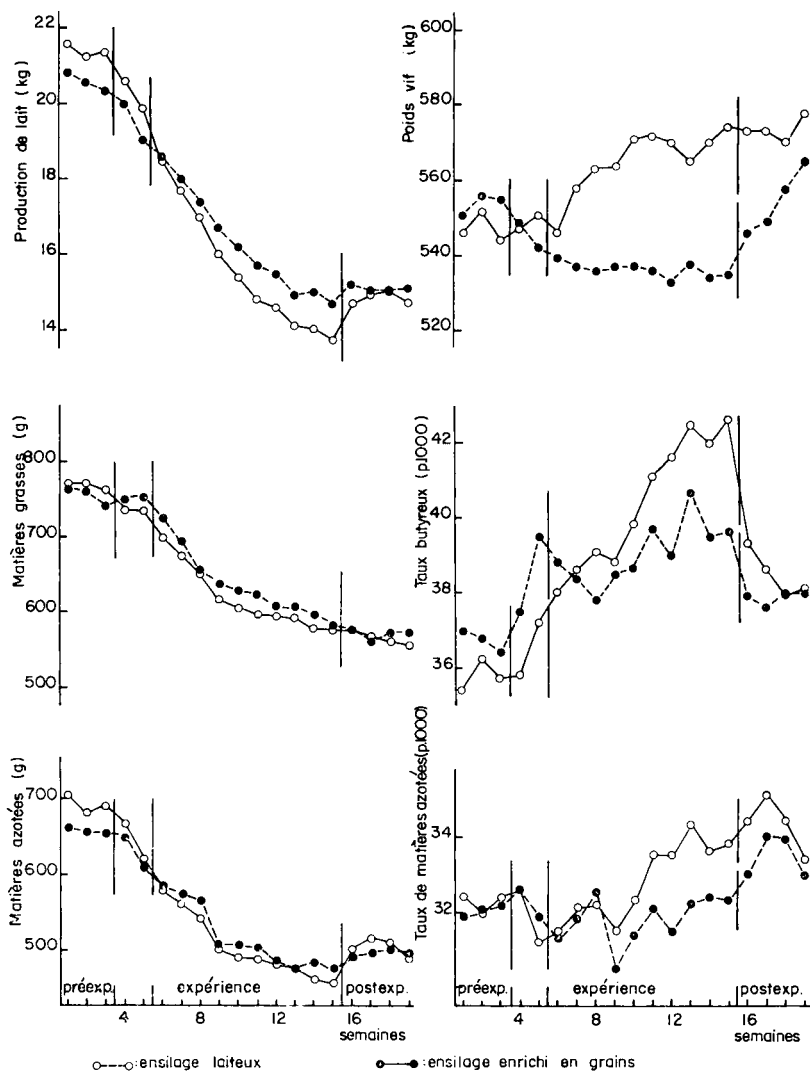


FIG. 1. — Évolution des productions et du poids vif au cours de l'expérience

Entre le début et la fin de la période expérimentale, les variations de poids vif ont été de + 239 g/j avec l'ensilage laiteux et - 38 g/j avec l'ensilage enrichi en grains. Pour obtenir une estimation des variations de poids réel (carcasse), nous avons

essayé de tenir compte des variations de poids des contenus digestifs en corrigeant ces gains de poids apparents pour les variations de quantités d'ensilage ingérées entre le début et la fin de l'expérience. Le facteur de correction (3,6 kg de poids vif par kg de MS d'ensilage, a été déterminé par régression multiple intra-lot entre le gain de poids apparent (y en kg) et ses deux principaux facteurs de variations : la différence d'ingestion entre le début et la fin de l'essai (x_1 en kg de MS d'ensilage) et l'excédent d'énergie apporté au cours de la même période (x_2 en UF) :

$$y = 3,6 x_1 + 0,33 x_2 + 3,9$$

$$S_y x_1 x_2 = 5,5 \quad R = 0,90 \quad n = 21$$

Les gains de poids ainsi corrigés ont été de + 250 g avec l'ensilage laiteux et + 108 g avec l'ensilage enrichi en grains ($P < 0,05$). Cet écart est confirmé par les différences de poids entre les périodes préexpérimentale et post-expérimentale (fig. 1), pendant lesquelles toutes les vaches recevaient le même régime. La régression précédente a permis de montrer qu'il a fallu apporter 3,0 UF pour obtenir 1 kg de gain de poids corrigé au cours de cet essai.

Comparaison des deux niveaux d'apports énergétiques

La différence du niveau d'apport énergétique entre les 2 traitements a été obtenue principalement par la distribution supplémentaire moyenne de 1,0 kg MS d'aliment concentré aux vaches « suralimentées ». Ces vaches ont ingéré en moyenne 1,09 UF de plus que leurs besoins théoriques tandis que les autres vaches ont ingéré 0,06 UF de moins que leurs besoins théoriques. L'apport de matières azotées a été peu différent entre les 2 lots (tabl. 2).

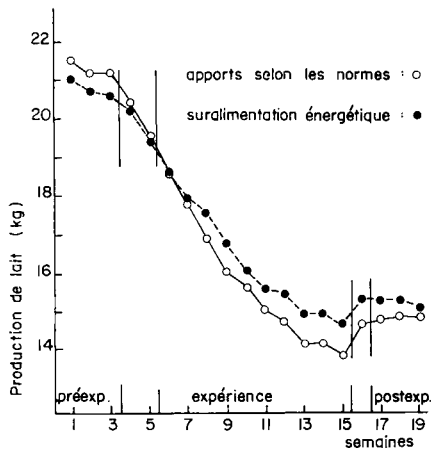


FIG. 2. — Effet de la suralimentation énergétique sur la production de lait

Les vaches suralimentées ont produit (tabl. 2) significativement ($P < 0,01$) plus de lait (9 p. 100), de lait à 4 p. 100 MG (10,2 p. 100), de matières grasses (9,1 p. 100) et de matières azotées (8,4 p. 100). Un apport de 1 UF supplémentaire a donc permis en moyenne une augmentation de la production de 1,2 kg de lait (ou 1,3 kg de lait

à 4 p. 100 MG) (fig. 2) ; la réponse a été la même pour les 2 ensilages. La composition du lait, y compris celle en acides gras, a été identique pour les 2 traitements. Le gain de poids corrigé des vaches suralimentées a également été plus élevé (de 192 g/j en moyenne entre le début et la fin de l'expérience) surtout dans le cas de l'ensilage laiteux.

Comparaison de deux sources azotées

Les apports énergétiques (10,8 et 10,7 UF) et azotés (1978 et 2 017 g MAT) ont été identiques pour les 2 traitements « tourteau d'arachide » et « urée ». Les vaches « complémentées » avec l'urée en ont reçu en moyenne 114 g/j (soit 16 p. 100 de l'apport total d'azote) ; cet apport a été compensé dans l'autre lot par un supplément de 0,55 kg de tourteau d'arachide. Il n'y a pas eu de différence significative (tabl. 2) dans la production de lait, de matières grasses et de matières azotées entre les 2 traitements. La composition du lait (taux butyreux et taux de protéines) et des matières grasses (proportions d'acides gras) a été identique ainsi que les changements de poids vif. Il n'y a pas eu de différence dans les productions entre les 2 sources azotées, quels que soient le niveau énergétique des apports ou le type d'ensilage.

La valeur des résultats sur la comparaison de l'efficacité d'utilisation de l'azote du tourteau d'arachide et de l'urée est en partie réduite par le fait que l'apport d'urée a été faible et que l'apport de matières azotées a été plus élevé que prévu (surtout avec l'ensilage laiteux) en raison d'une sous estimation au départ de la teneur en azote des ensilages et aussi de la diminution rapide de la production. Les apports de matières azotées digestibles (non compris l'urée) disponibles pour la production de lait ont été de 71 g (ensilage laiteux) et 62 g (ensilage enrichi en grains) par kg de lait à 4 p. 100 MG avec le tourteau d'arachide et de 53 g (ensilage laiteux) et 49 g (ensilage enrichi en grains) par kg de lait 4 p. 100 MG avec l'urée. Dans ce dernier cas, les animaux ont reçu en plus 8,3 et 7,4 g d'urée par kg de lait à 4 p. 100 MG en moyenne. En limitant la comparaison de l'urée et du tourteau au cas de l'ensilage enrichi en grains, le coefficient de transformation de l'azote digestible en azote du lait a été de 51 p. 100 dans le lot « tourteau ». En admettant le même coefficient pour le lot « urée », (puisque l'utilisation de l'azote semble avoir été aussi bonne que pour le lot « tourteau »), on obtient alors l'équivalence suivante : 1 g d'urée = 2,0 g de MAD.

DISCUSSION

Les vaches recevant l'ensilage de maïs laiteux ont produit moins de lait que celles recevant l'ensilage enrichi en grains, bien que les rapports énergétiques et azotés de la ration aient été identiques ; par contre, leur gain de poids vif a été plus élevé. Il semble donc que les nutriments disponibles ont été utilisés préférentiellement pour constituer des réserves corporelles plutôt que pour produire du lait, ce qu'on peut exprimer plus simplement en disant que l'ensilage de maïs laiteux a une plus mauvaise « valeur laitière ». FLATT *et al.* (1969) et ØRSKOV *et al.* (1967) ont également observé des différences entre rations dans le partage de l'énergie entre la production de lait et la constitution de réserves corporelles. Nous avons déjà montré

également (VÉRITÉ et JOURNET, 1971) qu'un ensilage de maïs récolté à un stade de maturité peu avancé avait une moins bonne valeur laitière qu'un ensilage d'herbe et nous l'avons attribué à une production trop forte d'acide propionique ou trop faible d'acide acétique. Ce n'est pas le cas dans l'essai présent puisque la proportion d'acide propionique dans le rumen a été la même avec les 2 ensilages et que la proportion d'acide acétique a même été supérieure avec l'ensilage de maïs laiteux.

Les différences observées au cours de l'essai présent (CHAMPREDON, PION et VÉRITÉ, 1974) dans les taux plasmatiques de glucose et d'acides aminés libres laissent cependant supposer des modifications dans l'utilisation métabolique des nutriments. Le taux de glucose plasmatique plus élevé avec l'ensilage laiteux semble dû à une mauvaise utilisation métabolique puisqu'il correspond à une production de lait plus faible et à un apport de corps glucoformateurs plus faible également. En effet avec l'ensilage enrichi en grains : 1° la quantité d'amidon apportée par la ration était trois fois plus forte qu'avec la ration d'ensilage de maïs laiteux (tabl. 4) ; 2° une partie non négligeable de l'amidon de cette ration (provenant essentiellement des grains de maïs) a dû être digérée seulement dans l'intestin en formant du glucose (ARMSTRONG et BEEVER, 1969 ; THIVEND et JOURNET, 1970) d'autant plus que les grains n'étaient que très grossièrement aplatis ; 3° la teneur en acide propionique du jus de rumen a été identique à celle enregistrée avec l'autre ensilage. Cette mauvaise utilisation du glucose avec l'ensilage « laiteux » est à relier à la mauvaise nutrition azotée due semble-t-il à une disponibilité insuffisante en méthionine, histidine et lysine d'après l'étude de l'amino-acidémie libre du plasma (CHAMPREDON, PION et VÉRITÉ, 1974). Elle peut avoir pour cause : 1° la forte solubilité des matières azotées apportées (VÉRITÉ et JOURNET, 1975) ; 2° la faiblesse des apports des composés soufrés (moins de 2 g de soufre par kg de MS) surtout avec l'ensilage laiteux puisqu'il ne contenait pas de grains (dont les acides aminés soufrés sont moins dégradés que ceux de l'appareil végétatif au cours des fermentations dans le silo (CHAPAT (1972) et McCARTHY *et al.*, 1970)) ; 3° une synthèse de protéines microbiennes (riches en histidine) insuffisante en raison de la trop faible proportion de céréales dans la ration.

TABLEAU 4

Caractéristiques des rations ingérées

	Ensilage laiteux	Ensilage enrichi en grains
Matière organique (kg/j)	13,33	12,16
Matière organique digestible (kg/j)	9,44	9,08
Matières azotées (kg/j)	2,09	1,89
Cellulose brute (kg/j)	3,54	1,80
Amidon (kg/j)	≈ 1,40	≈ 4,20
Acide lactique (g/j)	831	407
Acide acétique (g/j)	378	160
Acides gras (g/j) dont :	130	244
acide palmitique	61	74
acide à 18 atomes de C	66	158

Il existe également de profondes différences entre les 2 régimes dans la sécrétion des matières grasses du lait, indiquant des modifications du métabolisme lipidique. En effet, si la quantité de matières grasses sécrétée a été identique, en revanche, le taux butyreux a été plus élevé avec l'ensilage laiteux et les matières grasses ont été plus pauvres en acides gras longs (en C 18) et plus riches en acide palmitique. Ces modifications peuvent provenir de différences dans :

1° la quantité et la nature des lipides des rations puisque celle d'ensilage enrichi en grains a apporté presque 2 fois plus d'acides gras, surtout oléique et linoléique (tabl. 4) que l'autre ;

2° l'importance de la mobilisation des dépôts adipeux, probablement plus faible qu'avec l'ensilage laiteux comme semble l'indiquer les variations de poids vif ;

3° certains produits de la digestion puisque l'ensilage laiteux était vraisemblablement plus riche en alcool que l'ensilage enrichi en grains (DULPHY, 1973). Or, dans les essais de ØRSKOV *et al.* (1967) et de PRADHAN et HEMKEN (1970) des infusions d'éthanol dans le rumen de vaches laitières ont permis d'augmenter le taux butyreux du lait et ont provoqué une augmentation de la proportion des acides myristique et palmitique dans les matières grasses aux dépens de celle de l'acide oléique ;

4° l'évolution de la production laitière : le taux butyreux élevé avec l'ensilage laiteux peut être aussi une conséquence de la diminution plus rapide de la quantité de lait qu'avec l'ensilage enrichi en grains.

Les 2 régimes d'ensilage de maïs ont cependant permis une très forte augmentation du taux butyreux comparativement aux régimes préexpérimental et post-expérimental, à base de foin + ensilage + pulpe ou betteraves. Cet effet de l'ensilage de maïs semble caractéristique puisqu'il a déjà été noté par BRYANT *et al.* (1966) ; HUBER *et al.* (1965) ; CHALUPA *et al.* (1970) et VÉRITÉ et JOURNET (1971). L'augmentation avec l'ensilage de maïs enrichi en grains est inattendue, car la proportion de grains dans la ration est supérieure à 50 p. 100 et la teneur en cellulose brute est voisine de 14 p. 100. Or, selon KESTLER et SPAHR (1964), les rations contenant moins de 15 p. 100 de cellulose ont tendance à faire baisser le taux butyreux. Mais en fait, avec les 2 ensilages, la proportion des acides gras volatils (acétique + butyrique) précurseurs des matières grasses du lait a été normale, voisine de 76-77 p. 100 (VÉRITÉ et JOURNET, 1975).

La suralimentation énergétique a provoqué la même réponse avec les 2 ensilages : 1,2 kg de lait à 4 p. 100 de matières grasses par UF supplémentaire. Cette réponse, assez élevée pour un niveau d'alimentation voisin des normes et une période d'expérimentation relativement courte (cf. BROSTER, 1972) est peut-être la conséquence non seulement de l'amélioration du niveau énergétique mais aussi de l'amélioration induite de la nutrition azotée (due à une augmentation de la synthèse microbienne en rapport avec le supplément de céréales).

D'un point de vue pratique il se confirme que :

1° les ensilages de maïs récoltés au stade laiteux du grain et en zone d'altitude, en raison de leur faible niveau d'ingestion (1,9 kg de MS/100 kg de poids vif) et leur faible valeur énergétique (0,70 UF/kg de MS), ne peuvent pas assurer une production élevée de lait (moins de 10 kg de lait à 4 p. 100 de MG). Par ailleurs, ces ensilages semblent avoir une mauvaise valeur laitière (faible persistance de la production de

lait et engraissement des vaches) et provoquent un taux butyreux élevé. Il semble donc nécessaire d'étudier leur association avec d'autres fourrages du foin de luzerne en particulier et leur complémentation énergétique et azotée ;

2° l'urée apportée en faible quantité peut se substituer à une partie (15 à 20 p. 100 de l'azote du tourteau d'arachide sans effet dépressif sur la production laitière ; mais ce tourteau en raison de sa grande solubilité devrait être remplacé par d'autres tourteaux dans les rations contenant de l'urée. La qualité et la quantité des tourteaux à utiliser pour compléter les rations d'ensilage de maïs-urée doivent être étudiées.

Reçu pour publication en juillet 1974.

SUMMARY

FEEDING OF DAIRY COWS WITH MAIZE SILAGE : EFFECTS OF THE TYPE OF SILAGE, LEVEL OF ENERGY FEEDING AND NATURE OF NITROGEN SUPPLEMENT.

I. — MILK PRODUCTION

1. Maize was cut at the milk stage of the grain and ensiled either alone « milk silage » or after addition of crushed maize grain « grain enriched silage ». The utilization for milk production of these 2 silages was compared when included in iso-energetic and isonitrogenous diets. In addition, the effects of the nature of the nitrogen supplement (peanut-oil meal or urea) and of the level of energy feeding (normal or normal + 10 p. 100) were studied.

Twenty-four cows in mid-lactation were used in a factorial design $2 \times 2 \times 2$ with an experimental period of 10 weeks. The diet (table 1) was composed of maize silage as sole roughage and of concentrates. The amount of concentrates offered daily to each cow depended on its silage intake and on its predicted milk yield (supposing a 2.5 p. 100 weekly decrease of the preexperimental production). The digestibility of each silage was measured with 4 other cows in late lactation.

2. The « milk silage » had a poorer « milk value » than the « grain enriched silage » : cows given the « milk silage » produced less ($P < 0.05$) milk, fat-corrected milk and protein (14.9, 14.9, 0.48 vs 16.2, 15.9, 0.52 kg/day (table 2 and fig. 1) but gained more weight (250 vs 108 g/day). With « milk silage » the butterfat level was higher (40.9 vs 38.6 p. 1000) and milk fat contained less « 18 C » but more « 16 C » fatty acids (table 3).

3. The nature of the nitrogen supplement did not have any significant effect on the milk production (table 2) nor any interaction with the level of energy feeding. The milk production response of cows to energy overfeeding was rather high : 1.2 kg/extra F.U.

4. The rather bad « milk value » of the « milk silage » diet did not seem to be related with V.F.A. composition of the rumen fluid (VÉRITÉ and JOURNET, 1974) but was related to the blood levels of free amino acids and glucose (CHAMPREDON, PION and VÉRITÉ, 1974). It seemed to be due to a poorer protein nutrition and probably to a deficiency in methionine, lysine and histidine.

5. The differences between the two silages as regards the butterfat levels and fatty acid compositions might arise from differences in the dietary supplies of lipids and alcohol and in the mobilization of body lipids.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDRIEU J., DEMARQUILLY C., 1971. Composition chimique, digestibilité et ingestibilité de la plante de maïs sur pied. *X^e Congrès international de Zootechnie*, Versailles.
- ARMSTRONG D. G., BEEVER D. E., 1969. Postabomasal digestion of carbohydrate in the adult ruminant. *Proc. Nutr. Soc.*, **28**, 121-131.

- BREIREM K., 1954. Die Nettoenergie als Grundlage der Verwertung der Futtermittel in Nehring K, 100 Jahre Möckern. *Die Bewertung der Futterstoffe und andere probleme der Tiernahrung*. Berlin, Deutsche Akad. der Landwirtschafts Wissenschaften, t. II, 97-108.
- BROSTER W. H., 1972. Effect on milk yield of the cow of the level of feeding during lactation. *Dairy Sci. Abstr.*, **34**, 265-288.
- BRYANT H. T., BLASER R. E., HAMMES R. C., HUBER J. T., 1966. Evaluation of corn silage harvested at two stages of maturity. *Agronomy Journal*, **58**, 253-255.
- CHALUPA W., O'DELL G. D., HUTCHES A. J., LAVKER R., 1970. Supplemental corn silage or baled hay for correction of milk fat depressions produced by feeding pellets as the sole forage. *J. Dairy Sci.* **53**, 208-214.
- CHAMPREDON C., PION R., VÉRITÉ R., 1974. Influence de quelques facteurs alimentaires sur l'aminocacidémie libre de vaches laitières recevant des rations à base d'ensilage de maïs. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.* (sous presse).
- CHAPAT B., 1972. Résultats non publiés.
- CONRAD H. R., HIBBS H. W., 1968. Nitrogen utilization by the ruminant. Appreciation of its nutritive value. *J. Dairy Sci.*, **51**, 276-285.
- COPPOCK C. E., STONE J. B., 1968. Corn silage in the ration of dairy cattle : a review. New York State College of Agriculture. *Cornell Miscellaneous Bulletin*, **89**, 19 p.
- DECAEN C., ADDA J., 1970. Évolution de la sécrétion des acides gras des matières grasses du lait au cours de la lactation de la Vache. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **10**, 659-677.
- DULPHY J.-P., 1973. Communication personnelle.
- FISHER L. J., LOGAN V. S., DONOVAN L. S., CARSON R. B., 1968. Factors influencing dry matter intake and utilization of corn silage by lactating cows. *Can. J. Animal Sci.*, **48**, 207-214.
- FLATT W. P., MOE P. W., MUNSON A. N., COOPER T., 1969. Energy utilization by high producing dairy cows. II. Summary of energy balance experiments with lactating Holstein cows. In : *Energy Metabolism of farm animals* by BLAXTER, THORBCK, KIELANOWSKI. Proc. 4th Symposium, Warsaw, 1967, 235-251.
- HUBER J. T., GRAF G. C., ENGEL R. W., 1965. Effect of maturity on nutritive value of corn silage for lactating cows. *J. Dairy Sci.*, **48**, 1121-1123.
- JOURNET M., 1973. Utilisation par les vaches laitières de l'urée ajoutée à une ration d'ensilage de maïs récolté à un stade de maturité peu avancé. *Ann. Zootech.*, **22**, 115-119.
- JOURNET M., HODEN A., VÉRITÉ R., 1970. Utilisation de l'ensilage de maïs par les vaches laitières. *Bull. Tech. des Ingén.*, n° 250, 383-400.
- KESTLER E. M., SPAHR S. L., 1964. Physiological effects of high level concentrate feeding. *J. Dairy Sci.*, **47**, 1122-1128.
- LOGAN V. S., FISHER L. J., HAYDEN P. S., 1968. Effect of variety of ensiled corn and hay supplementation in milk production. *Can. J. Anim. Sci.*, **48**, 41-46.
- MCCARTHY R. D., PORTER G. A., PATTON R. A., 1970. Influence of ensiling with urea and a methionine analog on the aminoacid composition of the corn plant. *J. Dairy Sci.*, **53**, 1792.
- MICHEL M., 1971. *Analyse quantitative de quelques substances azotées et glucidiques en milieu biologique. Essai de rationalisation*. Thèse Docteur d'Université de Clermont Ferrand.
- ØRSKOV E. R., HEMKEN R. W., MOORE L. A., 1967. Effect of ethanol infusion on milk fat content and composition and on volatile fatty acids in the rumen liquor. *J. Dairy Sci.*, **50**, 692-695.
- 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.
- PRADHAN K., HEMKEN R. W., 1970. Utilization of ethanol and its effect on fatty acids pattern in ruminants. *J. Dairy Sci.*, **53**, 1739-1746.
- THIVEND P., JOURNET M., 1970. Utilisation digestive de l'amidon de maïs chez le Ruminant. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **10**, 323-326.
- VÉRITÉ R., 1972. Complémentation des rations à base d'ensilage de maïs en début de lactation. *Bull. Tech. C. R. Z. V.*, Theix, **7**, 5-9.
- 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., 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. II. Digestion dans le rumen. *Ann. Zootech.*, **24**, 109-116.
- WALDERN D. E., 1972. Effects of supplemental hay on consumption of low and medium dry matter corn silage by high producing dairy cows. *Can. J. anim. Sci.*, **52**, 491-495.