

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

R. VÉRITÉ et M. JOURNET

avec la collaboration technique de Jeanne FLÉCHET et A. OLLIER

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

---

RÉSUMÉ

Les effets sur la composition du mélange des acides gras volatils et la teneur en ammoniacque du jus de rumen, 1<sup>o</sup> de deux ensilages de maïs (ensilage de maïs récolté au stade laiteux du grain et ensilage du même maïs enrichi en grains à la mise en silo) et 2<sup>o</sup> de deux sources azotées de complément (urée et tourteau d'arachide) ont été étudiés à l'aide de 4 vaches fistulées du rumen. La composition du mélange d'acides gras volatils a été influencée par la nature de l'ensilage et ces résultats ont été comparés à ceux obtenus avec différentes rations à base d'ensilage de maïs ou de foin + aliment concentré. La cinétique de la concentration en ammoniacque après le début du repas a été influencée à la fois par la nature de l'ensilage et celle du complément azoté.

---

INTRODUCTION

Dans une expérience factorielle sur vaches laitières (VÉRITÉ et JOURNET, 1975) nous avons comparé les effets sur la production, 1<sup>o</sup> de deux ensilages de maïs (ensilage de maïs récolté au stade laiteux du grain et ensilage du même maïs enrichi en grains à la mise en silo) et 2<sup>o</sup> de deux sources azotées de complément (urée et tourteau d'arachide) en liaison avec le niveau des apports énergétiques. A apports énergétiques égaux, « l'ensilage de maïs laiteux » a provoqué une production de lait plus

faible mais un gain de poids vif et un taux butyreux plus élevé que l'ensilage de maïs enrichi en grains. Quel que soit l'apport énergétique, la nature de l'apport azoté a eu peu d'influence sur la production. Pour aider à l'interprétation de ces nous avons étudié l'effet de la nature de l'ensilage et de la nature de la source azotée résultats, de complément sur certains phénomènes digestifs dans le rumen, les productions d'acides gras volatils et d'ammoniaque.

## MATÉRIEL, ET MÉTHODES

Un maïs récolté (20 p. 100 de MS) au stade laiteux du grain, a été ensilé en silo couloir, 1<sup>o</sup> seul : « ensilage laiteux » ou 2<sup>o</sup> additionné de grains de maïs humide aplati : « ensilage enrichi en grains » (le grain représentant 36,4 p. 100 de la MS du produit final). Quatre vaches en lactation (13 à 24 kg de lait au début de l'essai), porteuses d'une large fistule du rumen, étaient en stalles individuelles recouvertes de tapis de caoutchouc. Deux d'entre elles ont reçu en permanence pendant 12 semaines de l'ensilage de maïs laiteux à volonté et les 2 autres de l'ensilage de maïs enrichi en grains en quantité limitée (8 à 13 kg MS). Les besoins énergétiques et azotés étaient couverts par l'apport supplémentaire d'orge et d'un des 2 compléments azotés suivants : 1<sup>o</sup> urée (incorporée à raison de 10 p. 100 dans de la luzerne déshydratée) + tourteau d'arachide si besoin ou 2<sup>o</sup> tourteau d'arachide (et de la luzerne déshydratée). Pour chaque ensilage de maïs, une vache a reçu les compléments azotés dans l'ordre suivant : urée (6 semaines) puis tourteau d'arachide (6 semaines) et l'autre vache dans l'ordre inverse. Pour chaque vache l'urée a représenté 17 p. 100 des apports azotés totaux. L'orge et les compléments azotés étaient distribués par moitié à 8 h et 17 h et l'ensilage également par moitié 1 heure plus tard. Les caractéristiques des aliments utilisés sont rapportées par ailleurs (VÉRITÉ et JOURNET, 1975).

Les quantités ingérées et les productions ont été enregistrées chaque jour. Au cours des 2<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> semaines de chacune des 2 périodes, des échantillons de jus de rumen ont été prélevés 2 jours de suite, toutes les demi-heures entre 8 h et 12 h et toutes les heures jusqu'à 17 h en vue de déterminer, 1<sup>o</sup> la teneur en ammoniaque et 2<sup>o</sup> la teneur en acides gras volatils et les proportions relatives de ces acides (à 11 h) par chromatographie en phase gazeuse (RIGAUD et JOURNET, 1970). Au cours des mêmes semaines, un échantillon de sang jugulaire a été prélevé à 10 h 30 en vue de déterminer les teneurs plasmatiques en glucose et en urée, respectivement par les méthodes colorimétriques à la glucose-oxydase et à la diacétylmonoxime (MICHEL, 1971). Le poids du contenu de rumen (vidage manuel) et sa teneur en matière sèche ont été déterminés à la même fréquence, 6 heures après le début du repas d'ensilage.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### *Acides gras volatils*

La nature de la complémentation azotée n'a pas eu d'influence sur la teneur et la composition relative en AGV du jus de rumen (tabl. 1). Par contre, celle-ci a été très différente selon la nature de l'ensilage (tabl. 1). La proportion relative d'acide acétique 2 heures après le début du repas d'ensilage a été nettement plus faible avec l'ensilage enrichi en grains (61,9 p. 100) qu'avec l'ensilage laiteux (67,4 p. 100). Cette différence est cohérente avec la plus forte proportion de grains (et donc d'amidon) contenue dans cette ration. L'augmentation compensatrice a eu lieu non pas sur la proportion d'acide propionique mais sur celle d'acide butyrique, bien que l'ensilage enrichi en grains ait été parfaitement conservé et n'ait pas contenu lui-même d'acide butyrique. EADIE *et al.* (1970) ont observé avec des rations d'orge

distribuées en quantité limitée à des génisses que la proportion relative d'acide butyrique dans le jus de rumen semblait liée à l'importance de la population de ciliés du rumen. Avec la ration d'ensilage de maïs enrichi en grains, la richesse en amidon et la limitation des quantités distribuées ont pu favoriser le développement

TABLEAU I

*Comparaison des ensilages et des sources azotées*

	Comparaison des ensilages		Comparaison des sources azotées	
	Ensilage laiteux	Ensilage enrichi en grains	Urée	Tourteau d'arachide
<i>Quantités ingérées</i>				
Ensilage (kg MS) . . . . .	9,50	11,02	10,15	10,37
Luzerne déshydratée (kg MS) . . . . .	1,25	1,25	1,13	1,36
Orge (kg MS) . . . . .	2,45	0,28	1,48	1,25
Tourteau d'arachide (kg MS) . . . . .	0,51	0,63	0,37	0,77
Urée (g) . . . . .	57	57	113	0
Matières azotées (p. 100 MS) . . . . .	14,7	14,1	14,9	13,9
Poids vif (kg) . . . . .	612	620	613	619
Production de lait (kg) . . . . .	15,3	13,9	14,7	14,6
Poids du contenu du rumen <sup>(1)</sup> (kg) . . . . .	88	77	81	85
Teneurs plasmatiques :				
urée (mg/100 ml) . . . . .	25,2	27,1	29,2	23,1
glucose (mg/100 ml) . . . . .	57,0	56,7	58,5	55,1
Teneur en AGV du jus de rumen (mmoles/l) . . . . .	104	100	99	105
Composition molaire du mélange d'AGV du rumen <sup>(2)</sup> :				
C <sub>2</sub> . . . . .	67,4	61,9	65,3	64,0
C <sub>3</sub> . . . . .	19,0	20,8	19,3	20,5
iso C <sub>4</sub> . . . . .	0,4	0,3	0,4	0,4
C <sub>4</sub> . . . . .	9,9	13,7	11,5	12,1
iso C <sub>5</sub> . . . . .	1,7	1,3	1,5	1,5
C <sub>5</sub> . . . . .	1,4	1,7	1,7	1,4

<sup>(1)</sup> 6 heures après le début du repas d'ensilage de maïs.

<sup>(2)</sup> prélèvement de jus de rumen effectué 3 heures après le début du repas d'aliment concentré et 2 heures après celui d'ensilage de maïs.

des ciliés dans le rumen et expliqueraient ainsi la proportion élevée d'acide butyrique dans le rumen. Cette hypothèse est cohérente avec la plus grande synthèse de protéines microbiennes qui semble avoir eu lieu avec ce régime (CHAMPREDON, PION et VÉRITÉ, 1974). Les fermentations dans le rumen enregistrées avec ces deux ensilages concordent avec celles notées dans plusieurs autres essais sur des vaches lai-

tières (tabl. 2). Dans les essais réalisés avec des ensilages de maïs à 30 p. 100 de matière sèche ou plus, distribués *ad libitum*, les fermentations dans le rumen sont peu déviées lorsque les quantités d'aliments concentrés ingérées sont inférieures à 3 kg/vache/jour, surtout lorsque la ration contient un peu de foin. Les grains y compris ceux de l'ensilage représentent alors 45 à 55 p. 100 de la matière sèche ingérée.

TABLEAU 2

*Composition en acides gras volatils du jus de rumen  
de vaches recevant différentes rations à base d'ensilage de maïs  
(entre 30 et 35 p. 100 de matière sèche)*

Essai	Quantités ingérées (kg MS)			Composition en acides gras volatils (moles p. 100)			
	Ensilage de maïs	Aliment concentré	Foin	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> /C <sub>3</sub>
1 <i>Ad libitum</i> (1)	13,7	0,9 <sup>CT</sup>	2,3	65,4	17,8	12,5	3,7
	14,2	2,7 <sup>CT</sup>	2,4	64,2	19,5	12,1	3,3
	10,7	5,9 <sup>CT</sup>	2,1	57,9	22,2	15,6	2,6
	14,4	1,0 <sup>CT</sup>	—	61,8	20,6	12,9	3,0
	12,5	3,0 <sup>CT</sup>	—	61,2	20,9	13,1	2,9
	13,1	5,3 <sup>CT</sup>	—	60,1	23,7	12,0	2,5
2 limité	10,9	0	—	63,6	18,8	13,9	3,4
	6,9	4,0 <sup>P</sup>	—	64,0	20,1	13,5	3,2
	6,9	3,9 <sup>C</sup>	—	61,6	18,1	16,7	3,4
3 et 4 limité	5,7	1,3 <sup>T</sup>	—	63,7	18,2	13,1	3,5
5 limité	9,9	4,3 <sup>CP</sup>	—	67,2	18,5	10,7	3,6

Les prélèvements de jus de rumen ont été effectués par tubage œsophagien sur 24 vaches dans chacun des essais 1 et 5 et par la fistule du rumen sur 4 vaches dans chacun des essais 2, 3 et 4.

Horaires des repas et prélèvement :

Essai 1 : foin à 6 h 30, la moitié du concentré à 8 h 30, la moitié de l'ensilage à 9 h, prélèvement de jus de rumen à 11 heures

Essai 2, 3, 4 et 5 : la moitié de l'ensilage et du concentré mélangé à 8 h, prélèvement de jus à 11 h.

Nature de l'aliment concentré : céréales (C), tourteau (T), pulpes sèches de betteraves (P).

(1) Mode de distribution de l'ensilage de maïs.

Deux à trois heures après le début du repas d'ensilage, la proportion d'acide acétique est proche de 63-65 p. 100, celle d'acide propionique est normale ou faible (16 à 20 p. 100) et celle d'acide butyrique normale ou légèrement élevée (11 à 14 p. 100). Lorsque l'ensilage est distribué en quantité limitée, il est possible d'apporter plus d'aliment concentré sans modifier de façon importante la composition du mélange d'AGV. Ces fermentations sont comparables à celles obtenues par HUBER *et al.* (1967) avec des vaches laitières mais très nettement différentes de celles obtenues par ANDRIEU

et DEMARQUILLY (1974) sur des moutons recevant de l'ensilage de maïs seul, où la teneur en acide acétique était comprise entre 50 et 60 p. 100. Cependant, lorsque la quantité d'aliment concentré dépasse 3 ou 4 kg, la proportion d'acide acétique diminue, celle d'acide propionique augmente et le rapport acide acétique/acide propionique devient alors inférieur à 3. A taux égal de cellulose Weende dans la ration, les fermentations dans le rumen obtenues avec des rations d'ensilage de maïs sont comparables à celles obtenues avec des rations de foin + aliment concentré (fig. 1). Cependant, dans l'ensemble les régimes à base d'ensilage de maïs seraient plus favorables à un taux butyreux élevé puisque, en plus de leur richesse en lipides, la proportion relative dans le rumen de précurseurs des matières grasses (acides acétique et surtout butyrique) reste normale (76-78 p. 100) ainsi que le rapport acide acétique/acide propionique excepté lorsque la quantité d'aliment concentré devient trop élevée.

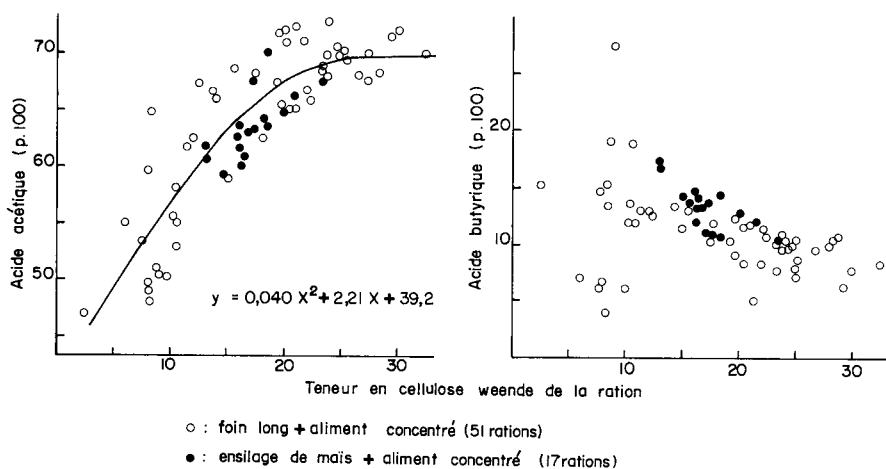


FIG. 1. — Liaison entre la teneur en cellulose Weende de la ration et les proportions relatives d'acide acétique et butyrique dans le rumen. (Résultats d'essais effectués sur des vaches au Laboratoire de la production laitière entre 1966 et 1974.) La courbe moyenne a été obtenue uniquement à partir des rations foin + concentré. Le prélèvement de jus de rumen a été effectué 2 à 4 heures après la distribution du fourrage.

### Ammoniacque

La teneur en ammoniacque du jus de rumen a été maximale entre 1 h 30 et 3 heures après la distribution d'aliment concentré. Avec la distribution d'urée, la teneur maximale et la teneur moyenne (pendant les 5 heures suivant la distribution d'aliment) en ammoniacque du jus de rumen (fig. 2) ainsi que la teneur en urée du plasma (tabl. 1) ont été plus élevées qu'avec le tourteau d'arachide. Ces différences sont dues à la rapidité d'hydrolyse de l'urée mais aussi en partie à la teneur en matière azotée ( $N \times 6,25$ ) de la ration plus élevée avec l'urée (14,9 p. 100) qu'avec le tourteau d'arachide (13,9 p. 100).

L'augmentation de la teneur en ammoniacque consécutive au repas a été plus importante et rapide avec l'ensilage enrichi en grains qu'avec l'ensilage de maïs laiteux. A taux azoté des rations identiques, la teneur moyenne de 0 à 5 heures

après le début du repas, en ammoniacque du jus de rumen a été significativement (analyse de covariance,  $P < 0,01$ ) plus élevée avec l'ensilage enrichi en grains mais la teneur en urée du sang n'a pas été notablement différente (tabl. 1). Il est possible que les variations entre vaches, l'ingestion plus rapide de l'ensilage enrichi en grains, et le volume de liquide dans le rumen plus faible avec cet ensilage (71 l contre 88 l) expliquent une partie de cette différence. En outre la fraction grain des 2 rations a également été différente en nature et en quantité : orge broyée dans l'une, maïs grain aplati et ensilé dans l'autre. Cependant, il est probable que la dégradation dans le rumen des matières azotées en ammoniacque a été réellement plus importante avec l'ensilage enrichi en grains qu'avec l'ensilage laitieux. La solubilité des matières azotées des ensilages dans une solution à 10 p. 100 d'acide trichloracétique a d'ailleurs été plus élevée avec l'ensilage enrichi en grains (70 p. 100) qu'avec l'ensilage laitieux (62 p. 100). Ces solubilités sont élevées (JOHNSON *et al.*, 1967) sans doute parce que le maïs a été récolté à un stade de maturité très peu avancé et que les fermentations dans le silo ont été très importantes comme le montrent les teneurs élevées en acides de l'ensilage (VÉRITÉ et JOURNET, 1975). Cependant, on peut s'étonner de la plus forte dégradation dans le rumen des matières azotées de l'ensilage enrichi en grains puisque les protéines du grain de maïs sont peu solubles (WOHLT, SNIFFEN et HOOVER, 1973) et que la conservation par ensilage les dégraderait moins que celles de l'appareil végétatif (CHAPAT, 1972).

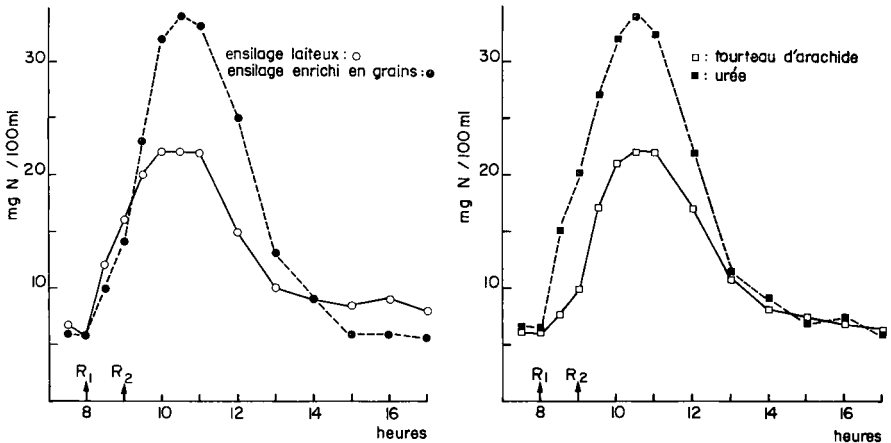


FIG. 2. — Évolution au cours de la journée de la teneur en ammoniacque du jus de rumen

R<sub>1</sub> et R<sub>2</sub> : distribution de la moitié de la ration journalière d'aliment concentré (R<sub>1</sub>) et d'ensilage (R<sub>2</sub>)

Pour un ensilage donné le taux azoté de la ration explique 53 p. 100 des variations de la teneur moyenne en ammoniacque du jus de rumen (moyenne des 5 premières heures après le début de l'ingestion du complément azoté) et 45 p. 100 des variations de la teneur en urée du plasma. Celles-ci sont donc dues en grande partie aux différences de taux azoté de la ration et pour une autre partie aux différences de solubilité de l'azote ingéré, l'azote de l'urée et du tourteau en particulier. Pour

EGAN et KELLAWAY (1971) dans des conditions sensiblement différentes (liaison établie entre le taux de matières azotées de 5 à 33 p. 100 de la matière sèche de différents fourrages verts et la teneur moyenne en ammoniacque du jus de rumen de plusieurs moutons), le taux azoté de la ration expliquerait environ 65 p. 100 des variations de la teneur en ammoniacque du jus de rumen (1 ou 4 heures après le début du repas) et la quantité d'azote ingérée expliquerait 60 p. 100 des variations de la teneur en urée du plasma.

*Reçu pour publication en juillet 1974.*

## 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.

## SUMMARY

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

#### II. — DIGESTION IN THE RUMEN

The effects on the volatile fatty acids composition and on the ammonia content of the rumen fluid of 2 maize silages (maize harvested at the milk stage of the grain and ensiled either alone or after addition of crushed maize grain) and of 2 nitrogen supplements (urea and peanut oil-meal) were studied by means of 4 cows fitted with rumen fistulae. The proportion of volatile fatty acids (table 1) was affected by the nature of the silage. The data recorded were compared with those obtained with different diets based on maize silage (table 2) or hay + concentrate feed (fig. 2). The kinetics of the ammonia concentration after the beginning of the meal (fig. 1) were affected by the type of the silage as well as by the nature of the nitrogen supplement.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDRIEU J., DEMARQUILLY C., 1974. Composition du jus de rumen chez le mouton recevant à volonté du maïs fourrage sur pied ou ensilé. *Ann. Zootech.*, **23**, 301-312.
- CHAMPREDON C., PION R., VÉRITÉ R., 1974. Influence de quelques facteurs alimentaires sur l'acidémie 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.
- EADIE J. M., HYLGAARD-JENSEN J., MANN S. O., REID R. S., WHITELAW F. G., 1970. Observations on the microbiology and biochemistry of the rumen in cattle given different quantities of a pelleted barley ration. *Br. J. Nutr.*, **24**, 151-177.
- EGAN A. R., KELLAWAY R. C., 1971. Evaluation of nitrogen metabolites as indices of nitrogen utilization in sheep given frozen and dry mature herbage. *Br. J. Nutr.*, **26**, 335-351.
- HUBER J. T., SANDY R. A., POLAN C. E., BRYANT H. T., BLASER R. E., 1967. Varying levels of urea for dairy cows fed corn silage as the only forage. *J. Dairy Sci.*, **50**, 1241-1247.

- JOHNSON R. R., McCLURE K. E., KLOSTERMAN E. W., JOHNSON L. J., 1967. Corn plant maturity III. Distribution of nitrogen in corn silage treated with limestone, urea and diammonium phosphate. *J. Anim. Sci.*, **26**, 394-399.
- MICHEL M., 1971. *Analyse quantitative de quelques substances azotées et glucidiques en milieu biologique. Essai de rationalisation.* Thèse Docteur d'Université de Clermont-Ferrand.
- 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.
- 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.
- WOHLT J. E., SNIFFEN C. J., HOOVER W. H., 1973. Measurement of protein solubility in common feedstuffs. *J. Dairy Sci.*, **56**, 1052-1057.
-