

*UTILISATION PAR LA VACHE LAITIÈRE
DE L'ENSILAGE DE MAÏS-SOJA :
COMPARAISON TECHNIQUE ET ÉCONOMIQUE
AVEC L'ENSILAGE DE MAÏS*

LE DÉVELOPPEMENT DE LA CULTURE DU MAÏS-FOURRAGE, QUI APPARAÎT COMME UN MAILLON QUASI INDISPENSABLE DE L'INTENSIFICATION FOURRAGÈRE, accroît la dépendance des troupeaux laitiers vis-à-vis des tourteaux nécessaires à l'équilibre des rations. Parmi les solutions envisagées pour limiter l'emploi des tourteaux dans le rationnement des vaches laitières, l'association maïs-soja semble être une voie à retenir, notamment dans les conditions agroclimatiques du Sud-Ouest de la France. En effet, divers essais (MARTY et coll., 1978 ; MARTY et EYCHENNE, 1980 ; RAKOTONDRAZAFY, 1980) ont montré qu'il est possible, dans ces zones, de cultiver en association le maïs et le soja, sous certaines conditions de semis et de fertilisation, pour les récolter ensemble et les conserver sous forme d'ensilage.

Dans une première étude (MONCOULON et AFFANE, 1983), nous avons pu préciser la valeur alimentaire de ce fourrage et son aptitude à être ensilé. Il apparaît que si la valeur énergétique du maïs-soja est légèrement inférieure à celle du maïs-fourrage (respectivement 0,85 et 0,88 U.F.L./kg de M.S.), en contrepartie, sa valeur azotée est supérieure (respectivement

*par R. Moncoulon,
M. Affane
et P. Weiss*

64 g et 51 g de P.D.I.N./kg de M.S.). Sa conservation par ensilage est aisée et ne nécessite ni précaution particulière, ni usage de conservateur. Enfin, le niveau d'ingestion mesuré chez le mouton confère à l'association maïs-soja une valeur d'encombrement inférieure à celle du maïs, respectivement 1,20 et 1,30 U.E.M./kg de M.S.

Pour la production laitière, quelle est l'efficacité de l'ensilage de maïs-soja par rapport à celle de l'ensilage de maïs complétement par du tourteau de soja ?

L'objectif de ce travail étant de préciser l'intérêt technique et économique en élevage laitier de cette association fourragère maïs-soja, un essai a été mis en place, en collaboration avec l'I.T.C.F., sur la Station d'Expérimentation Animale de l'E.N.S.A.T. Nous avons comparé les résultats obtenus sur deux lots de vaches laitières en lactation qui ont reçu, pendant 4 mois consécutifs et en plat unique, soit de l'ensilage de maïs plante entière, soit de l'ensilage de maïs-soja.

I - MATÉRIEL ET MÉTHODE

1. Les animaux

Deux lots de 10 vaches laitières de race Française Frisonne sont constitués à partir du troupeau de l'exploitation ; ils sont établis selon la méthode des couples, en prenant en compte par ordre décroissant les critères suivants :

- la lactation n-1 (le lait à 4 % produit en 305 jours),
- le niveau de production à la date de mise en lot (lactation n),
- le numéro de lactation,
- le poids vif au vêlage,
- le poids vif à la mise en lot,
- le stade de lactation (intervalle date de vêlage - date de mise en lot).

A l'allotement, les deux vaches de chaque couple sont réparties au hasard entre les deux lots. Il n'apparaît pas de différence significative pour chacun des critères au début de l'essai (tableau I). Les deux lots peuvent donc être considérés comme semblables.

TABLEAU I
VALEURS MOYENNES DES CRITÈRES DE MISE EN LOT

Traitement	Lot I (E. maïs) 10	Lot II (E. maïs-soja) 10	
Effectif			
Lactation (n-1) 305 j (kg lait 4%)	5984 ± 527	5637 ± 1009	N.S.
Niveau de production (kg/j)	22,05 ± 9,75	21,55 ± 6,18	N.S.
Poids vif après vélage (kg)	644 ± 58	660 ± 50	N.S.
Poids vif à la mise en lot (kg)	643 ± 55	647 ± 47	N.S.
Stade de lactation (jours)	80,6 ± 48,7	89,6 ± 52,0	N.S.

Les vaches sont maintenues en stabulation libre permanente et disposent d'une aire d'exercice bétonnée et d'une aire de repos paillée.

2. Les aliments

Les ensilages

L'association maïs-soja (20 ha) et le maïs témoin (20 ha) ont été cultivés en situation irriguée.

Les sols de l'exploitation sont constitués par des alluvions anciennes, correspondant à la troisième terrasse de la Garonne. Le semis a été réalisé les 3 et 4 juin 1982. Dans le cas de l'association, les grains de maïs et de soja sont localisés sur la même ligne, en un seul passage, en utilisant un semoir pneumatique « Benac sup/air 100 » modifié. L'écartement entre les lignes est de 75 cm et la profondeur de semis comprise entre 3 et 5 cm. La densité de semis est de 74 000 grains/ha pour le maïs et de 350 000 grains/ha pour le soja.

La fertilisation apportée au moment de la préparation superficielle du lit de semence est de 180 kg N/ha, de 120 kg/ha de P₂O₅ et de K₂O. Les cultures ont été désherbées par application d'un mélange de linuron (0,5 kg/ha) et d'alachlore (1,5 kg/ha) en post-semis.

La variété de soja utilisée est Williams (groupe III) et la variété de maïs est Stella (groupe de précocité 320).

Le maïs témoin (Stella) est mis en culture de façon semblable, avec une densité de semis de 85 000 grains/ha. La fertilisation est identique à celle de l'association ; la culture est désherbée par le mélange simazine-atrazine, en post-semis.

La récolte des deux ensilages a lieu au cours de la première semaine d'octobre, à l'aide d'une ensileuse tractée équipée d'un bec maïs à deux rangs. Les deux ensilages sont stockés dans deux silos couloirs en béton. Au moment de la récolte, le maïs, qu'il soit cultivé seul ou en association, est au stade « grains vitreux » ; le soja est au stade « grains vitreux » pour les premières gousses formées et au stade « grains laiteux » pour les dernières. Toutes les feuilles du soja sont encore vertes.

A la récolte, le maïs témoin a produit $13,5 \pm 1,0$ t/ha de M.S. et l'association maïs-soja $13,0 \pm 1,3$ t/ha de M.S.

Les aliments concentrés

La complémentation azotée, énergétique et minérale des rations est réalisée par des apports individuels de tourteau de soja 48-50, de farine d'orge, de composé minéral vitaminé de type 8-2-18 et de carbonate de calcium.

3. Conduite de l'essai

Avant la mise en lots et durant 15 jours, toutes les vaches sont soumises à une ration à base d'ensilage de maïs-soja. Pendant les 112 jours de la période expérimentale, les ensilages sont distribués à volonté en deux repas par jour.

Les apports de concentré sont ajustés aux besoins théoriques d'entretien et de production de chacune des vaches, en prenant en compte la valeur alimentaire de chaque ensilage. Le même niveau d'ingestion de ration de base (13,5 kg M.S./V.L./j.) est retenu pour les deux lots et pour toute la durée de l'essai, en considérant a priori que le comportement des vaches est semblable vis-à-vis des deux ensilages distribués à volonté et en plat unique.

Une remise à jour de la complémentation en concentrés est faite après chaque contrôle hebdomadaire de production laitière ; elle prend en compte la moyenne des trois derniers contrôles de production. Une telle méthode d'ajustement a été retenue, afin que les écarts éventuels de production entre lots puissent être attribués aux ensilages et non à des différences de quantités d'aliments concentrés distribués ; et aussi pour que les niveaux d'ingestion des deux ensilages ne soient pas affectés par une distribution trop libérale, ou au contraire insuffisante, de concentrés dans le cas d'une persistance anormalement élevée ou anormalement faible.

4. Les contrôles

— *La consommation de fourrages grossiers*

Les ensilages, distribués deux fois par jour à volonté, de façon que les refus soient de l'ordre de 10 %, sont pesés à chaque distribution. Les contrôles sont réalisés pour chaque lot de dix vaches, 5 jours sur 7. Les refus sont prélevés chaque jour avant la première distribution. Toutes les pesées sont accompagnées du prélèvement d'échantillons destinés à l'analyse.

— *La consommation de concentrés*

Les aliments concentrés sont distribués à l'aide de deux distributeurs automatiques à deux aliments. Les refus étant comptabilisés chaque jour individuellement, les résultats expérimentaux rapportent les quantités réellement ingérées.

Un échantillon destiné à l'analyse est prélevé lors de chaque fabrication.

— *La production laitière*

Les productions individuelles de lait sont contrôlées et enregistrées une fois par semaine, par lecture directe sur les bœaux de traite, et une fois par mois, par le contrôle laitier officiel, à l'aide de « milkoscopes ».

Les taux butyreux et protéique du lait sont déterminés individuellement une fois par semaine, sur des échantillons constitués par deux prélèvements équivalents réalisés soir et matin.

— *Le poids vif des animaux*

A la mise en lots et à la fin de la période expérimentale les vaches font l'objet d'une double pesée. L'évolution de leur poids vif est contrôlée par simple pesée 1 fois par mois, à jour et à heure fixes.

— *Événements sanitaires*

Tous les événements sanitaires et de reproduction ont été enregistrés ; notons toutefois qu'aucun incident grave, pouvant entraver le bon déroulement de l'essai, n'a été enregistré.

II - RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

1. Qualité des ensilages

La composition chimique de l'ensilage de maïs-soja est sensiblement différente de celle du maïs pur. La présence de soja dans le fourrage se traduit par une élévation de la teneur en cendres de 2,1 % et par une augmentation de la teneur en M.A.T. qui passe de 8,1 % pour le « maïs » à 9,3 % pour le « maïs-soja ». Le taux de cellulose brute n'est pas modifié (tableau II).

Les qualités de conservation des deux aliments sont équivalentes et satisfaisantes (tableau II). Il est à noter que la présence de soja dans le maïs nécessite plus d'acide lactique pour obtenir, par acidification, le pH de stabilité : la production d'acide lactique est ainsi augmentée de 40,6 %. Les teneurs en azote soluble et en acides gras volatils ne sont pas modifiées. La valeur énergétique de l'association est inférieure de 5,5 % à celle de l'ensilage de maïs seul mais la valeur azotée est nettement améliorée : + 28 % pour les P.D.I.N. et + 10 % pour les P.D.I.E.

2. Niveaux d'ingestion des ensilages

La présence de soja, en association avec le maïs dans l'ensilage, permet d'améliorer de 15 % environ les quantités de matière sèche de fourrage grossier ingérées par les vaches. Sur l'ensemble de la période expérimentale, le niveau d'ingestion pour le maïs-soja est en moyenne de 15,0 kg de

TABLEAU II
COMPOSITION ET VALEUR ALIMENTAIRE DES ENSILAGES
PLANTE ENTIÈRE DE MAÏS ET DE MAÏS-SOJA
(Moyenne et écart type sur 15 échantillons)

Traitement	Maïs	Maïs-soja
Date de récolte (nombre de jours après le semis)	117 jours	117 jours
Composition des ensilages :		
- Matière sèche	31,0 ± 1,6	30,0 ± 1,0
- Matière organique (% M.S)	96,7 ± 0,2	94,6 ± 0,8
- Matières minérales (% M.S)	3,3 ± 0,2	5,4 ± 0,8
- Matières azotées totales (% M.S)	8,1 ± 0,3	9,3 ± 0,2
- Cellulose brute (% M.S)	22,3 ± 1,0	22,6 ± 0,9
Qualité de conservation :		
- pH	3,60 ± 0,09	3,66 ± 0,05
- N-NH ₂ (p. 100 N total)	5,0 ± 0,5	4,9 ± 0,5
- N soluble (p. 100 N total)	58,6 ± 3,9	55,3 ± 4,6
- Acide lactique (g/kg M.S)	52,9 ± 10,1	74,4 ± 11,0
- A.G.V.* (mMole/kg M.S)	414 ± 36	328 ± 70
- Acide acétique (g/kg M.S)	24,0 ± 2,1	19,2 ± 4,0
- Acide propionique	traces	traces
- Acide butyrique (g/kg M.S)	traces	traces
Valeur nutritive :		
- UFL/kg M.S	0,88	0,85
- UFV/kg M.S	0,82	0,76
- PDIN/kg M.S	51	64
- PDIE/kg M.S	70	77
- MAD/kg M.S	42	53
Matière sèche ingérée (g/kg p ^{0,75})	57,8 ± 4,4	61,8 ± 4,3
VEF en UEM/kg M.S	1,30 ± 0,09	1,22 ± 0,08

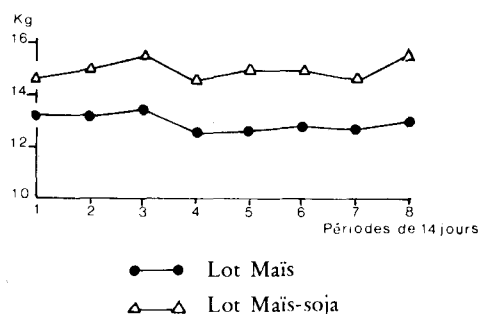
* A.G.V. : acides gras volatils totaux.

M.S./V.L./j, soit 2,27 kg/j de M.S. par 100 kg de poids vif ; pendant la même période, le niveau d'ingestion pour l'ensilage de maïs s'élève en moyenne à 13,0 kg de M.S./V.L./j, soit 2,0 kg/j de M.S. par 100 kg de poids vif. L'écart entre les niveaux d'ingestion, atteint dès la fin de la

*intérêts techniques
et économiques*

période d'adaptation alimentaire, est demeuré constant durant les 16 semaines de la période expérimentale (figure 1). La différence, de 2 kg/V.L./j en faveur de l'association sur l'ensemble des quatre mois, est significative à $P = 0,01$.

FIGURE 1
NIVEAUX D'INGESTION DES ENSILAGES DE MAÏS
ET DE MAÏS-SOJA
 (En kg de M.S./Vache/jour)

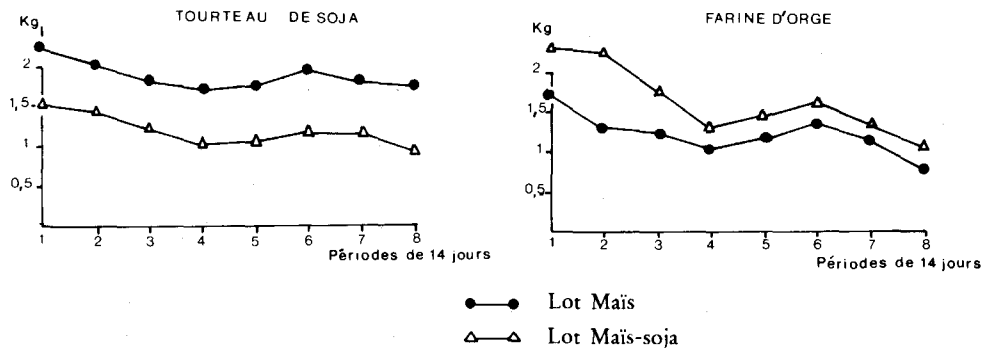


3. Niveaux d'ingestion des concentrés

Sur l'ensemble de la période expérimentale, la consommation moyenne de tourteau de soja a été de $1,74 \pm 0,16$ kg de M.S./V.L./j pour le lot « maïs » et de $1,08 \pm 0,17$ kg de M.S./V.L./j pour le lot « maïs-soja » (figure 2). L'utilisation de l'ensilage de maïs-soja se traduit par une épargne de 660 g/j de M.S., soit 750 g/j de tourteau brut par vache, différence significative à $P = 0,01$.

Cette économie de tourteau de soja se trouve cependant contrebalancée partiellement par une consommation d'orge, qui est de 450 g/j plus élevée dans le lot « maïs-soja » (1,56 kg/j de M.S. par vache - figure 2).

FIGURE 2
ÉVOLUTION DES APPORTS MOYENS DE CONCENTRÉS
 (En kg de M.S./Vache/jour)



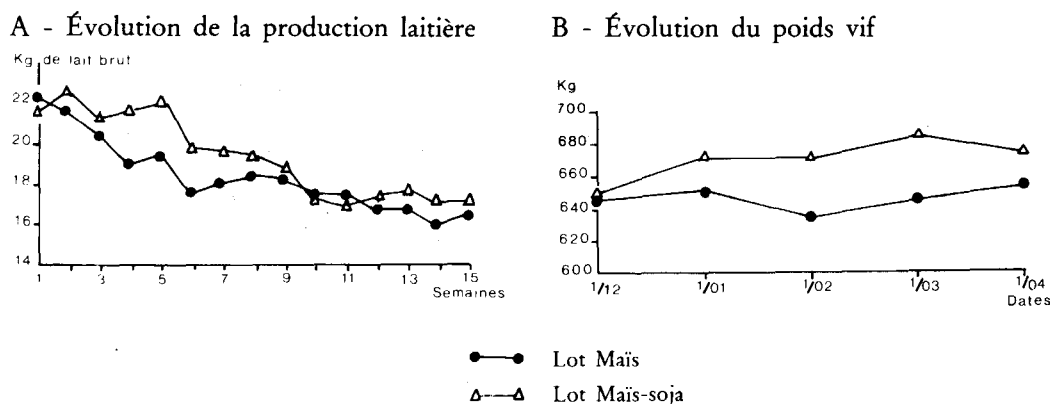
4. Niveaux de production laitière

Au moment de la mise en lot, les deux groupes de vaches ont une production moyenne en lait brut de $22,0 \pm 9,7$ kg pour le lot « maïs » et de $21,6 \pm 6,2$ kg pour le lot « maïs-soja ». A l'issue de la période d'essai, les niveaux moyens de production s'élèvent respectivement à $16,4 \pm 6,9$ kg et $17,3 \pm 5,3$ kg pour les deux lots.

Les valeurs moyennes pour l'ensemble de la période sont respectivement de $18,2 \pm 1,7$ kg et $19,2 \pm 1,9$ kg de lait à 4 % mais ne sont pas significativement différentes. La figure 3A traduit l'évolution de la production laitière, contrôlée une fois par semaine, et permet de voir que les coefficients de persistance moyens, pour les deux régimes, sont semblables : 94 % pour le lot « maïs » et 95 % pour le lot « maïs-soja ».

Les taux butyreux moyens sur l'ensemble de la période sont de 4,10 % pour le lot « maïs » et de 4,18 % pour le lot « maïs-soja ». Les taux azotés sont respectivement de 3,26 % et de 3,22 %. La composition du lait n'est pas significativement différente entre les deux lots de vaches.

FIGURE 3
ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION LAITIÈRE ET DU POIDS VIF



5. Évolution du poids vif

Au moment de la mise en lot, le poids moyen des vaches est de 643 ± 55 kg pour le lot « maïs » et de 647 ± 46 kg pour le lot « maïs-soja ». A l'issue des 16 semaines de l'essai, le poids moyen des vaches est respectivement de 654 ± 51 et 673 ± 49 kg pour les deux lots (figure 3B). Cette évolution de poids vif correspond à des gains de poids apparents de 11 kg par vache pour le 1^{er} lot et de 26 kg par vache pour le 2^e lot. La reprise apparente du poids vif des vaches est respectivement de 100 g/j et de 236 g/j.

Corrigée, pour prendre en compte les variations du contenu digestif, estimées à 4,5 kg de poids vif par kg de M.S. ingérée en plus ou en moins, la différence entre les gains de poids vif des deux lots est égale à 50 g/j par vache à l'avantage des animaux du lot « maïs-soja ». Elle n'est pas statistiquement significative (tableau III).

TABLEAU III
TABLEAU RÉCAPITULATIF DE L'ENSEMBLE DES RÉSULTATS

Nature du régime :	Ensilage maïs	Ensilage maïs-soja
Effectif :	10	10
Durée (jours) :	112	112
<u>Quantités de M.S ingérées :</u>		
(par animal et par jour, en kg)		
- Ration totale	16,1	17,8
- Ensilage	13,0	15,0
- Orge	1,14 ± 0,24	1,56 ± 0,36
- Tourteau de soja 50	1,74 ± 0,16	1,08 ± 0,17
- Complément minéral	0,24 ± 0,05	0,20 ± 0,05
- Total concentrés	3,12	2,84
- M.S en kg/jour/100 kg de poids vif		
- ration totale	2,48	2,62
- fourrages grossiers	2,00	2,27
<u>Production laitière :</u>		
- lait brut)	17,9 ± 6,6	18,7 ± 5,0
- lait 4%) kg/vache/jour	18,2 ± 1,7	19,2 ± 1,9
- taux butyreux (p.100)	4,10 ± 0,3	4,18 ± 0,2
- taux azoté (p.100)	3,26 ± 0,1	3,22 ± 0,1
Coefficient mensuel de persistance :	94%	95%
Poids vif initial (kg) :	643 ± 55	647 ± 46
Poids vif final (kg) :	654 ± 51	673 ± 49
Gain moyen quotidien corrigé (g/j) :	100	150

III - DISCUSSION

Utilisé en plat unique dans l'alimentation de la vache laitière, l'ensilage de maïs-soja plante entière présente, sur le plan technique, en comparaison avec l'ensilage de maïs, quelques caractéristiques intéressantes. Si son effet

est peu marqué sur les niveaux de production, sur la qualité du lait et sur la reprise de poids chez les laitières, à l'opposé, son incidence est plus nette sur les niveaux d'ingestion des fourrages grossiers et sur la consommation des concentrés nécessaires à l'équilibre des rations.

— *Peu d'effet sur la production laitière et sur l'évolution du poids vif*

Aucune différence significative entre les niveaux moyens de production des deux lots n'est mise en évidence. Les coefficients de persistance mensuelle calculés sur l'ensemble de la période expérimentale sont respectivement de 94 % pour le lot « maïs » et 95 % pour le lot « maïs-soja ». Ces deux valeurs sont plus élevées que les résultats enregistrés par DULPHY et coll. (1979) et par VERITÉ et DULPHY (1981) avec des rations de base d'ensilage d'herbe ou d'ensilage de maïs. En conséquence, il apparaît que la présence de soja plante entière dans l'ensilage de maïs, n'a pas d'effet dépressif sur la production laitière de l'ensilage. Nos conditions expérimentales n'ont pu permettre la mise en évidence de modification des taux butyreux et azoté.

La reprise de poids vif n'est pas significativement différente entre les deux lots, mais on peut noter un meilleur état corporel et un meilleur aspect chez les vaches recevant le maïs-soja. Cependant, une étude sur le mouton (AFFANE, 1983) fait ressortir que les fermentations ruminales sont orientées vers une production accrue d'acide butyrique chez les animaux recevant du maïs-soja : des recherches complémentaires sont indispensables pour confirmer cette observation et en préciser le mécanisme.

— *Une incidence plus nette sur les niveaux d'ingestion des fourrages grossiers*

Les quantités d'ensilage de maïs volontairement ingérées par les vaches du lot « maïs » s'élèvent en moyenne à 13,0 kg de M.S./j/V.L., soit 101 g de M.S./j/kg P^{0.75}. Elles sont de même niveau que celles enregistrées par HUBER et coll. (1978) et PARRASIN et coll. (1978). L'ensilage de maïs-soja est ingéré en quantité supérieure par les vaches laitières (+ 15 %), ce qui vient confirmer les observations déjà faites sur moutons (MONCOULON et AFFANE, 1983).

fourrages grossiers dépend notamment, pour un niveau de production donné, de la taille des animaux et de la nature du fourrage, mais aussi de la nature et des proportions des autres constituants de la ration (concentrés). Les niveaux particulièrement élevés, obtenus avec l'ensilage de maïs-soja sont restés constants pendant les 112 jours de l'essai. Ils ne peuvent être expliqués ni par le poids vif des vaches mises en lots, ni par les teneurs en M.S. ou par la qualité de conservation des ensilages, puisque ces critères sont semblables dans les deux situations. En raison des phénomènes de substitution et/ou de digestibilité associative, le rapport fourrage/concentré de la ration totale a une incidence sur le niveau d'ingestion de la ration de base (VERITÉ, 1972 ; VERITÉ et DULPHY, 1981) ; le taux de substitution est d'ailleurs d'autant plus élevé que le fourrage grossier est de meilleure qualité. Au regard de la concentration énergétique des deux ensilages utilisés, et de leurs caractéristiques de conservation, ce facteur doit être pris en considération. Pourtant, la complémentation en concentrés a été établie pour un niveau d'ingestion de 13,5 kg de M.S. pour les deux ensilages ; il en résulte deux apports de concentrés globalement peu différents, qui ne peuvent expliquer cette différence dans les niveaux d'ingestion.

Pouvons-nous alors attribuer cette augmentation de niveau d'ingestion du maïs-soja à la seule présence du soja dans l'ensilage ? La quantité ingérée de fourrage grossier est d'autant plus élevée que la vidange du rumen est plus rapide. Cette vidange est limitée par le temps nécessaire à la digestion de la masse végétale ingérée. La vitesse de transit est donc liée à l'intensité des dégradations dans le rumen. Les légumineuses, plus riches en constituants solubles et en constituants pariétaux que les graminées, sont dégradées plus rapidement et ingérées en plus grande quantité (DEMARQUILLY et CHENOST, 1969). Selon ce schéma, le soja de l'association pourrait avoir une vitesse de dégradation supérieure à celle du maïs, mais dans le mélange le soja représente seulement 17 % de la M.S. totale ; la seule augmentation de la vitesse de dégradation du soja ne peut donc expliquer un accroissement de 15 % de la M.S. ingérée.

D'autres facteurs doivent expliquer les écarts d'ingestion observés : l'activité de la flore microbienne ruminale peut être limitée par l'apport des nutriments nécessaires à sa croissance. Dans ces conditions, le soja plante entière, bien pourvu en azote fermentescible et en éléments minéraux,

pourrait favoriser le développement de la flore cellulosique et augmenter ainsi la vitesse de dégradation de l'ensemble de la ration, constituée principalement d'ensilage de maïs.

— *Une économie de tourteau*

Ce niveau d'ingestion élevé de l'ensilage de maïs-soja, présente-t-il un intérêt sur le plan du rationnement, par rapport à l'ensilage de maïs ?

D'après DERBYSHIRE et GORDON (1968), lorsque les rations pour vaches laitières sont à base d'ensilage de maïs plante entière, un rapport « M.S. ensilage de maïs/M.S. aliment concentré » de 70/30 (en % de la ration totale) est nécessaire pour assurer la production de 20 kg/j de lait. Nos résultats diffèrent un peu de ces recommandations : pour une production de 20 kg/j de lait, les rapports s'élèvent respectivement à 81/19 pour le maïs en plat unique et à 84/16 pour le maïs-soja. L'association maïs-soja permet donc d'augmenter la part des fourrages grossiers dans la ration et autorise une économie d'aliments concentrés. Dans notre essai, l'économie a porté essentiellement sur le tourteau de soja, confirmant ainsi l'hypothèse qui a motivé cette expérimentation. A raison de 750 g/j/V.L., l'économie de tourteau de soja, au cours des 5 mois d'alimentation hivernale, s'élèverait à 110 kg par Vache Laitière.

Le bilan énergétique et azoté des rations consommées par les deux lots (tableau IV) fait apparaître pour les deux traitements un excédent énergétique et azoté important et, dans les deux situations, les P.D.I.N. sont les éléments limitants de ce surplus.

La reconstitution des réserves corporelles (100 g/j/V.L. pour le lot « maïs » et 150 g/j/V.L. pour le lot « maïs-soja ») a utilisé en partie seulement cet excédent énergétique, à raison de 0,35 U.F.L./j/V.L. et 0,52 U.F.L./j/V.L., respectivement pour les 2 lots.

Ce bilan nécessite cependant quelques réserves : déterminé à partir de moyennes, il est faussé par la présence de vaches à faible niveau de production en fin d'essai, qui voient leurs besoins énergétiques largement couverts par la seule ration de fourrage grossier.

TABLEAU IV
BILAN ÉNERGÉTIQUE ET AZOTÉ DES RATIONS
 (Calculé sur l'ensemble de la période expérimentale ; par vache et par jour)

Traitement	Lot Maïs			Lot Maïs-soja		
	UFL	PDIE	PDIN	UFL	PDIE	PDIN
Besoin d'entretien	5,3	424	424	5,4	430	430
Besoin de production - lait	7,8	910	910	8,3	960	960
- gain de poids vif	0,3	28	28	0,5	42	42
Besoins totaux	13,4	1362	1362	14,2	1432	1432
Apport ration de base	11,4	910	663	12,8	1155	960
Apport aliments concentrés :						
- Orge	1,3	117	94	1,8	161	128
- Soja 48-50	2,0	496	670	1,3	308	416
Total des apports	14,7	1523	1427	15,9	1624	1504
Bilan (apports - besoins)	1,3	161	65	1,7	192	72

Pour le lot « maïs-soja », l'apport excédentaire d'énergie et d'azote peut être en partie expliqué par une augmentation du niveau d'ingestion par rapport à 13,5 kg M.S., niveau fixé arbitrairement pour le calcul des rations. Cette consommation supplémentaire de 1,5 kg de M.S. de maïs-soja représente 1,2 U.F.L., 115 g de P.D.I.E. et 96 g de P.D.I.N., soit l'équivalent d'1 kg M.S. d'orge.

IV - APPROCHE ÉCONOMIQUE

Face au déficit national en protéines pour l'alimentation animale, l'association maïs-soja en culture fourragère présente sur le plan technique, et en comparaison avec l'ensilage de maïs plante entière, divers avantages qui sont autant d'atouts en faveur de son introduction dans les systèmes

fourragers pour bovins laitiers dans le Sud-Ouest. Parmi ces points forts, il faut retenir notamment une productivité en M.A.T./ha supérieure à celle du maïs ensilage (MARTY et EYCHENNE, 1980 ; AFFANE, 1983), une bonne aptitude à la conservation par ensilage et une faible valeur d'encombrement (MONCOULON et AFFANE, 1983). Les résultats présentés ci-dessus montrent que l'ensilage de maïs-soja, utilisé en plat unique pour l'alimentation des vaches laitières, permet de limiter l'emploi du tourteau de soja.

En contrepartie, de nombreux essais montrent bien que la productivité en M.S./ha demeure un handicap ; en situation sèche ou irriguée, les performances sont généralement inférieures ou tout au plus égales à celles d'un maïs en culture pure (AFFANE, 1983 ; HERBERT et coll., 1984). Cette productivité limitée, qui peut être attribuée à l'utilisation de variétés de soja inadaptées à ce mode de conduite d'une part, et à la nécessité, lorsque la culture est irriguée, de limiter la densité du maïs d'autre part, peut justifier la prudence que l'on observe dans la vulgarisation et le développement de cette association fourragère. Cette prudence est d'autant plus justifiée que les charges opérationnelles pour la mise en place des cultures augmentent, en raison du coût des semences de soja.

1. Méthodologie

L'approche économique que nous proposons se limite à la comparaison des résultats rapportés ci-dessus et obtenus à partir de 2 troupeaux non significativement différents, comportant chacun 10 vaches laitières, et contrôlés durant 16 semaines consécutives. Ces deux troupeaux font partie du même système de production et sont conduits de manière similaire ; dans ces conditions, les charges de structure et certaines charges opérationnelles (frais vétérinaires, frais d'insémination, paille, etc.) sont considérées comme équivalentes et, de ce fait, ne sont pas prises en compte. En conséquence, les résultats seront à considérer en valeur relative.

Par ailleurs, l'absence de suivi durant un cycle complet de production limite la maîtrise de certains critères, comme l'effet à long terme des rations sur la fécondité et sur la persistance laitière. Il en résulte que cette étude est incomplète, mais notre objectif est de comparer les résultats des marges

brutes par vache et par hectare, et le coût alimentaire pour la production d'un litre de lait dans les 2 systèmes d'alimentation. Ces trois critères ont été calculés de la manière suivante :

$$\text{Marge brute/vache (pendant 16 semaines)} : \frac{\text{Produit brut total (lait) - Charges opérationnelles d'alimentation}}{10}$$

$$\text{Marge brute/ha de surface fourragère consommée} : \frac{\text{Produit brut total (lait) - Charges opérationnelles d'alimentation}}{\text{Surface Fourragère Utilisée}}$$

$$\text{Coût alimentaire pour la production d'1 litre de lait} : \frac{\text{Total des charges opérationnelles pour l'alimentation du troupeau}}{\text{Nombre de litres de lait produits}}$$

2. Résultats - discussion

Les principaux résultats, regroupés dans le tableau V, font apparaître que deux critères, la marge brute par vache et le coût alimentaire pour la production d'1 litre de lait, sont à l'avantage du système maïs-soja ; à l'opposé, la marge brute par hectare de surface fourragère utilisée est à l'avantage du système maïs, bien que l'écart entre les deux soit faible.

Les résultats économiques ne font pas ressortir un avantage net pour le maïs-soja qui est pénalisé par un coût de production par hectare légèrement plus élevé que le maïs. Le niveau d'ingestion plus élevé de l'ensilage de maïs-soja, qui doit permettre de limiter l'emploi des concentrés, confère à ce système un chargement plus faible, qui se traduit « in fine » par une marge brute/ha de surface fourragère utilisée de même niveau que celle obtenue en système maïs.

Toutefois, cette étude manquerait d'objectivité si nous ne rappelions ici que la distribution trop libérale de farine d'orge, fixée initialement par le protocole expérimental pour un niveau d'ingestion de 13,5 kg de M.S. de ration de base, pénalise fortement les résultats économiques de l'association maïs-soja.

TABLEAU V
APPROCHE ÉCONOMIQUE RÉALISÉE
À PARTIR DES RÉSULTATS TECHNIQUES
OBTENUS AU COURS DE L'ESSAI

	Maïs	Maïs-soja	Ecart
- Données techniques :			
Production de M.S./ha (t)	13,5	13,0	
M.S utilisable par ha (t)	11,5	11,0	
M.S ingérée par vache et par jour (kg)	13,0	15,0	
Surface consommée par chaque troupeau (ha)	1,3	1,5	
Farine d'orge (kg)	1 464	1 989	
Tourteau de soja (kg)	2 166	1 392	
Condiments minéraux (kg)	232	232	
- Total des charges opérationnelles pour la production des fourrages en F/ha	3 935	4 120	
- Total des charges opérationnelles pour l'alimentation des troupeaux pendant 16 semaines	12 686	12 393	
dont :			
Ensilage	5 115	6 180	
Orge (1,1 F/kg)	1 610	2 187	
Tourteau de soja (2,5 F/kg)	5 415	3 480	
Minéraux (2,35 F/kg)	546	546	
- Produit brut (lait) pour chaque troupeau, sur la durée de la période expérimentale (F)	29 288	31 442	
- Marge brute/vache pour 4 mois de production	1 660	1 905	+15%
- Marge brute/ha de Surface Fourragère Utilisée	12 770	12 699	€
- Coût de l'alimentation pour la production d'un kg de lait	0,66	0,61	-8%

Par ailleurs, la production des surfaces en maïs-soja dans notre essai, limitée à 13 t M.S./ha, est un peu inférieure à celle du maïs. Ce rendement médiocre est en fait la conséquence de l'utilisation de variétés de soja inadaptées à ce type de culture. Pourtant, des observations récentes, non encore publiées, montrent que des variétés de soja, plus tardives que la variété Williams et à développement végétatif plus important, permettront d'obtenir une meilleure production en M.S./ha, au moins de même niveau que celle du maïs ensilage.

L'ensilage de maïs-soja :

Dans ces conditions, avec une efficience laitière équivalente à celle du maïs ensilage, l'association maïs-soja, qui autorise des économies substantielles de concentrés, présente un intérêt certain dans la conception et la mise en place de systèmes fourragers productifs mais plus autonomes, notamment dans le Sud-Ouest de la France, où les conditions agromatériques sont favorables à la culture du maïs et à celle du soja.

CONCLUSION

Les résultats obtenus dans cet essai nous ont permis de préciser l'intérêt technique et l'intérêt économique de l'association maïs-soja, mise en culture dans un système fourrager pour bovins laitiers.

L'ensilage de maïs-soja améliore sensiblement la marge brute par vache et le coût alimentaire du lait ; la différence, faible dans le cas de notre essai, sera augmentée lorsque le rationnement tiendra compte de la valeur alimentaire réelle du fourrage et réduira d'autant l'apport de céréales.

Enfin, la marge brute/ha fourrager du système maïs-soja est équivalente à celle du maïs fourrage, mais on peut penser que ce critère pourra être amélioré par l'accroissement de la productivité de l'association maïs-soja. Il faut bien sûr pour cela qu'un gros effort soit fait dans la recherche de variétés de soja plus productives et de binômes maïs-soja mieux adaptés.

R. MONCOULON et M. AFFANE,
Laboratoire de Zootechnie,
E.N.S.A. Toulouse (Haute-Garonne) ;
P. WEISS,
I.T.C.F.

LISTE DE MOTS-CLÉS

*intérêts techniques
et économiques*

Analyse économique, association végétale, ensilage, fourrage, France leguminosae, maïs, production laitière, quantité ingérée, ration alimentaire, soja, Sud-Ouest, valeur alimentaire.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFFANE M. (1983) : *Contribution à l'étude de l'association maïs-soja en culture fourragère. Valorisation par les ruminants*, thèse de Docteur - Ingénieur, I.N.P. Toulouse.
- DEMARQUILLY C. et CHENOST M. (1969) : « Étude de la digestion des fourrages dans le rumen par la méthode des sachets de nylon ; liaisons avec la valeur alimentaire », *Ann. Zootech.*, 18, (4), 419-436.
- DERBYSHIRE J.C. et GORDON C.H. (1968) : « Complete corn silage ration for milking cows », *J. Dairy Sci.*, 51, 1097.
- DULPHY J.P., ANDRIEU J.P. et DEMARQUILLY C. (1979) : « Étude de la valeur azotée des ensilages d'herbe pour les vaches laitières », *Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix*, 35, 45-52.
- HERBERT S.J., PUTNAM D.H., POOS-FLOYD M.I., VARGAS A. et CREIGHTON J.F. (1984) : « Forage field of intercropped Corn and Soybean in Various Planting Patterns », *Agron. J.*, 76, (4), 507-510.
- HUBER J.T., THOMAS J.W. et EMERY R.S. (1968) : « Response of lactating cows fed urea-treated corn silage harvested at varying stages of maturity », *J. Dairy Sci.*, 51, 1806-1810.
- MARTY J.R. et EYCHENNE F. (1980) : « L'association maïs-soja en culture fourragère », *Fourrages*, 81, 113-125.
- MARTY J.R., HILAIRE A. et DABASSE M. (1978) : « Association maïs-soja et soja-sorgho grain en cultures fourragères », *C.R. Acad. Agri.*, 4, 341-345.
- MONCOULON R. et AFFANE M. (1983) : « Valeur alimentaire d'une association maïs-soja en culture fourragère - Comparaison avec le maïs fourrage », *Fourrages*, 93, 35-50.
- PARRASIN P.R., HODEN A. et JOURNET M. (1979) : « Utilisation comparée des ensilages d'herbe et des ensilages de maïs par les vaches laitières », *Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A.*, 38, 35-42.
- RAKOTONDRAZAFY H.O. (1980) : *Valeur alimentaire d'une association maïs-soja*, thèse de Doctorat de 3^e Cycle, I.N.P. Toulouse.
- VERITÉ R. (1972) : « Complémentation des rations à base d'ensilage de maïs au début de la lactation », *Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A.*, 7, 5-10.
- VERITÉ R. et DULPHY J.P. (1981) : « Effet de la nature de l'aliment concentré sur l'ingestion et les performances des vaches laitières », *Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A.*, 45, 15-21.

L'ensilage de maïs-soja : intérêts techniques et économiques