

L'ASSOCIATION MAÏS-SOJA EN CULTURE FOURRAGÈRE

LA PRODUCTION FOURRAGÈRE DES ASSOCIATIONS PÉRENNES GRAMINÉES-LÉGUMINEUSES EST ENCORE SOUVENT MAL MAÎTRISÉE DU FAIT DE LA VARIABILITÉ de la concurrence entre espèces selon l'âge de la prairie, les conditions du milieu, la fertilisation azotée et le système d'exploitation pratiqué.

En culture annuelle, avec des espèces à fort développement végétatif, à cycle court et à rendement et qualité protéiques élevés, on peut obtenir une meilleure maîtrise de la concurrence entre espèces par des structures de peuplement bien adaptées à l'association maïs-soja.

L'objectif de ces cultures mixtes est d'obtenir une production de matière sèche sensiblement égale à celle d'une culture pure de maïs, mais avec une meilleure qualité protéique et un moindre coût : ceci grâce à une utilisation judicieuse de l'énergie lumineuse, de la fumure azotée du maïs et de la symbiose bactérienne du soja.

L'ensilage obtenu à partir de cette production devra répondre à des critères de bonne conservation, d'aliment équilibré énergie-protéines, être appétent et bien toléré par les animaux.

Des essais concernant l'association maïs-soja ont été réalisés de 1976 à 1978 par la Station d'Agronomie I.N.R.A. de Toulouse et furent poursuivis en 1979 en collaboration avec la Station d'Amélioration Génétique des Animaux I.N.R.A. de Toulouse.

A. — LES RÉSULTATS OBTENUS DE 1976 A 1978

Les résultats d'une première note (J.-R. MARTY et al., 1978) et ceux obtenus en 1978 sont succinctement résumés dans le tableau I. Il ressort bien l'importance de la conjonction des facteurs eau et azote sur la productivité du maïs-ensilage et l'effet eau sur le rendement en matière sèche totale du soja.

Les cultures associées avec une fumure azotée faible montrent une insuffisance de l'alimentation azotée du maïs qui ne peut exprimer son potentiel de production même en condition hydrique non limitante.

Par ailleurs, il a été démontré (J. DECAU et al., 1976) qu'une fumure azotée minérale du soja de l'ordre de 100 kg de N/ha inhibe l'activité symbiotique sans pour cela satisfaire les besoins de la culture qui sont de l'ordre de 250 kg de N/ha.

En condition de fumure azotée faible, les cultures mixtes ont fourni autant de matière sèche totale que les cultures pures ; mais elles sont nettement au-dessous de cultures pures de maïs lorsque ce dernier reçoit une fumure azotée normale, notamment si l'eau n'est pas facteur limitant la production.

Il apparaît donc souhaitable que chaque espèce puisse être conduite à l'optimum : fumure azotée pour le maïs, symbiose pour le soja, de manière à maîtriser la qualité et la production au moindre coût. Dans cette perspective, les cultures mixtes par deux rangs alternés peuvent présenter un certain avantage.

TABLEAU I
RENDEMENT (en q/ha) DE MATIÈRE SÈCHE DES CULTURES PURES
OU ASSOCIÉES DE MAÏS ET DE SOJA SELON DIFFÉRENTES CONDITIONS
D'ALIMENTATION AZOTÉE ET HYDRIQUE
(ESSAIS 1976 - 1977 - 1978)

	<i>Eau limitante</i> <i>années sèches - sans irrigation</i>		<i>Eau non limitante</i> <i>années humides et/ou irrigation</i>			
	<i>Maïs</i>	<i>Soja (1)</i>	<i>Maïs</i>	<i>Soja (1)</i>		
a) Cultures pures						
fumure N forte \geq 150 kg N/ha	97,0	—	141,1	—		
fumure N faible \leq 60 kg N/ha	75,5	52,1	83,5	74,7		
	<i>Maïs</i>	<i>Soja (1)</i>	<i>Maïs + Soja</i>	<i>Maïs</i>	<i>Soja (1)</i>	<i>Maïs + Soja</i>
b) cultures associées avec fumure N faible						
par 2 rangs alternés de maïs						
et de soja	44,8	35,9	80,7	50,4	39,8	90,2
sur le même rang	48,6	26,5	75,1	52,4	32,0	84,4

(1) Graines inoculées à raison de 10^6 bactéries/grain.

En 1979, nous avons voulu préciser ces résultats en mettant en place une expérimentation en grandes parcelles avec possibilité de réalisation d'ensilage et alimentation de moutons.

B. — EXPÉRIMENTATION 1979

1) Objectifs et protocoles.

L'objectif de l'expérimentation était de comparer aux cultures pures de maïs et de soja, des associations comportant, soit les deux espèces placées sensiblement sur le même rang, soit les deux espèces cultivées chacune par
en culture fourragère 115

TABLEAU II
PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL 1979 : TRAITEMENTS COMPARÉS

Bloc n°	Cultures associées maïs-soja				Cultures pures		
	1		2		3	4	5
	par 2 rangs alternés		sur le même rang				
Espèce	maïs	soja	maïs	soja	maïs	maïs	soja
Variété	Sirius (1)	Tie Feng (2) 17 A	Sirius	Tie Feng 17 A	Sirius	Sirius	Tie Feng 17 A
Ecartement entre rang (cm)	80	80	80	80	80	80	80
Densité réelle sur le rang et ramenée à l'ha	170.000	400.000	80.000	220.000	90.000	160.000	480.000
Densité réelle par ha de culture	85.000	200.000	80.000	220.000	90.000	160.000	480.000
Fumure azotée en kg de N/ha sur le rang	120	20	70	70	220	220	20
Fumure azotée en kg de N par ha de cultures associées	70		70				

(1) Indice national de précocité : 490.

(2) Variété d'origine chinoise, à fort développement végétatif, de la fin du groupe II de la classification américaine.

deux rangs, avec des fumures azotées assurant la croissance du maïs et gênant le moins possible la symbiose du soja.

Le tableau II précise le protocole expérimental : chaque bloc couvrait 3.000 m², les contrôles ont été effectués par des prélèvements manuels sur trois répétitions de 10 m².

Le semis a eu lieu le 11 mai. Les graines de soja ont été inoculées avant semis à raison de 10⁶ bactéries de *Rhizobium japonicum* par graine. Les variétés de maïs et de soja ont été choisies de telle manière qu'au stade grain laiteux-pâteux du maïs corresponde sensiblement le stade de fin grossissement des grains du soja : pour cela, nous avons utilisé les variétés Sirius pour le maïs et Tie Feng 17 pour le soja.

La récolte à l'ensileuse a été effectuée le 28 septembre et un silo a été réalisé, l'ensilage obtenu devant être testé sur des moutons.

L'essai était placé sur un sol argileux profond, bien structuré, bien pourvu en acide phosphorique et en potasse.

Pour le semis, nous avons utilisé un semoir à plateau de modèle courant, à quatre éléments, avec un jeu de plateaux permettant le choix de la densité selon les espèces. Pour les cultures alternées par deux rangs, le semis était réalisé en un seul passage, les deux éléments du centre du semoir étant réglés pour le maïs, les éléments extérieurs pour le soja. Les distributeurs d'engrais du semoir étaient réglés selon la culture et épandaient l'azote en surface sur le rang. Pour les cultures associées sur le même rang, deux passages ont été nécessaires pour le semis.

Après le semis et avant la levée, un désherbage chimique a été pratiqué par un mélange d'Alachlore (1,75 kg/ha) et de Linuron (0,75 kg/ha). Le désherbant a été efficace sauf sur une partie de l'essai où les adventices présentes au semis à un stade avancé ont nécessité un binage. Une telle efficacité du désherbage a été signalée par ailleurs (L. Van HOM et al., 1978).

L'ensemble de l'essai a été irrigué avec 125 mm d'eau en trois interventions : 21 juin, 15 juillet, 24 juillet.

2) Rendements et composition des productions.

Le tableau III compare les productions obtenues en 1978 et confirme les comportements contrôlés les années précédentes.

— En présence d'irrigation, le maïs en culture pure présente un avantage sur les cultures mixtes, à condition qu'il soit conduit à forte densité (160.000 p/ha) et avec une forte dose d'azote (220 kg/ha).

— Les productions totales de matière sèche des cultures mixtes et des cultures de maïs moyenne densité sont comparables, avec une économie de 150 kg/ha d'azote pour les cultures associées.

TABLEAU III
PRODUCTION COMPARÉE MAÏS ET SOJA EN CULTURE PURE OU ASSOCIÉE
(1979)

	<i>Cultures associées maïs-soja</i>				<i>Cultures pures</i>		
	<i>par 2 rangs alternés</i>		<i>sur le même rang</i>		<i>Maïs</i>	<i>Maïs</i>	<i>Soja</i>
	<i>Maïs</i>	<i>Soja</i>	<i>Maïs</i>	<i>Soja</i>			
Densité pied/ha culture	85.000	200.000	80.000	220.000	90.000	160.000	480.000
Matière fraîche totale en t/ha:							
sur le rang	47,1	28,4	27,3	10,8	40,2	45,2	28,4
par ha de culture	37,8		38,1		»	»	»
Matière sèche totale en t/ha:							
sur le rang	17,43	7,58	10,65	2,88	14,35 (1)	15,82 (1)	7,90
par ha de culture	12,51 (1)		13,53 (1)		»	»	»
% d'épis de maïs dans mat. sèche du maïs	53,7 (1)	—	60,2 (2)	—	60,6 (2)	53,6 (2)	—
% d'épis de maïs dans M.S.T.	37,3		47,3		»	»	—
% de soja dans M.S.T.(en poids)	30,0		21,3		—	—	100
Poids sec d'un pied en g	108,3	17,4	136,5	14,0	175,0	93,1	16,2

(1) ppds à 5 % = 1,82 t/ha.

(2) ppds à 5 % = 4,35 %.

— Le pourcentage en poids du soja dans la M.S.T. est plus élevé lorsque les cultures mixtes sont alternées par 2 rangs. Dans ce cas, on note un poids par pied du maïs et du soja plus élevé qu'en cultures pures.

Le tableau IV indique la composition qualitative des productions et l'efficacité de la fumure azotée utilisée :

— L'association maïs-soja produit environ 2.000 UF/ha de moins que la culture de maïs. Signalons que cette perte aurait pu être très sensiblement réduite si les 2 rangs de maïs de la culture mixte avaient reçu 220 kg d'azote de la fumure comme la culture pure.

— Par contre, les cultures mixtes fournissent 140 kg/ha de M.A.D. de plus que la culture pure de maïs.

L'association maïs-soja

TABLEAU IV

COMPOSITION DES PRODUCTIONS
ET EFFICACITÉ DE LA FUMURE AZOTÉE (1979)

	Cultures associées maïs-soja				Cultures pures		
	par 2 rangs alternés		sur le même rang		Maïs 90.000 p/ha	Maïs 160.000 p/ha	Soja
	Maïs	Soja	Maïs	Soja			
Teneur en azote en N % de M.S.							
Plante entière	0,96 (1)	2,35	1,03 (1)	2,51	1,13 (1) (2)	1,09 (1) (2)	2,33
Du mélange maïs-soja		1,38 (2)		1,35 (2)	»	»	»
Matières azotées totales (N × 6,25)							
en g de M.A.T./kg de M.S. ...							
Par espèce	60,0	147,2	64,4	157,6	70,5	68,5	145,3
Pour le mélange		86,3 (3)		84,4 (3)	»	»	»
% de M.A.T. provenant du soja		52		40			
En g de M.A.D. par kg de M.S.							
Par espèce	34,0 (4)	113,3 (5)	36,9	121,5	40,1	39,0	111,9
Pour le mélange		58,0		54,9	»	»	»
U.F. par kg de M.S.		0,77		0,79	0,85	0,85	0,55
Efficacité fumure azotée (6)							
M.S.T.		179		193	65	75	
U.F.		138		152	55	61	
M.A.T.		15,4		16,3	4,6	4,9	
M.A.D.		10,4		10,6	2,6	2,8	

- (1) ppds à 5 % = 0,05 % de N.
(2) ppds à 5 % = 0,06 % de N.
(3) Le contrôle sur ensilage = 90 g de M.A.T. par kg de M.S.
(4) Coefficient de digestibilité = 0,57.
(5) Coefficient de digestibilité = 0,77.
(6) En production par ha par kg de fumure N.

— L'ensilage issu des cultures mixtes est légèrement plus pauvre en énergie (1) (0,78 UF pour 0,85 UF pour le maïs pur), mais renferme 15 à 20 g de M.A.D. par kg de M.S. de plus que l'ensilage provenant d'un maïs pur, d'où un aliment sensiblement équilibré entre l'énergie et les matières azotées.

— Enfin, l'efficacité de la fumure azotée exprimée en production par ha et par kg de N de fumure est nettement améliorée par l'association du maïs et du soja par rapport aux cultures pures. Ainsi, l'association maïs-soja permet de récupérer 3 fois plus de M.S.T. par kg de N apporté par la fumure et 4 fois plus de M.A.D. que dans le cas de la culture pure de maïs.

3) L'ensilage maïs-soja.

a) Récolte et mise en silo.

La récolte a été réalisée par une entreprise avec une ensileuse automotrice à deux becs cueilleurs de maïs permettant un hachage satisfaisant du produit récolté (ensileuse automotrice CLAAS, type Jaguar).

Afin d'obtenir un bon mélange maïs-soja, l'ensileuse a récolté simultanément 1 rang de maïs et 1 rang de soja et aucun problème sérieux n'a été remarqué au cours de la récolte, faite notamment sans pertes appréciables.

Le silo de type taupinière (15 × 5 m) a été réalisé sous hangar pour faciliter la reprise à l'aide d'une dessileuse. Un conservateur (acide formique + formol) a été ajouté à raison de 3 l par tonne de matière verte.

Quelques pertes par suite de moisissures ont été constatées à la surface du silo par suite d'un mauvais tassement superficiel (teneur en matière sèche élevée).

(1) d'après les tests qualitatifs et les coefficients de digestibilité de la matière organique azotée obtenus par ailleurs : BRINER et al., 1977, R. ARNOULD et al., 1979, CANDAU et MONCOULON, E.N.S.A. Toulouse, communication personnelle.

TABLEAU V
RÉSULTATS ANALYTIQUES DE L'ENSILAGE MAÏS-SOJA

Matière sèche % du total	38,1
En % de matière sèche :	
Matières azotées totales	9,0
Phosphore	0,19
Calcium	0,90
Magnésium	0,24
Potassium	0,67
En % de l'ensilage :	
Acide butyrique	néant
Acide acétique	5,4
Acide lactique	27,5
Azote NH ₃	0,004
Ph : 3,9	

b) Qualité et utilisation de l'ensilage maïs-soja.

Le tableau V fournit les résultats de l'analyse au moment de l'ouverture du silo le 24-10-1979. On peut remarquer que les taux de M.S. et de M.A.T. sont sensiblement identiques à ceux obtenus par recombinaison des ensilages à partir des deux espèces prélevées séparément (tableau III). L'analyse témoigne d'une excellente conservation.

L'ensilage a été distribué à l'auge et à volonté à deux types d'animaux de race Romanov : 100 agnelles de 10 mois en début de gestation et 45 mâles du même âge, et ceci jusqu'au 28-12-1979. Il n'a pas été constitué de lots témoins.

Les animaux ont reçu également une distribution de paille d'orge (200 à 300 g par tête et par jour) et avaient à leur disposition du condiment minéral (15 % de Ca, 10 % de P), mais n'avaient pas reçu d'hépatoprotecteurs.

TABLEAU VI
COMPARAISON DES CHARGES VARIABLES LIÉES A UN ENSILAGE
DE MAÏS PUR ET DE MAÏS-SOJA

*Base de comparaison : maïs pur à 12.000 U.F./ha
à raison de 47 g de M.A.D. par U.F. et à 0,30 F par U.F.*

	<i>Coût en F par ha</i>		
	<i>en +</i>	<i>identique</i>	<i>en —</i>
Mise en culture			
Travail du sol		identique	
Semis (1)		identique	
Fertilisation PK		identique	
Fertilisation N			(150 kg N à 3,08 F) = — 460
Semences maïs		identique	
Semences soja	+ 300		
Inoculation	+ 70		
Désherbage	+ 130		
Récolte			
Ensileuse 2 rangs		identique	
Rendement-qualité			
	(2.000 U.F. à 0,30 F)		(625 kg tourteau 48/50 à 1,44 F)
	+ 600		= — 900
Total	+ 1.100		— 1.360
Economie en faveur du maïs-soja	260 F/ha (2)		

(1) Avec la technique 2 rangs alternés de maïs-soja en un seul passage.

(2) Non compté, pour l'ensilage de maïs pur, l'inconvénient de la manipulation et de la distribution du complément azoté, alors que le maïs-soja est distribué en « plat unique ».

Cet ensilage, ayant une teneur de 76 g de M.A.D. par U.F. correspondant sensiblement à une ration d'entretien, a été distribué en plat unique, sauf pour les agnelles qui ont reçu des céréales en supplément pour assurer leurs besoins en gestation.

La quantité d'ensilage consommé a été de l'ordre de 2,3 à 2,5 kg par tête et par jour. Cet ensilage a été d'une excellente appétence pour les

L'association maïs-soja

animaux, qui n'ont eu par ailleurs aucun problème alimentaire et ont manifesté un très bon comportement.

Les poids moyens, contrôlés sur les mâles Romanov, sont passés de 47,8 kg le 14-11 à 52,2 le 3-1, soit un gain de 90 g par jour et par tête. Ceci permet donc de constater une croissance satisfaisante pour des animaux de ce type.

4) Comparaison d'ordre économique.

Nous comparerons les différences de charges variables entre un ensilage de maïs en culture pure et l'association maïs-soja, en supposant des charges fixes à l'ha identiques pour les deux cultures. Comme base de comparaison, nous prendrons un ensilage de maïs pur à 12.000 U.F par ha, à raison de 67 g de M.A.D. par U.F. Notre comparaison tient compte d'une production de 10.000 U.F. pour l'association maïs-soja, donc d'un déficit de 2.000 U.F. par rapport à la culture pure de maïs, déficit que nous comblerons par l'acquisition de 2.000 U.F. à 0,30 F par U.F. Par contre, pour réaliser le même équilibre M.A.D./U.F. du maïs-soja avec le maïs pur, nous devons compléter ce dernier par 625 kg de tourteau de soja 48/50 à 1,44 F le kg. Les résultats figurent au tableau VI. Bien que nous ayons utilisé les données les plus favorables pour l'ensilage de maïs pur (12.000 U.F., 0,30 F par U.F.), il apparaît encore un léger avantage économique en faveur de l'ensilage de maïs associé au soja.

CONCLUSIONS

Face à notre déficit national en protéines destinées à l'alimentation animale et au coût de l'unité d'azote, soit sous forme protéique, soit sous forme d'engrais minéral, les cultures mixtes maïs-soja constituent des productions intéressantes pour certaines régions de France.

L'association maïs-soja permet d'élaborer un ensilage de qualité, tant sur le plan de la conservation que de l'équilibre M.A.D.-U.F., à condition

toutefois que la proportion de soja dans le mélange soit de l'ordre de 25 à 30 %.

L'objectif de l'éleveur étant d'utiliser des techniques simples et peu coûteuses, il apparaît que la culture mixte réalisée par deux rangs alternés de maïs et de soja présente des avantages par rapport aux autres structures d'association :

- facilité d'implantation avec un semoir de type courant,
- économie de fumure azotée, localisée uniquement sur les rangs de maïs,
- maîtrise des pourcentages respectifs de soja et de maïs, donc assurance de la qualité protéique et possibilité d'utilisation en « plat unique » pour les animaux.

Toutefois, ce type d'association ne permet pas toujours d'atteindre les niveaux de production de matière sèche obtenus avec des cultures pures de maïs, ou avec des cultures qui associent le maïs et le soja sur le même rang.

Des recherches sont encore à poursuivre pour la mise au point de telles associations : choix des variétés de maïs et de soja, structures de peuplement, désherbage, stade de récolte, qualité de l'ensilage et valeur nutritive pour l'animal, économie des coûts de production de l'U.F. et de la M.A.D.

J.-R. MARTY,
*I.N.R.A. - Station d'Agronomie,
Castanet Tolosan*

F. EYCHENNE,
*I.N.R.A. - Station d'Amélioration
génétique des Animaux,
Castanet Tolosan*

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- R. ARNOULD, M. VANBELLE, J.-M. JOASSART, A. MOREELS, L. VAN HOLM, J. HELSEN, 1979 : « Conservation et valeur alimentaire du mélange maïs-soja (Louvain, Belgique) », *Revue de l'Agriculture*, 32, (1), 33-43, janvier-février.
- U.H. BRINER, J. TROXLER, 1977 : « Soja pour l'ensilage de la plante entière », *Revue Suisse Agric.*, 9, (4), 169-173, juillet-août.
- J. DECAU, Mlle A. BOUNIOLS, M. MONDIES, A. PACE, B. PUJOL, 1976 : « Contribution à l'étude de la nutrition azotée du soja (*Glycine max. L. Merr.*) : recherche d'une estimation des activités respectives de la fixation bactérienne et de l'absorption non symbiotique fondée sur le dosage des nitrates présents dans le végétal », *C.R. Acad. Sc. Paris*, 283, série D, 773-776, octobre.
- L. Van HOLM, K. VLASSAK, 1978 : « Résultats d'essais de cultures mixtes de maïs-soja (Louvain, Belgique) », *Revue de l'Agriculture*, 31, (4), 663-673, juillet-août.
- J.-R. MARTY, A. HILAIRE, M. DABASSE, 1978 : « Associations soja-maïs et soja-sorgho grain en cultures fourragères », *C.R. Acad. Agric.*, (4), 331-345, 15-22 février.