

Dans le nord-est de la France, associations maïs fourrage - légumineuse à graines : compatibilité de la longueur des cycles

J.Y. Chapot*

L'ensilage de maïs doit être complété en azote. L'ensilage de la plante entière de légumineuse (féverole, pois, lupin et soja) est caractérisé par une excellente valeur énergétique et azotée, et par une ingestibilité élevée (ANDRIEU et al., 1982). Les associations maïs-légumineuses sont une voie à explorer pour enrichir le fourrage en azote. De telles associations ont été peu étudiées. La plupart des travaux sur ce thème concernent les associations maïs-soja et maïs-haricot en conditions tropicales et équatoriales, les deux espèces étant utilisées pour la production de graines. En Amérique Latine, 60 % du maïs et 80 % du haricot grain sont produits en cultures associées (FRANCIS et al., 1978). Les variétés de haricot utilisées sont soit naines, soit à port grimpant. En Europe, des essais d'association en vue de l'ensilage du maïs avec la féverole ont été réalisés en Belgique (VAN BOCKSTAELE et al., 1979).

L'association maïs-soja a été expérimentée en Allemagne (SCHUSTER et al., 1974) et dans le sud-ouest de la France (MARTY et al., 1978 ; MARTY et al., 1980 ;

* Avec la collaboration de G. SCHWAB, G. CORREGE, A. BLATZ, J-L. TIQUET.

MOTS CLÉS

Alsace, association végétale, cycle végétatif, féverole, haricot à rame, haricot d'Espagne, légumineuses, lupin blanc, maïs fourrage, pois, soja, somme de températures.

KEY-WORDS

Alsace, cumulated temperatures, cycle duration, forage maize, France, *Glycine max*, horse bean, intercropping, legumes, *Lupinus albus*, mixed cropping, peas, *Phaseolus coccineus*, *Pisum sativum*, scarlet runner bean, soyabean, *Vicia faba*, white lupin, *Zea mays*.

AUTEUR

I.N.R.A., Laboratoire d'Agronomie, 28, rue de Herrlisheim, F-68021 Colmar Cedex France.

MONCOULON et al., 1983) du point de vue de la production de matière sèche et de la valeur alimentaire. Quelques études concernant l'association maïs-soja ont été effectuées aux USA (CUMMINS, 1973 ; POGUE et ARNOLD, 1979 ; HERBERT, 1984).

Outre les quelques références concernant ces deux associations, il n'a pas été réalisé d'inventaire systématique des espèces de légumineuses à graines qu'il est possible d'associer au maïs fourrage du point de vue de la longueur des cycles. C'est ce qui a été effectué au cours d'un travail préliminaire à l'étude de la faisabilité des associations maïs-légumineuses. Au stade ensilage du maïs, 33 à 35 % de matière sèche (MS) (DEMARQUILLY et al., 1971), la légumineuse devrait avoir atteint le stade fin grossissement des grains (ANDRIEU et al., 1982).

Cet article traite des essais conduits en Alsace de 1980 à 1982, essais d'association du maïs avec le pois (*Pisum sativum* L. partim), la féverole (*Vicia faba* L. partim), le lupin blanc doux (*Lupinus albus* L.), le haricot à rame (*Phaseolus vulgaris* et *Phaseolus coccineus*) et le soja (*Glycine Max* L.) Merrill.

Matériel et méthodes

Pour chacune des espèces de légumineuses, des variétés de précocités différentes (notamment les plus tardives) ont été associées avec un maïs très précoce (As) et/ou demi-précoce (Dea). Dea est la variété la plus cultivée en Alsace. La variété précoce Sanora a été utilisée dans un essai. Certaines espèces de légumineuses ont été semées à la même date que le maïs et avec un décalage afin de tester l'incidence de cette modalité sur la concordance des cycles des cultures associées. Nous avons comparé des variétés de féverole de type hiver ou printemps. Les variétés de lupin sont de type printemps à l'exception de Lucky, type alternatif qui peut être semé en automne dans les zones à hiver doux (LENOBLE, 1983).

Le maïs a été conduit en culture pure et en culture associée dans la plupart des essais. Les variétés de soja et de lupin ont été comparées en cultures pures en 1981, dans des essais blocs Fisher contigus aux essais en cultures associées (tableau 1).

L'écartement entre deux rangs de maïs est de 75 cm. En culture associée un rang de légumineuse a été semé à 15 cm de chaque rang de maïs. Pour les légumineuses en cultures pures (soja et lupin), les rangs sont respectivement espacés de 40 et 45 cm.

La première année, le lupin a été semé à 15 cm du rang de maïs et, dans un traitement supplémentaire concernant Dea-Lucky, on a testé à titre exploratoire la structure d'implantation des peuplements "Alterné 2/2 double rang" (A2/2 DR) (figure 1). Les rangs de maïs et de lupin sont dédoublés en deux rangs distants de 20 cm, ce qui devrait réduire la compétition sur la ligne. Les peuplements par hectare sont les mêmes que dans la structure en rangs à 15 cm. La récolte est possible

Associations maïs-légumineuses en Alsace

	Année	Lieu	Maïs		Variété (2)	Densité	Légumineuse			Date du semis		n (5)	
			Variété (1)	Densité (1)			Densité	Préco-cité (3)	Type (4)	Maïs	Légumineuse		
Pois	1980	Colmar	As	74 ca	Eryllis Perdro Vendevil	293 ca	dt	P	23/04	d1	23/04	2	
				74 cp			t	H		d2	3/06		
Féverole	1980	Colmar	As	74 ca	Herra Survoy	293 ca	dt	P	23/04	d1	23/04	2	
				74 cp			dt	H		d2	3/06		
	1981	Colmar	As	74 ca	Maxime Marie Boegle Columbe Survoy Lorraine (population)	293 ca	dt à t	P	29/04	d1	30/04	BF 4	
				74 cp			dt à t	H		d2	19/05		
1982	Colmar	As	85 ca	Maxime	293 ca	dt à t	P	29/04	29/04	29/04	2		
			85 cp			dt à t	P					30/04	30/04
Haricot	1980	Colmar	As	74 ca	Phénomène HBE	93 ca	p	30/04	d1	30/04	2		
				74 cp			très t		t	d2		5/06	
	1981	Colmar	Dea	66 ca	Phénomène HBE	93 ca	p	30/04	d1	30/04	2		
				66 cp			très t		t	d2		5/06	
	1981	Colmar	Dea	66 ca	Princesse à rame type perle Sciabola rossa Soisson gros blanc à rame HBE	93 ca	p	30/04	3/05	3/05	1		
				66 cp			t					t	
1982	Colmar	Dea	85 ca	Soisson gros blanc à rame HBE	93 ca	t	23/04	23/04	23/04	2			
			85 cp			très t					t		
Soja	1980	Colmar	Dea	66 ca	Amsoy Weber	293 ca		23/04	28/04	BF 3			
				100 cp									
	1981	Colmar	Dea	66 ca 100 cp 66 cp	Swift Hodgson Weber Amsoy 71 Tie Feng	293 ca 550 cp	Go,dp G1,dt G1,dt G2, t t	30/04	7/05	BF 4			
Lupin	1981	Cernay	As	85 ca	Kali Lucky	275 ca 550 cp	p	P	8/05	8/05	BF 4		
				100 cp			t					A	
				85 cp									
	1982	Altkirch	Sanora	85 ca 110 cp 85 cp	Kali Lucky LA 57 (lignée)	275 ca	p	P	30/04	30/04	BF 4		
							110 cp					t	A
							85 cp					t	P
1982	Altkirch	Sanora	85 ca 110 cp 85 cp	Lublanc Kalina Lucky Multalupe (lignée)	275 ca	p	P	30/04	30/04	BF 4			
						110 cp					t	A	
1982	Altkirch	Sanora	85 cp	Lublanc Kalina Lucky Multalupe (lignée)	275 ca	t	P	30/04	30/04	BF 4			

(1) : Les densités de peuplements sont les densités après démarriage, en 10³ pieds/ha ; ca : culture associée ; cp : culture pure
(2) : HBE : Haricot d'Espagne, variété Blanc à longues cosses (*Phaseolus coccineus*). Les autres variétés de haricot appartiennent à l'espèce *Phaseolus vulgaris*
(3) : p : précoce ; dp : demi-précoce ; dt : demi-tardif ; t : tardif ; G0, G1... groupe 0,1...
(4) : P : printemps ; H : hiver ; A : alternatif
(5) : n : nombre de répétitions ; BF4 : essai bloc Fisher 4 répétitions
i f* : stade i feuilles étalées du maïs

TABLEAU 1 : Principales caractéristiques des essais avec pois, féverole, haricot, soja et lupin associés ou non avec le maïs

TABLE 1 : Main features of trials with peas, horse beans, beans, soybeans and lupins associated or not with maize

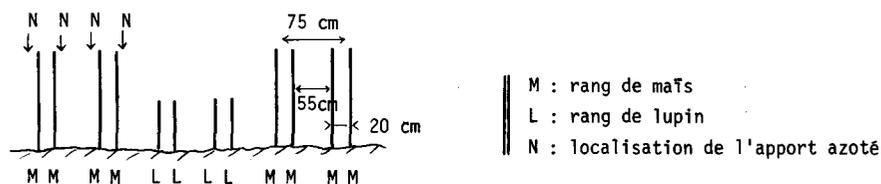


FIGURE 1 : Présentation schématique de la structure d'implantation des peuplements "alterné 2/2 double rang"

FIGURE 1 : Schematic structure of the plantation of "alternate 2/2 double row" stands

par le bec cueilleur d'une ensileuse. Cette structure a été retenue dans l'essai en 1982 car la production de lupin est supérieure.

Les apports d'azote aux cultures pures de maïs et aux cultures associées ont été de 140 kg/ha en 1980 et de 180 kg/ha les deux années suivantes. Dans le cas de la structure en rangs à 15 cm, l'azote a été localisé à 10 cm du rang de maïs, du côté opposé au rang de légumineuse pour limiter l'effet de l'azote sur la fixation symbiotique.

Pour le maïs en culture pure l'azote a été apporté à 10 cm de chaque côté du rang. Dans le cas de la structure "Alterné 2/2 double rang" il a été épandu à 10 cm à l'extérieur des doubles rangs de maïs (figure 1). Les semences de soja et de lupin ont été inoculées.

Le désherbage des associations maïs-féverole et maïs-lupin a été effectué avec de la simazine en pré-levée (0,5 kg/ha de matière active). Un désherbage manuel complémentaire a été nécessaire pour certains essais. En 1981, un traitement contre le puceron noir de la fève a été réalisé avec du pyrimicarbe. L'association maïs-haricot a été désherbée à la butraline (2,5 kg/ha de matière active) et des traitements contre la mouche du semis ont été réalisés au trichloronate (2,5 kg/ha de matière active). L'association maïs-soja a été désherbée avec de l'alachlore (1,7 kg/ha de matière active) et du linuron (0,5 kg/ha de matière active).

Les mesures de production de matière sèche ont été faites en éliminant les extrémités des lignes récoltées dans le cas de l'association maïs-haricot.

Les teneurs en matière sèche et en azote de la plante entière ont été calculées à partir des proportions et des teneurs des organes suivants : tiges + feuilles + spathes + épis chez le maïs, tiges + feuilles + gousses chez les légumineuses.

Les dispositifs expérimentaux sont constitués par des blocs Fisher. Ils comportent soit une ou deux répétitions avec des parcelles de 6-8 lignes de 5 m de long soit 3 ou 4 répétitions avec des parcelles de 4 lignes de 4 m de long.

La plupart des essais ont été effectués sur le domaine INRA de Colmar (Haut-Rhin). Le sol est un limon loessique profond, à forte réserve utile (1,70 m, 340 mm). Les essais maïs-lupin qui exigent un sol acide ont été réalisés dans le sud de l'Alsace (Haut-Rhin), en 1981 à Cernay sur un sol alluvial (pH = 5,5, faible réserve utile) et en 1982 à Altkirch sur un limon décarbonaté (pH = 6,5, forte réserve utile). En 1982, l'essai maïs-haricot conduit à Colmar a été répété à Kogenheim et Heildolsheim (Bas-Rhin).

La pluviométrie, les doses d'irrigation, l'ETP, les sommes de températures en base 6°C sont indiquées de mai à août pour les différentes années et lieux d'essais (tableau 2). On donne par ailleurs dans le texte pour chaque essai les sommes de températures en base 0°C entre le semis et la récolte, ce qui peut permettre des comparaisons avec d'autres variétés et/ou d'autres régions.

	COLMAR									CERNAY			ALTKIRCH					
	(1895-1978) (1973-1983)			1980			1981			1982			1981			1982		
	Pluie	ETP	$\Sigma\theta$	Pluie	ETP	$\Sigma\theta$	Pluie	ETP	$\Sigma\theta$	Pluie	ETP	$\Sigma\theta$	Pluie	ETP	$\Sigma\theta$	Pluie	ETP	$\Sigma\theta$
Mai	53,7	104,2	226	63,9	103,0	198	50	99,1	239	55,4	107,2	239	75	101	227	-	-	-
Juin	63,4	121,4	333	79,0	95,4	291	59,1	110,9	316	95,0	121,3	351	80	135	303	125,3	92,3	353
Juillet	60,8	125,2	403	61,4	99,8	330	89,0	103,0	372	81,1	135,8	446	97	99	350	113,7	99,1	431
Août	59,9	105,6	386	107,0	99,4	394	22,1	105,3	377	79,6	99,5	377	22	110	368	65,4	58,2	370
Total	238	456	1347	311	398	1213	260	418	1304	311	464	1413	364	445	1248			
P - ETP		- 218			- 87			- 158			- 153			- 81				

* : irrigation

TABLEAU 2 : Pluviométrie (mm), ETP et somme des températures ($\Sigma\theta$ en base 6°C) dans les lieux d'expérimentation (ETP Penmann à Colmar et ETP Bouchet à Altkirch et Cernay)

TABLE 2 : Rainfall, potential evapo-transpiration (ETP) and cumulated temperatures ($\Sigma\theta$, with zero at 6°C) in trial sites (Penman ETP in Colmar, Bouchet ETP in Altkirch and Cernay)

Résultats

• Association maïs-pois

Pour un semis des deux espèces à la même date, les différentes variétés de pois sont entièrement sèches vers le 15 août 1980 (1 715 degrés.jours en base 0°C entre le semis et la récolte). Si l'on décale la date du semis du pois de 6 semaines, il s'étiolle et le 10 septembre (1 689 °.jour), alors que le maïs est à 30% de MS, les variétés de pois ont atteint le stade fin grossissement des grains mais leur production est faible, inférieure à 1 t MS/ha.

• Association maïs-féverole

En 1980, la récolte a été effectuée le 2 septembre (2 038 °.jour), le maïs étant à moins de 30% de MS (tableau 3), soit bien avant le stade ensilage. A cette date, une forte proportion des feuilles de féverole est déjà sèche ou tombée (30 à 50% selon la variété), les gousses sont en cours de dessèchement (20 à 30% de gousses noires). La féverole d'hiver Survoy est dans un état de dessèchement moins avancé que la féverole de printemps. Elle a davantage de feuilles et de gousses vertes ; sa teneur en matière sèche et sa production sont plus faibles.

La production de la féverole est relativement importante pour un semis des deux espèces à la même date (5,8 t MS/ha pour Herra, 3,6 pour Survoy). Un décalage de la date de semis de la féverole de 6 semaines (1 558 °.jour) a fortement pénalisé sa production (1,5 t MS/ha pour Herra, 0,4 pour Survoy). En revanche,

	Maïs				Féverole				% N
	(tMS/ha)	(%MS)	(tMS/ha)	(%MS)	gousses (%) (1)	gousses vertes (%) (2)	feuilles sèches (%) (3)	feuilles vertes (%) (4)	
1980									
- Date 1									
.As + Herra	7,2	25	5,8	27		68	50		2,8
.As + Survoy	10,8	29	3,6	21		80	30		2,5
.As seul	13,9	26,4							
- Date 2									
.As + Herra	non récolté		1,5	15,1					
.As + Survoy	non récolté		0,4	13,6					
1981									
- Date 1									
.As + Maxime	15,5	33,5	1,6	30,2	28	37	80	11	2,6
.As + Maris Beagle	15,5	34,8	2,0	20,8	10	89	40	19	2,3
.As seul	15,9	30,3							
- Date 2									
.As + Maxime	11,9	29,5	1,6	27,8	33	66		10	2,6
.As + Maris Beagle	13,0	29,5	1,3	21,6	11	100		14	2,6
- Date 1									
.As + Columba	non récolté		1,8	22,6	32	26		11	
.As + Survoy	non récolté		1,6	20,5	17	73		24	
.As + Lorraine	non récolté		1,4	29,2	20	80		12	
1982 As + Maxime	non récolté		non récolté			0	100		
(1) MS gousses/MS plantes					(2) MS gousses vertes/MS gousses				
(3) Nb feuilles sèches ou tombées/Nb feuilles total					(4) MS feuilles vertes/MS plantes				

TABLEAU 3 : Production du maïs (variété As) et de la féverole, en culture pure ou associée, et diverses caractéristiques de l'état des plantes à la récolte.

TABLE 3 : Yield of maize (cv. As) and of horse beans in pure or mixed stands, and various features of the state of plants at harvest

les plantes sont encore vertes, leur teneur en matière sèche est bien inférieure à celle de la date 1, mais les féveroles sont en partie versées, leurs tiges étant trop grêles.

En 1981, la récolte a été faite le 10 septembre (2 212 °.jour) ; le maïs était au stade ensilage. La production des féveroles a été beaucoup plus faible que l'année précédente (1,6 t MS/ha pour Maxime et 2,0 t pour Maris Beagle). La biomasse et la teneur en matière sèche de la féverole sont relativement proches quelle que soit la date du semis de cette espèce (date 2 : 1 962 °.jour). Les féveroles, notamment le type printemps Maxime, sont dans un état de dessèchement plus avancé qu'en 1980 si on considère les pourcentages de gousses vertes et de feuilles sèches. Les féveroles d'hiver (Maris Beagle, date 1 et date 2, et Survoy) ont une plus forte proportion de feuilles vertes et de gousses vertes que les féveroles de printemps. Leur teneur en matière sèche est plus faible. Par contre, leur pourcentage de gousses est inférieur (de l'ordre de 10 % pour Maris Beagle, dates 1 et 2, de 16 % pour Survoy, contre 30 % pour les types printemps Maxime et Columba). Toutes les variétés de féverole sont atteintes de viroses et de rouilles en fin de cycle.

En 1982, la féverole de printemps Maxime a la totalité de ses feuilles sèches ou tombées et de ses gousses noires le 14 août à Colmar (1 863 °.jour) et Altkirch.

• Association maïs-lupin

En 1981, à la récolte le 3 septembre (1 955 °.jour), la production du lupin associé à As ou Dea est faible, 1,1 à 1,6 t MS/ha (tableau 4). Elle est plus élevée dans le cas de la structure alternée (2,8 t MS/ha) mais alors la production du maïs est réduite. En culture pure, la production du lupin est proche de 6 t MS/ha. Le lupin n'a pas versé en culture pure, en revanche la verse peut atteindre 20 à 30 % des plantes en association. En culture associée, les plantes sont plus hautes. Les plantes de lupin n'ont pratiquement plus de feuilles en culture pure ou associée. En association, les gousses sont situées principalement sur les axes primaires.

En 1982, la totalité des plantes de lupin ont versé à la suite d'un orage le 27 juillet. Le maïs n'a pas versé. Les plantes de lupin étaient relativement hautes. Le 9 juillet, au stade pleine floraison, Lucky mesurait 116 cm (118 cm en 1981). A la récolte du maïs précoce Sanora (33 % de MS), le 10 septembre, le lupin n'a quasiment plus de feuilles (tableau 5) et le pourcentage de tiges sèches est de 100 % pour Kalina, 53 % pour Lucky, 38 % pour Lublanc et 23 % pour Multolupa. Les plantes de lupin ne se sont pas redressées. Lucky qui est la variété la plus haute est celle qui a versé le plus près du sol, ses gousses sont à 10 cm du sol. Quelle que soit la variété, la récolte n'aurait pas été possible avec une ensileuse.

	Maïs		Lupin					
	(tMS/ha)	(%MS)	(tMS/ha)	(%MS)	Hauteur plantes (cm)	Verse (%)	Feuilles (%) (1)	%N
As Seul (85 000 plantes/ha)	13,5	31,0						
As seul (100 000 plantes/ha)	14,5	33,1						
As + Kali	12,6	32,5	1,1	15,3	87	20	2	3,2
As + Lucky	12,7	33,9	1,1	15,4	115	32	11	3,0
Dea seul (75 000 plantes/ha)	14,1	33,8						
Dea seul (100 000 plantes/ha)	16,2	32,6						
Dea + Kali	12,1	31,6	1,2	18,4	100	11	1	3,1
Dea + Lucky	14,6	34,0	1,3	16,0	128	31	6	2,7
Dea + LA 57	15,1	33,4	1,6	18,1	120	3	1	2,6
Dea + Lucky (A 2/2 DR)	7,8	32,8	2,8	17,0	118	22	10	2,4
Kali seul			5,8	19,4	86	0	4	2,9
Lucky seul			5,7	18,5	93	2	10	2,5

(1) MS feuilles/MS plante entière

TABLEAU 4 : Production du maïs (variétés As et Dea) et du lupin, en culture pure ou associée, et diverses caractéristiques de l'état des plantes à la récolte (1981)

TABLE 4 : Yield of maize (cv. As and Dea) and of lupins in pure or mixed stands, and various features of the state of plants at harvest (1981)

• Association maïs-haricot

La variété de haricot Phénomène a un cycle trop court pour pouvoir être associée avec un maïs très précoce (As) lorsque les deux espèces sont semées à la même date. Le 3 septembre 1980 (1 994 °.jour), As est encore éloigné du stade ensilage alors que le haricot est au début jaunissement des feuilles (tableau 6). Si on décale de façon importante la date du semis du haricot (1 687 °.jour), il est alors entièrement vert lorsque le maïs As a 30% de MS. Le décalage de la date de semis du haricot provoque une forte augmentation du nombre de pieds de maïs cassés au-dessus de l'épi et une diminution de la proportion de haricot.

Les variétés Princesse à rames type perle et Sciabola rossa ont un cycle trop court pour être associées à Dea. Le 16 septembre 1981 (2 295 °.jour), le maïs ayant

Associations maïs-légumineuses en Alsace

	Maïs		Lupin				
	(tMS/ha)	(%MS)	(tMS/ha)	(%MS)	MS gousses/ MS pl. entière (%)	% tiges sèches	MS feuilles/ MS pl. entière (%)
Sanora seul (110 000 plantes/ha)	19,1	31,7					
Sanora seul (85 000 plantes/ha)	17,4	32,6					
Sanora + Lublanc	12,9	32,6	2,3	21,4	30	38	4
Sanora + Lucky	12,4	33,1	2,9	26,4	30	53	6
Sanora + Multolupa	12,1	31,5	1,9	19,6	34	23	4
Sanora + Kalina	non récolté		non récolté			100	

TABLEAU 5 : Production du maïs (variété Sanora) et du lupin, en culture pure ou associée, et quelques caractéristiques des plantes à la récolte (1982)

TABLE 5 : Yield of maize (cv. Sanora) and of lupins in pure or mixed stands, and various features of the state of plants at harvest (1982)

	Date de récolte	Teneur MS (%)		Stade végétatif du haricot à la récolte	Production (tMS/ha)			N Haricot
		Maïs	Haricot		Maïs	Haricot	Total	
1980								
As seul	3/09	26,4			13,9			
As + Phénomène	date 1 3/09	26,5	20,7	Début jaunissement. 3% pieds maïs cassés	10,7	3,1	13,8	2,9
As + Phénomène	date 2 12/09	29,8	15,8	Plante entièrement verte. 47% maïs cassés	12,3	2,2	14,5	2,9
As + HBE*	date 1 4/09	26,2	15,9	Plante entièrement verte. 28% maïs cassés	10,3	3,2	13,5	2,4
As + HBE*	date 2 11/09	31,1	11,6	Plante entièrement verte. 76% maïs cassés	11,5	2,5	14,0	2,9
Dea seul	18/09	29,8			15,8			
Dea + Phénomène	date 1 18/09			50% feuilles tombées & gousses sèches	non récolté			
Dea + Phénomène	date 2 18/09			Jaunissement nettement amorcé	non récolté			
Dea + HBE*	date 1 18/09	29,2	16,8	Plante entièrement verte. 12% pieds maïs cassés	12,8	3,7	16,5	2,3
1981								
Dea seul	14/09	28,1			14,8			
Dea + Princesse à rames type perle	16/09			N'a plus de feuilles. Gousses en cours de dessèchement	non récolté			
Dea + Sciabola rossa	16/09			60% de feuilles tombées	non récolté			
Dea + Soisson gros blanc à rame	16/09	26,1	21,2	20% de feuilles tombées-début jaunisse- ment des feuilles & gousses	9,0	4,2	13,2	2,3
Dea + HBE*	16/09	28	16,0	Plante entièrement verte	11,2	3,3	14,5	2,1
1982								
Dea seul	15/09	40,5			18,5			
Dea + Soisson gros blanc à rame	16/09	41,0	29,4	40% de feuilles tombées & 50% gousses sèches	13,6	4,0	17,6	2,0
Dea + HBE*	16/09	42,0	17,5	Plante entièrement verte	15,6	2,8	18,4	2,0

* HBE : Haricot blanc d'Espagne

TABLEAU 6 : Production du maïs (variétés As et Dea) et du haricot, en culture pure ou associée, et diverses caractéristiques de l'état des plantes à la récolte

TABLE 6 : Yield of maize (cv. As and Dea) and of beans in pure or mixed stands, and various features of the state of plants at harvest

26 % de MS, la variété Princesse n'a plus de feuilles et ses gousses sont en cours de dessèchement tandis que 60 % des feuilles de Sciabola rossa sont tombées.

A la même date, la variété Soisson gros blanc à rame a perdu 20 % de ses feuilles ; gousses et feuilles sont au début jaunissement. L'année suivante, le 16 septembre 1982 (2 487 °.jour), Soisson est nettement en cours de dessèchement (40 % de feuilles tombées, 50 % de gousses sèches) lorsque Dea est à 41 % de MS soit un peu après le stade ensilage (on a pu faire la même observation dans les essais de Kogenheim et Heidolsheim qui ont été récoltés au même stade). Il faut noter que cette variété fournit une production de matière sèche importante (4 t en 1981 et 1982).

Le haricot blanc d'Espagne est entièrement vert lors des récoltes les trois années et cela même lorsque Dea atteint plus de 40 % de MS comme en 1982. Il y a encore à cette date quelques fleurs au sommet des plantes de haricot tandis que la plupart des grains sont proches du stade fin grossissement. La production du haricot d'Espagne varie au cours des trois années d'essai entre 2,8 et 3,7 t MS/ha. La production de l'association est de l'ordre de celle du maïs seul.

Le pourcentage de pieds de maïs cassés varie respectivement avec les variétés de maïs et de haricot et selon la date de semis du haricot. Cette proportion est plus forte avec le maïs As qu'avec Dea, et avec le haricot d'Espagne qu'avec Phénomène. Elle est plus élevée lorsqu'on décale de façon importante la date de semis du haricot.

• Association maïs-soja

Les récoltes ont été effectuées le 18 septembre 1980 (2 296 °.jour) et le 21 septembre 1981 (2 380 °.jours), le maïs étant à 30 et 33 % de MS. En 1981, Swift, variété du groupe 0, est au début de la chute des feuilles et l'ensemble des feuilles est jaune. Hodgson, groupe 1, a 30 % de feuilles jaunes. Weber, variété de la fin du groupe 1, est en 1980 et 1981 entièrement verte et ses graines sont au stade fin grossissement. Chez Amsoy, variété du groupe 2, en 1980 et 1981, et chez Tie Feng en 1981, les plantes sont vertes et les graines en cours de grossissement.

Si on compare l'état des plantes de soja en cultures pure et associée à la récolte en 1981, on constate que les stades de maturité sont relativement proches (tableau 7). La proportion de gousses décroît des variétés précoces aux variétés tardives ; le pourcentage de feuilles évolue inversement ; celui des tiges est relativement stable (tableau 7). Le pourcentage de gousses est du même ordre en culture pure et en culture associée. Les gousses ont la plus forte teneur en azote. Les gousses des variétés précoces, qui sont au stade fin grossissement des grains, ont une teneur en azote plus élevée. Inversement, pour les feuilles, la teneur en azote augmente des variétés précoces aux variétés tardives. En cultures pure et associée, le pourcentage d'azote de la plante entière de soja est plus élevé pour les espèces précoces. Chez le soja

	Maïs		Soja associé										
	tMS/ha*	%MS	tMS/ha*	%MS	Tiges (%) % N		Feuilles (%) % N		Gousses (%) % N		Plante entière % N		
Dea seul (100 000 plantes/ha)	20,8	c	32,0										
Dea seul (66 000 plantes/ha)	17,7	b	33,3										
Dea + Swift	14,0	a	33,1	3,2	a	29,9	31,4	1,43	21,9	2,3	46,8	5,4	3,5
Dea + Hodgson	16,5	b	33,6	3,5	a	25,2	35,2	1,60	29,6	2,4	35,2	5,1	3,3
Dea + Weber	15,1	b	33,5	4,1	a	24,1	30,5	1,49	39,3	2,7	30,2	4,9	3,0
Dea + Amsoy	16,2	b	31,8	3,2	a	23,5	33,7	1,39	46,8	3,2	19,5	4,6	2,8
Dea + Tie Feng	17,1	b	34,3	3,2	a	22,4	32,6	1,68	45,8	3,0	21,5	4,4	2,9
	Soja en culture pure												
Swift seul			6,0	a	30,2						47,4	4,9	3,0
Hodgson seul			8,4	b	28,0						38,6	4,9	2,8
Weber seul			9,0	b	25,6						32,7	4,3	2,5
Amsoy seul			9,2	b	26,6						19,1	4,3	2,5
Tie Feng seul			8,6	b	23,7						17,5	4,0	2,4

* Test de NEWMANN et KEULS. Les nombres suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil 5 %

TABLEAU 7 : Production du maïs (variété Dea) et du soja, en culture pure ou associée, et diverses caractéristiques de l'état des plantes à la récolte (1981)

TABLE 7 : Yield of maize (cv. Dea) and of soybeans in pure or mixed stands, and various features of the state of plants at harvest (1981)

en culture associée, il varie entre 2,9 et 3,5 % pour les différents groupes de précocité. En 1981, la production des différentes variétés de soja en culture associée ne diffère pas statistiquement ; elle est comprise entre 3,2 et 4,1 t MS/ha. La production du maïs associé s'échelonne entre 14 et 17 t MS/ha. Seule la production de maïs associée à la variété précoce Swift est statistiquement inférieure. Excepté pour le binôme Dea + Swift, la production totale de l'association ne diffère pas statistiquement de celle du maïs seul à forte densité.

Discussion

• Association maïs-pois

Le pois a un cycle trop court pour être associé aux variétés les plus précoces de maïs fourrage. Ceci a été vérifié à Colmar en 1980, au cours d'une saison plus

humide et à ETP inférieure à la moyenne (tableau 2). GÖRLITZ (1963) signale qu'en R.D.A. cette association n'est pas possible. Dans les Pays de l'Est, le pois est utilisé en association (nombreuses références), le plus souvent avec des céréales à pailles. Il entre seul ou avec d'autres légumineuses (vesce, lupin) dans la constitution de mélanges fourragers.

• Association maïs-féverole

Les différences interannuelles de production et d'état végétatif de la féverole à la récolte sont en relation avec les conditions climatiques. Le déficit climatique ($P - ETP$ Penmann) et les sommes de températures (base 6°C) à Colmar pour les mois de mai à août en 1980, 1981 et 1982 ont été respectivement de -87 mm, -158 mm, -153 mm et de $1\ 213$, $1\ 304$ et $1\ 413$ $^{\circ}\text{C}$ (tableau 2). Le meilleur comportement de la féverole a été observé en 1980, année plus humide et plus fraîche que la moyenne à Colmar, et cependant la féverole était déjà en cours de dessèchement alors que le maïs n'avait pas atteint le stade ensilage. Si l'on compare 1980 et 1982, la pluviométrie de mai à août a été comparable, mais l'ETP et les températures ont été inférieures à la moyenne en 1980 et plus proches de celle-ci en 1982. Le dessèchement précoce de la féverole en 1982 indique qu'elle ne supporte pas les températures et les demandes climatiques élevées, ce qui est le cas en juin et juillet 1982. Les années 1981 et 1982 présentent le même déficit climatique, mais l'ETP et les températures sont plus élevées en 1982 et la féverole se dessèche plus tôt.

Les conditions climatiques de 1981 et 1982 sont les plus proches de celles que l'on rencontre en moyenne à Colmar. Elles ne conviennent pas à l'association maïs-féverole. Le maïs, ces trois années-là, a fourni en culture pure des productions relativement élevées : $13,9$ t MS/ha en 1980, $15,9$ t en 1981 et $18,5$ t en 1982 (dans un autre essai situé sur la même parcelle). On peut penser que l'alimentation hydrique a été satisfaisante.

Des résultats allant dans le même sens ont été obtenus en Belgique (VAN BOCKSTAELE et al., 1979) dans un essai associant le maïs précoce Cargill Primeur 170 avec la féverole tardive Maxime. La féverole a perdu une grande partie de ses feuilles alors que le maïs n'a que 28% de MS. En R.D.A., GÖRLITZ (1963) a constaté en plaine qu'une année sur trois années d'essais la féverole s'est desséchée précocement suite à la chaleur et à la sécheresse.

L'association maïs-féverole pourrait être testée dans des zones où le déficit climatique est faible et les températures modérées. L'intérêt des féveroles d'hiver pourrait être vérifié. Le décalage de la date de semis de la légumineuse est une technique complexe pour l'agriculteur. Signalons que les attaques tardives de pucerons sur féverole nécessiteraient des traitements relativement onéreux.

• Association maïs-lupin

La production du maïs en culture pure a été de 16,2 t MS/ha en 1981 et de 19,1 t en 1982. On peut donc penser que l'alimentation en eau a été relativement satisfaisante au cours des deux années, et cependant les variétés de lupin les plus tardives sont en cours de dessèchement au stade ensilage d'un maïs précoce. L'association favorise par ailleurs la croissance en hauteur du lupin, ce qui le rend sensible à la verse. Du fait de la longueur du cycle du lupin et des risques de verse, cette association ne semble pas présenter d'intérêt. En R.D.A., GÖRLITZ (1963) signale que cette association n'est pas adaptée car le lupin ne supporte pas l'ombrage du maïs. On a effectivement obtenu une production de lupin beaucoup plus faible quand il est semé à 15 cm du rang de maïs. Dans les Pays de l'Est, le lupin est fréquemment cultivé pour la production fourragère et un certain nombre de travaux concernent les associations du lupin avec l'avoine, l'orge, le seigle ou le tournesol.

• Association maïs-haricot

Si l'on n'envisage pas de décaler la date de semis du haricot, alors, parmi les variétés que nous avons testées, seul le haricot blanc d'Espagne est suffisamment tardif pour être associé au maïs Dea. Cette variété de haricot pourrait probablement être associée à un maïs plus tardif. Les variétés de *Phaseolus vulgaris* comparées ont un cycle trop court. Parmi elles, Soisson gros blanc à rame, est la plus tardive et il faudrait vérifier si elle peut être associée avec un maïs plus précoce que Dea.

La proportion de pieds de maïs cassés est plus faible avec Dea qui est une variété résistante à la verse. C'est un critère important à prendre en compte dans le cadre de cette association puisque le maïs peut supporter plus de 17 t de matière fraîche de haricot. Il y a davantage de pieds de maïs cassés avec le haricot d'Espagne qu'avec la variété Phénomène, et cela bien qu'en 1980 les productions de maïs et de haricot soient comparables. Ceci semble s'expliquer par une différence de répartition des gousses qui sont situées en position plus haute chez le haricot d'Espagne. Lorsqu'on décale la date de semis du haricot, le nombre de pieds de maïs cassés augmente. On constate alors que la floraison du haricot se situe à une hauteur plus élevée d'où un accroissement du poids des gousses vers le haut. On peut penser que la compétition pour la lumière favorise la croissance en hauteur du haricot.

On peut donc associer au haricot d'Espagne un maïs résistant à la verse tel que Dea. Il faut semer les deux espèces à la même date. Dans ces conditions, on a observé malgré tout un pourcentage de pieds de maïs cassés non négligeable en 1980, puisqu'il est de 12%, alors que la production du haricot est relativement élevée. La production du haricot doit probablement influencer la proportion de pieds de maïs cassés.

Dans nos conditions climatiques, on ne dispose pas de références quant au choix des variétés à associer au maïs en vue de l'ensilage.

• Association maïs-soja

Le choix de la variété de soja à associer à un maïs demi-précoce tel que Dea a été fait en prenant en compte l'état végétatif du soja au stade ensilage du maïs, sa productivité et ses prélèvements d'azote. Weber a été retenu pour les essais ultérieurs car la plante est entièrement verte, les grains ont terminé leur croissance, la productivité et les prélèvements d'azote sont un peu supérieurs à ceux des autres espèces.

Parmi les variétés plus précoces que Weber, Swift est exclu, son cycle végétatif étant nettement trop court ; le cycle de Hodgson est également un peu trop court et il existe pour cette espèce un risque de perte de feuilles si la récolte est quelque peu retardée. Les variétés plus tardives que Weber ne présentent pas d'intérêt, car elles ont un plus faible pourcentage de gousses et sont un peu moins riches en azote. Leur teneur en MS est par ailleurs plus faible.

Différents auteurs ont étudié l'évolution de la valeur alimentaire du soja au cours du cycle. Leurs conclusions concordent bien avec le choix de Weber qui a été fait. SCHUSTER et ASENIME (1974) ont montré chez le soja que le plus fort rendement en MS et en protéines brutes est obtenu avant le jaunissement des feuilles. PAKDEE-PATRAKORN et al. (1986) indiquent, dans le cas du soja, qu'une contribution équilibrée des tiges (1/3), feuilles (1/3) et gousses (1/3) constitue un bon repère pour décider du moment de la récolte en ensilage. Parmi les variétés que nous avons comparées, Weber satisfait le mieux à ce critère (30,5% de tiges, 39,3% de feuilles, 30,2% de gousses). RAKOTONDRAZAFY (1980) et MONCOULON (1985) signalent que la valeur alimentaire optimale du soja se situe après le gonflement des graines et une semaine environ avant le jaunissement des feuilles. A ce stade, les feuilles représentent encore plus de 30% de la plante entière et la teneur en MS de la plante entière est de 25% en moyenne. Weber correspond bien à ces caractéristiques.

En Belgique, VAN HOLM et VLASSAK (1978) conseillent d'associer à un maïs précoce (Anjou 210) un soja des classes de précocité 0 et 1. Dans le sud-ouest de la France, où des variétés plus tardives de maïs sont utilisées (indice 350-450), MONCOULON (1985) préconise d'associer des variétés de soja des groupes 4 à 6.

Conclusions

En Alsace, les variétés les plus tardives de légumineuses à graines habituellement semées en culture pure en fin d'hiver ont un cycle trop court pour être associées à un maïs fourrage très précoce. Le pois a le cycle le plus court. Les féveroles

d'hiver ou de printemps sont en cours de dessèchement au stade ensilage d'un maïs très précoce. Le meilleur comportement de la féverole a été observé l'année la plus humide et la plus fraîche, ce qui suggère de tester cette association sous des climats nettement plus frais. Un décalage de la date de semis de la féverole ou du pois (ce qui est complexe pour l'agriculteur) permet d'avoir des plantes encore vertes à la récolte mais leur production est faible et elles sont versées. A la récolte du maïs, le lupin n'a plus de feuilles et le dessèchement des tiges est avancé. Il est par ailleurs très sensible à la verse en association.

On peut associer avec un maïs demi-précoce comme Dea, choisi pour sa forte productivité, des légumineuses à graines à croissance estivale telles qu'un soja demi-tardif (Weber) ou le haricot d'Espagne, variété Blanc à longues cosses (*Phaseolus coccineus*). Cette variété de haricot pourrait probablement être associée avec un maïs plus tardif. Les variétés de *Phaseolus vulgaris* ont un cycle trop court. Si on décale leur date de semis, le haricot est vert à la récolte mais la proportion de pieds de maïs cassés devient importante du fait d'un accroissement du poids des gousses en hauteur. Parmi les variétés de *Phaseolus vulgaris*, Soisson gros blanc à rame est plus tardive et il faudrait vérifier si elle peut être associée avec un maïs plus précoce que Dea.

Des éléments concernant la faisabilité des associations maïs-soja et maïs-haricot seront présentés dans un autre article.

Accepté pour publication, le 17 juillet 1990.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDRIEU J., DEMARQUILLY C., LE DU J. (1982) : "Valeur alimentaire de la plante entière de féverole, de lupin, de pois et de soja sur pied et après ensilage", *Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix*, (47), 19-26.
- CUMMINS D.G. (1973) : "Interplanting of corn, sorghum, and soybeans for silage", *Res. Bull.* 150, Georgia Station Experiment, Georgia 30212, 3-15.
- DEMARQUILLY C., HAUREZ P., JOURET M., LELONG G., MALTERRE C. (1971) : "Le maïs plante entière : composition, valeur alimentaire, utilisation par les bovins", *B. T.I.*, 264-265, 2-19.
- FRANCIS C.A., FLOR, PRAGER, SANDERS (1978) : "Density response of climbing beans in two cropping systems", *Field Crop. Res.*, 1, 255-267.
- GÖRLITZ H. (1963) : "Zum Anbau von Grünfüttermaïs. Ackerbohnen-Gemengen", *Die Deutsche Landwirtschaft*, 4, 183-185.
- HERBERT S.J., PUTNAM D.H., POOS-FLOYD M.I., VARGAS A., CREIGHTON J.F. (1984) : "Forage yield of intercropped corn and soybean in various planting patterns", *Agron. J.*, 76, 507-510.
- LENOBLE M. (1983) : "Sélection des lupins : intérêt et caractéristiques", *Cultivar*, n° 160, 16-17.

- MARTY J.R., EYCHENNE F. (1980) : "L'association maïs-soja en culture fourragère", *Fourrages*, n° 81, 113-124.
- MARTY J.R., HILAIRE A., DABASSE M. (1978) : "Associations soja-maïs et soja sorgho grain en cultures fourragères", *C.R. Acad. Agric.*, (4), 331-345.
- MONCOULON R., AFFANE M. (1983) : "Valeur alimentaire d'une association maïs-soja en culture fourragère. Comparaison avec le maïs fourrage", *Fourrages*, n° 93, 35-50.
- MONCOULON R. (1985) : "L'association maïs-soja en culture fourragère", *Colloque maïs ensilage*, Rennes 29-30/05/1985, tome 1.
- PAKDEE-PATRAKORN C., BOUILLIER-OUODOT M., MONCOULON R., BOZZOLO G. (1986) : "Potentialités fourragères du soja récolté en vert. Evolution des compositions morphologiques et chimiques après floraison", *Fourrages*, n° 106, 21-43.
- POGUE D.E., ARNOLD B.L. (1979) : "Dairymen should stick with corn", *M.A.F.E.S. Res. Highlights*, vol. 42 (5), 7-8.
- RAKOTONDRAZAFY H.O. (1980) : *Valeur alimentaire d'une association maïs-soja*, thèse de doctorat de 3° cycle, I.N.P. Toulouse.
- SCHUSTER W., ASENIME E. (1974) : "Versuche zum Gemengeanbau von Maïs und Sojabohnen zur Silagegewinnung", *Z. Acker und Pflanzenbau*, 139, 1-24.
- VAN BOCKSTAELE E., BEHAEGUE T., DE BAETS A. (1979) : "Des cultures de maïs associées à une culture dérobée ou des cultures mixtes maïs-légumineuses rendent-elles possible une production maximale de fourrages verts ?", *Revue de l'Agric.*, n° 5, vol. 32.
- VAN HOLM L., VLASSAK K. (1978) : "Résultats d'essais de cultures mixtes de maïs soja", *Revue de l'Agric.*, vol. 31, 663-673.
- VETTENBURG N., VLASSAK K. (1976) : "Résultats d'essais de cultures de soja et de cultures mixtes de maïs-soja", *Revue de l'Agric.*, 29, 1379-1389.

RÉSUMÉ

Les associations maïs fourrage-légumineuses à graines devraient permettre d'enrichir l'ensilage de maïs en azote. En Alsace, diverses associations ont été testées en comparant les longueurs des cycles du maïs et de la légumineuse.

Les variétés les plus tardives de légumineuses à graines, habituellement semées en cultures pures en fin d'hiver (pois, féverole, lupin blanc doux) ont un cycle trop court pour être associées avec un maïs très précoce. Le pois a le cycle le plus court. Le meilleur comportement de la féverole a été observé l'année la plus humide et la plus fraîche, ce qui suggère de tester cette association sous des climats plus frais. Au stade ensilage d'un maïs très précoce, le lupin n'a plus de feuilles et le dessèchement des tiges est avancé. Il est, par ailleurs, très sensible à la verse en association. A un maïs demi-précoce, comme Dea choisi pour sa bonne productivité, on peut associer des légumineuses à graines à croissance estivale, telles qu'un soja demi-tardif (Weber), ou le haricot d'Espagne variété Blanc à longues cosses (*Phaseolus coccineus*).

SUMMARY

Mixed cropping of forage maize and grain legumes : compatibility of cycles duration in the North-East of France

Forage maize is poor in protein. Intercropping forage maize with grain legumes should increase the nitrogen content of silage. In Alsace (France), we tested which types of mixed cropping are possible if we consider the length of the cycle of grain legumes.

Grain legumes usually sown in pure stands at the end of the Winter such as peas, horse beans, white lupins are not adapted to an association with very early maturing maize. Peas have the shortest cycle. Horse beans also have a short cycle and the best results were observed in the wettest and the coolest year. That suggests to experiment this mixture under a cooler climate. When maize is ripe for silage, lupins have no more leaves and the stems are drying. Lupins are very sensitive to lodgings in mixed stands. Whith a maize variety of a semi-early maturity type, such as Dea, choosen for its high yields, Summer grain legumes can be associated, such as a semi-late soybean (Weber), or the long pod cultivar Blanc of scarlet runner bean (*Phaseolus coccineus*).