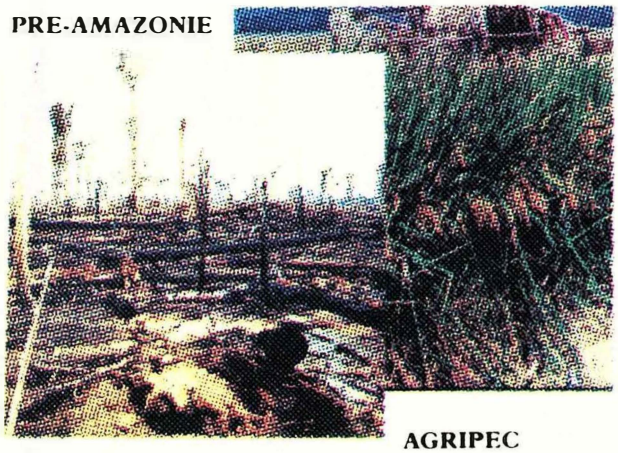
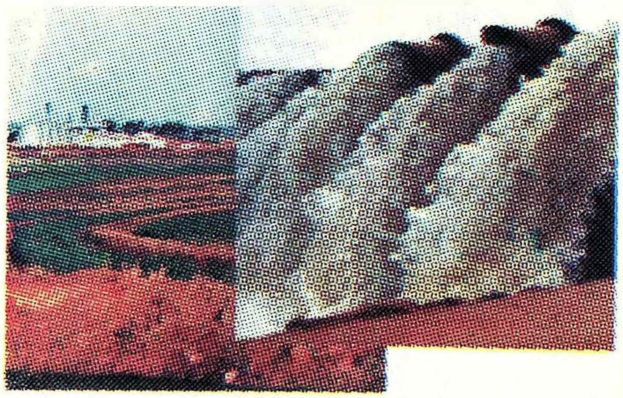
LA RECHERCHE APPLIQUEE AU SERVICE DU DEVELOPPEMENT REGIONAL - BRESIL

PRE-AMAZONIE

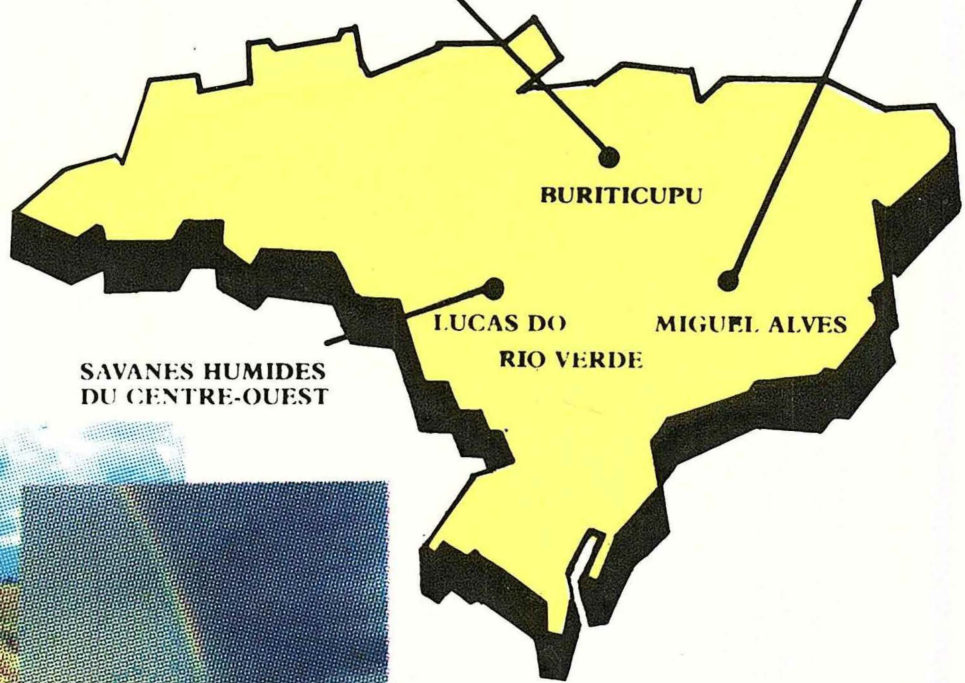


NORD-EST

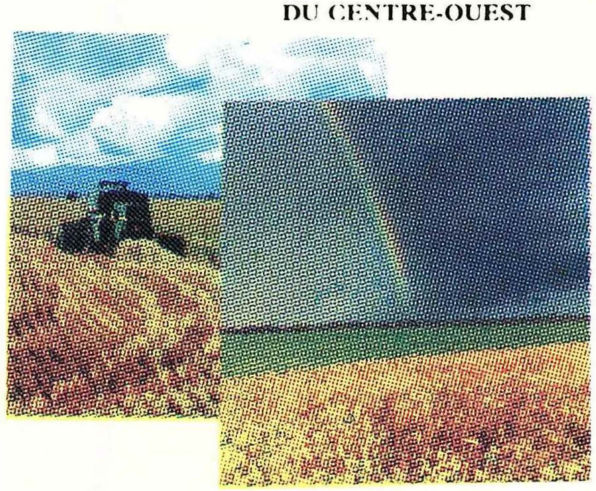


AGRIPEC

AGROPASTORIL DO NORDESTE - PI



SAVANES HUMIDES DU CENTRE-OUEST



FAZENDA PROGRESSO - MT

- IRAT - CIRAD - RHODIA
- FUNDAÇÃO RUBEN BERTA
- SULAMERICA AGROPECUÁRIA

Sommaire

Document I : Fazenda Progresso

Gestion des sols et des cultures dans les zones
de frontières agricoles des cerrados humides du Centre-Ouest Brésil

Synthèse actualisée 1986-1990 et Highlights 1990

Introduction

Conditions climatiques 1989-1990 et conséquences
sur les pratiques agricoles et le développement des cultures

Evolution des itinéraires techniques dans les systèmes
à une seule culture annuelle

Evolution des itinéraires techniques dans les systèmes
à deux cultures annuelles en succession

Les assolements optimisés

Conclusions

Document II : Projet agropastoril do Nordeste

Gestion des sols et des cultures en périmètre irrigué
et en conditions pluviales dans les zones de frontières agricoles
du Nord Brésil

Introduction

Modalités d'intervention de la recherche

Les systèmes irrigués à base de riz

Les systèmes de cultures pluviaux

Premières recommandations et options stratégiques
pour le projet

Principaux axes stratégiques pour la recherche

Annexe

Document III : Projet AGRIPEC

Gestion des sols et des cultures en écologie pré-amazonienne

Introduction

Modalités d'intervention de la recherche

Problématique du développement

Premiers résultats de la recherche sur les systèmes de cultures pluviaux

Premières recommandations pour le projet

Annexe

Document I

Projet Fazenda Progresso
Lucas do rio verde, Mato Grosso

Gestion des sols et des cultures dans les zones de frontières agricoles des cerrados humides du Centre-Ouest Brésil Synthèse actualisée 1986-1990 et Highlights 1990

L. Séguy
S. Bouzinac

Introduction

Un acquis important : de solides références agrotechniques et économiques sur l'optimisation des systèmes de cultures dans les cerrados humides du Centre-Nord Mato Grosso de 1984 à 1990

L'intervention de la recherche en milieu réel, chez et avec les producteurs, a permis, au cours des six dernières années, d'obtenir des résultats décisifs et d'importance vitale pour le futur agricole des cerrados du Centre-Ouest, en expliquant les principales lois de la production végétale et en offrant prévisionnellement, aux unités de production régionales un large choix d'assolements optimisés les plus aptes à pérenniser une agriculture qui soit à la fois durable, lucrative et préservatrice de l'espace rural.

Les principaux résultats de ces travaux franco-brésiliens* ont fait l'objet de deux documents de synthèse publiés internes IRAT en 1989, l'un relatif à l'optimisation des modes de gestion des sols et des cultures dans le Centre-Ouest brésilien, l'autre traitant des premiers résultats de l'adoption par les producteurs de cette région, des technologies mises au point et diffusées entre 1984 et 1989.

■ Document I : Des modes de gestion mécanisés des sols et des cultures aux techniques de gestion en semis direct, sans travail du sol, appliqués aux cerrados du Centre-Ouest brésilien (L. Séguy *et al.*, 1989, 1).

■ Document II : Première évaluation de l'adoption par les agriculteurs du Centre-Ouest des technologies mises au point par la recherche franco-brésilienne (Document MAE-IRAT) [L. Séguy *et al.*, 1989, 2].

Nous présenterons ici, une synthèse actualisée de ces travaux sur le perfectionnement continu des systèmes de cultures pérennisés, en mettant en relief les principaux Highlights 1990.

* Equipes IRAT/CIRAD et CNPAF/EMBRAPA

Conditions climatiques 1989-1990 et conséquences sur les pratiques agricoles et le développement des cultures

Très atypique dans son ensemble, l'année climatique 1989-1990 a été surtout très excessive :

■ Après deux premières décades relativement plus sèches que les années précédentes au cours des mois d'octobre et novembre, un véritable déluge s'est abattu sur la région, à partir de la dernière décade de novembre (Figures 1, 2, 3 ; Tableaux 1 et 2) :

- 746 mm en 20 jours entre le 20 novembre et le 10 décembre ;
- 1 533 mm en 45 jours entre le 20 novembre et le 7 janvier.

Tableau 2 : Pluviométries mensuelles et décadaires comparées, de 1986 à 1990. Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1990.

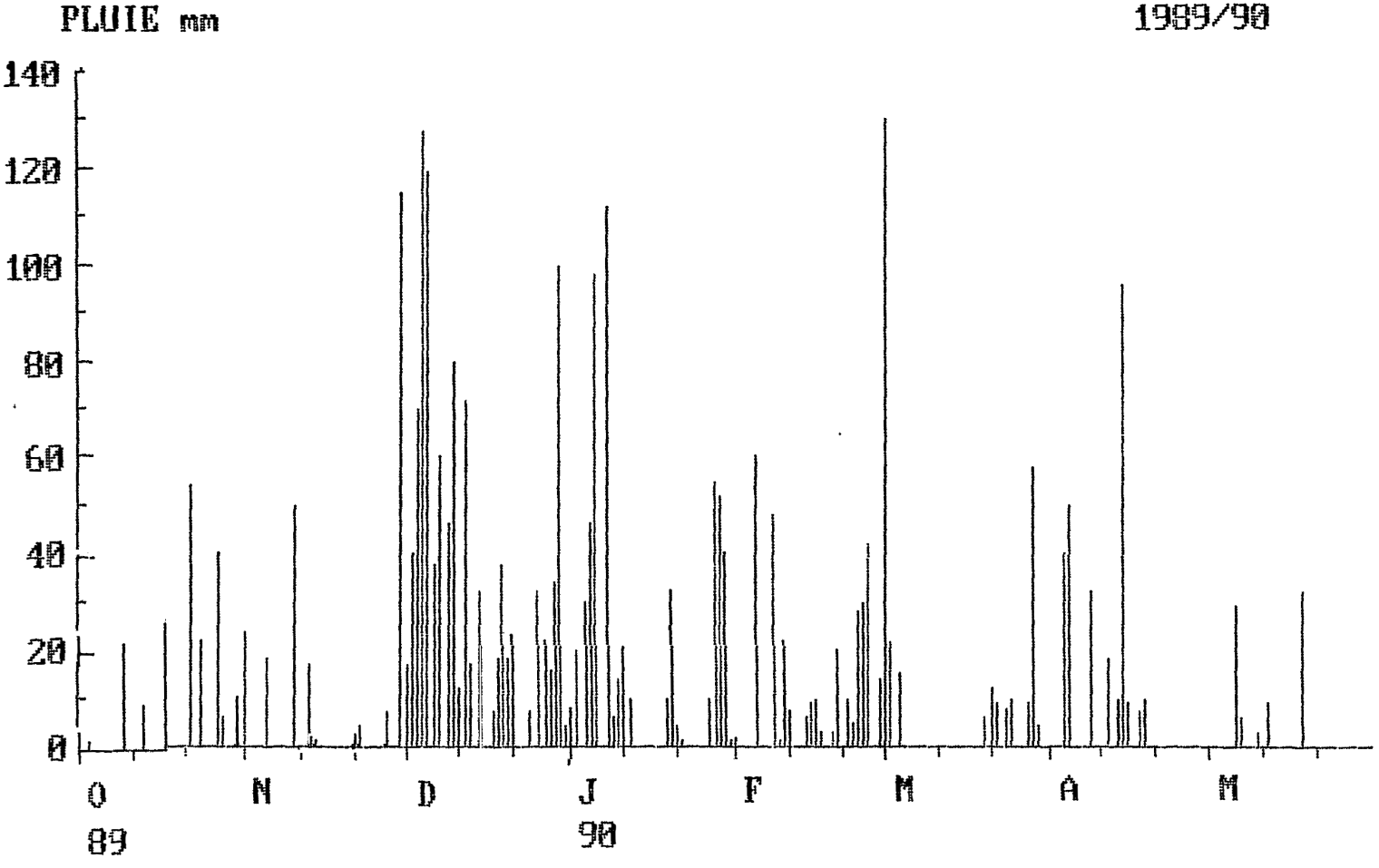
Mois	Année	Première décade	Deuxième décade	Troisième décade	Total mensuel
Septembre	1986	00	22	18	40
	1987	00	40	04	44
	1988	00	10	00	10
	1989	**52**	**15**	**11**	**78**
Octobre	1986	117	64	35	216
	1987	48	22	56	126
	1988	34	18	124	176
	1989	**24**	**35**	**157**	**216**
Novembre	1986	87	41	77	205
	1987	44	165	39	248
	1988	83	101	137	321
	1989	**68**	**22**	**145**	**235**
Décembre	1986	53	44	158	255
	1987	140	62	87	289
	1988	108	132	30	270
	1989	**593**	**225**	**223**	**1 041**
Janvier	1987	44	87	158	289
	1988	180	49	195	424
	1989	142	101	54	290
	1990	**347**	**56**	**161**	**564**
Février	1987	193	124	16	333
	1988	341	77	103	521
	1989	125	129	162	416
	1990	**138**	**51**	**161**	**448**

Durant cette période pluviométrique excessive ont été enregistrées des pluies de très forte intensité :

- 10 pluies supérieures à 60 mm ;
- 5 pluies supérieures à 100 mm.

■ Dans la seule première décade de décembre qui a reçu 600 mm, on note cinq pluies supérieures à 60 mm, et deux supérieures à 100 mm.

FIG.1 PLUVIOMETRIE JOURNALIERE FAZENDA PROGRESSO



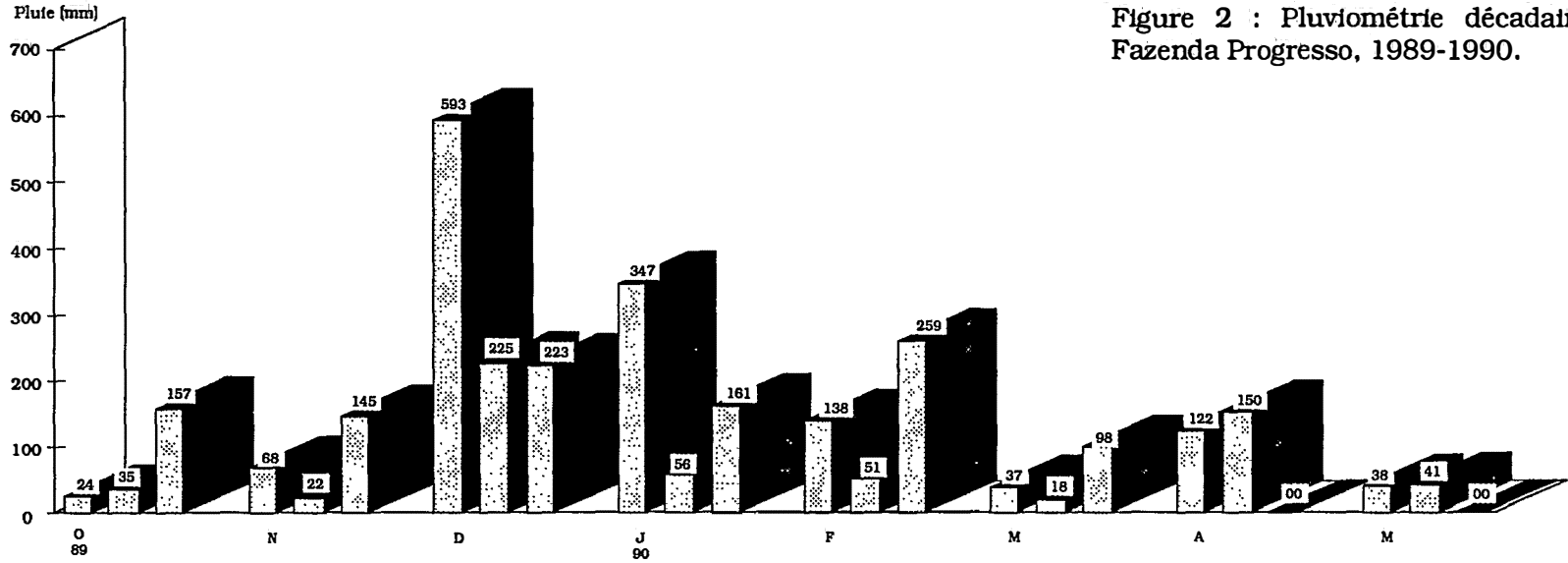


Figure 2 : Pluviométrie décadaire, Fazenda Progresso, 1989-1990.

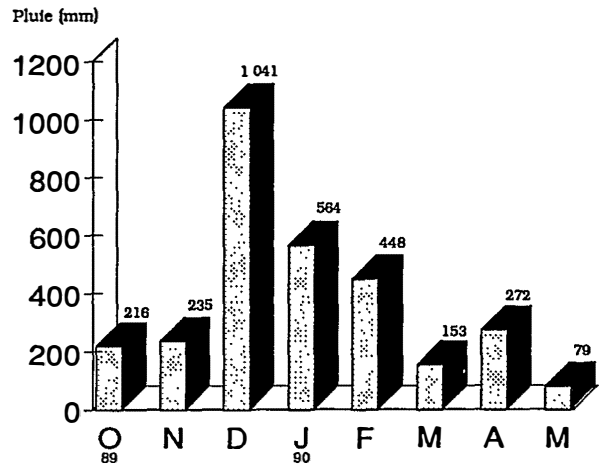


Figure 3 : Pluviométrie mensuelle, Fazenda Progresso, 1989-1990.

Tableau 1 : Pluviométrie décadaire et pluies de forte intensité*. Fazenda Progresso, Mato Grosso.

Mois	Première décade			Deuxième décade			Troisième décade			Total mensuel (mm)
	Total (mm)	Nombre de pluies		Total (mm)	Nombre de pluies		Total (mm)	Nombre de pluies		
		(> 60 mm)	(> 100 mm)		(> 60 mm)	(> 100 mm)		(> 60 mm)	(> 100 mm)	
Septembre 89	52	—	—	15	—	—	11	—	—	78
Octobre 89	24	—	—	35	—	—	157	—	—	216
Novembre 89	68	—	—	22	—	—	145	(01)	(01)	235
Décembre 89	593	(05)	(02)	225	01	—	223	(01)	(01)	1 041
Janvier 90	347	(02)	(01)	56	—	—	161	—	—	564
Février 90	138	01	—	51	—	—	259	(01)	(01)	448
Mars 90	37	—	—	18	—	—	98	—	—	153
Avril 90	122	—	—	150	(01)	—	00	—	—	272
Mai 90	38			41			00			79

* Nombre de pluies journalières supérieures à 60 mm ou à 100 mm par décade.

■ Les premières conséquences très négatives ont été vivement ressenties à plusieurs niveaux :

– sur les **unités de paysage** avec une recrudescence de l'érosion pour toutes les unités non aménagées et qui utilisent les techniques de préparation des sols à l'offset ; ces trombes d'eau se sont, en effet, abattues sur des sols nus, non protégés, en cours de préparation mécanisée ;

– sur les **cultures** déjà implantées, qui ont subi des ennoyages fréquents, et un engorgement total durant plus de 40 jours d'affilée, conditions de profil cultural extrêmement défavorables pour le soja (asphyxie racinaire en particulier) qui est la culture dominante, et à un moindre degré pour le maïs ;

– sur les **pratiques culturales**, pour tous les agriculteurs qui n'utilisent ni les techniques de préparation des sols de fin des pluies (labour et scarification de fin de cycle), ni les techniques de semis direct (Séguy *et al.*, 1989, 1) et qui se sont retrouvés dans l'impossibilité de préparer leurs terres.

Au total, sans parler des préjudices à plus long terme sur la fertilité des sols (lixiviation forte, en profondeur des éléments minéraux), cette période climatique particulièrement agressive pour le milieu, a conduit simultanément à :

– une diminution conséquente des surfaces plantées ;

– un gâchage très important des terres en cours de préparation ;

– des semis très tardifs qui conduisent toujours aux productivités les plus basses (Tableaux 3, 18) ;

– la moyenne de la productivité de soja dans la région a été estimée (coopérative Cooperlucas) entre 27 et 29 sacs à l'hectare, soit entre 1 620 et 1 740 kg/ha, soit une baisse de plus de 35 % par rapport aux années précédentes.

Tableau 3 : Productivité de divers cultivars de soja, en rotation avec riz pluvial, à différentes dates de semis (APROSMAT)*, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1989-1990

	Variété	Première date de semis (10.11.89)		Deuxième date de semis (30.11.89)		Troisème date de semis (10.11.89)	
		Productivité (kg/ha)	Pourcentage T_1	Productivité (kg/ha)	Pourcentage T_1	Productivité (kg/ha)	Pourcentage T_1
Cycle court (90-110 jours)	IAC 8 (témoin T_1)	2 937	100	2 165	100	1 791	100
	Primavera	2 415	82	1 656	76	1 374	77
	Garimpo	2 540	86	1 714	79	1 092	61
	Eureka	2 626	89	2 468	114	3 015	168
	Paranaiba	3 256	111	2 721	126	2 022	113
	Estrela	3 525	120	2 120	98	2 577	144
			Pourcentage T_2		Pourcentage T_2		Pourcentage T_2
Cycles moyen et long (> 110 jours)	Cristanlina (témoin T_2)	4 461	100	3 051	100	3 275	100
	Seridó	3 252	73	2 920	96	2 775	85
	Terezina	3 737	84	3 915	128	1 600	49
	UFV 10	3 758	84	2 726	89	3 570	109
	UFV 5	3 895	87	3 064	100	2 700	82
	FT 11	3 437	77	2 578	85	2 180	66
	BR 15 - Mato Grosso	3 063	69	2 558	84	2 080	63
	Nova IAC 7	3 920	88	2 619	86	3 035	93
	Doko	2 995	67	2 715	89	3 200	98
	Cariri	3 895	87	2 886	94	3 410	104
	Canarana	3 803	85	2 668	87	2 340	71
	Seriema	4 441	99	3 545	116	3 340	102
	Emgopa 305	4 280	96	3 780	124	3 215	98
		4 238	95	3 652	120	2 500	76

* Association des producteurs de semences de soja du Mato Grosso.
Même itinéraire technique que celui de la grande culture : précédent = riz pluvial ; préparation du sol = labour d'entrée. Fertilisation = 1 500 kg/ha thermophosphate Yoorin, amorti sur deux ans + 100 kg/ha de chlorure de potasse.

Tableau 18 : Productivités du riz pluvial (kg/ha) en fonction de la date de semis et des modes de gestion des sols et des cultures, Fazenda Progresso, Sorriso, Mato Grosso, 1989-1990

Précédent × Préparation × Date de semis × Fumure (1)	Sur défriche de savane (1re année) × préparation à l'offset (2)			En rotation après soja (13e année de culture continue) sur labour profond d'entrée de saison des pluies (3)						
				× semis en octobre						
	Semis en sec en septembre	Semis en novembre	Semis en janvier	Thermophosphate Yoorin en 1987 pour trois ans				500 kg/ha Yoorin annuels	1 500 kg/ha Yoorin pour deux ans en 1989	
Variétés	1 500 kg/ha thermophosphate Yoorin Bz appliqués en 1989 pour deux ans			NPK soluble	2 000 kg/ha	1 500 kg/ha	1 000 kg/ha		NPK normal	NPK (+)
IRAT216	4 550	3 350	2 105	1 336	1 950	1 760	1 750	1 575	3 575	3 973
N° 6	1 940	2 920	—	—	—	1 790	—	—	—	—
N° 12	1 720	3 075	—	—	—	1 050	—	—	2 208	—
CIAT15	—	—	2 810							
CIAT18	—	—	2 706							
CIAT22	—	—	2 937							

(1) **Fertilisation minérale** : (+) = 300 kg/ha 5-25-25 + 30 kg/ha micro-éléments + 150 kg/ha urée en couverture + sur tous traitements thermophosphate Yoorin Bz (2 000, 1 500, 1 000 et 500 kg/ha pour deux ans ou pour trois ans, fertilisation NK : K = 100 kg/ha KCl au semis ; N = 150 kg/ha urée en couverture. **Sauf NK (+)** ou en couverture à 50 jours sont appliqués en sus, 50 kg/ha urée + 50 kg/ha KCl.

(2) Sans utilisation d'herbicide

(3) Utilisation d'herbicides de postémergences = 420 g m.a./ha 2-4 D amine et 120 g m.a./ha de Fenoxaprop-éthyl.

Évolution des itinéraires techniques dans les systèmes à une seule culture annuelle

La culture de soja de cycle moyen (130 jours)

Highlights 1989-1990

Dans ces conditions climatiques excessives, la technique de semis direct permet d'obtenir les rendements de soja les plus élevés : 3 300 kg/ha en rotation avec maïs, à plus de 3 700 kg/ha en rotation avec riz pluvial, contre, respectivement 2 785 kg/ha et 2 580 kg/ha sur les mêmes précédents avec la technique de labour profond qui a toujours généré les plus hautes productivités et les plus stables au cours des années précédentes (Tableau 4 ; Figures 4 et 5). Cet avantage net du semis direct est lié très probablement* à un ensemble de facteurs créant des conditions de croissance plus favorables dans le profil cultural, en condition pluviométriques excédentaires :

- meilleure régularisation des flux hydriques et minéraux ;
- meilleure diffusion de O_2 dans la solution du sol ;
- plus grande disponibilité du phosphore assimilable.

Nous avons, en effet, observé, même sous les meilleures techniques de travail du sol (labour, scarification profonde) de véritables effondrements de la structure interne du profil cultural durant la décade pluviométrique la plus agressive, qui ont conduit à la formation de petites dépressions circulaires, où l'eau stagnait en permanence et où le soja est resté chétif (asphyxie racinaire, absence de nodules actifs, etc.).

Le renouvellement de la fumure phosphatée de fond tous les deux ans, à la dose de 1 500 kg/ha de thermophosphate Yoorin Bz, permet de maintenir les rendements de soja en rotation avec riz et maïs, à plus de **3 700 kg/ha**, avec la technique de labour profond (Figure 4 ; Tableau 4).

Deux nouvelles variétés très prometteuses sont retenues :

- en cycle court : **Estrela**, avec une productivité égale à 111 % du témoin IAC 8 (Tableau 3) ;

- en cycle moyen : Siriema, avec 105 % de la productivité du témoin Cristalina sur la moyenne des deux premières dates de semis (Tableau 3).

Au plan économique, malgré une conjoncture extrêmement défavorable pour la culture de soja, les meilleurs itinéraires techniques offrent des marges supérieures à 140 BTN**/ha (soit plus de 110 $US/ha) [Tableau 9 ; Figures 11, 12]

---

* Un suivi des conditions d'oxydo-réduction et de lixiviation des éléments minéraux sera réalisé en 1990-1991, en fonction des divers modes de gestion des sols.

** 1 BTN : 1 Bon du trésor national = 1 dollar entre 1986-1990 = 0,8 $ US en mai 1990.

Tableau 4 : Influence des modes de gestion des sols et des cultures sur la productivité du soja de cycle moyen(1) dans les systèmes à une seule culture annuelle. Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1990.

Modes de préparation du sol		Rotations								
		Monoculture soja			Soja après riz			Soja après maïs		
		kg/ha	Pourcentage témoin	(T[2])	kg/ha	Pourcentage témoin	(T[2])	kg/ha	Pourcentage témoin	(T[2])
GR offset continu (témoin)	1986-1987	2 343	100	—	2 765	118	—	2 885	123	—
	1987-1988+	1 416+	100	(60)	2 465+	174	(89)	3 090+	218	(107)
	1988-1989	1 572	100	(111)	3 135	199	(127)	2 920	186	(95)
	1989-1990 (a)	1 320	100	(84)	2 635	199	(84)	2 850	216	(98)
		1 662	100	—	2 750	165	—	2 935	176	—
ARE labour de début des pluies	1986-1987	2 724	116	—	2 780	119	—	3 186	136	—
	1987-1988+	2 454+	173	(90)	3 165+	223	(114)	3 155+	223	(99)
	1988-1989	2 220	141	(90)	3 940	250	(124)	3 965	252	(126)
	1989-1990 (1) (a)	1 575	119	(71)	2 725	206	(69)	2 580	195	(65)
	1989-1990 (1) (b)	—	—	—	**3 720++**	**282**	**(94)**	**3 810++**	**289**	**(96)**
	Moyenne (1) (a)	2 243	135	—	3 150	189	—	3 220	194	—
	Moyenne (1) (b)	—			**3 401**	**205**	—	**3 529**	**212**	—
PD semis direct	1986-1987	2 784	119	—	3 110	133	—	3 280	140	—
	1987-1988+	1 968+	139	(70)	2 880+	203	(92)	2 890+	204	(88)
	1988-1989	1 800	114	(91)	2 890	184	(100)	2 790	177	(96)
	1989-1990 (a)	1 470	111	(82)	3 740	283	(129	3 300	250	(118)
	Moyenne*	2 005	121	—	3 155	190	—	3 065	184	—

(1) Cultivars utilisés : 1986-1987 : Doko, 1987-1990 : Cristalina
Fertilisation minérale : – 1986-1987 : 350 kg/ha 0-25-25 sur la ligne (NPK soluble) ; – 1987 (a) : fumure phosphatée de fond : 1 500 kg/ha Yoorin Bz appliquée pour trois ans (+) ; – 1989 (b) : phosphatée de fond : 1 500 kg/ha Yoorin Bz appliquée pour deux ans (++) ; – 1989-1990 sur labour X rotation : 2 productivités différentes : · (a) : fumure phosphatée de fond pour trois ans, · (b) : **fumure phosphatée de fond pour deux ans.** – fumure potassique de 1987 ç 1989 ; 100 kg/ha KCl tous les ans avant semis.
Toutes les parcelles ont reçu les mêmes intrants par ailleurs (herbicide, insecticide).
(2) Pourcentage témoin : témoin offset X monoculture chaque année (et moyenne)
T : pourcentage variation interannuelle de productiviité pour chaque traitement = $\frac{\text{Productiviité année } (x+1)}{\text{Productivité année } x} \times 100$

Fig. 4 EVOLUTION DE LA PRODUCTIVITÉ DU SOJA DE CYCLE UNIQUE EN FONCTION DE DIVERS MODES DE GESTION DES SOLS ET DES CULTURES - 1986/90. FAZ. PROGRESSO, MT.

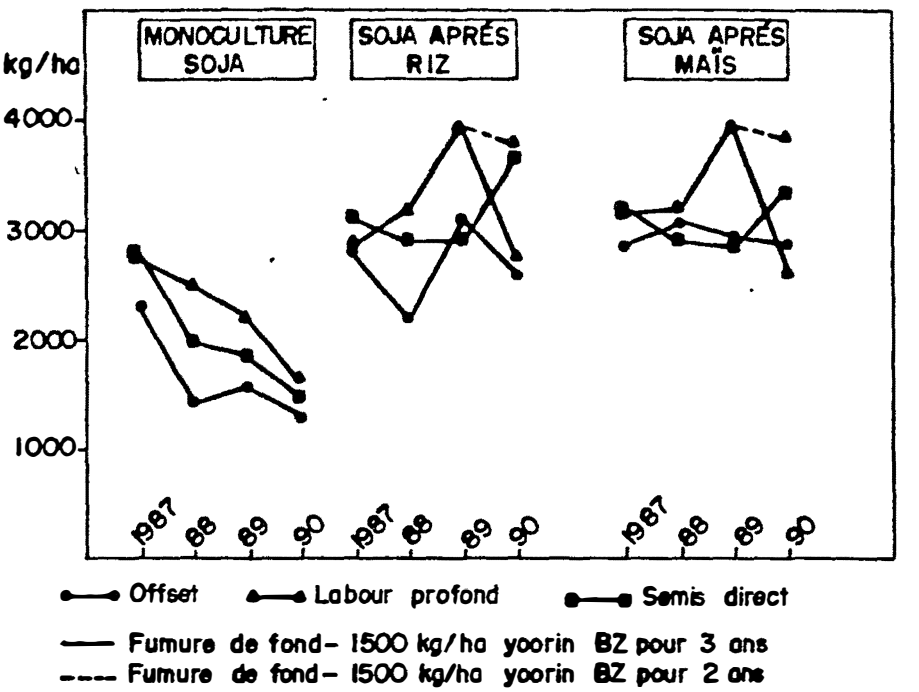


Fig. 5 PRODUCTIVITÉS MOYENNES SUR 4 ANS (1986/90) DU SOJA DE CYCLE UNIQUE DANS DIVERS MODES DE GESTION DES SOLS ET DES CULTURES. FAZ. PROGRESSO, MT.

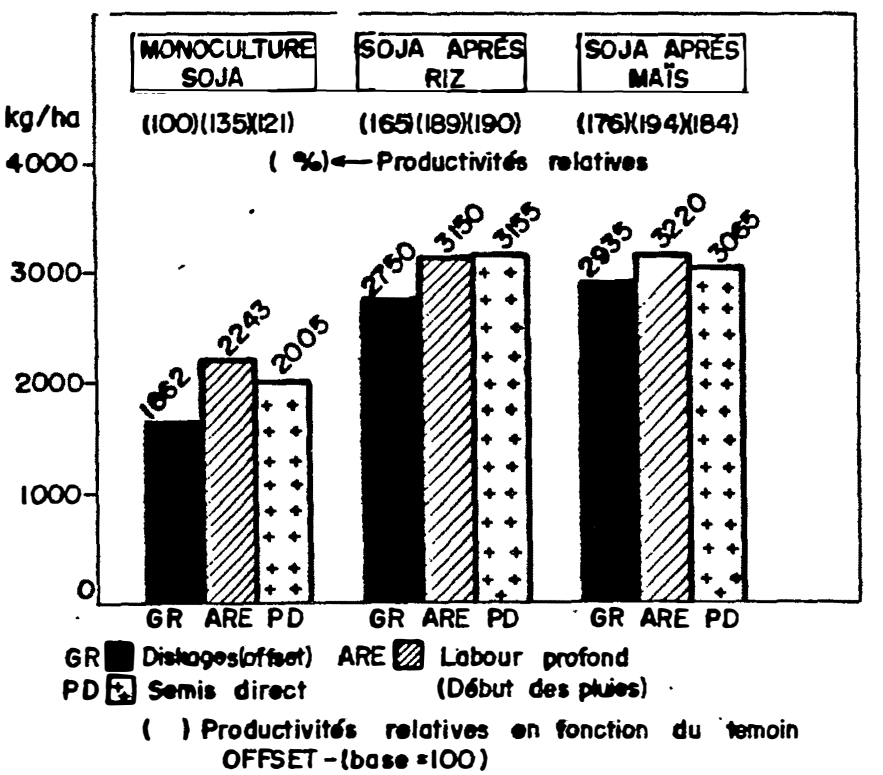


Tableau 9 : Performances économiques de la culture de soja dans les systèmes de culture, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1990

		Monoculture de soja				
	Année	GR*	ARF*	ARE*	ESCAR*	PD*
Coûts de production (BTN/ha)[1]	1986-1987	230	244	244	235	244
	1987-1988	271	292	299	291	286
	1988-1989	358	348	364	331	348
	1989-1990	342	351	352	339	348
	Moyenne	300	309	315	299	307
Marges nettes (BTN/ha)[1]	1986-1987	+56	+97	+97	+74	+97
	1987-1988	-65	+86	+57	+65	0
	1988-1989	-44	+11	+80	+78	+12
	1989-1990	-122	-95	-90	-88	-103
	Moyenne	-44	+25	+36	+32	+06
Taux de rentabilité (%)	1986-1987	+24	+40	+40	+31	+40
	1987-1988	-24	+29	+19	+22	0
	1988-1989	-12	+03	+22	+24	+03
	1989-1990	-36	-27	-25	-26	-29
	Moyenne	-15	+08	+11	+11	+02

		Soja après riz					
	Année	GR*	ARF*	ARE*		ESCAR*	PD*
Coûts de production (BTN/ha)[1]	1986-1987	239	247	247		243	247
	1987-1988	299	300	312		300	303
	1988-1989	401	390	411		364	378
	1989-1990	365	360	377	**480**	342	439
	Moyenne	326	324	337	**362**	312	342
Marges nettes (BTN/ha)[1]	1986-1987	+105	+113	+113		+115	+113
	1987-1988	+129	+128	+149		+130	+116
	1988-1989	+225	+276	+377		+168	+200
	1989-1990*	+74	-20	+77	**+140**	-37	+185
	Moyenne	+133	+124	+179	**+195**	+94	+153
Taux de rentabilité (%)	1986-1987	+44	+46	+46		+47	+46
	1987-1988	+43	+42	+48		+43	+38
	1988-1989	+56	+70	+91		+46	+53
	1989-1990	+20	-05	+20	**+29**	-11	+42
	Moyenne	+41	+38	+ **53**	**+54**	+30	+45

		Soja après maïs					
	Année	GR*	ARF*	ARE*		ESCAR*	PD*
Coûts de production (BTN/ha)[1]	1986-1987	242	252	252		246	252
	1987-1988	302	304	312		301	303
	1988-1989	395	386	412		371	375
	1989-1990*	370	356	373	**482**	349	428
	Moyenne*	327	324	337	**365**	317	340
Marges nettes (BTN/ha)[1]	1986-1987	+118	+140	+140		+129	+140
	1987-1988	+151	+156	+147		+133	+117
	1988-1989	+189	+247	+381		+214	+183
	1989-1990*	+105	+41	+56	**+153**	+01	+122
	Moyenne*	+141	+125	+ 181	**+205**	+119	+140
Taux de rentabilité (%)	1986-1987	+49	+56	+56		+53	+56
	1987-1988	+50	+51	+47		+44	+39
	1988-1989	+47	+64	+92		+57	+49
	1989-1990	+28	-11	+15	**+32**	0	+28
	Moyenne	+43	+39	+53	**+56**	+37	+41

☐ Thermophosphate Yoorin (1 500 kg/ha) appliqué et amorti sur **deux ans**, au lieu de trois.

* Préparation du sol : GR : offset, ARF : labour fin de cycle, ARE : labour des pluies, ESCAR : scarification, PD : semis direct (no tillage). La première année (1986-1987), PD, ARF, ARE ont tous reçu un labour de début des pluies.

(1) 1 BTN = 0,8 $ US en juin 1990 ; 1 BTN = 1 $ US les années précédentes 1986-1990.

Fig. 11 PERFORMANCES ECONOMIQUES DU SOJA EN ROTATION AVEC MAIS - 1986/90.
FAZ. PROGRESSO, MT.

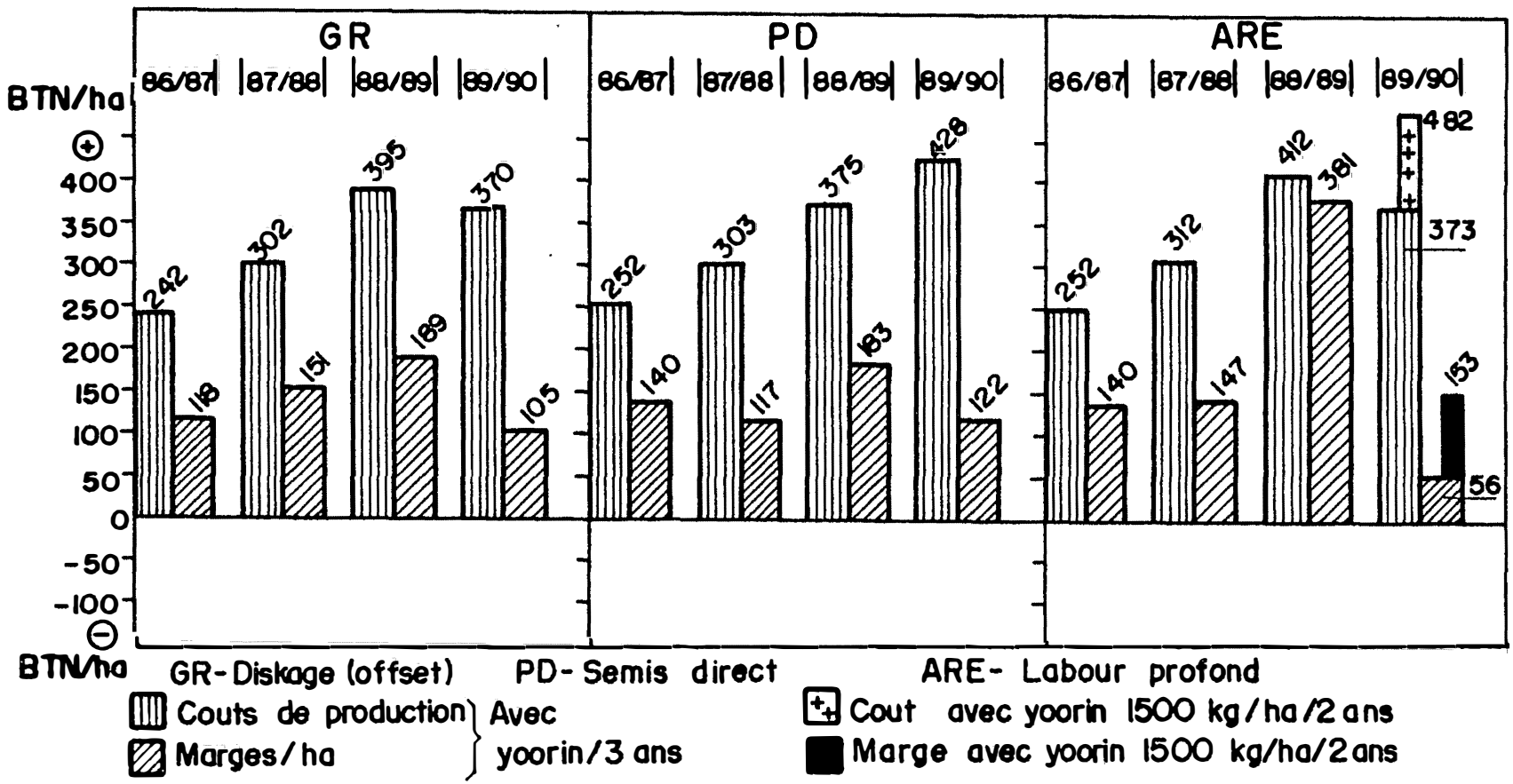
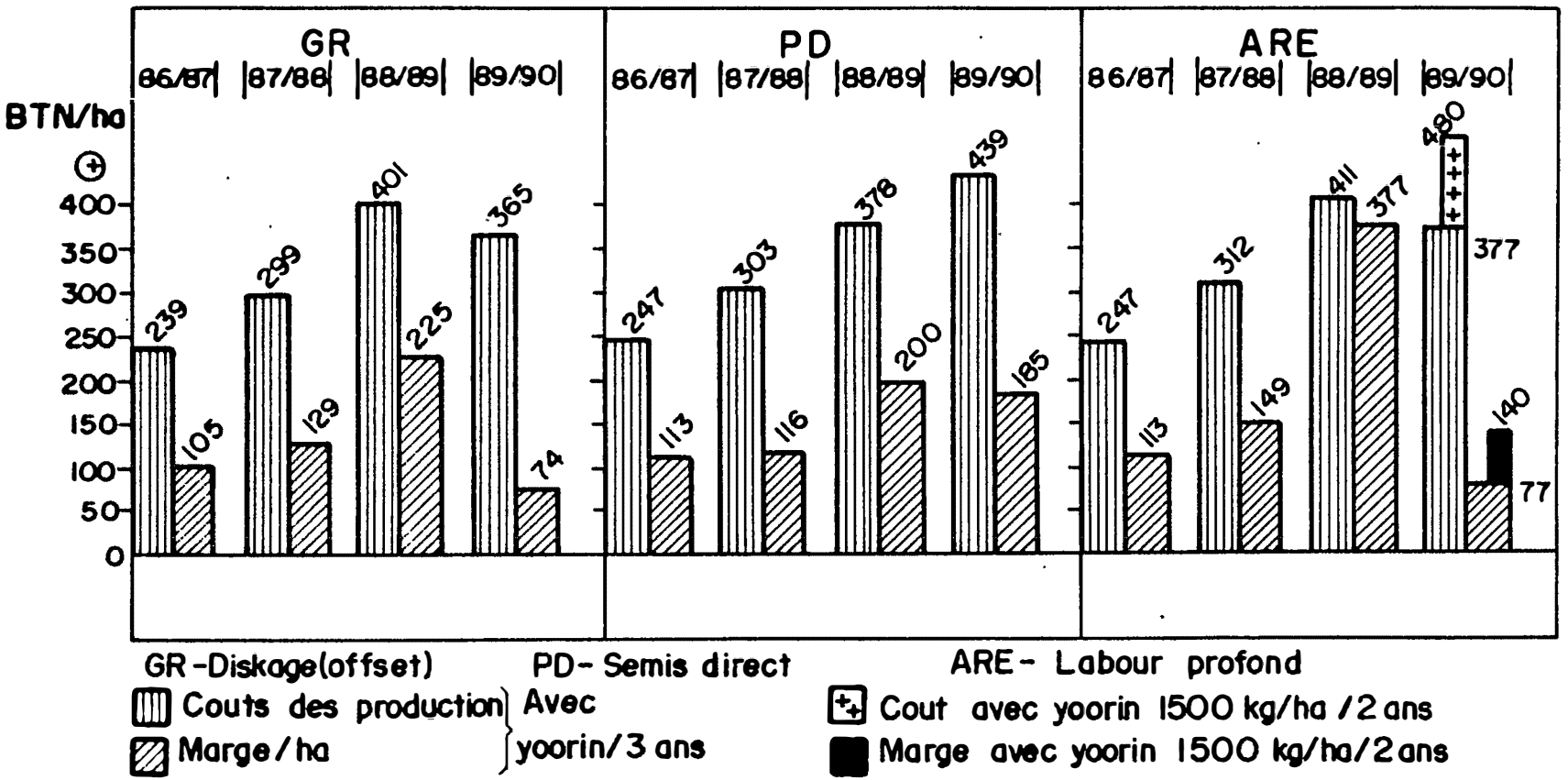


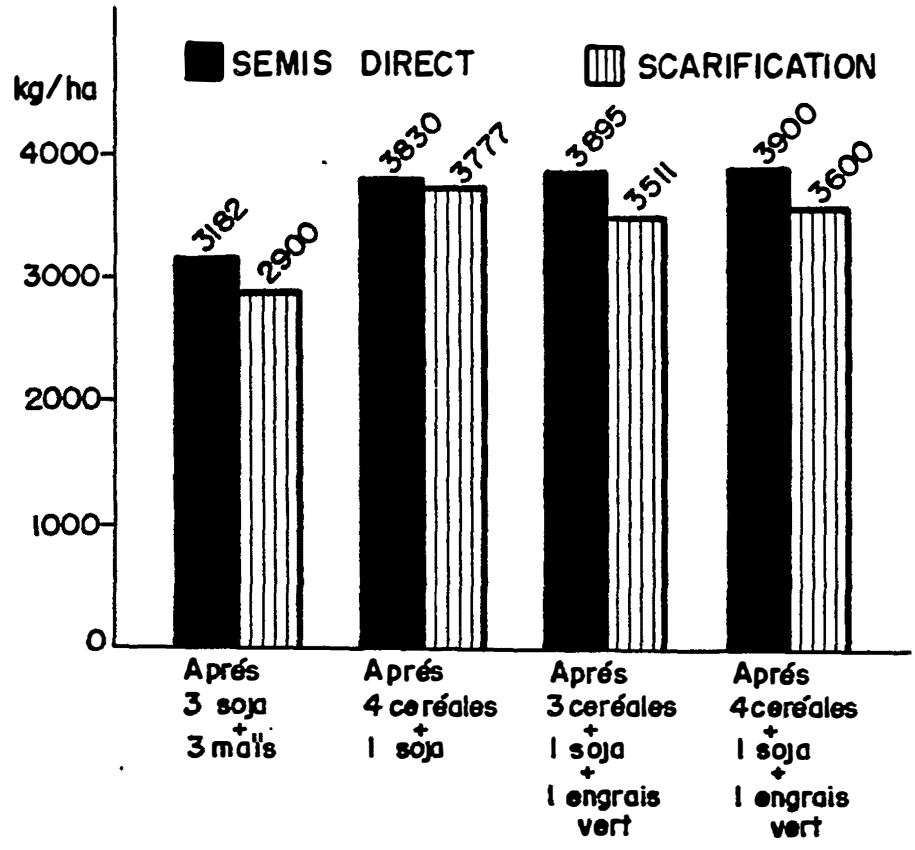
Fig. 12 PERFORMANCES ÉCONOMIQUES DU SOJA EN ROTATION AVEC RIZ - 1986/90.
FAZ. PROGRESSO, MT.



Résultats confirmés : au plan agronomique

Ils sont réunis dans les tableaux 4, 5, 6, 7 et les figures 4, 5, 6, 7, 8 et attirent les principales conclusions suivantes :

Fig. 6 PRODUCTIVITÉ DU SOJA DE CYCLE UNIQUE EN 1989/90 APRÈS 3 ANS DE SUCCESSIONS ANNUELLES - 1986/89.



■ La productivité du soja en **système de monoculture**, continue à chuter régulièrement depuis quatre ans, pour atteindre cette année une moyenne voisine de 1 500 kg/ha ; les conditions climatiques désastreuses ont masqué l'effet des traitements modes de travail du sol sur la productivité ; le labour reste cependant le plus productif, et l'offset constitue toujours la pire technique avec **1 320 kg/ha**.

■ En rotation avec céréales, riz et maïs, la technique de semis direct conduit aux meilleurs rendements lorsque la fumure phosphatée de fond est appliquée pour trois ans (moindre rétrogradation avec cette technique) ; sa productivité varie de 3 300 kg à 3 700 kg/ha contre seulement 2 600 kg/ha à 2 780 kg/ha sur labour profond continu. Lorsque la fumure phosphatée de fond (1 500 kg/ha) est appliquée pour deux ans, la technique du labour profond maintient les rendements entre 3 700 kg/ha et 4 000 kg/ha, résultats remarquables compte tenu des conditions climatiques (tableaux 4, 5 ; figures 4, 5, 6 et 25).

Tableau 5 : Productivité du soja de cycle moyen (var. Cristalina)* en rotation avec diverses successions annuelles. Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1989-1990

Précédents culturaux				Modes de préparation des sols	
				Labour entrée pluies (ARE) en 1989 après no tillage (PD) durant trois ans	Labour entrée pluies (ARE) en 1989 après scarification durant trois ans
1986-1987	1987-1988	1988-1989	1989-1990		
1. Soja présent tous les ans dans successions					
Soja + maïs	/ soja + maïs	/ soja + maïs	/ soja (4 sojas + 3 maïs)	3 040	3 235
Soja + sorgho	/ soja + sorgho	/ soja + sorgho	/ soja (4 sojas + 3 sorghos)	3 325	2 566
			Moyenne	3 180	2 900
Soja présent une fois tous les deux ans (avec ou sans engrais vert : EV)					
Maïs	/ soja + maïs	/ maïs + sorgho	/ soja (4 céréales + 2 sojas)	3 955	3 805
Maïs	/ soja + sorgho	/ maïs + sorgho	/ soja (4 céréales + 2 sojas)	3 705	3 770
Riz	/ soja + maïs	/ riz + cajanus	/ soja (3 céréales + 2 sojas + 1 EV)	3 835	3 405
Riz	/ soja + sorgho	/ riz + callopogonium	/ soja (3 céréales + 2 sojas + 1 EV)	4 090	3 415
Cajanus + maïs	/ soja + sorgho	/ riz + maïs	/ soja (4 céréales + 2 sojas + 1 EV)	3 900	3 630
Cajanus + riz	/ soja + maïs	/ cajanus + riz	/ soja (3 céréales + 2 sojas + 2 EV)	3 760	3 715
			Moyenne	3 874	3 623

* Fertilisation minérale :
- Fumure phosphatée de fond : 1 500 kg/ha de thermophosphate Yoorin Bz appliqué en 1989 pour deux ans ;
- K : 100 kg/ha de KCl avant semis.

Toutes ces parcelles ont reçu les mêmes intrants (fertilisation, herbicides, insecticides)

Tableau 6 : Influence des modes de gestion des sols et des cultures sur la productivité du soja de cycle court dans les systèmes à deux cultures annuelles (soja + callopogonium)[2], Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1989-1990

Mode de préparation des sols	Rotation ou succession	Soja après riz		Soja après maïs	
		kg/ha	(% T)[1]	kg/ha	(% T)[1]
ARF Labour fin de cycle	Soja cycle court IAC 8 1989-1990 dans succession de cultures soja + callopogonium (2)	2 040	(154)	1 990	(151)
ESCAR Scarification profonde	Soja cycle court IAC 8 1989-1990 dans succession de cultures soja + callopogonium (2)	1 830	(139)	2 100	(159)

(1) (% T) : Témoin offset X monoculture : 1 320 kg/ha (année 1989-1990)
(2) Fertilisation minérale :
- fumure phosphatée de fond : 1 500 kg/ha de thermophosphate Yoorin Bz appliquée pour trois ans en 1989 ;
- 100 kg/ha de KCl avant semis en 1989.

Toutes les parcelles ont reçu les mêmes intrants (fertilisation, herbicides, insecticides).

Tableau 7 : Influence moyenne sur quatre ans des modes de gestion des sols et des cultures sur la productivité du soja de cycle moyen (1) dans les systèmes de cultures à une seule culture annuelle (2), Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1989

Rotation	Mode de préparation des sols	Effet du facteur travail du sol dans chaque rotation (offset : témoin = 100)	Effet du facteur rotation pour chaque mode de préparation du sol (monoculture soja = 100)	Effet travail du sol X rotation (monoculture soja X offset = témoin base 100)
Monoculture de soja	Offset	100	100	100
	ARE : labour entrée	135	100	135
	PD : semis direct	121	100	121
Soja après riz	Offset	100	165	165
	ARE : labour entrée	115	140	**189**
	PD : semis direct	115	157	**190**
Soja après maïs	Offset	100	176	176
	ARE : labour entrée	110	143	**194**
	PD : semis direct	104	153	**184**

(1) Cultivars : Doko (première année) Cristalina (années suivantes)
(2) Fertilisation minérale :
- en 1986-1987 ; 350 kg/ha 0-25-25 + 30 kg/ha micro-éléments, à la ligne de semis
- en 1987 : fumure phosphatée de fond, 1 500 kg/ha de thermophosphate Yoorin Bz appliqué pour trois ans
- tous les ans à partir de 1987 : 100 kg/ha de KCl avant semis.

Toutes les parcelles ont reçu les mêmes intrants (fumure, insecticides, herbicides).

Fig. 7 EVOLUTION DE LA PRODUCTIVITÉ DE SOJA,EN ROTATION AVEC LE RIZ PLUVIAL DE 1987/90, EN FONCTION DE DIVERS NIVEAUX DE FERTILISATION MINÉRALE.
FAZ. PROGRESSO, MT.

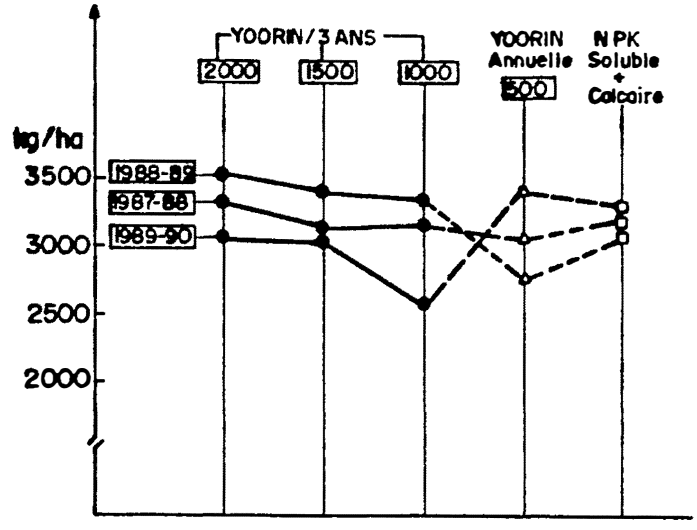


Fig. 8 EVOLUTION DE LA PRODUCTIVITÉ DE SOJA,EN ROTATION AVEC MAIS, DE 1987 a 1990, EN FONCTION DE DIVERS NIVEAUX DE FERTILISATION MINÉRALE.
FAZ PROGRESSO, MT.

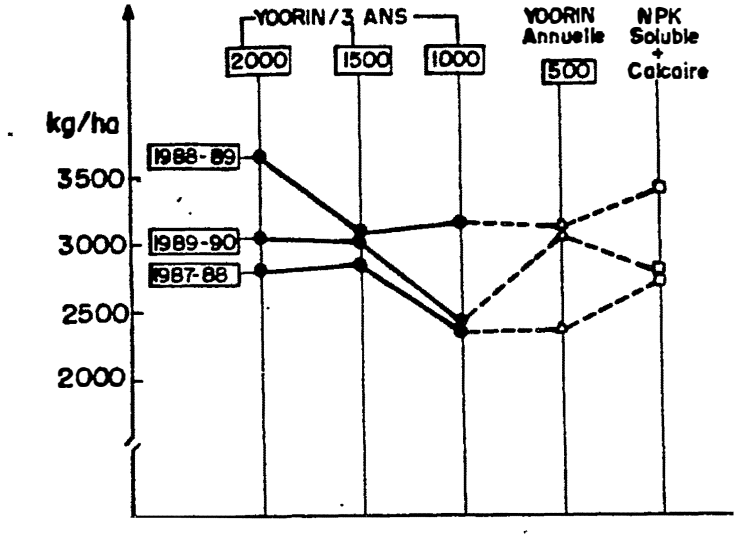
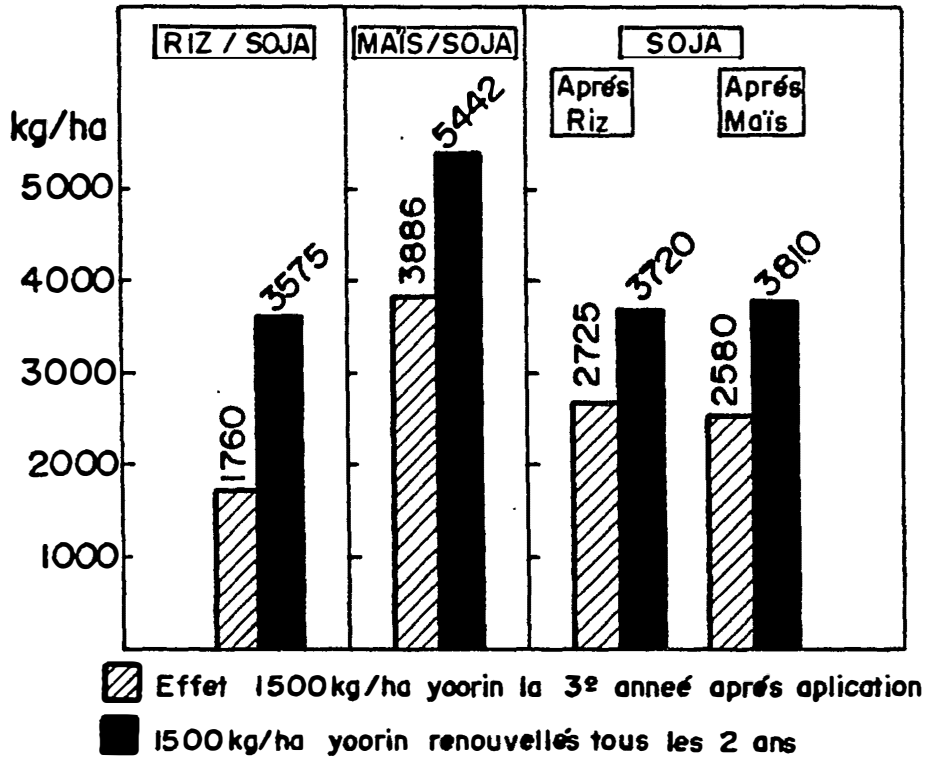


Fig. 25 PRODUCTIVITÉS DES CULTURES ET RYTHME DE FERTILISATION MINÉRALE PHOSPHATEÉ - 1989/90. FAZ. PROGRESSO, MT.



■ La perte d'efficacité du thermophosphate Yoorin sur la productivité du soja est très nette à partir de la troisième année de culture comme l'attestent les courbes de réponses des figures 7 et 8 ; l'application du même niveau de correction phosphatée sur deux ans au lieu de trois, permet un gain de productivité de plus de **42 %** en troisième année (Figure 25)

■ Dans la formation du rendement, l'effet moyen du facteur rotation sur quatre ans, est nettement plus marqué que celui du travail du sol (Tableau 7 ; Figures 4, 5 et 6).

■ L'effet du précédent céréale sur la productivité de soja, très spectaculaire sur un an, est cumulatif au cours du temps : plus la céréale prend d'importance dans la rotation sur trois ans, et plus élevée est la productivité du soja de quatrième année ; ses rendements avoisinent en effet 4 000 kg/ha lorsque figurent quatre céréales et un seul soja dans les trois ans de successions culturales qui ont précédé, ou trois céréales et un engrais vert (Tableau 5 ; Figure 6) la productivité chute de 700 kg/ha, soit en moyenne de 23 %, lorsque toutes conditions étant égales par ailleurs, les trois ans précédents comportent trois sojas, soit un soja chaque année dans la succession culturale (Tableau 5 ; Figure 6).

■ L'écart de productivité, entre les meilleurs et les pires modes de gestion du sol, **s'accroît** au cours du temps :

– en quatrième année, l'itinéraire technique : labour profond × rotation avec céréales riz ou maïs, × application de 1 500 kg/ha de thermophosphate tous les deux ans produit plus de 3 700 kg/ha en moyenne, contre 1 320 kg/ha pour le pire système de monoculture × offset continu, soit plus du triple de productivité (figure 4 ; tableau 4).

■ Au plan économique : les tableaux 8 et 9 et les figures 9, 10, 11, 12 qui résument l'essentiel des performances économiques annuelles et interannuelles de la culture de soja sur quatre ans, mettent en évidence les conclusions suivantes :

– **sur les coûts de production** : une nette augmentation moyenne des coûts de production en monnaie constante entre 1986 et 1990, puisqu'il faut suivant l'itinéraire technique de 37 à 44 sacs à l'hectare de soja pour couvrir les coûts de production, contre seulement 31 à 33 l'année précédente, lorsque la fumure phosphatée de fond est amortie sur trois ans (Figures 2, 4, 9). Ces coûts s'aggravent encore et s'élèvent à 48 sacs à l'hectare, si la même fumure de fond est amortie sur deux ans.

Fig. 9 EVOLUTION DES COUTS DE PRODUCTION DÉTAILLÉS DE LA CULTURE DE SOJA EN ROTATION AVEC RIZ PLUVIAL - 1986/90. FAZ. PROGRESSO, MT.

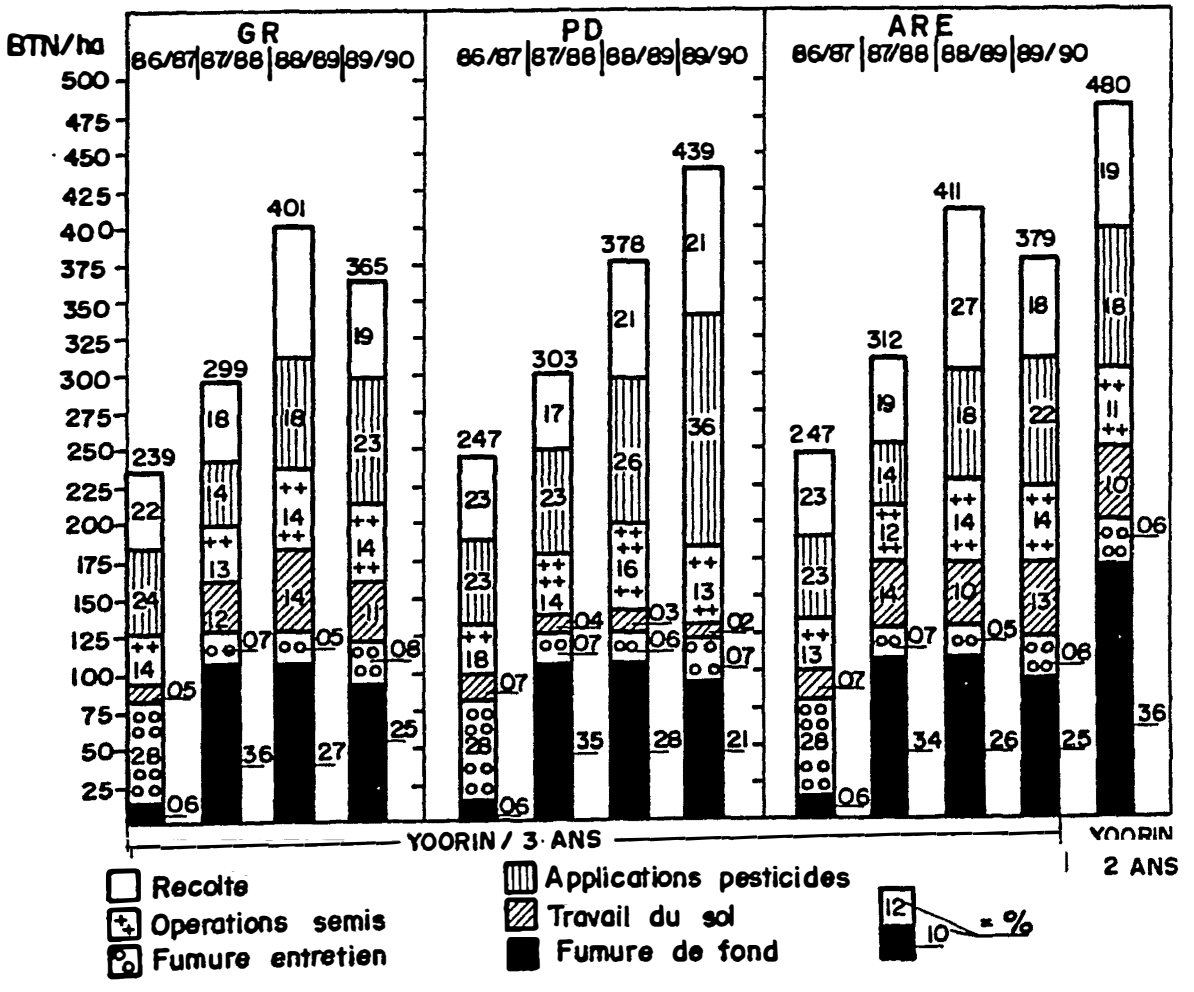
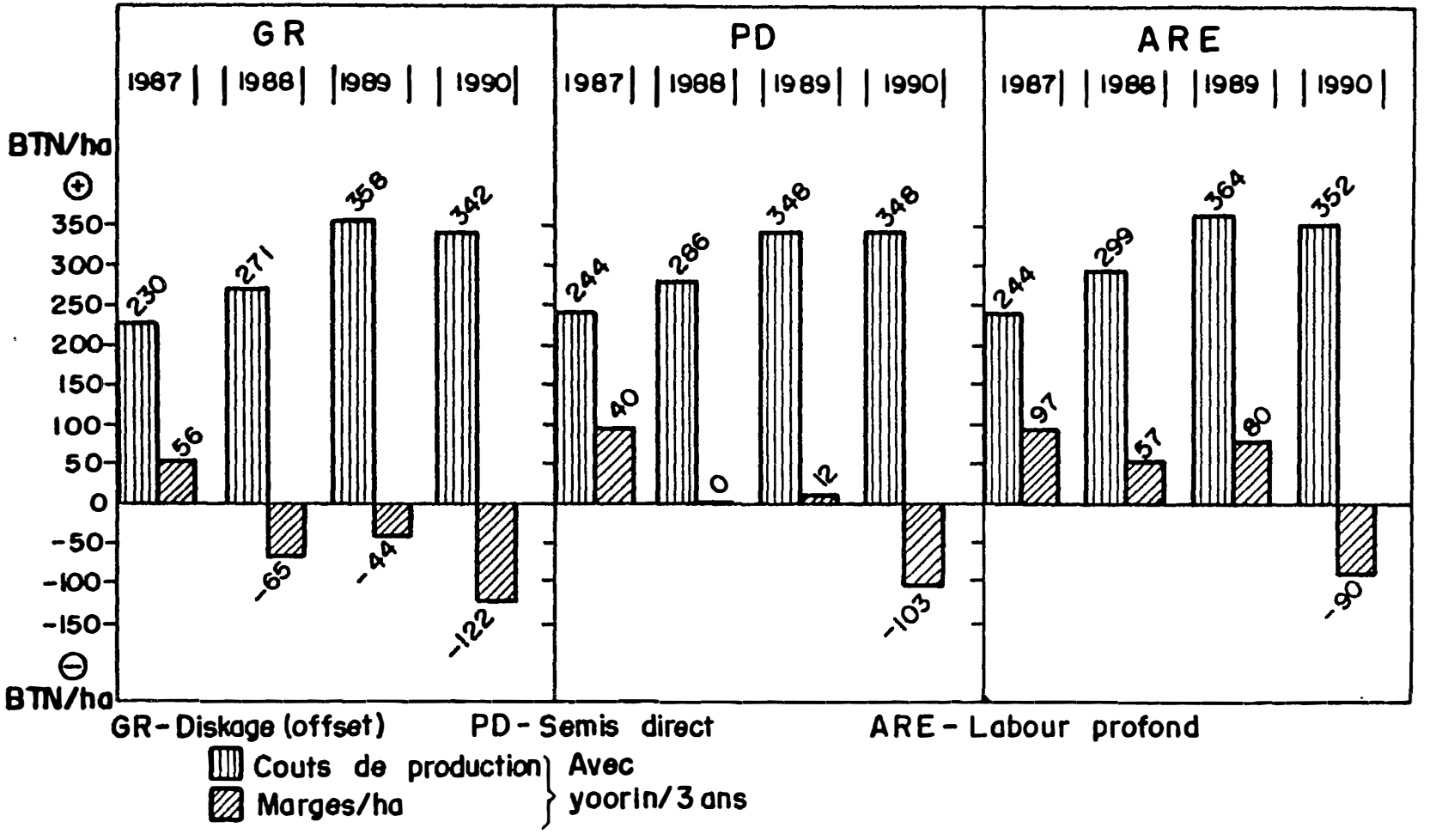


Tableau 8 : Evolution du coût des intrants et des produits, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1990

Intrants et produits	Unité	Spécification	Prix 1986-1987	Prix 1987-1988	Variation 1987-1988 / 1986-1987	Prix 1988-1989	Variation 1988-1989 / 1986-1987	Prix 1989-1990	Variation 1989-1990 / 1986-1987
Amendements	• Calcaire	tonne	13,70	—	—	—	—	—	—
	• Thermophostae Yoorin Bz	tonne	142,06	172,30	121	152,10	107	228,20	160
Engrais minéraux	• Formule soja (0-25-25)	tonne	228,63	212,86	93	205,70	90	230,45	101
	• Formule riz-maïs (5-30-15)	tonne	208,50	214,80	103	222,50	107	276,54	133
	• FTE BR 12	tonne	346,30	640,50	133	254,80	74	?	?
	• Chlorure de potasse	tonne	192,20	173,50	90	185,00	96	236,00	123
	• Sulfate d'ammoniaque	tonne	—	137,70	100	136,10	99	—	—
	• Urée	tonne	214,10	157,90	74	202,50	94	350,92	164
Insecticides	• Furadan	litre	11,60	26,50	229	15,00	129	22,50	194
	• Tecto	kilo	—	11,40	100	7,00	62	10,00	88
	• Azodrin	litre	4,90	4,20	86	6,40	130	7,89	160
	• Ponce	litre	—	—	—	—	—	40,50	—
	• Thiodam	litre	—	—	—	—	—	8,70	—
Herbicides	• Alachlor (LAGO)	litre	7,00	4,25	61	6,60	94	7,30	104
	• Pendiméthaline (HERBADOX)	litre	10,10	7,30	72	8,50	84	13,42	133
	• 2-4 D amine	litre	4,20	4,90	117	3,94	94	6,56	156
	• Atrazine + Metalochlor (PRIMESTRA)	litre	7,60	7,10	93	5,05	66	7,69	101
	• Smazine (GESATOP)	litre	—	4,70	100	4,90	104	—	—
	• Paraquat (Gramoxone)	litre	—	6,53	100	5,12	78	9,00	138
	• Glyphosate (ROUNDUP)	litre	—	12,63	100	9,48	75	10,90	86
	• Fomesafen (Flex)	litre	—	—	—	—	—	21,32	—
	• Fluazifop-butil (Fuzilade)	litre	—	—	—	—	—	21,80	—
	• Fenoxaprop-étyl (Furore)	litre	—	—	—	—	—	36,82	—
Semences	• Riz	sac 60 kg	18,86	15,83	84	16,20	86	30,00	159
	• Maïs	sac 60 kg	48,12	34,29	71	49,80	103	90,00	187
	• Soja	sac 60 kg	18,86	19,16	102	33,00	175	24,00	127
	• Sorgho	sac 60 kg	—	—	—	—	—	108,00	—
	• Callopogonium	sac 60 kg	68,60	91,50	133	91,50	133	95,60	139
	• Cajanus	sac 60 kg	37,10	34,43	143	34,43	143	38,50	104
Produits	Riz — prix IRAT 216*	60 kg	—	—	—	(9,88)	(143)	(12,46)*	(181)
	Riz — prix minimal	60 kg	6,88	7,60	110	7,61	110	9,51	138
	Soja — prix marché	60 kg	6,49	9,78	151	12,00	185	10,00	154
	Maïs — prix minimal	60 kg	4,21	4,90	116	6,52	155	6,71	159
	Sorgho — prix minimal	60 kg	3,56	4,57	128	4,15	116	4,73	133

* Prix payé pour le grain fin (IRAT 216).

Fig. 10 PERFORMANCES ECONOMIQUES EN MONOCULTURE DE SOJA - 1986/90.
FAZ. PROGRESSO, MT.



Dans le même temps, le prix du kilo de soja payé au producteur a baissé de 17 %, soit au total des relations de production extrêmement défavorables et sensibles, ceci d'autant plus que les conditions climatiques désastreuses ont fortement limité la productivité des itinéraires les plus utilisés dans la région (offset × monoculture de soja).

Dans l'augmentation des coûts de production, les postes les plus importants sont :

– le thermophosphate yoorin, la fumure d'entretien, les pesticides, les semences (Figure 9).

On note, encore une fois, que la part des coûts de préparation du sol dans les coûts totaux, reste faible et stable, entre 5 et 11 % pour les techniques offset et labour, et se réduit entre 2 et 6 % pour la technique de semis direct (rouleau trituteur, gyrobroyeur, figure 9).

– **sur les marges à l'hectare** : malgré donc, la conjoncture économique très défavorable, les itinéraires techniques les plus satisfaisants et performants sur le plan agronomique sont aussi ceux qui offrent les marges à l'hectare les plus élevées en 1989-1990, même si ces marges ont nettement régressé cette année (Figures 10, 11 et 12 ; Tableau 9) :

Les techniques de labour profond, semis direct, pratiquées en rotation avec céréales, riz ou maïs, et amortissement de la fumure phosphatée sur deux ans, garantissent en 1989-1990, des marges à l'hectare supérieures à 140 BTN à l'hectare (+/- 110 $ US/ha) ; ces mêmes itinéraires ont aussi assuré les marges à l'hectare moyennes les plus élevées sur quatre ans : de 140 à 185 BTN à l'hectare. L'importance de ces nombres est d'autant plus significative si l'on observe que, pendant le même temps, le système de monoculture pratiquée à l'offset continu, entraîne des pertes financières très importantes :

– - 122 BTN/ha en 1989-1990 ;
– - 44 BTN/ha en moyenne sur la période 1986-1990 (Tableau 9 ; Figure 10).

La culture de maïs de cycle moyen, en rotation avec soja

Highlights 1989-1990

Emergence de deux nouveaux hybrides créés par l'IRAT en convention avec Rhodia : IR 30 et SW 1014 ; leurs productivités respectives ont été de 6 188 kg/ha et 6 423 kg/ha, soit plus de 20 % d'augmentation de productivité par rapport au meilleur hybride commercial testé : Pioneer 6875 (Tableaux 10, 11, 12) ; ce résultat ouvre une nouvelle perspective de grand intérêt pour la culture de maïs de cycle unique, comme partenaire en rotation du soja, au même titre que le riz pluvial (pourvoyeur de paille, donc de matière organique, et pouvoir « recyclant » important pour les éléments minéraux lixiviés qui ont échappé à la culture de soja).

La technique de semis direct, avec couverture **permanente** du sol, confirme sa supériorité sur les autres modes de travail du sol, avec une

Tableau 10 : Productivités du maïs en essai variétal — Hybrides Brésil, (convention IRAT/CIRAD/RHODIA) Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1989-1990

Cultivar	Productivité (kg/ha)	Pourcentage témoin
Pioneer 6875 (témoin)	5 059	100
IR 33	4 047	79
IR 32	4 070	80
TX 1001	4 470	88
SW 1006	4 494	89
SW 1003	4 635	92
SW 1026	4 705	93
IR 21	4 800	95
TX 1006	4 823	95
IR 22	4 847	96
IR 31	4 847	96
SW 1012	4 894	97
TX 1013	4 895	97
TX 1009	4 917	97
TX 1004	4 694	98
TX 1027	5 553	**110**
SW 1024	5 555	**110**
IR 20	5 835	**115**
IR 30	6 188	**122**
SW 1014	6 423	**127**

CV = 10 %
En rotation avec soja.
Itinéraire technique identique à celui de la grande culture:
- préparation du sol : labour d'entrée de saison des pluies
- fertilisation phosphatée : 1 500 kg/ha de thermophosphate Yoorin Bz pour deux ans.
- K = 100 kg/ha de KCl
- N = 150 kg/ha d'urée en couverture
- herbicide = 6 l/ha, Primestra en pré-émergence (1 200 g m.a. Atrazine + 1 800 g m.a. Métolachlor à l'hectare)

productivité voisine de 6 000 kg/ha (hybride Pioneer 6875, Tableau 13).

Résultats confirmés

Au plan agronomique

En rotation avec le soja, le maïs se montre **toujours** très peu sensible aux différents modes de préparation mécanisés des sols comme l'atteste l'évolution des résultats de 1986 à 1990, réunis dans les tableaux 14, 15, **16** et les figures 13, 15. Par contre, ses meilleurs rendements, supérieurs à 5 800 kg/ha sont toujours obtenus avec la technique de semis direct, dès lors que la couverture du sol est assurée de manière permanente, grâce à l'association maïs + callopogonium (L. Séguy *et al.*, 1989, 1).

L'hybride Pioneer 6875 présente un phénotype mieux adapté à la région que ses prédécesseurs : paille plutôt courte, peu sensible à la verse, insertion **basse** de l'épi, excellente vigueur et homogénéité au départ, bon niveau de résistance générale aux maladies ; seul défaut majeur : mauvais recouvrement des spathes sur la pointe de l'épi qui facilite les entrées et attaques tardives de chenilles dévoreuses de l'épi (*Héliothis* sp.).

Sur le plan de la gestion de la fumure minérale, le maïs, comme le soja, mais à un moindre degré, répond positivement à la fumure phosphatée de fond et à son rythme de renouvellement (Figures 14 et 15).

Au plan économique, comme pour le produit soja, la conjoncture est moins favorable que l'année précédente ; dans l'itinéraire technique le plus productif, qui comporte le renouvellement de la fumure phosphatée de fond tous les deux ans, 81 sacs de maïs sont nécessaires pour couvrir les coûts de production, soit une productivité de 4 860 kg/ha (Figure 24). Dans ces conditions, les marges à l'hectare dégagées vont de 31 BTN/ha à 64 BTN/ha avec les techniques respectives de semis direct sans couver-

Tableau 12 : Productivité du maïs en essai variétal cultivars Afrique, (convention IRAT/ CIRAD/RHODIA, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1989-1990

Cultivar	Productivité (kg/ha)	Pourcentage témoin
Pioneer 6875 (témoin)	5 176	100
8505-13	4 188	81
IR 22	4 188	81
FBH 87128	4 259	82
8425-8	4 611	89
IRAT 81	4 635	89
IR 41	4 800	93
FBH 87261	4 823	93
IRAT 298	4 894	94
FBH 87217	4 964	96
IR 32	5 082	98
TX 1013	5 129	99
FBH 87358	5 270	102
TX 1009	5 341	103
DINA 70	5 482	106
IR 31	5 530	107
IR 30	6 164	119

En rotation avec soja, semis précoce. Itinéraire technique identique à celui de la grande culture :
- préparation du sol : labour d'entrée de saison des pluies ;
- fertilisation :
  - P : fumure de fond 1 500 kg/ha de thermophosphate Yoorin Bz pour deux ans
  - K : 100 kg/ha de KCl avant semis ;
  - N : 150 kg/ha d'urée en couverture
- herbicide : 6 l/ha Primestra en pré-émergence (1 200 g de m.a/ha. Atrazine + 1 800 g de ma Metolachlor à l'hectare).

ture morte permanente et de labour profond (Tableaux 17 et 17 a ; Figure 16).

Les marges à l'hectare atteignent le maximum de 224 BNT/ha (+/- 180 $ US) avec l'utilisation de la technique de semis direct avec couverture permanente du sol qui assure depuis deux ans, les plus hautes productivités (Tableau 18).

Les progrès techniques réalisés sur cette culture, la placent maintenant, réellement, comme composante lucrative à part entière, des systèmes de cultures à une seule culture annuelle, en rotation avec le soja.

Tableau 11 : Productivité d'hybrides de maïs en grandes parcelles — Productivité en kilos à l'hectare, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1989-1990

Cultivar	Verse (%)	Etat sanitaire	Productivité (kg/ha)	Pourcentage témoin
Moyenne de divers cultivars sur 30 ha			2 850	100
IR 21	40	Mauvais	1 800	63
IR 22	10	Bon	2 030	71
IR 32	5	Moyen	2 145	75
SW 1012	10	Mauvais	2 210	77
TX 1013	10	Mauvais	2 220	78
IR 33	6	Mauvais	2 335	82
SW 1009	8	Bon	3 040	107
IR 31	3	Moyen	3 116	109
IR 20	5	Bon	3 130	110
IR 30	4	Excellent	3 615	127

En rotation avec soja, semis plus tardif que l'essai variétal (11/89). Itinéraire technique identique à celui de la grande culture :
- préparation du sol : labour d'entrée de saison des pluies ;
- fertilisation minérale :
  - P : fumure de fond 1 500 kg/ha de thermophosphate Yoorin Bz pour deux ans
  - K : 100 kg/ha de KCl avant semis ;
  - N : 150 kg/ha d'urée en couverture
- herbicide : 6 l/ha Primextra en pré-émergence (1 200 g de m.a. Atrazine + 1 800 g de ma Metolachlor à l'hectare).

Fig.16 PERFORMANCES ECONOMIQUES DU MAIS EN ROTATION AVEC SOJA - 1986/90.
FAZ. PROGRESSO, MT.

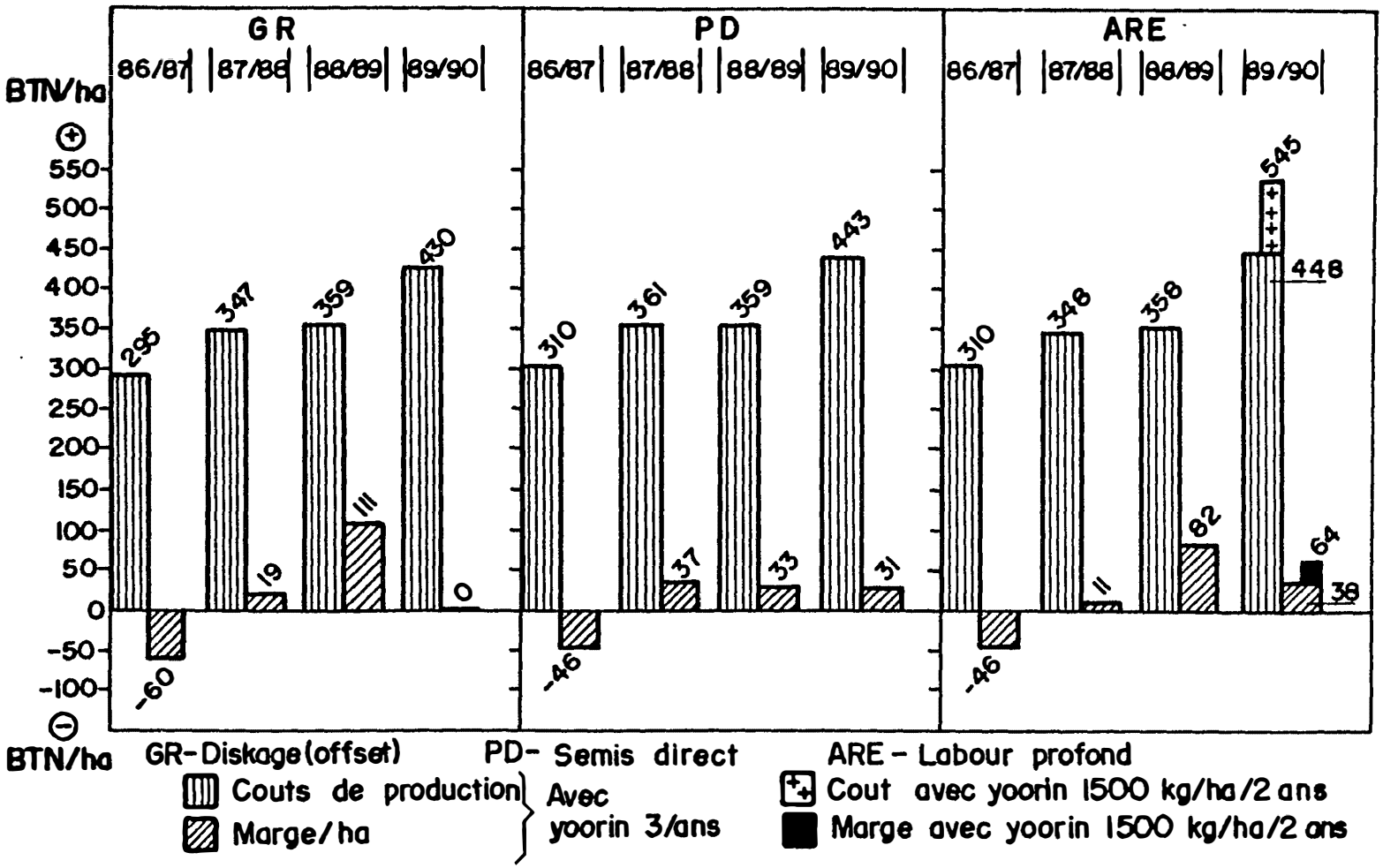


Fig. 17 EVOLUTION DES COUTS DE PRODUCTION DÉTAILLÉS DE LA CULTURE DE MAIS EN ROTATION AVEC SOJA - 1986/90. FAZ. PROGRESSO, MT.

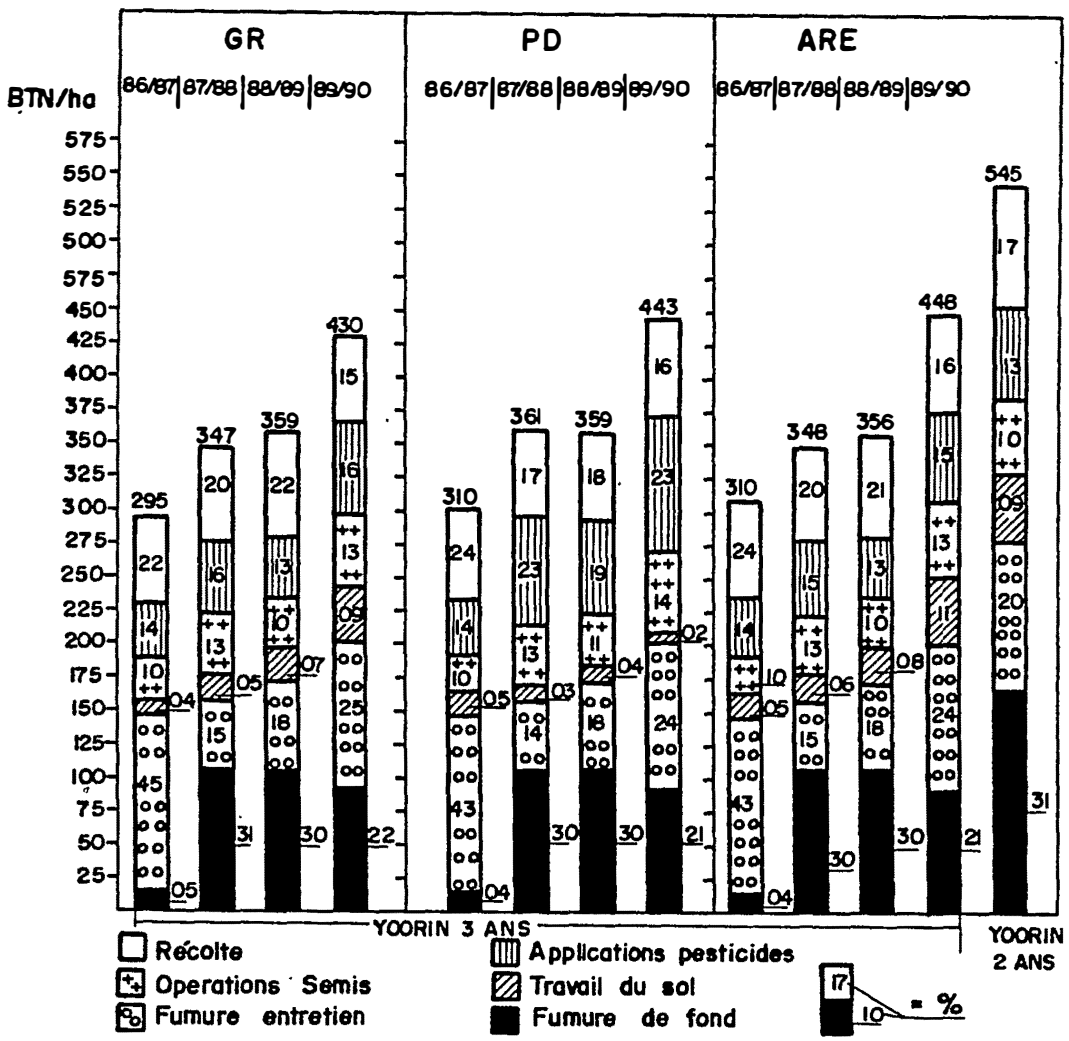


Tableau 13 : Productivités comparées des cultures de soja et maïs pratiquées avec techniques de labour profond continu et semis direct avec couverture morte permanente, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1987-1990

1986-1987	Mode de gestion des sols et des cultures		1987-1988		1988-1989		1989-1990	
	Préparation du sol × fertilisation		Culture	Productivité (kg/ha)	Culture	Productivité (kg/ha)	Culture	Productivité (kg/ha)
Après labour profond semis riz + callopogonium en mélange **Productivité riz = 3 225 kg/ha** couverture du sol en fin de saison sèche (pailles riz + callopogonium) = **12,5 t/ha** Callopogonium se resème tout seul les années suivantes	Labour profond	NPK localisé (1)	Soja Maïs (+ callopogonium)	1 215 4 030	Maïs	4 700	Soja Maïs	1 775 (*) 2 678
		Thermophosphate Yoorin Bz 1 500 kg/ha (2)	Soja Maïs (+ callopogonium)	1 440 4 226	Maïs	6 500	Soja Maïs	900 (*) 3 068
	Semis direct	NPK localisé (1)	Soja Maïs	2 040 4 360	Maïs	5 200	Soja Maïs	2 460 5 200
		Thermophosphate Yoorin Bz 1 500 kg/ha (2)	Soja Maïs	2 486 4 940	Maïs	6 400	Soja Maïs	2 947 5 830

(1) Fertilisation — NPK localisée au semis
- soja = 350 kg/ha 0-25-25
- maïs = 350 kg/ha 5-30-15+ 100 kg/ha urée couverture

(2) Fertilisation — Thermophosphate :
- 1 500 kg/ha Yoorin Bz appliqués en 1987 pour trois ans. Fumure complétée en N et K pour obtenir les mêmes niveaux que sur (1).

(*) Parcelles dominées partiellement et/ou totalement par callopogonium sp.

Tableau 14 : Influence des modes de gestion des sols et des cultures sur l'évolution de la productivité du maïs en rotation avec soja, sur les préparations de sol de fin de cycle, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1990

Mode de préparation des sols	Année	Fertilisation minérale(1)	Cultivar	Maïs en rotation après soja	
				Productivité (kg/ha)	T (2)
ESCAR : scarification profonde	1986-1987	NPK localisé	Braskalb 876	3 480	100
	1987-1988	Yoorin Bz amortis sur trois ans (1 500 kg/ha)	Cargill 115	4 614	132
	1988-1989		Cargill 111-5	4 050	88
	1989-1990		AG 404	3 230	80
	Moyenne			3 843	—
ARF : labour en fin de saison des pluies	1986-1987	NPK localisé	Braskalb 876	3 588	100
	1987-1988	1 500 kg/ha Yoorin Bz amortis sur trois ans	Cargill 115	4 296	120
	1988-1989		Cargill 111-5	4 056	94
	1989-1990		AG 404	3 395	84
	Moyenne			3 833	—

(1) Fertilisation :
- NPK (en 1986-1987) : 350 kg/ha 5-30-15 + 30 kg/ha micro-éléments + 150 kg/ha urée couverture
- 1 500 kg/ha Yoorin Bz appliqués en 1987 pour trois ans. Les quantités de N et K appliquées avec cette fertilisation Yoorin sont chaque année de : 100 kg/ha KCl avant semis, 150 kg/ha d'urée en couverture. Tous les autres intrants (herbicide et insecticides) étant égaux par ailleurs.

(2) T = variation interanuelle de productivité = Productivité année x + 1 / Productivité année x, × 100

Tableau 15 : Productivité du maïs (kg/ha) cycle moyen (1) en rotation avec diverses successions annuelles, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1989-1990

Précédents culturaux				Mode de préparation du sol (1986-1990)			
				(A)	Labour entrée des pluies (ARE) en 1989-1990 après no tillage (PD) durant 1986-1989	(B)	Labour entrée des pluies (ARE) en 1989-1990 après scarification profonde (ESCAR) entre 1986-1989
1986-1987	1987-1988	1988-1989					
Soja + maïs	Maïs	Soja + maïs	(3 maïs + 2 sojas)		5 830		5 430
Soja + sorgho	Sorgho	Soja + sorgho	(3 sorghos + 2 sojas)		5 200		5 310

Fumure appliquée en 1989-1990 :
- 1 500 kg/ha thermophosphate Yoorin Bz pour deux ans, incorporé par labour
- 100 kg/ha chlorure de potasse avant semis
- 150 kg/ha urée en couverture

(1) Cultivar : hybride Pioneer 6875

Tableau 16 : Influence des modes de gestion des sols et des cultures sur l'évolution de la productivité du maïs (kg/ha) dans les systèmes à une seule culture annuelle, en rotation avec soja, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1990

Mode de préparation des sols		Année	Fertilisation (1)	Cultivar	Maïs en rotation après soja		
					Productivité (kg/ha)	Pourcentage témoin (2)	T (3)
GR :	offset continu (témoin)	1986-1987	NPK localisé	Braskalb 876	3 360	100	100
		1987-1988	1 500 kg//ha (a)	Cargill 115	4 488	100	(133)
		1988-1989	Yoorin Bz (a)	Cargill 111-5	4 326	100	(96)
		1989-1990	pour trois ans (a)	Pioneer 6875	3 840	100	(89)
		Moyenne			4 005	100	—
PD :	semis direct	1986-1987	NPK localisé	Braskalb 876	3 606	107	100
		1987-1988	1 500 kg/ha (a)	Cargill 115	3 960	88	(110)
		1988-1989	Yoorin Bz (a)	Cargill 111-5	3 606	83	(91)
		1989-1990	pour trois ans (a)	Pioneer 6875	4 240	110	(117)
		Moyenne			3 853	96	—
ARE :	labour entrée saison des pluies	1986-1987	NPK localisé	Braskalb 876	3 720	111	100
		1987-1988	1 500 kg/ha (a)	Cargill 115	4 404	98	(118)
		1988-1989	Yoorin Bz (a)	Cargill 111-5	4 032	93	(91)
		1989-1990	pour trois ans (a)	Pioneer 6875	4 350	113	(108)
		1989-1990	[ ] (b)	Pioneer 6875	[5 442]	[142]	—
		Moyenne (a)			4 131	103	—
		[Moyenne (b)]			[4 400]	[110]	

(1) Fertilisation :
- NPK (en 1986-1987) : 350 kg/ha 5-30-15 + 30 kg/ha micro-éléments + 150 kg/ha urée couverture
- (a) fertilisation phosphatée de fond : 1 500 kg/ha thermophosphate Yoorin Bz appliqués en 1987 pour trois ans.
- (b) fertilisation phosphatée de fond : 1 500 kg/ha thermophosphate Yoorin Bz appliqués en 1987 et 1989 pour deux ans [ ]

Les quantités de N et K appliquées sur les traitements Yoorin sont chaque année de : K = 100 kg/ha KCl avant semis, N = 150 kg/ha d'urée en couverture. Tous les autres intrants (herbicide et insecticides) sont égaux par ailleurs.

(2) Pourcentage témoin = Préparation à l'offset chaque année.

(3) T : variation interanuelle de productivité = $\frac{\text{Productivité année x + 1}}{\text{Productivité année x}} \times 100$

Tableau 17 : Performances économiques de la culture du maïs dans les systèmes de culture, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1990

	Année	Maïs après soja					
		GR*	ARF*	ARE*		ESCAR*	PD*
Coûts de production (BTN/ha)[1]	1986-1987	295	310	310		298	298
	1987-1988	347	347	348		351	361
	1988-1989	359	363	356		355	359
	1989-1990 ▭	430	429	448	**545**	412	443
	Moyenne ▭	358	362	365	**390**	354	365
Marges nettes (BTN/ha)[1]	1986-1987	- 60	- 46	- 46		- 54	- 46
	1987-1988	+ 19	+ 04	+ 11		+ 26	+ 37
	1988-1989	+ 111	+ 77	+ 82		+ 85	+ 33
	1989-1990 ▭	00	- 50	+ 38	**+ 64**	- 50	+ 31
	Moyenne ▭	+ 17	+ 21	+ 21	**+ 28**	+ 02	+ 14
Taux de rentabilité (%)	1986-1987	- 26	- 15	- 15		- 18	- 15
	1987-1988	+ 06	+ 01	+ 03		+ 08	- 10
	1988-1989	+ 31	+ 21	+ 23		+ 24	+ 09
	1989-1990 ▭	00	- 11	+ 09	**+ 12**	- 12	+ 07
	Moyenne ▭	+ 05	- 01	+ 06	**+ 07**	00	+ 04

		Après riz ou maïs + callopogonium		
		Semis direct avec couverture morte permanente		Labour début des pluies
Coûts de production (BTN/ha)[1]	1986-1987	310,0	*	310 *
	1987-1988	311,0		309
	1988-1989	410,0		405
	1989-1990	428,0		427
	Moyenne	365,0		363
Marges nettes (BTN/ha)[1]	1986-1987	- 46,0	•	- 46+ •
	1987-1988	+ 93,0		43
	1988-1989	+ 285,0		+ 306
	1989-1990*	+ 224,0		- 84
	Moyenne	+ 139,0		+ 55
Taux de rentabilité (%)	1986-1987	- 15,0	•	- 15 •
	1987-1988	+ 30,0		+ 14
	1988-1989	+ 69,0		+ 75
	1989-1990	+ 52,3		- 20
	Moyenne	34,0		+ 15

▭ Thermophosphate Yoorin (1 500 kg/ha) appliqué et amorti sur **deux ans**, au lieu de trois.
(1) 1 BTN = 0,8 $ US en juin 1990 ; 1 BTN = 1 $ US les années précédentes 1986-1990.
* Modes de préparation du sol :
GR : offset ; ARF : labour de fin de cycle ; ARE : labour d'entrée de début des pluies ; ESCAR : scarification profonde ; PD : semis direct.
Attention : en 1986-1987 (première année), le traitement labour de début des pluies ARE a été appliqué sur PD, donc PD = ARE.

Tableau 17a : Performances économiques de divers systèmes de cultures pratiqués avec labour et semis direct avec couverture morte permanente de callopogonium, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1990

Mode de gestion des sols et cultures						Coûts de production (BTN/ha)*				
1re année	2e année et 3e année préparation X fumure		Culture 2e année	Culture 3e année et 4e année		86-87	87-88	88-89	89-90	Moyenne
Labour de début des pluies	Labour	NPK localisé(1)	Soja	Maïs	Soja	300	230	351	330	303
			Maïs + callopogonium	Maïs	Maïs	300	274	351	398	331
X		Thermophosphate 1 500 kg/ha(2)	Soja	Maïs	Soja	300	280	405	343	332
fumure convent.			Maïs + callopogonium	Maïs	Maïs	300	311	405	427	361
X	Semis direct	NPK localisé	Soja	Maïs	Soja	300	246	381	350	319
			Maïs + callopogonium	Maïs	Maïs	300	275	381	403	340
riz + callopogonium		Thermophosphate	Soja	Maïs	Soja	300	295	410	391	349
			Maïs + callopogonium	Maïs	Maïs	300	309	410	428	362

Mode de gestion des sols et cultures						Marges nettes (BTN/ha)*				
1re année	2e année et 3e année préparation X fumure		Culture 2e année	Culture 3e année et 4e année		86-87	87-88	88-89	89-90	Moyenne
Labour de début des pluies	Labour	NPK localisé(1)	Soja	Maïs	Soja	+ 108	- 53	+ 160	- 34	+ 45
			Maïs + callopogonium	Maïs	Maïs	+ 108	+ 71	+ 160	- 98	+ 60
X		Thermophosphate 1 500 kg/ha(2)	Soja	Maïs	Soja	+ 108	- 71	+ 307	- 196	+ 37
fumure convent.			Maïs + callopogonium	Maïs	Maïs	+ 108	+ 93	+ 307	- 84	+ 106
X	Semis direct	NPK localisé	Soja	Maïs	Soja	+ 108	+ 51	+ 184	+ 64	+ 102
			Maïs + callopogonium	Maïs	Maïs	+ 108	+ 40	+ 184	179	+ 128
riz + callopogonium		Thermophosphate	Soja	Maïs	Soja	+ 108	+ 66	+ 285	+ 131	+ 147
			Maïs + callopogonium	Maïs	Maïs	+ 108	+ 44	+ 285	224	+ 165

Mode de gestion des sols et cultures						Taux de rentabilité (%)				
1re année	2e année et 3e année préparation X fumure		Culture 2e année	Culture 3e année et 4e année		86-87	87-88	88-89	89-90	Moyenne
Labour de début des pluies	Labour	NPK localisé(1)	Soja	Maïs	Soja	+ 36	- 23	+ 45	- 10	+ 15
			Maïs + callopogonium	Maïs	Maïs	+ 36	+ 26	+ 45	- 25	+ 18
X		Thermophosphate 1 500 kg/ha(2)	Soja	Maïs	Soja	+ 36	- 25	+ 75	- 56	+ 11
fumure convent.			Maïs + callopogonium	Maïs	Maïs	+ 36	+ 30	+ 75	- 20	+ 29
X	Semis direct	NPK localisé	Soja	Maïs	Soja	+ 36	+ 20	+ 48	+ 18	+ 32
			Maïs + callopogonium	Maïs	Maïs	+ 36	+ 14	+ 48	+ 44	+ 36
riz + callopogonium		Thermophosphate	Soja	Maïs	Soja	+ 36	+ 22	+ 69	+ 34	+ 42
			Maïs + callopogonium	Maïs	Maïs	+ 36	+ 14	+ 69	+ 52	+ 43

(1) Fumure ou semis soja = 350 kg/ha de 0-25-25 ; riz et maïs = 300 kg/ha de 5-30-15 + FTE BR 12 + couverture N (100 kg/ha urée).
(2) Thermophosphate Yoorin Bz = 1 500 kg/ha appliqué en 1987 amorti sur trois cultures, N et K aux mêmes niveaux que fumure localisée.
Itinéraires techniques les plus performants
* 1 BTN = 0,8 $ US en juin 1990. ; 1 BTN = 1,0 $ US les années précédentes 1986-1990.

Fig. 13 PRODUCTIVITÉ MOYENNE SUR 4 ANS (1986/90), DU MAIS, EN ROTATION AVEC SOJA, ET EN FONCTION DE DIVERS MODES DE PREPARATION DES SOLS. FAZ. PROGRESSO, MT.

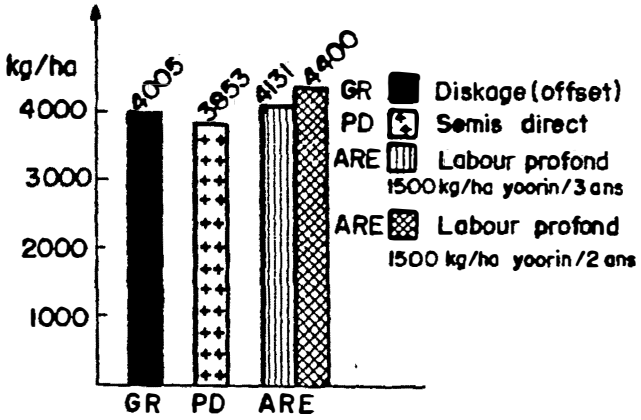


Fig. 14 EVOLUTION DE LA PRODUCTIVITÉ DU MAIS, EN ROTATION AVEC SOJA DE 1987 a 1990, EN FONCTION DE DIVERS NIVEAUX DE FERTILISATION MINÉRALE. FAZ. PROGRESSO, MT.

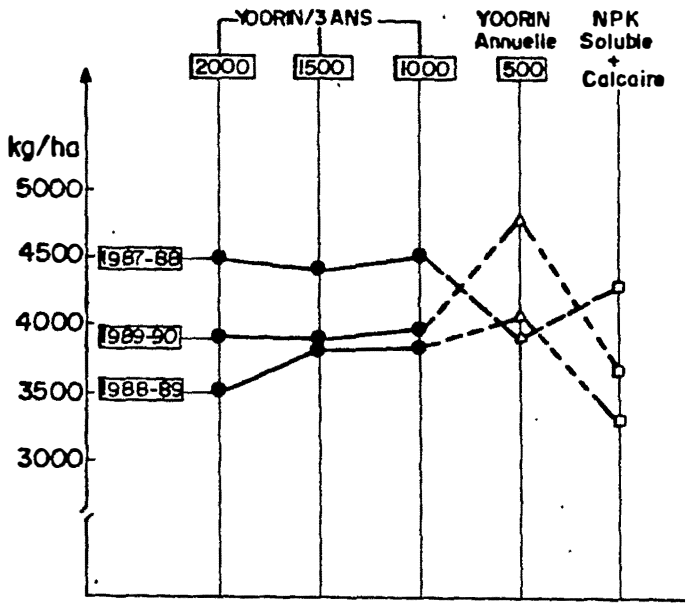


Fig. 15 EVOLUTION DE LA PRODUCTIVITÉ DE MAIS DE 1987 a 1990, EN ROTATION AVEC SOJA, EN FONCTION DE DIVERS MODES DE TRAVAIL DU SOL. FAZ. PROGRESSO, MT.

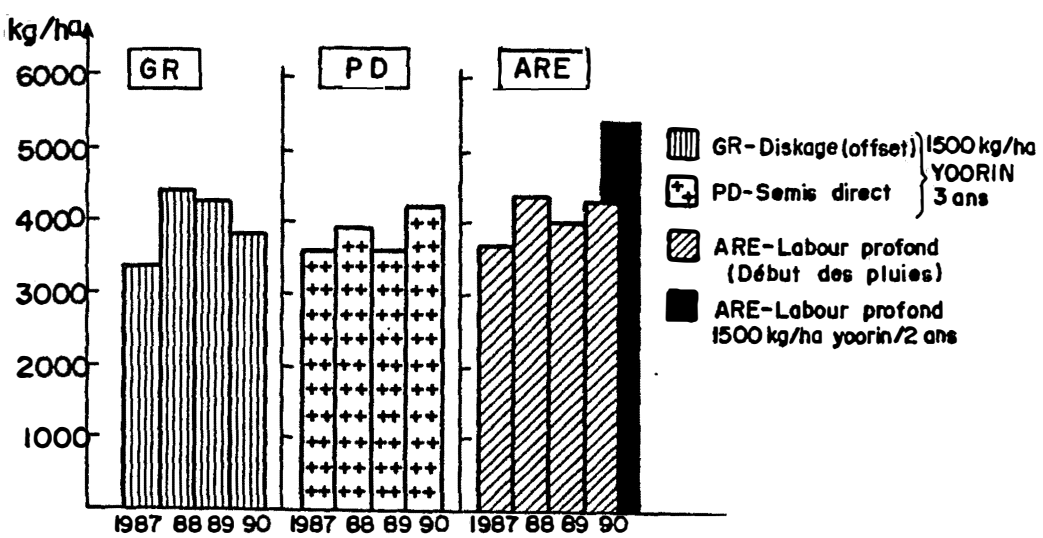
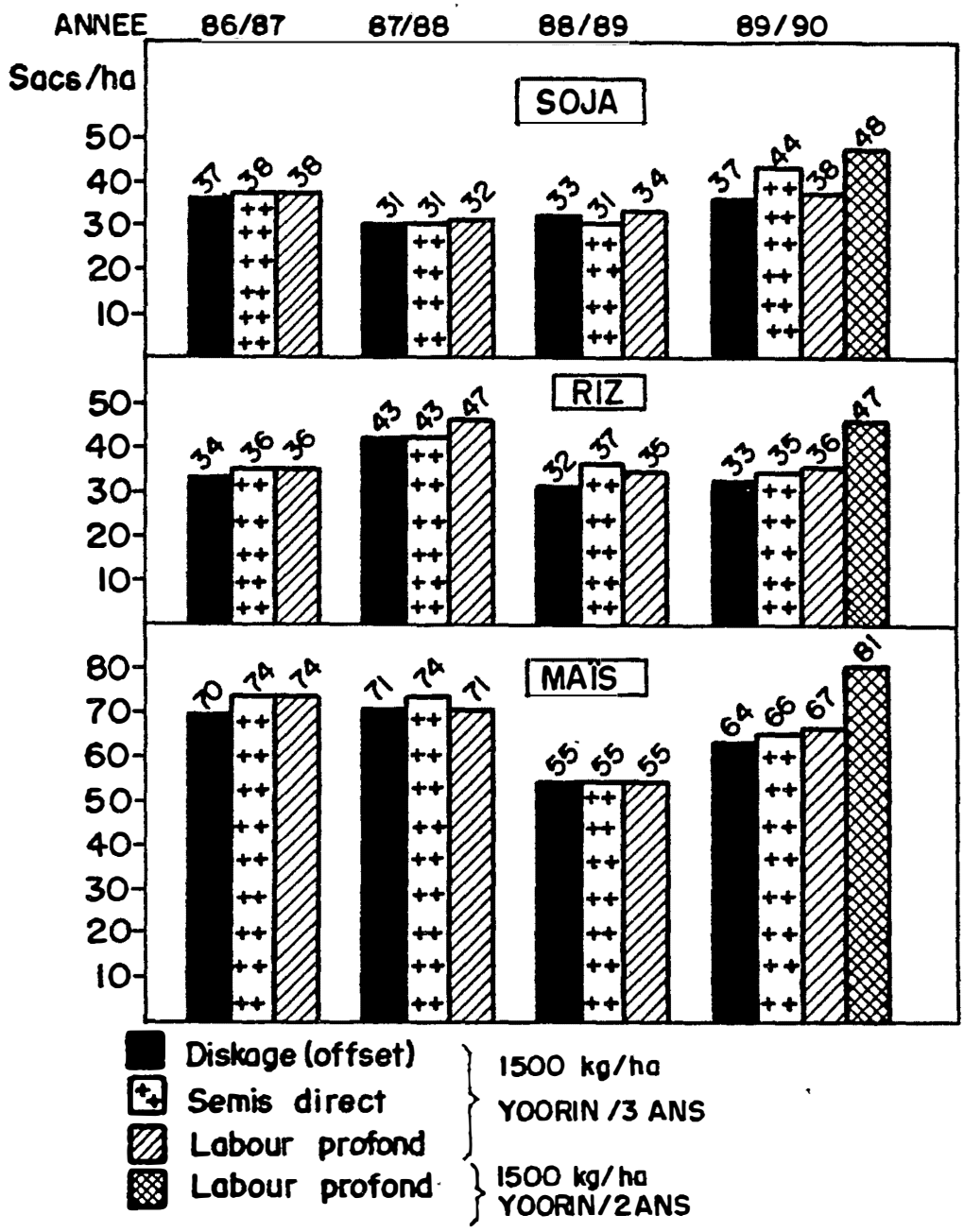


Fig.24 QUANTITÉ DE RÉCOLTE EXPRIMEÉ EN SACS DE 60kg/ha, NECESSAIRE POUR COUVIR LES COUTS DE PRODUCTION - 1986/90. FAZ. PROGRESSO, MT.



La culture de riz pluvial de cycle moyen, en rotation avec soja

Highlights 1989-1990

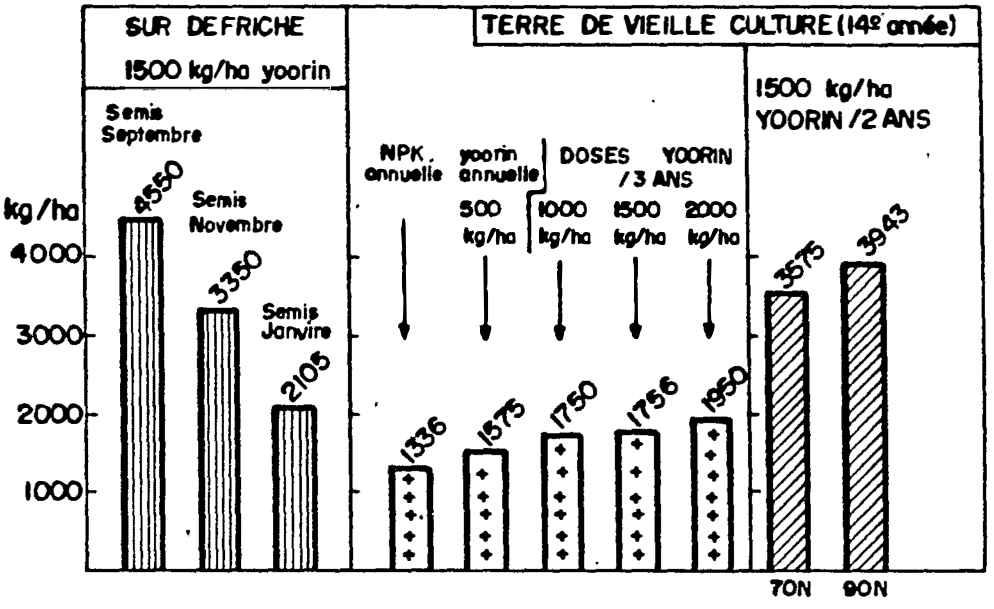
La variété IRAT 216, dans les itinéraires techniques mis au point et recommandés par l'unité pilote de recherche, produit, en culture commerciale (Fazenda Progresso) :

– 4 550 kg/ha sur plus de 100 hectares sur défriche de cerrado (Figure 18) ;

– plus de 3 500 kg/ha sur plus de 100 hectares, en terre de vieille culture (quatorzième année), en rotation avec soja, avec labour profond et fumure phosphatée de fond (1 500 kg/ha Yoorin Bz) appliquée pour deux ans.

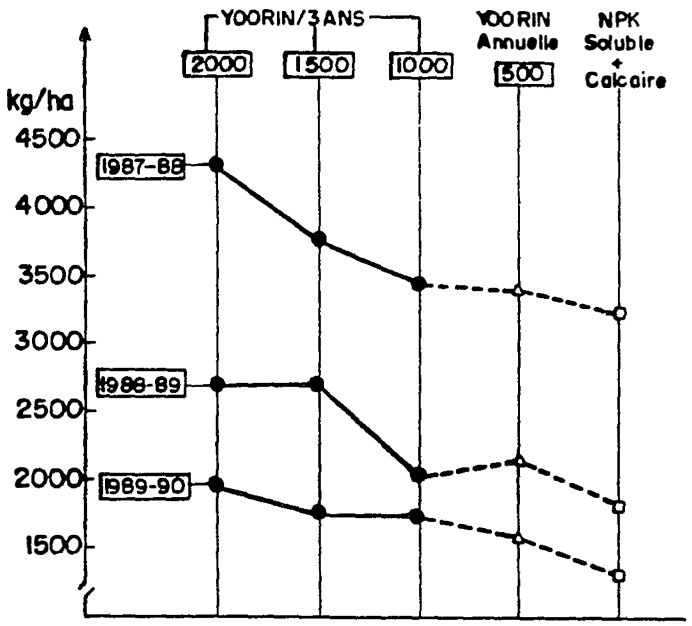
La recherche confirme ces résultats sur l'unité pilote, avec une productivité de 3 575 kg/ha, en terre de vieille culture dans le même itinéraire technique, et atteint 3 940 kg/ha avec un niveau de couverture azotée plus élevé (90 N/ha au lieu de 70 N) [Figure 18 ; Tableau 18].

Fig. 18 PRODUCTIVITÉ DU RIZ PLUVIAL EN 1989/90, (VARIETÉ IRAT 216) DANS DIVERS ITINERAIRES TECHNIQUES. FAZ. PROGRESSO, MT.



L'herbicide **Fenoxaprop-étyl** appliqué à la dose de 120 g de matière active à l'hectare, à partir du stade cinquième feuille du riz, constitue une excellente option de contrôle de la flore des graminées adventices les plus compétitives : genres *Cenchrus*, *Brachiaria*, *Digitaria*, *Eleusine*, *Echinochloa* ; une application de 20 N/ha en couverture, huit jours après le traitement herbicide est nécessaire pour une récupération de l'effet phytotoxique notable du produit.

Fig. 20 EVOLUTION DE LA PRODUCTIVITÉ DE RIZ PLUVIAL, EN ROTATION AVEC SOJA DE 1987 à 1990, EN FONCTION DE DIVERS NIVEAUX DE FERTILISATION MINÉRALE. FAZ. PROGRESSO, MT.



L'herbicide commun **2-4 D amine**, à la dose de 450 g de matière active à l'hectare, appliqué entre fin tallage et début reproduction, complète parfaitement le contrôle des dycotilédones adventices, dont parmi les plus agressives : genres *Bidens*, *Commelina*, *Acanthospermum*, *Borreria*, *Sida* ; ce dernier traitement herbicide est suivi immédiatement de l'application en couverture de **20 N + 20 K/ha**.

Quatre lignées du CIAT, de très belle qualité de grain (type long irrigué), résistantes à la pyriculariose et aux principales maladies (rhynchosporiose, phoma sur grains...) produisent plus de 2 800 kg/ha malgré une date de semis très tardive (fin janvier) ; ce sont :

- CT 6196-33-11-1-2-B ;
- CT 6196-33-11-2P-6-B ;
- CT 6196-33-11-1-1-B ;
- CT 6241-19-2-5-2-B.

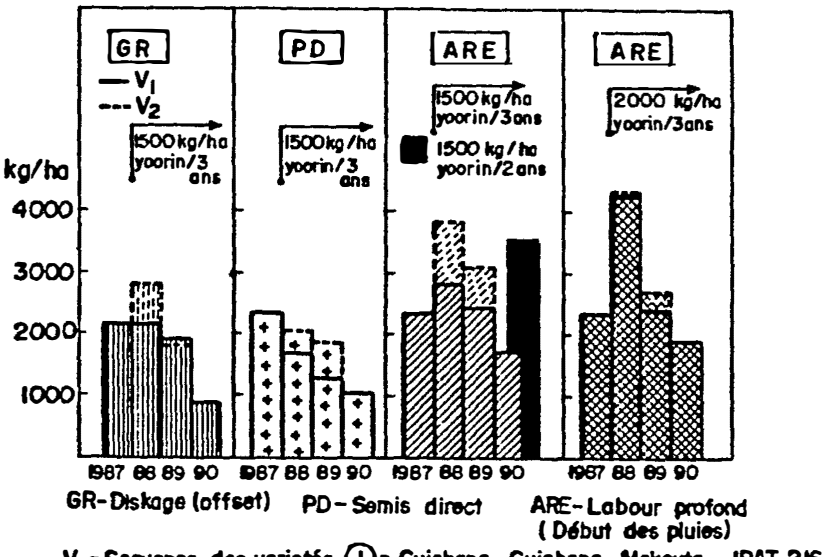
Excellent comportement général (productivité, résistance aux maladies, verse) des variétés MANA 1, 49/2/10, à qualité de grain extra-longue, exceptionnelle.

Confirmation des variétés à cycle court IRAT (N° 6) et IRAT (12 A), comme options très productives (tableau **18**), à excellente qualité de grain, pour les systèmes céréaliers à deux céréales annuelles en succession : riz + sorgho, qui constituent les meilleurs précédents culturaux pour le soja.

Dans les systèmes de culture à dominance de riz sur trois ans : 2 riz + 1 soja, l'efficacité des 1 500 kg/ha de thermophosphate Yoorin Bz diminue très rapidement au cours du temps, comme le montrent les courbes de réponse de la figure 20 (rétrogradation rapide vers des formes de P_2O_5 moins disponibles pour le riz pluvial, liées à Al, Fe principalement). Le riz pluvial est la culture la plus sensible à cette perte d'efficacité de la fumure de fond phosphatée sous forme de thermophosphate : sa productivité diminue de plus de 50 % en troisième année après l'application (Figure 25).

Lorsque les 1 500 kg/ha de thermophosphate sont renouvelés tous les deux ans au lieu de trois, la productivité passe de 1 760 kg/ha à 3 575 kg/ha soit une augmentation de 103 % (Figures 25, 19).

Fig. 19 EVOLUTION DE LA PRODUCTIVITÉ DU RIZ PLUVIAL DE 1987 a 1990, EN ROTATION AVEC SOJA, EN FONCTION DES MODES DE TRAVAIL DU SOL, ET SEQUENCES VARIETALES. FAZ. PROGRESSO, MT.



Résultats confirmés

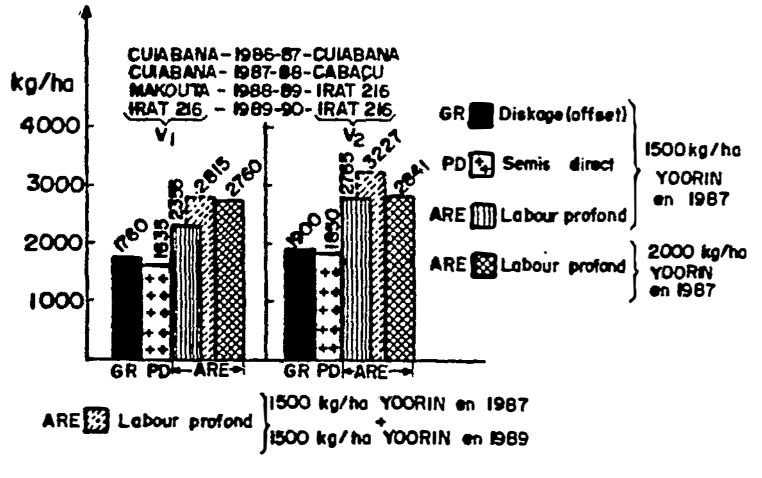
Au plan agronomique

Les hautes productivités de riz pluvial sont toujours obtenues avec un semis **précoce.**

La productivité chute très rapidement avec les dates de semis plus tardives (Figure 18). Cette constante de productivité avec les semis précoces est dûe essentiellement à l'optimisation des conditions de colonisation racinaire du profil cultural en début de cycle des pluies, qui se dégradent rapidement ensuite (effondrement de la structure interne, flux minéraux descendants dominants, etc.).

Les seuls itinéraires techniques qui assurent une stabilité de production supérieure à 3 200 kg/ha sur quatre ans, sont ceux qui combinent impérativement : labour profond de début de saison des pluies × rotation avec soja ou engrais vert × fumure phosphatée (1 500 kg/ha Yoorin Bz) appliquée pour deux ans × variété IRAT 216 (confirmations des travaux analytiques 1986-1989. L. Séguy *et al.*, 1989, 1) [Figures 18, 19, 21 ; Tableaux 18, 19].

Fig.21 PRODUCTIVITÉ MOYENNE SUR 4 ANS (1986-90) DU RIZ PLUVIAL, EN ROTATION AVEC SOJA, EN FONCTION DE DIVERS MODES DE PREPARATION DU SOL. FAZ. PROGRESSO, MT.



Au plan économique

Comme pour le soja, l'augmentation notable des coûts de production, particulièrement pour l'itinéraire le plus productif qui amortit la fumure phosphatée sur deux ans, grève en partie le bénéfice des progrès

Tableau 19 : Influence des modes de gestion des sols et des cultures sur la productivité du riz pluvial de cycle moyen dans les systèmes à une seule culture annuelle, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1990

Mode de préparation des sols	Année	Fertilisation (1)	Séquence cultivar (1)	Productivité (kg/ha)	Pourcentage témoin (2)	T (3)	Maïs en rotation après soja — Séquence cultivar (2)	Productivité (kg/ha)	Pourcentage témoin (2)	T (3)
GR : offset (témoin)	1986-1987 •	— NPK soluble	Cuiabana	2 110	100	—	Cuiabana	2 110	100	100
	1987-1988 (a)	1 500 kg//ha	Cuiabana	2 105	100	(99)	Cabaçu	2 795	133	(132)
	1988-1989 (a)	Yoorin Bz	Makouta	1 945	100	(92)	IRAT 216	1 810	93	(65)
	1989-1990 (a)	pour 3 ans	IRAT 216	890	100	(46)	IRAT 216	890	100	(49)
	Moyenne (a)			1 760	100	—		1 900	108	—
PD : semis direct	1986-1987 •	— NPK soluble	Cuiabana	2 375	112	—	Cuiabana	2 375	112	100
	1987-1988 (a)	1 500 kg/ha	Cuiabana	1 716	81	(72)	Cabaçu	2 070	98	(87)
	1988-1989 (a)	Yoorin Bz	Makouta	1 350	70	(79)	IRAT 216	1 854	95	(89)
	1989-1990 (a)	pour 3 ans	IRAT 216	1 100	123	(81)	IRAT 216	1 100	123	(59)
	Moyenne (a)			1 635	93	—		1 850	105	—
ARE : labour entrée × 1 500 kg/ha Yoorin	1986-1987 •	— NPK soluble	Cuiabana	2 375	112	—	Cuiabana	2 375	112	100
	1987-1988 (a)	1 500 kg/ha	Cuiabana	2 862	136	(120)	Cabaçu	3 846	183	(162)
	1988-1989 (a)	Yoorin Bz	Makouta	2 454	126	(86)	IRAT 216	3 114	160	(81)
	1989-1990 (a) (b)	pour 3 ans	IRAT 216	1 730	194	(70)	IRAT 216	1 730	194	(55)
	1989-1990	renouvelé pour 2 ans	IRAT 216	3 575	402	(146)	IRAT 216	3 575	402	(115)
	Moyenne (a)	pour 3 ans		2 355	134	—		2 765	157	—
	Moyenne (b)	renouvelé pour 2 ans		2 815	160	—		3 227	183	—
ARE : Labour entrée • 2 000 kg Yoorin	1986-1987 •	— NPK soluble	Cuiabana	2 375	112	—	Cuiabana	2 375	112	100
	1987-1988 (c)	2 000 kg/ha	Cuiabana	4 314	205	(181)	Cabaçu	4 332	206	(182)
	1988-1989 (c)	Yoorin Bz	Makouta	2 406	124	(56)	IRAT 216	2 706	139	(62)
	1989-1990 (c)	pour 3 ans	IRAT 216	1 950	219	(81)	IRAT 216	1 950	219	(72)
	Moyenne			2 760	157	—		2 841	161	—

(1) Fertilisation minérale :
- 1986-1987 : NPK = 350 kg/ha 5-30-15 + 30 kg/ha micro-éléments sur la ligne + 100 kg/ha urée en couverture
- 1987-1988 à 1989-1990 : (a) fumure phosphatée de fond = 1 500 kg/ha thermophosphate Yoorin Bz appliquée en 1987 pour trois ans.
  (b) fumure phosphatée de fond : 1 500 kg/ha thermophosphate Yoorin Bz appliquée pour deux ans en 1987 et renouvelée donc en 1989
  (c) 2 000 kg/ha Yoorin pour trois ans en 1987
  Valeurs encadrées pour 1989 et moyenne
  Les fumures K = 100 kg/ha KCl au semis, N = 150 kg/ha d'urée en couverture.

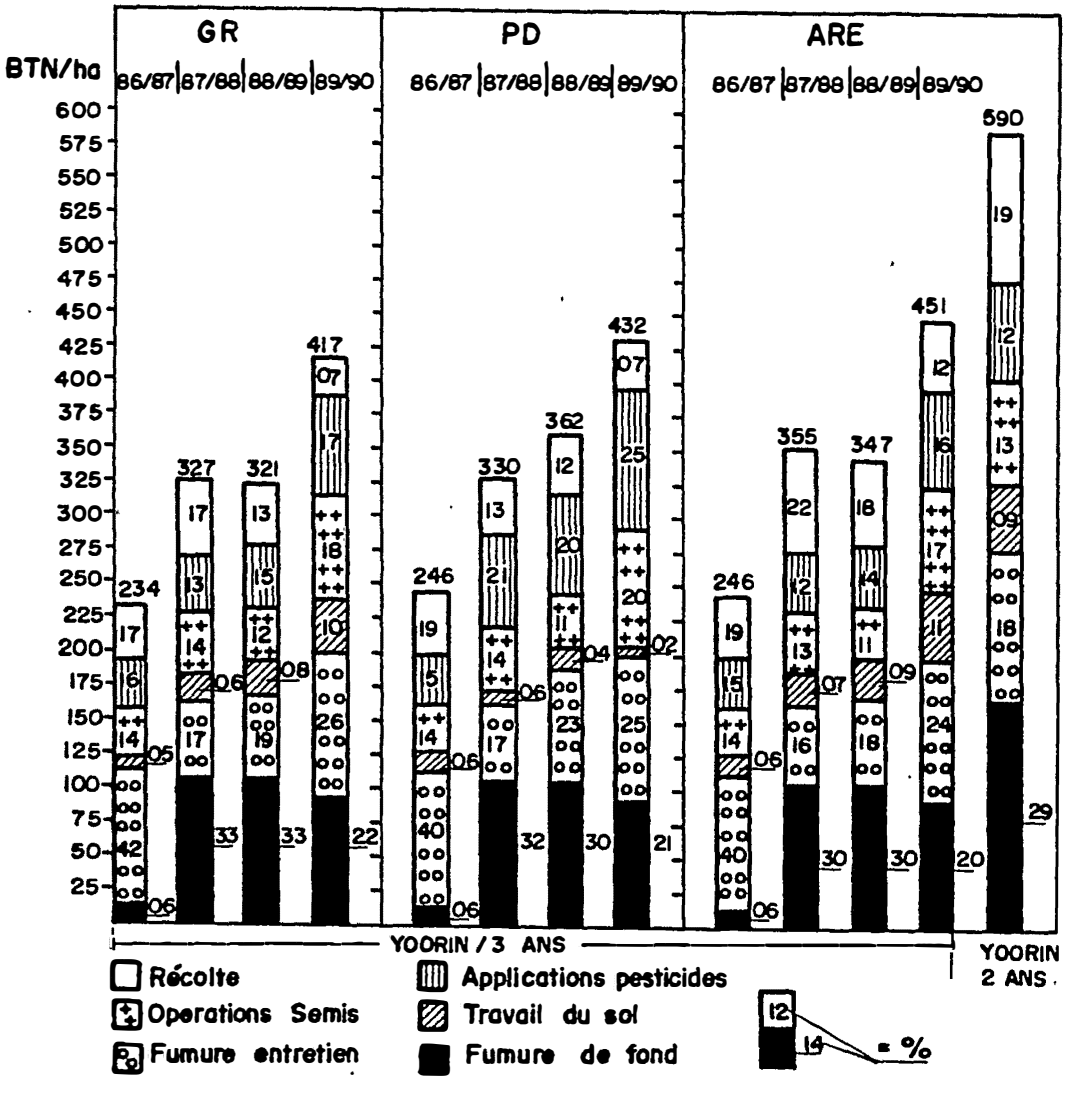
Tous les autres intrants (herbicide et insecticides) sont égaux par ailleurs.

(2) Pourcentage témoin = offset × séquence cultivar 1 pour chaque année et pour moyenne.

(3) T : variation interanuelle de productivités = $\frac{\text{Productivité année } x+1}{\text{Productivité année } x} \times 100$

techniques très conséquents qui ont été réalisés sur cette culture en deux ans ; 47 sacs, soit 2 820 kg/ha sont nécessaires pour couvrir les coûts de production (Figure 24) ; fumures de fond + d'entretien représentent plus de 50 % des coûts totaux, alors que le coût du travail du sol, opération décisive pour l'obtention de hautes productivités stables, ne représente que 9 à 11 % des coûts totaux (Figure 22).

Fig. 22 EVOLUTION DES COUTS DE PRODUCTION DÉTAILLÉS DE LA CULTURE DE RIZ PLUVIAL, EN ROTATION AVEC SOJA - 1986/90. FAZ. PROGRESSO, MT.



Les marges à l'hectare les plus élevées et les plus stables sont obtenues dans les itinéraires avec labour X rotation avec soja X fumure de fond P_2O_5 sur deux ans ; elles sont égales en moyenne sur quatre ans à 120 BTN/ha (+/- 100 $ US/ha) et supérieures à 150 BTN/ha en 1990, malgré la très difficile conjoncture économique (Figure 23).

Ces performances économiques sont maintenant comparables à celles du soja, comme le montrent les figures 22, 23 et les tableaux 20, 32, et garantissent la possibilité de diffusion de cette culture comme partenaire à part entière du soja dans les systèmes de cultures. Cette garantie est d'autant plus solide que la variété de riz IRAT 216 offre un produit usiné d'excellente qualité sur le marché, compétitif avec les riz d'origine irriguée, les mieux payés, ce qui conforte et assure son marché au meilleur prix.

Fig. 23 PERFORMANCES ECONOMIQUES DU RIZ EN ROTATION AVEC SOJA - 1986/90.
FAZ. PROGRESSO, MT.

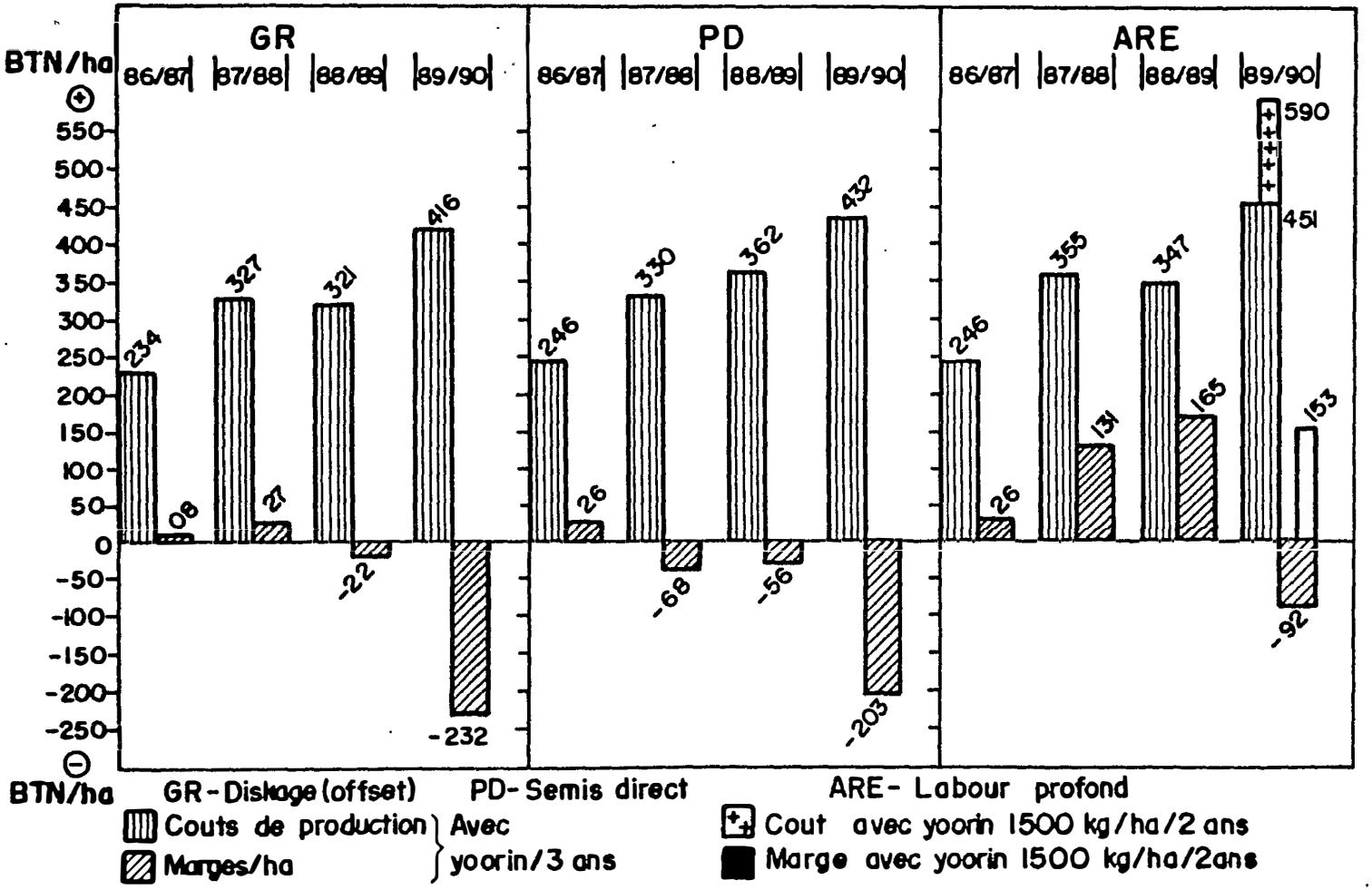


Tableau 20 : Performances économiques du riz pluvial dans les systèmes de cultures, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1990

	Année	Monoculture riz Cu/Cu/Ma/IR ARE**	Riz en rotation après soja				
			Séquence Cuiabana/Cuiabana/Makouta/IRAT 216				
			GR*	ARF*	ARE*	ESCAR*	PD*
Coûts de production (BTN/ha)[1]	1986-1987	239	234	246	246	236	246
	1987-1988	308	313	336	335	307	323
	1988-1989	319	317	344	345	318	344
	1989-1990	426	417	444	451 [590]	440	432
	Moyenne	323	320	342	344 [379]	325	336
Marges nettes (BTN/ha)[1]	1986-1987	-08	+08	+26	+26	+16	+26
	1987-1988	-120	-47	+27	+26	-86	-105
	1988-1989	-103	-70	-15	+28	-75	-173
	1989-1990	-255	-233	-135	-92 [+153]	-69	-203
	Moyenne	-121	-85	-24	-03 [+58]	-53	-114
Taux de rentabilité (%)	1986-1987	-03	+03	+11	+11	+07	+11
	1987-1988	-39	-15	+08	+08	-28	-33
	1988-1989	-32	-22	-04	+08	-23	-50
	1989-1990	-60	-56	-30	-20 [+26]	-16	-47
	Moyenne	-38	-27	-07	-01 [+15]	-16	-34
		Cu/Ca/IR/IR**	Riz en rotation après soja				
			Séquence Cuiabana/Cabassou/IRAT 216/IRAT216				
			GR*	ARF*	ARE*	ESCAR*	PD*
Coûts de production (BTN/ha)[1]	1986-1987		234	246	246	236	246
	1987-1988		327	348	355	642	330
	1988-1989		321	342	347	337	362
	1989-1990		417	417	451 [590]	440	432
	Moyenne		325	338	350 [384]	339	342
Marges nettes (BTN/ha)[1]	1986-1987		+08	+26	+26	+16	+26
	1987-1988		+27	+90	+131	+99	-68
	1988-1989		-22	+64	+165	+63	-56
	1989-1990		-233	-233	-92 [+153]	-69	-203
	Moyenne		-55	-13	+58 [+119]	+27	-75
Taux de rentabilité (%)	1986-1987		+03	+11	+11	+07	+11
	1987-1988		+08	+26	+37	+29	-20
	1988-1989		+07	+18	+47	+19	-15
	1989-1990		-56	-56	-20 [+26]	-16	-47
	Moyenne		-17	-04	+16 [+31]	+08	-22

* ARF et PD même traitement que ARE en première année. GR : offset, ARF : labour fin de cycle, ARE : labour début des pluies, ESCAR : scarification, PD : semis direct.

[ ] Thermophosphate Yoorin (1 500 kg/ha) appliqué et amorti sur **deux ans**, au lieu de trois.

(1) 1 BTN = 0,8 $ US en juin 1990 ; 1 BTN = 1 $ US les années précédentes 1986-1990.

** Séquence variétale riz 1986-1990 (Cu/Cu/Ma/IR) : Cuiabana, Cuiabana, Makouta, IRAT 216
Séquence variétale riz 1986-1990 (Cu/Ca/IR/IR) : Cuiabana, Cabassou, IRAT 216, IRAT 216

Tableau 32-1 : Performances économiques des meilleurs systèmes de cultures céréales-soja comparées à celles de la monoculture de soja, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1990.

1. Coûts de production (BTN/ha)

Modes de gestion des sols	Préparation du sol(1)	Année				
		86-87	87-88	88-89	89-90	Moyenne
Soja/soja/soja/soja	GRA	286,2	271,3	358,5	324,9	314,7
	PD	244,0	286,3	348,0	348,4	306,7
(Monoculture de soja)	ESCAR	235,6	291,3	331,7	338,5	299,3
	ARF	244,0	294,0	348,4	351,4	309,4
	ARE	244,0	299,0	364,4	352,1	314,8
Riz/riz/riz/riz	ARE	239,1	307,8	315,8	426,0	422,1
Soja/riz/soja/riz	GRA	239,5	327,2	401,4	416,8	346,2
	PE	247,0	330,1	378,0	397,9	338,2
	ESCAR	243,2	324,5	363,7	440,1	347,4
	ARE	247,0	347,7	390,4	443,7	357,2
	ARE(2) a	247,0	355,6	411,4	451,3	366,3
	ARE(2) b				590,6	401,1
Riz/soja/riz/soja	GR	234,3	299,0	321,0	365,0	304,8
	PD	246,1	302,9	361,7	438,5	337,3
	ESCAR	236,3	300,5	337,6	341,8	304,0
	ARF	246,1	300,1	341,9	359,6	311,9
	ARE(2) a	246,1	312,0	347,5	377,1	320,6
	ARE(2) b				480,0	346,4
Soja/maïs/soja/maïs	GR	241,8	347,4	395,6	430,0	353,7
	PD	251,9	361,3	375,2	443,0	357,9
	ESCAR	245,9	350,7	371,1	443,3	344,8
	ARF	251,9	347,0	386,0	411,5	453,7
	ARE(2) a	251,9	348,6	412,1	448,5	365,1
	ARE(2) b				544,8	392,2
Maïs/soja/maïs/soja	GR	295,5	302,0	358,7	370,3	331,6
	PD	309,9	303,1	358,7	487,5	349,8
	ESCAR	298,2	301,0	355,3	348,6	325,8
	ARF	303,9	304,0	363,6	355,9	333,3
	ARE(2) a	309,9	312,0	355,7	373,5	337,8
	ARE(2) b				482,3	365,0

(1) Modes de préparation des sols : GR = offset ; PD = not tillage ; ESCAR = scarification profonde ; ARF = labour fin de cycle ; ARE = labour début des pluies. La première année (86-87) les traitements PD et ARF correspondent à ARE.

(2) Sur traitements ARE : a = thermophosphate Yoorin Bz (1 500 kg/ha) appliqué en 1987 **pour trois ans**
b = thermophosphate Yoorin Bz (1 500 kg/ha) appliqué en 1987 puis 1989 **pour deux ans** (idem pour moyenne)

(3) 1 BTN = 0,8 $ US en juin 1990, 1 BTN = 1 $ US les années précédentes 1986-1989.

Tableau 32-2 : Performances économiques des meilleurs systèmes de cultures céréales-soja comparées à celles de la monoculture de soja, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1990.

2. Marges nettes (BTN/ha)

Modes de gestion des sols	Préparation du sol(1)	Année				
		86-87	87-88	88-89	89-90	Moyenne
Soja/soja/soja/soja	GRA	+ 55,7	- 65,4	- 44,1	- 93,0	- 36,7
	PD	+ 96,8	0	+ 12,0	- 103,4	+ 01,3
(Monoculture de soja)	ESCAR	+ 74,2	+ 65,5	+ 78,7	- 87,6	+ 32,7
	ARF	96,8	+ 86,4	+ 11,6	- 95,4	+ 22,8
	ARE	+ 96,8	+ 57,6	+ 79,9	- 90,1	+ 36,0
Riz/riz/riz/riz	ARE	- 08,3	- 120,5	- 61,8	- 255,0	- 111,4
Soja/riz/soja/riz	GRA	+ 105,5	+ 26,9	+ 25,0	- 232,6	+ 31,2
	PE	+ 112,9	- 68,1	+ 200,4	- 203,2	+ 10,5
	ESCAR	+ 115,5	+ 98,9	+ 167,9	- 69,1	+ 78,3
	ARE	+ 112,9	+ 89,7	+ 275,5	- 134,9	+ 85,8
	ARE(2) a	+ 112,9	+ 131,4	+ 377,0	- 92,4	+ 132,0
	ARE(2) b				+ 153,,0	+ 193,6
Riz/soja/riz/soja	GR	+ 07,9	+ 129,4	- 22,7	+ 74,0	+ 41,7
	PD	+ 26,4	+ 116,0	- 56,4	+ 184,8	+ 67,7
	ESCAR	+ 16,2	129,7	+ 63,5	- 36,8	+ 43,1
	ARF	+ 26,4	+ 128,0	+ 64,2	- 19,6	+ 49,7
	ARE(2) a	+ 26,4	+ 148,7	+ 165,2	+ 76,9	+ 104,3
	ARE(2) b				+ 140,0	+ 120,0
Soja/maïs/soja/maïs	GR	+ 118,2	+ 19,5	+ 188,8	0	+ 81,6
	PD	+ 140,4	- 37,0	+ 182,8	+ 31,2	+ 79,3
	ESCAR	+ 129,7	+ 26,6	+ 214,4	- 50,3	+ 80,1
	ARF	+ 140,4	+ 04,3	+ 247,6	- 50,0	+ 85,6
	ARE(2) a	+ 140,4	+ 11,5	+ 381,1	+ 38,3	+ 142,8
	ARE(2) b				+ 63,9	+ 149,2
Maïs/soja/maïs/soja	GR	- 60,0	+ 150,8	+ 11,4	+ 104,6	+ 76,7
	PD	- 46,6	+ 117,5	+ 33,1	+ 122,5	+ 56,6
	ESCAR	- 54,2	+ 133,5	+ 84,8	+ 01,0	+ 41,2
	ARF	- 46,6	+ 156,7	+ 77,1	- 40,9	+ 36,6
	ARE(2) a	- 46,6	+ 147,2	+ 82,4	+ 56,5	+ 59,9
	ARE(2) b				+ 152,7	+ 83,9

(1) Modes de préparation des sols : GR = offset ; PD = not tillage ; ESCAR = scarification profonde ; ARF = labour fin de cycle ; ARE = labour début des pluies. La première année (86-87) les traitements PD et ARF correspondent à ARE.

(2) Sur traitements ARE : a = thermophosphate Yoorin Bz (1 500 kg/ha) appliqué en 1987 **pour trois ans**
b = thermophosphate Yoorin Bz (1 500 kg/ha) appliqué en 1987 puis 1989 **pour deux ans**
(idem pour moyenne)

(3) 1 BTN = 0,8 $ US en juin 1990, 1 BTN = 1 $ US les années précédentes 1986-1989.

Tableau 32-3 : Performances économiques des meilleurs systèmes de cultures céréales-soja comparées à celles de la monoculture de soja, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1990.

3. Taux de rentabilité = marges/coûts × 100 (%)

Modes de gestion des sols	Préparation du sol(1)	Année				
		86-87	87-88	88-89	89-90	Moyenne
Soja/soja/soja/soja	GRA	+ 19	- 24	- 12	- 27	- 12
	PD	+ 40	0	+ 03	- 29	0
(Monoculture de soja)	ESCAR	+ 31	+ 22	+ 24	- 26	+ 11
	ARF	+ 40	+ 29	+ 03	- 27	+ 08
	ARE	+ 40	+ 19	+ 22	- 25	+ 11
Riz/riz/riz/riz	ARE	- 03	- 39	- 20	- 60	- 35
Soja/riz/soja/riz	GRA	+ 44	+ 08	+ 56	- 56	+ 09
	PE	+ 46	- 20	+ 53	- 47	+ 03
	ESCAR	+ 47	+ 29	+ 46	- 16	+ 22
	ARE	+ 46	+ 26	+ 70	- 30	+ 24
	ARE(2) a	+ 46	+ 37	+ 91	- 20	+ 36
	ARE(2) b				+ 26	+ 48
Riz/soja/riz/soja	GR	+ 03	+ 43	- 07	+ 20	+ 15
	PD	+ 11	+ 38	- 15	+ 42	+ 20
	ESCAR	+ 07	+ 43	+ 19	- 11	+ 14
	ARF	+ 11	+ 42	+ 18	- 05	+ 16
	ARE(2) a	+ 11	+ 48	+ 47	+ 20	+ 32
	ARE(2) b				+ 29	+ 34
Soja/maïs/soja/maïs	GR	+ 44	+ 06	+ 17	0	+ 23
	PD	+ 56	- 10	+ 49	+ 07	+ 22
	ESCAR	+ 53	+ 08	+ 57	- 12	+ 23
	ARF	+ 56	+ 01	+ 64	- 11	+ 24
	ARE(2) a	+ 56	+ 03	+ 92	+ 09	+ 39
	ARE(2) b				+ 12	+ 39
Maïs/soja/maïs/soja	GR	- 26	+ 50	+ 31	+ 28	+ 23
	PD	- 15	+ 39	+ 09	+ 29	+ 16
	ESCAR	- 18	+ 44	+ 24	0	+ 13
	ARF	- 15	+ 51	+ 21	- 11	+ 11
	ARE(2) a	- 15	+ 47	+ 23	+ 15	+ 18
	ARE(2) b				+ 32	+ 23

(1) Modes de préparation des sols : GR = offset ; PD = not tillage ; ESCAR = scarification profonde ; ARF = labour fin de cycle ; ARE = labour début des pluies. La première année (86-87) les traitements PD et ARF correspondent à ARE.

(2) Sur traitements ARE : a = thermophosphate Yoorin Bz (1 500 kg/ha) appliqué en 1987 **pour trois ans**
b = thermophosphate Yoorin Bz (1 500 kg/ha) appliqué en 1987 puis 1989 **pour deux ans**
(idem pour moyenne)

(3) 1 BTN = 0,8 $ US en juin 1990, 1 BTN = 1 $ US les années précédentes 1986-1989.

Evolution des itinéraires techniques dans les systèmes à deux cultures annuelles en succession

Rappel

Depuis 1989, dans l'attente de l'avènement d'une politique agricole plus favorable aux céréales, et compte tenu de la sensibilité persistante de la conjoncture économique, la recherche s'est fixé un objectif précis : la mise au point de systèmes à deux cultures annuelles en succession, comportant, ou un soja ou un riz pluvial de cycles courts, semés à l'entrée de la saison des pluies, suivis de sorgho, culture la plus apte à valoriser le mieux l'eau résiduelle en fin de cycle des pluies. Ces systèmes étant plus intensifs, la recherche les a conçus dans une optique de moindre risque, à la fois climatique et économique pour les rendre immédiatement accessibles aux producteurs ; deux nouvelles technologies adaptées à la conjoncture économique et répondant à ces impératifs du moindre risque, ont ainsi vu le jour en 1989 (Séguy *et al.*, 1989, 3) :

– semis direct de soja de cycle court suivi du semis direct de sorgho en succession ;

– semis direct de soja de cycle court, ou semis sur techniques de préparation des sols de fin de cycle (labour de fin de cycle, scarification profonde) suivis d'un semis de sorgho, à la volée, par avion 30-40 jours avant la récolte du soja.

Highlights 1989-1990

Au plan agronomique

Quatre variétés IRAT de sorgho répondent au critère de production de moindre risque, **sans aucun intrant** :

– leur productivité dépasse 1 000 kg/ha de grains et plus de 7 000 kg/ha de paille en succession du riz pluvial de cycle court (semis direct dans paille de riz au fur et à mesure de la récolte de riz, après application de 2 l/ha de dissécant type Paraquat) [Tableau 21] ;

– leur rendement en grain atteint près de 2 000 kg/ha toujours sans intrants, en succession du soja IAC 8 de cycle court (Tableau 22).

Ce sont les variétés : IRAT 150, IRAT 202, IRAT 204, IRAT 09.

Un hybride fourrager de Agroceres (AG 2002) produit aussi, dans les mêmes conditions plus de 2 000 kg/ha de grains et plus de 6,3 tonnes de paille (Tableau 23).

Tout ce matériel répond, en outre aux exigences agronomiques souhaitées :

– résistance à la sécheresse ;

Tableau 21 : Productivités (paille et grain) de diverses variétés de sorgho en semis direct après riz et soja, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1990

Cultivar	(1) Semis direct du sorgho dans pailles de riz (3)		Cultivar	(2) Semis direct du sorgho après récolte soja IAC 8 (4)	
	Productivité (kg/ha)			Productivité (kg/ha)	
	Pailles	Grain		Pailles	Grain
IRAT 13	7 500	925	Témoin (grain)	2 725	1 735
IRAT **150**	9 620	1 040	AG 2002*	**6 375**	**2 375**
IRAT **09**	10 250	1 260	AG 1017*	3 560	1 800
IRAT **202**	7 200	1 012	AG 1011*	2 690	1 675
IRAT 205	3 450	425	AG 1015*	2 250	1 460
IRAT 11	3 075	306	Pioneer 816B*	2 700	1 890

(1) et (2) Sans engrais ni couverture N et K
(1) Productivité du précédent riz IRAT 216 = 3 120 kg/ha
(2) Productivité du précédent soja IAC 8 = 2 520 kg/ha
(3) Herbicide dissécant après la récolte du riz et avant le semis du sorgho = 2 l/ha de Gramoxone
(4) Idem (3) pour sorgho après soja
* Sorghos hybrides

- forte rusticité sans intrant ;

- production de paille élevée, associée à un puissant système racinaire (rôle de pompe à **recyclage** des éléments minéraux lixiviés au cours du cycle de la première culture).

Tableau 22 : Essai variétal sorgho en succession annuelle après soja de cycle court*, Fazenda Progresso, 1989

Variété	Productivité (kg/ha)	Variété	Productivité (kg/ha)
IRAT 179 (1)	3 690	IRAT 15	845
IRAT 150	2 275	IRAT 151	839
IRAT 204	1 920	FRAMIDA	810
IRAT 205	1 920	IRAT 207	610
IRAT 206	1 340	IRAT 153	568
IRAT 154	1 230	ARGENCE	485
IRAT 11	1 045	IRAT 152	451
IRAT 155	955	IRAT 75	435
IRAT 202	930	ISCV 1002	335
ARALBA	876	IRAT 277	230

(*) Sans fumure minérale complémentaire, ni herbicide.
(1) Hybride.

Au plan économique

Ces diverses variétés, pratiquées sans intrant, même dans la pire succession (après riz de cycle court), offrent des marges positives qui vont de 22 à 70 BTN/ha sur précédent riz, à plus de 130 BTN/ha après soja de cycle court (Tableaux 24, 25, 26).

Dans tous les cas, aussi bien avec la technique de semis direct que dans le cas du semis par avion, les coûts de production restent extrêmement bas, aux environs de 70 BTN/ha ; ce coût sera, dès l'année prochaine, encore réduit du coût des semences hybrides, car les producteurs pourront, dès l'année prochaine multiplier leur propre semences (variétés au lieu d'hybrides).

Si l'on adopte la stratégie de fertiliser le sol et non chaque culture, l'apport tous les deux ans de 1 500 kg/ha de thermophosphate Yoorin, permet d'obtenir la même année agricole :

- plus de 2 500 kg/ha de soja de cycle court ;

- suivi de plus de 2 800 kg/ha de sorgho (hybride Pioneer 816-B, Tableau 23).

Tableau 23 : Productivités de paille et de grain(2) de divers cultivars de sorgho en semis direct après soja(1) en fonction de divers niveaux de fumure azotée en couverture, Fazenda Progresso, 1990

Cultivar	Sans fumure		100 kg/ha urée		200 kg/ha urée	
	Paille (kg/ha)	Grain (kg/ha)	Paille (kg/ha)	Paille (kg/ha)	Paille (kg/ha)	Paille (kg/ha)
BR 300 (témoin)	2 725	1 735	2 000	1 650	2 860	1 850
AG 1015	2 250	1 460	2 440	1 680	2 825	1 895
AG 1017	3 550	1 800	3 680	1 950	3 687	1 875
Pioneer 816-B	2 700	1 890	3 112	1 800	3 375	2 340
AG 1011	2 690	1 675	3 060	2 175	3 190	2 425
AG 2002 (sorgho fourrager)	6 375	2 375	8 000	2 110	7 810	2 450

(1) Précédent soja IAC 8, productivité 2 520 kg/ha.
Après la récolte du soja : semis direct sans engrais, puis à 30 jours 3 traitements fumures : 1 = sans fumure ; 2 = 100 kg/ha urée, 3 = 200 kg/ha urée.
(2) Moyenne de quatre répétitions de 20 m².

Tableau 24 : Productivités et performances économiques de la succession riz+sorgho en grande culture, 1989-1990, Fazenda Progresso, Mato Grosso

		Riz IRAT 216(1) + sorgho IRAT 09(2)	Riz IRAT 216(1) + sorgho IRAT 150(2)	Riz IRAT 216(1) + sorgho IRAT 202(2)
Productivités (kg/ha)	Riz	3 120	3 120	3 120
	Sorgho	1 260	1 040	1 012
Coûts de production (BTN/ha)	Riz	576	576	576
	Sorgho	55	53	53
	Total	631	629	629
Marges nettes (BTN/ha)	Riz	+ 64	+ 64	+ 64
	Sorgho	+ 44	+ 29	+ 27
	Total	108	93	91
Taux de rentabilité (%)	Riz	+ 11	+ 11	+ 11
	Sorgho	+ 80	+ 54	+ 50
	Total	+ 17	+ 15	+ 14

(1) **Fertilisation minérale riz** : fumure phosphatée de fond = 1 500 kg/ha de thermophosphate Yoorin Bz pour deux ans + 100 kg/ha de KCl avant semis + 150 kg/ha d'urée en couverture.
(2) Aucune fertilisation minérale sur sorgho. Après récolte riz, application de dessécant = 2 l/ha Gramoxone, puis semis direct du sorgho dans paille de riz

Tableau 25 : Productivités et performances économiques de la succession soja + sorgho en fonction du matériel végétal sorgho utilisé, 1989-1990, Fazenda Progresso, Mato Grosso

		Soja IAC 8(1) + sorgho × sans fumure		Soja IAC 8 + sorgho × 100 kg/ha urée		Soja IAC 8 + sorgho × 200 kg/ha urée	
		Pire cultivar AG 1015 (hybride grain)	Meilleur cultivar AG 2002 (fourrager)	Pire cultivar BR 300 (grain)[3]	Meilleur cultivar AG 2002 (fourrager)	Pire cultivar BR 300 (grain)[3]	Meilleur cultivar AG 2002 (fourrager)
Productivités (kg/ha)	Soja	2 520	2 520	2 520	2 520	2 520	2 520
	Sorgho	1 360	2 210	1 535	1 960	1 720	2 275
Coûts de production (BTN/ha)	Soja	382	382	382	382	382	382
	Sorgho	67	74	97	112	134	150
	Total	449	456	479	494	516	532
Marges nettes (BTN/ha)	Soja	+ 38	+ 38	+ 38	+ 38	+ 38	+ 38
	Sorgho	+ 40	+ 100	+ 24	+ 42	+ 02	+ 30
	Total	78	+ 138	+ 62	+ 80	+ 40	+ 68
Taux de rentabilité (%)	Soja	+ 10	+ 10	+ 10	+ 10	+ 10	+ 10
	Sorgho	+ 59	+ 135	+ 24	+ 38	+ 01	+ 20
	Total	+ 17	+ 30	+ 13	+ 16	+ 07	+ 13

(1) Soja IAC 8 : fumure 400 kg/ha 0-20-20 + 30 kg/ha micro-éléments
(2) Sorgho : dissécant avant récolte du soja (2 l/ha Gramoxone)
– semis direct du sorgho sans engrais sur la ligne ni herbicide
– puis trois niveaux de fumures en couverture : rien ; 100 kg/ha urée ; 200 kg/ha urée
(3) Grain = resemis des graines hybrides la seconde année.

Tableau 28 : Productivités et performances économiques de la succession soja + sorgho en fonction de divers modes de gestion de la fertilisation minérale, 1989-1990, Fazenda Progresso, Mato Grosso

		Fertilisation phosphatée de fond à base de thermophosphate Yoorin Bz				
		Amortissable sur deux ans(1)			Annuelle(2)	Fertilisation NPK soluble localisée au semis(3)
		2 000 kg/ha	1 500 kg/ha	1 000 kg/ha	500 kg/ha	
Productivités (kg/ha)	Soja	2 675	2 530	2 625	2 600	2 615
	Sorgho	3 140	2 830	2 395	1 810	1 620
Coûts de production (BTN/ha)	Soja	511	450	396	395	345
	Sorgho	81	79	75	71	69
	Total	592	529	471	466	414
Marges nettes (BTN/ha)	Soja	- 63	- 29	+ 42	+ 38	+ 95
	Sorgho	+ 166	+ 144	+ 113	+ 72	+ 58
	Total	+ 103	+ 115	+ 155	+ 110	+ 153
Taux de rentabilité (%)	Soja	- 13	- 06	+ 11	+ 10	+ 26
	Sorgho	+ 205	+ 182	+ 151	+ 101	+ 84
	Total	+ 17	+ 22	+ 33	+ 24	+ 37

(1) Fertilisation minérale : les doses 2 000, 1 500 et 1 000 kg/ha de thermophosphate Yoorin Bz ont été appliquées en 1989 pour deux ans.
(2) La dose de 500 kg/ha de Yoorin Bz a été appliquée en 1989 pour un ans Sur ces doses de Yoorin a été appliquée la même quantité de K que sur la fertilisation NPK soluble.
(3) Fertilisation NPK soluble annuelle sur le soja uniquement = 350 kg/ha 0-25-25 + 30 kg/ha micro-éléments. Tous les autres intrants (herbicide, insecticides) étant égaux par ailleurs.
(4) Taux de rentabilité (%) = marges nettes / coûts de production X 100.

Dans ce cas, la marge nette à l'hectare dépasse 115 BTN et un taux de rentabilité supérieur à 20 % pour l'ensemble de la succession (Tableau 28).

Tableau 26 : Performances économiques du sorgho après riz, 1990, Fazenda Progresso, Mato Grosso

	Scarification sur riz et semis direct sorgho(1)	Labour fin de cycle sur riz et semis direct sorgho(1)
Productivité (kg/ha)	1 125	1 8 62
Coûts de production (BTN/ha)	66	71
Marges nettes (BTN/ha)	22	75
Taux de rentabilité (%)	+ 33	+ 104

(1) Sorgho sans aucune fertilisation (la fertilisation phosphatée de fond de ces parcelles a été appliquée en 1987 pour trois ans : 1 500 kg/ha thermophosphate Yoorin Bz).
- Après récolte riz, dissécant = 2 l/ha de Gramoxone avant semis direct du sorgho.

Résultats confirmés

Au plan agrotechnique

Techniques de semis direct de sorgho et semis à la volée par avion sont maintenant bien dominées et opérationnelles. La Fazenda Progresso en a fait la démonstration cette année avec plus de 400 hectares plantés avec ces deux technologies, et les espérances de récolte sont supérieures à 1 200 kg/ha, sans intrant, donc de toute façon, **toujours lucratives**, le seuil de rentabilité étant voisin de 900 kg/ha.

L'apport de fumure, ou azotée ou/et potassique en couverture sur le sorgho, n'apporte en moyenne aucun surplus de productivité rentable (Tableaux 25 et 27).

Au plan strictement agronomique, les avantages de ces successions sont de toute première importance pour la fixation de l'agriculture car elles assurent simultanément :

- une production de grains accrue et diversifiée ;

- une couverture rapide et totale du sol, plus un recyclage de paille très important, de plus de 5 t/ha de matière sèche pour le seul sorgho, soit globalement une excellente protection anti-érosive, doublée d'une participation déterminante au maintien du niveau d'humus stable et à la préservation de la structure du profil cultural grâce au puissant développement racinaire du sorgho ;

- un parfait contrôle de la flore adventice ;

Tableau 27 : Productivité (kg/ha) et production de paille (kg/ha) du sorgho et maïs en succession du soja de cycle court IAC 8 en 1989, Fazenda Progresso, Mato Grosso

Cultivar	Fertilisation minérale	Densité (plantes/ha)	Poids paille (kg/ha)	Poids grain (kg/ha)	
Sorgho grain					
AG 86-341	Sans fumure	141 200	2 840	720	
AG 86-2735	Sans fumure	128 800	4 560	1 540	
AG 86-3183	Sans fumure	139 600	2 620	1 280	
AG 86-3268	Sans fumure	74 800	1 500	640	
AG 86-3001	Sans fumure	147 000	2 880	1 140	
BR 300	Sans fumure	98 800	3 960	2 320	(T = 100)
BR 300	100 kg/ha urée	127 400	3 580	2 160	(93)
BR 300	150 kg/ha urée + 50 kg/ha KCl	105 200	4 120	2 360	(102)
BR 300	150 kg/ha urée + 50 kg/ha KCl	125 800	4 040	2 040	(88)
Sorgho fourrager					
	Sans fumure	100 000	4 660	2 200	$\bar{x}$ = 2 050
	Sans fumure	115 200	6 300	1 900	T = 100
	100 kg/ha urée	102 200	5 460	2 320	(113)
Maïs					
Grain	Sans fumure	38 400	2 120	1 040	
Cargill 125	Sans fumure	46 000	2 580	1 118	(100)
Grain	100 kg/ha urée	32 500	3 080	860	
Cargill 125	150 kg/ha urée + 50 kg/ha KCl	48 600	4 120	1 500	(134)

– un recyclage* très conséquent des éléments minéraux vers la surface, qui ont été lixiviés pendant le cycle de la première culture (soja et/ou riz) grâce au puissant système racinaire du sorgho qui colonise le profil sur environ 2 m de profondeur (Ca, Mg, NO_3, K en particulier) ; ce point est d'importance capitale pour freiner le processus d'acidification des sols de cerrados (économie d'amendements calco-magnésiens et en conséquence réduction d'autant des coûts de production au cours du temps).

Au plan économique

Les successions proposées : riz + sorgho et soja + sorgho conduisent toujours à des marges à l'hectare **positives** qui dépassent régulièrement 100 BTN, même dans la conjoncture 1989-1990, la plus défavorable (Tableaux 24, 25, 26 et 28).

La marge nette additionnelle du sorgho à l'hectare varie, cette année de 20 à 140 BTN pour un coût de production additionnel minimal de 70 BTN/ha (Tableaux 24, 25, 26 et 28).

Au plan technique

Les techniques utilisées : semis direct et semis à la volée par avion, garantissent une date de semis optimale de la culture de sorgho en succession, avec un maximum de capacité et de flexibilité.

Ces deux techniques peuvent être utilisées simultanément en fonction des équipements et disponibilités matérielles du producteur.

Les assolements optimisés, outils d'aide à la prise de décision prévisionnelle de l'agriculteur

Il est possible, dès à présent, à partir des lois de la production établies, avec leurs respectives performances agrotechniques et économiques, de rechercher les meilleures combinaisons d'assolements annuels qui permettent, à la fois, d'optimiser les productions et gains de l'agriculteur, et de gérer au mieux la fertilité de son capital sol et l'utilisation de ses équipements (critères de capacité et flexibilité d'utilisation).

Partant de la situation technique dominante de monoculture de soja, pratiquée à l'offset, correspondant au pire des modes de préparation des sols, il est capital de montrer, comment on peut, en intégrant les lois de la production établies sur quatre ans, passer le plus rapidement possible de la situation présente à une situation la plus lucrative possible et préservatrice du capital sol et de l'espace rural.

---

* L'importance de ce phénomène sera chiffrée en 1990-1991.

Les modalités opérationnelles de passage de la situation actuelle à une situation plus performante et de moindre risque, peuvent être résumées de la manière suivante, à travers les étapes suivantes :

Etape 1

Etablir les critères de choix des **options systèmes** à retenir **simultanément** :

– productions les plus élevées, les plus stables et les plus lucratives soit maximisation de la marge nette à l'hectare et du taux de rentabilité ;

– productions diversifiées : tampon contre incertitudes de la politique économique et agricole ;

– flexibilité du calendrier agricole et meilleur gestion des équipements mécanisés existants (et/ou nouveaux), avec objectif principal d'accroissement de leur capacité ;

– restauration, puis amélioration continue de la fertilité du profil cultural et préservation du capital sol contre l'érosion et les excès climatiques en général.

Etape 2

Choix des options systèmes qui doivent être combinées chaque année pour satisfaire **simultanément** aux critères agrotechniques et économiques retenus dans l'étape 1.

Les tableaux 30, 31, 32 et la figure 26 réunissent les meilleurs systèmes à une et à deux cultures annuelles qui satisfont aux critères fixés, ce sont :

– dans les systèmes à une seule culture annuelle : les rotations riz/soja et son inverse soja/riz pratiquées avec la technique de labour profond de début de saison des pluies (ARE) [Figure 26] ;

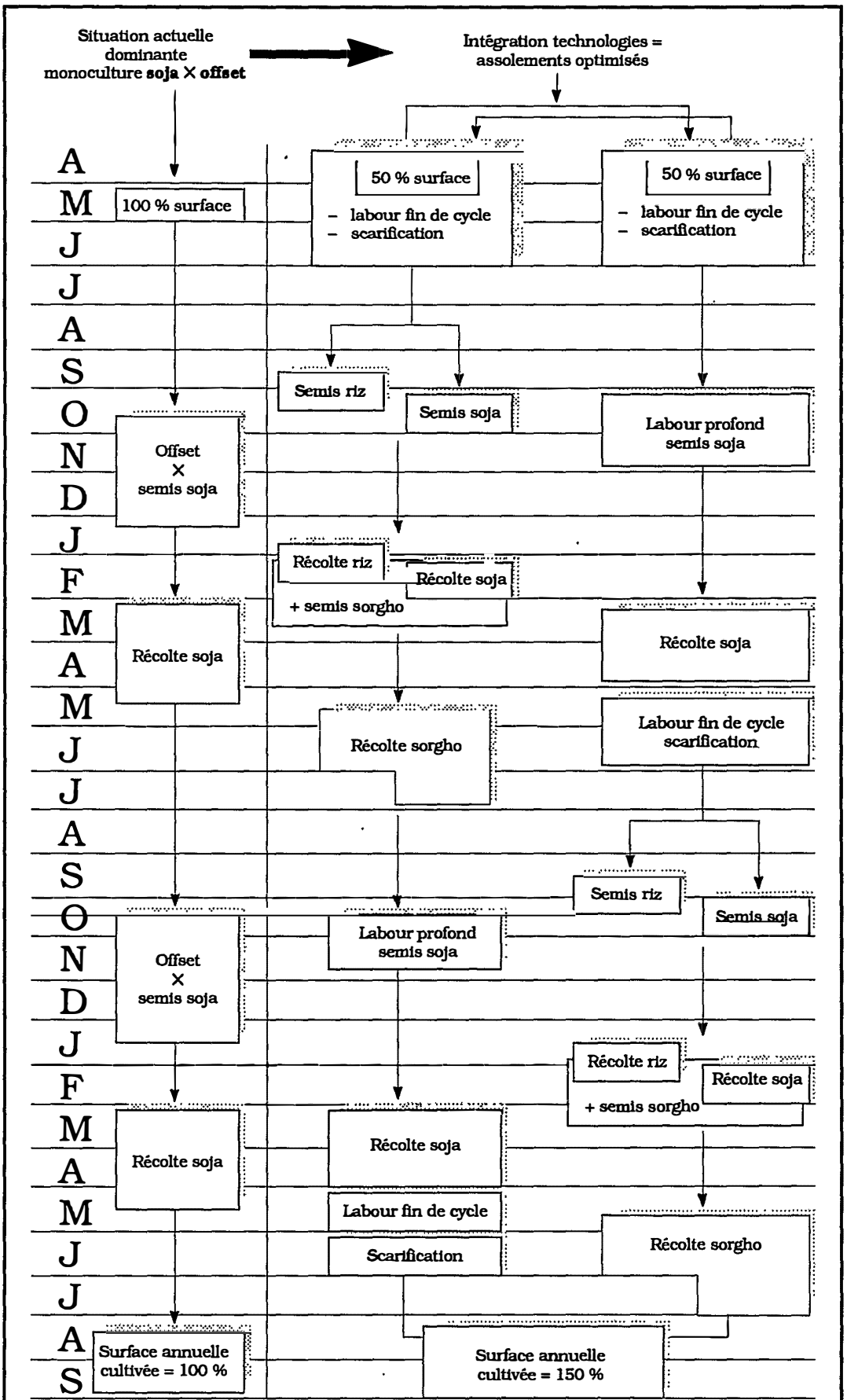
– dans les systèmes à deux cultures annuelles en succession : soja+ sorgho, riz + sorgho et maïs + sorgho, en semis direct et scarification ; ces successions annuelles sont pratiquées en alternance un an sur deux, en rotation avec soja de cycle unique annuel (labour profond de début des pluies, tableaux 29, 30, 31). Cette dernière combinaison de systèmes à une seule culture annuelle alternés avec systèmes à deux cultures annuelles, satisfait pleinement aux critères d'amélioration de la flexibilité du calendrier agricole et d'augmentation de la capacité des équipements mécanisés.

Etape 3

Planification agricole au niveau de la propriété soit mise en œuvre opérationnelle des meilleures combinaisons choisies lors de l'étape 2

Le schéma 1 décrit un exemple d'assolements optimisés par rapport à la situation actuelle. Il montre comment il est possible d'incorporer en deux ans l'ensemble des technologies les plus performantes et lucratives.

Schéma 1 : Proposition d'assolements



Performances annuelles
(1) **Equipements** :
- période travail du sol : **60-80 jours dont 30 utiles**
- période récolte : **80 jours dont 60 utiles**
- sous utilisation équipements

(2) **Résultats économiques** négatifs dans conjoncture actuelle

Performances annuelles
(1) **Equipements** :
- **période travail du sol** : 120-130 jours dont **80 utiles**
- **période récolte** : 165 jours dont **105 utiles**

+ flexibilité utilisation, étalement des travaux (gestion moindre risque)

(2) **Résultats économiques** positifs, marges supérieures à 100 BTN/ha, taux de rentabilité > 20 %

Tableau 29 : Performances économiques des successions annuelles en rotation, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1990

Rotation				Préparation du sol(1)	Coûts de production (BNT/ha)[2]				
					86-87	87-88	88-89	89-90	Moyenne
Soja + sorgho	Soja + sorgho	Soja + sorgho	Soja	PD	374,8	482,6	456,1	470,0	445,9
				ESCAR	367,9	458,6	414,5	451,1	423,0
Maïs	Soja + Sorgho	Soja + Sorgho	Soja	PD	309,9	475,0	407,9	479,6	418,1
				ESCAR	298,2	461,4	405,0	481,2	411,4
Riz + Callo.	Soja + Sorgho	Riz + Callo.	Soja	PD	248,8	488,6	313,0	489,2	384,9
				ESCAR	236,6	453,9	302,3	472,4	366,3
Cajanus + Maïs	Soja + Sorgho	Riz + Sorgho	Soja	PD	291,8	513,0	386,6	484,5	419,0
				ESCAR	277,7	472,6	375,6	477,8	400,9
Soja + Maïs	Soja + Maïs	Soja + Maïs	Soja	PD	388,7	464,5	413,1	463,0	432,3
				ESCAR	373,5	470,4	423,5	467,9	433,8
Maïs	Soja + Maïs	Maïs + Sorgho	Soja	PD	309,9	478,5	403,3	485,9	419,4
				ESCAR	298,1	473,9	401,1	482,2	413,8
Riz + Cajanus	Soja + Maïs	Riz + Cajanus	Soja	PD	248,8	491,2	324,3	482,9	386,8
				ESCAR	236,6	479,8	322,0	472,1	377,6
Cajanus + Riz	Soja + Maïs	Cajanus + Riz	Soja	PD	294,4	489,0	358,7	481,1	405,8
				ESCAR	280,0	484,4	365,7	480,8	402,7
				ARE	294,3	504,9	378,5	472,1	412,4
Soja + Maïs	Maïs	Soja + Maïs	Maïs	PD	413,0	361,8	552,2	551,3	469,6
				ESCAR	383,6	341,0	542,2	544,5	452,8
Soja + Sorgho	Sorgho	Soja + Sorgho	Maïs	PD	410,9	283,6	552,2	540,8	446,9
				ESCAR	376,0	262,0	546,8	542,6	431,8
Soja + Sorgho	Riz + Callo.	Soja + Sorgho	Riz + Callo.	PD	377,2	335,8	547,7	562,5	455,8
				ESCAR	376,4	329,6	540,9	544,8	447,9

(1) 1986-1989 : PD : semis direct sur la première culture ; ESCAR : scarification profonde sur la première culture de la sucession, le semis direct est de règle sur la seconde culture en succession.
1989-1986 : ARE : labour d'entrée des pluies sur toutes ces parcelles.
(2) 1 BTN = 0,8 $ US en juin 1990, 1 BTN = 1 $ US les années précédentes 1986-1989.

Par rapport à la situation actuelle, cette proposition d'assolements offre les avantages suivants :

– **la capacité** des équipements mécanisés passe du simple au double :

• 50 % de surface cultivée en plus par an,

• meilleure **flexibilité** d'utilisation « minimisant » le risque excès pluviométrique, à la préparation des sols (comme en 1989) et à la **récolte** ; cette dernière s'étale sur quasi cinq mois à partir du 20 janvier, dont une grande partie en début de saison sèche, soit dans les conditions de capacité maximale sans nécessité de séchage de la récolte de sorgho (minimisation des coûts de production),

• parfaite adéquation des équipements et des interventions mécanisées en fonction des conditions climatiques et des états du sol : humidité, consistance, cohésion, sensibilité à l'érosion,

Tableau 30 : Performances économiques des successions annuelles en rotation, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1990

Rotation				Préparation du sol(1)	Marges nettes (BNT/ha)[2]				
86-87	87-88	88-89	89-90		86-87	87-88	88-89	89-90	Moyenne
Soja + sorgho	Soja + sorgho	Soja + sorgho	Soja	• PD	- 82,8	+ 31,5	+ 271,7	+ 83,0	+ 75,8
				ESCAR	- 79,3	+ 28,1	+ 55,6	- 24,1	+ 5,0
Maïs	Soja + Sorgho	Soja + Sorgho	Soja	• PD	-46,6	- 8,4	+ 99,6	+ 137,4	+ 45,5
				ESCAR	- 54,2	+ 54,2	+ 123,7	+ 146,7	+ 67,6
Riz + Callo.	Soja + Sorgho	Riz + Callo.	Soja	PD	+ 18,4	+ 18,5	- 190,4	+ 191,8	+ 09,6
				ESCAR	- 2,6	+ 80,3	- 136,4	+ 96,8	+ 09,5
Cajanus + Maïs	Soja + Sorgho	Riz + Sorgho	Soja	• PD	- 109,0	+ 188,7	+ 97,8	+ 165,5	+ 85,7
				• ESCAR	- 67,6	+ 117,0	+ 128,8	+ 127,2	+ 76,3
Soja + Maïs	Soja + Maïs	Soja + Maïs	Soja	PD	- 37,1	- 185,1	+ 85,9	+ 43,6	- 23,2
				ESCAR	- 72,6	- 21,1	+ 216,8	+ 71,1	+ 48,5
Maïs	Soja + Maïs	Maïs + Sorgho	Soja	• PD	- 46,6	- 79,8	+ 75,8	+ 173,1	+ 30,6
				• ESCAR	- 54,2	+ 16,0	+ 102,2	+ 152,0	+ 54,0
Riz + Cajanus	Soja + Maïs	Riz + Cajanus	Soja	PD	+ 18,4	- 19,3	- 102,0	+ 156,2	+ 13,3
				ESCAR	- 2,6	46,8	- 3,9	+ 94,9	+ 33,8
Cajanus	Soja	Cajanus		PD	+ 41,2	- 31,0	- 146,8	+ 145,9	+ 2,3
+	+	+	Soja	ESCAR	+ 48,0	+ 74,4	+ 44,5	+ 144,2	+ 77,8
Riz	Maïs	Riz		ARE	+ 41,2	+ 77,4	+ 77,6	+ 94,9	+ 72,8
Soja + Maïs	Maïs	Soja + Maïs	Maïs	• PD	+ 66,7	- 35,0	302,5	+ 101,2	108,8
				• ESCAR	- 33,7	- 14,2	+ 267,3	+ 62,7	70,5
Soja + Sorgho	Sorgho	Soja + Sorgho	Maïs	• PD	+ 70,6	- 21,6	+ 292,0	+ 41,3	95,6
				• ESCAR	- 48,5	+ 20,0	+ 227,7	+ 51,6	62,7
Soja + Sorgho	Riz + Callo.	Soja + Sorgho	Riz + Callo.	PD	- 18,2	- 66,8	+ 185,4	+ 17,6	29,5
				ESCAR	- 51,7	+ 2,7	+ 186,8	- 82,9	13,7

(1) 1986-1989 : PD : semis direct sur la première culture ; ESCAR : scarification profonde sur la première culture de la sucession, le semis direct est en règle sur la seconde culture en succession.
1989-1986 : ARE : labour d'entrée des pluies sur toutes ces parcelles.
(2) 1 BTN = 0,8 $ US en juin 1990, 1 BTN = 1 $ US les années précédentes 1986-1989.
• Successions les plus performantes les deux dernières années grâce aux progrès techniques réalisés.

– **la surface productive** peut augmenter de plus de 50 % en intégrant les systèmes à deux cultures annuelles sur 50 % de la surface (soja + sorgho, riz + sorgho). Ce gain considérable de production est obtenu en minimisant les risques climatique et économique, avec investissement additionnel dérisoire ;

– **la fertilité du profil cultural** est, dans un premier temps, restaurée, puis progressivement améliorée : l'incorporation progressive dans l'assolement, des systèmes à deux cultures annuelles, permet, outre une meilleure protection du sol, de freiner le processus d'acidification des sols par recyclage vers la surface, des bases et autres nutriments qui sont normalement lixiviés et hors d'atteinte des systèmes racinaires des cultures telles que le soja, quand il est pratiqué exclusivement en système de monoculture.

Tableau 31 : Performances économiques des successions annuelles en rotation, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1990

Rotation				Préparation du sol(1)	Taux de rentabilité (BNT/ha)[2]				
86-87	87-88	88-89	89-90		86-87	87-88	88-89	89-90	Moyenne
Soja + sorgho	Soja + sorgho	Soja + sorgho	Soja	• PD	- 22	+ 06	+ 59	+ 18	+ 17
				ESCAR	- 21	+ 06	+ 13	- 05	- 01
Maïs	Soja + Sorgho	Soja + Sorgho	Soja	• PD	- 15	- 02	+ 24	+ 29	+ 11
				ESCAR	- 18	+ 12	+ 30	+ 31	+ 16
Riz + Callo.	Soja + Sorgho	Riz + Callo.	Soja	PD	+ 07	+ 04	- 60	+ 39	+ 02
				ESCAR	- 01	+ 17	- 45	+ 21	+ 02
Cajanus + Maïs	Soja + Sorgho	Riz + Sorgho	Soja	• PD	- 37	+ 37	+ 25	+ 34	+ 20
				• ESCAR	- 24	+ 25	+ 34	+ 27	+ 19
Soja + Maïs	Soja + Maïs	Soja + Maïs	Soja	PD	- 10	- 40	+ 21	+ 09	- 05
				ESCAR	- 19	- 04	+ 60	+ 15	+ 11
Maïs	Soja + Maïs	Maïs + Sorgho	Soja	PD	- 15	- 17	+ 19	+ 36	+ 07
				ESCAR	- 18	+ 03	+ 25	+ 31	+ 13
Riz + Cajanus	Soja + Maïs	Riz + Cajanus	Soja	PD	+ 07	- 04	- 31	+ 32	+ 03
				ESCAR	- 01	+ 10	- 01	+ 20	+ 09
Cajanus +	Soja +	Cajanus +	Soja	PD	+ 14	- 06	- 41	+ 30	00
				ESCAR	+ 17	+ 15	+ 12	+ 30	+ 19
Riz	Maïs	Riz		ARE	+ 14	+ 15	+ 20	+ 20	+ 18
Soja + Maïs	Maïs	Soja + Maïs	Maïs	• PD	+ 16	- 09	+ 55	+ 18	+ 23
				• ESCAR	- 09	- 04	+ 49	+ 11	+ 15
Soja + Sorgho	Sorgho	Soja + Sorgho	Maïs	• PD	+ 17	- 08	+ 52	+ 08	+ 21
				• ESCAR	- 13	+ 08	+ 42	+ 09	+ 14
Soja + Sorgho	Riz + Callo.	Soja + Sorgho	Riz + Callo.	PD	- 05	- 20	+ 34	+ 03	+ 06
				ESCAR	- 14	+ 01	+ 35	- 15	+ 03

(1) 1986-1989 : PD : semis direct sur la première culture ; ESCAR : scarification profonde sur la première culture de la sucession, le semis direct est en règle sur la seconde culture en succession.
1989-1986 : ARE : labour d'entrée des pluies sur toutes ces parcelles.
(2) 1 BTN = 0,8 $ US en juin 1990, 1 BTN = 1 $ US les années précédentes 1986-1989.
* Successions les plus performantes les deux dernières années grâce aux progrès techniques réalisés.

Le capital sol est protégé contre l'érosion et les excès climatiques.

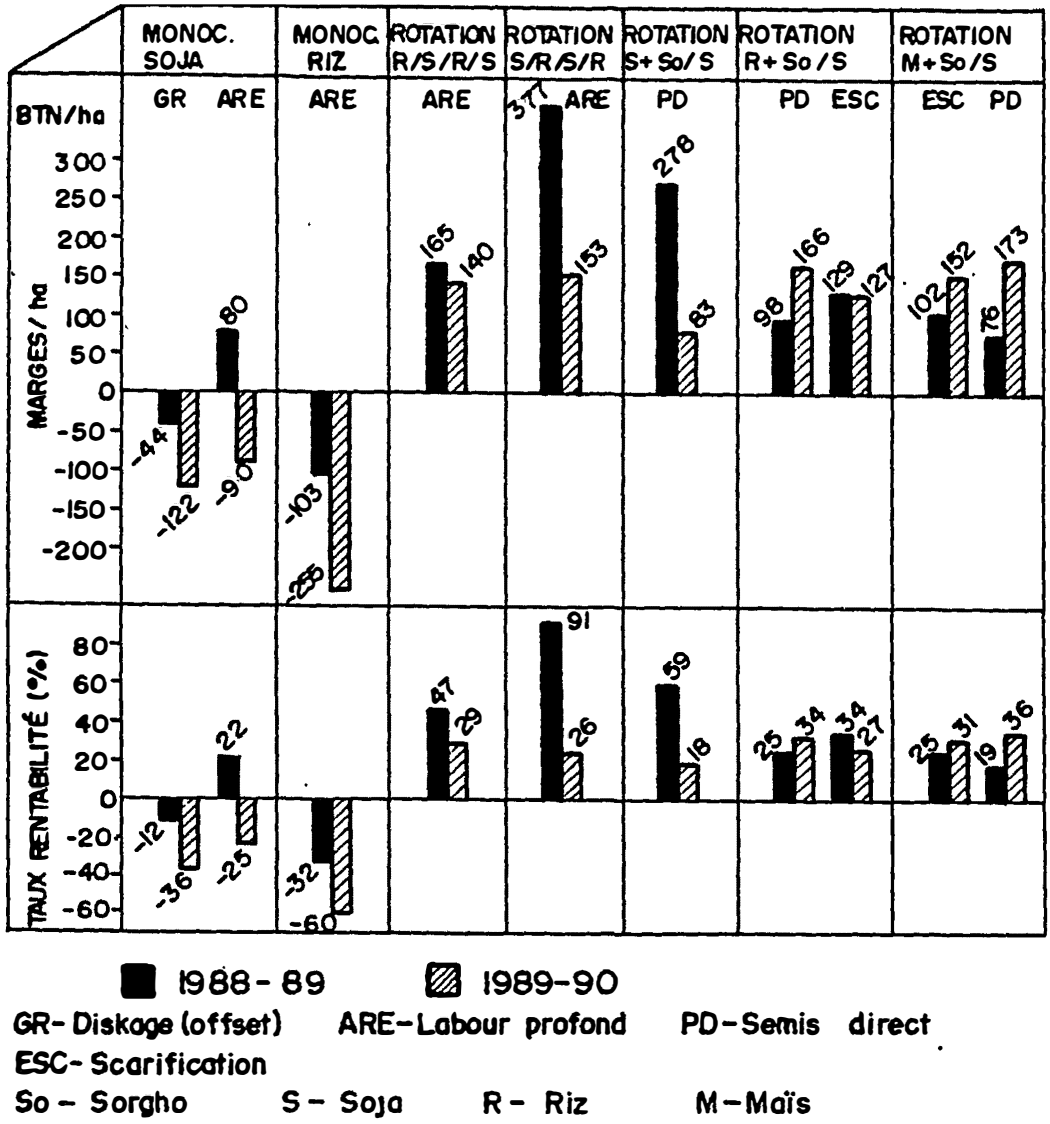
■ **La production de grains et de paille** (donc d'humus) est considérablement améliorée :

– par sa diversification : soja, riz, maïs, sorgho, soit un meilleur tampon contre les fluctuations économiques et une meilleure adéquation aux nécessités du marché intérieur,

– par l'augmentation régulière des productivités : entre 3 000 et 4 000 kg/ha de soja, 3 000 et 4 500 kg/ha de riz pluvial, 5 000 à 6 000 kg/ha de maïs, 1 200 kg/ha à 3 000 kg/ha de sorgho en succession de soja, la même année agricole,

– par l'obtention de marges monétaires à l'hectare incitatives, qui dépassent 100 $ US/ha même lorsque la conjoncture économique est extrême-

Fig.26 PERFORMANCES ECONOMIQUES DES MEILLEURS SYSTEMES DE CULTURES COMPAREES A CELLES DES MONOCULTURES DE SOJA ET RIZ - 1988/90. FAZ. PROGRESSO, MT.



GR- Diskage (offset) ARE-Labour profond PD-Semis direct
ESC- Scarification
So - Sorgho S - Soja R - Riz M-Maïs

ment défavorable (1989-1990) et peuvent atteindre 250 $ US dans le cadre d'une politique agricole plus cohérente (1988-1989) [Figure 26],

- enfin, par un **choix ample, varié et prévisionnel d'assolements possibles** qui constitue sans aucun doute, la **meilleure garantie d'adaptation économique** face aux **entraves techniques** et **économiques** actuelles en **mutation rapide.**

Conclusions

Cet exemple d'intervention de la recherche, pour, chez et avec les producteurs montre l'importance capitale du choix des systèmes de culture pour la réussite ou l'échec de la fixation de l'agriculture, dans les cerrados humides du Centre-Nord Mato Grosso.

Sur le plan de la méthodologie d'intervention, divers enseignements précieux pour la reproductibilité d'une telle démarche, peuvent être tirés, comme en 1989 ; rappelons-les :

– le **choix** des facteurs d'études des **futurs systèmes** doit provenir d'un **diagnostic préalable**, rigoureux en milieu réel ;

– l'étude et la mise au point des systèmes de cultures ne peut se faire rigoureusement qu'à partir d'unités expérimentales conduites en conditions d'**exploitation réelles**, et **pérennes**, pour, à la fois :

• **dégager** les **lois** de la production végétale sur un **laps de temps climatique** suffisamment **représentatif** (durée et variabilité),

• fournir **prévisionnellement** à la **prise de décision** des agriculteurs, un **large choix d'assolements** optimisés, pour **mieux s'adapter** aux **fluctuations climatiques** et **économiques**,

– l'élaboration de ces assolements doit se faire **avec**, **pour** et **chez** les **producteurs** pour **intégrer** de manière **continue**, à la fois, les critères de choix des chercheurs et des agriculteurs ;

– l'approche des possibilités de fixation de l'agriculture, par les systèmes de cultures se confirme comme une condition **nécessaire**, mais aussi **suffisante**, pour **prétendre modifier positivement** et **rapidement** les **systèmes de production régionaux** (L. Séguy *et al.*, 1989, 1, 2) ;

– il **n'est pas nécessaire** de connaître les **antécédents d'une situation agricole** pour la **faire progresser**, à condition de pouvoir, partant d'elle, la modifier et rapidement la précéder. Cette fonction de la **recherche**, de **précéder le développement** agricole est d'une **importance fondamentale**, pour promouvoir un développement rationnel, diversifié, à moindre coût ;

– si la **mise au point** des facteurs d'études décisifs et leurs **combinaisons** dans les systèmes expérimentaux appartiennent à la **recherche**, c'est la **nature** elle-même qui **déterminera ensuite** les **modalités d'évolution des systèmes. La fonction créatrice de la recherche** consiste donc à **fournir à la nature**, sous une **forme systématisée** et par conséquent **interprétable** et **contrôlable scientifiquement**, les éléments essentiels **agrotechniques** et **économiques du changement** ;

– cette fonction **créatrice**, doit aussi s'exprimer dans sa **capacité à reproduire** sur un laps de **temps minimal**, des conditions de **profil cultural** les **plus différenciées**, qui, en offrant une **large gamme** correspondants de **relations eau-sols-plantes**, préfigureront des évolutions de comportement qui nécessitent des périodes beaucoup plus longues pour s'accomplir dans les conditions normales de la nature. C'est donc aussi dans sa **capacité à réduire l'espace temps**, tout en y **intégrant un maximum de variabilité contrôlée** que l'**apport prévisionnel de la recherche** peut être **déterminant** pour ses applications ;

– enfin, cette étude confirme très clairement, que les choix de développement **ne peuvent plus être aujourd'hui, exclusivement économiques** ou techniques ou **agronomiques**. Le **succès** de la **fixation** de l'agriculture passe nécessairement par un **choix raisonné** et **permanent** d'un **ensemble** de **facteurs** à la fois **agronomiques, techniques** et **économiques** qui constitue le **pouvoir de décision de l'agriculteur**. Ce dernier doit, en effet, être capable à la fois de mieux tirer parti de son milieu physique en préservant et améliorant sa fertilité, comme de mieux s'adapter aux fluctuations climatiques et surtout économiques en constante mutation. Le **rôle** de la **recherche appliquée** dans cette **aide prévisionnelle à la décision** est aujourd'hui, **plus que jamais, prioritaire.**

Bibliographie

1. Séguy L., Bouzinac S., Pacheco A., Kluthcouski J., 1989 — Des modes de gestion mécanisés des sols et des cultures aux techniques de gestion en semis direct, sans travail du sol, appliquées aux cerrados du Centre-Ouest brésilien. Doc. interne IRAT-EMBRAPA, 156 p. + photos.

2. Séguy L., Bouzinac S., *et al.*, 1989 — Première évolution de l'adoption par les agriculteurs du Centre-Ouest brésilien, des technologies mises au point par la recherche franco-brésilienne. Doc. interne IRAT-MAE, 1989.

3. Séguy L., Bouzinac S., Pacheco A., 1989 — Une nouvelle technologie très lucrative et de moindre risque, adaptée aux cerrados humides du Mato Grosso : la succession annuelle soja de cycle court suivi de sorgho, semé par avion un mois avant la récolte de soja, ou en semis direct au fur et à mesure de la récolte de soja. Doc. interne IRAT, 1989.

Document 2

Projet Agropastoril do Nordeste
Miguel Alves Piaui

Gestion des sols et des cultures en périmètre irrigué et en conditions pluviales dans les zones de frontières agricoles du Nord Brésil, 1989-199

Introduction : Le projet Agropastoril do nordeste — Caractéristiques significatives

Le projet Agropastoril do nordeste appartient à la Société brésilienne d'assurances « Sulamerilla » qui recycle une part de ses revenus dans l'agriculture ; son département « agropastoral » a ainsi développé plusieurs grands projets de développement sur des spéculations aussi diverses que le café, l'élevage, l'hévéa, et plus récemment le projet de riz irrigué Agropastoril do nordeste, qui a vu le jour en 1987.

Il est situé à 4° de latitude Sud, dans l'Etat du Piaui (Nord Brésil), à 120 km au nord de la capitale de l'Etat, Teresina, dans le petit village de Migule Alves, sur la berge du rio Parnaiba.

Il a pour vocation d'alimenter en riz de qualité (qui vient normalement du **sud**) les grandes capitales du nord et nord-est : Teresina, São Luis (Maranhão), Belem (Para), Fortaleza (Ceara) ; ses capacités d'usinage et de commercialisation actuelles se situent aux alentours de 20 000 tonnes de riz par an (photo 1).

Pour la recherche appliquée, il présente de multiples intérêts :

– sa dimension : actuellement 2 400 hectares, dont environ 2 000 hectares irrigués et 400 hectares en cultures pluviales ;

– il se développe dans une région déshéritée du point de vue infrastructures, sans recherches préalables ;

– il fait appel à des techniques d'aménagement peu coûteuses, qui sont un objet de recherche essentiel de l'IRAT pour les bas-fonds africains ;

– il se situe dans une région où l'IRAT a une solide expérience et compétence, zone similaire (et proche) à celle de Bacabal au Maranhão, sous 1 800 mm de pluies réparties sur cinq à six mois et une végétation naturelle de palmiers Babaçus (*Orbygna martiana*).

L'intervention actuelle de l'IRAT*, comme consultant, est basée sur trois types d'actions complémentaires intégrées, qui constituent un ensemble opérationnel pour l'aide à la prise de décision des responsables du projet :

❑ Le montage et le suivi-évaluation d'unités expérimentales de création-diffusion de technologies, qui créent le champ des options de développement « futurs possibles », comparées aux systèmes actuels.

* Intégrée à partir du second semestre 1990 à la convention IRAT/CIRAD/RHODIA.

❑ Appui direct à la production sur le projet, sous forme de conseil permanent, bâti sur les résultats concrets, et praticables, des unités expérimentales et sur notre large expérience de ces problèmes en milieu tropical.

❑ Appui indirect, par des experts consultants extérieurs, si besoin est (CIRAD).

Nous présenterons ici, une synthèse des principaux résultats expérimentaux agronomiques obtenus depuis 1989, et les grands axes futurs de développement technique pour le projet.

Modalités d'intervention opérationnelle de la recherche

Concept et objectifs

La recherche système, en prise directe sur le développement, doit concilier les **objectifs** suivants :

– fournir des alternatives systèmes de cultures qui soient agronomiquement justifiées, techniquement praticables, économiquement stables et plus motivantes que les systèmes actuellement pratiqués ;

– permettre, à tout moment, au cours du processus de fixation de l'agriculture de :

• hiérarchiser les facteurs limitants,

• donner des solutions praticables et plus lucratives,

• les expliquer scientifiquement,

• servir de support de formation pour les utilisateurs, vulgarisateurs et agronomes généralistes en formation.

Ces objectifs complémentaires nécessitent la pérennisation des actions de recherche pour pouvoir :

– évaluer, améliorer et préserver la fertilité du capital sol, à moindre coût;

– confronter les nouvelles propositions techniques à un pas de temps suffisant (les éprouver) ;

– répondre prévisionnellement, à tout moment, à des changements notables d'ordre climatiques et économiques (capacité d'adaptation).

Le contenu du programme doit, non seulement viser les résolution des problèmes immédiats formulés par les utilisateurs, mais aussi et surtout, offrir des perspectives de développement à plus long terme qui intègrent les meilleurs modes de gestion de l'espace et des sols.

Quelques principes généraux et règles de base

La recherche système conduite en conditions d'exploitations réelles (vraie grandeur), pour, avec et chez les utilisateurs, peut être un outil déterminant dans la séquence recherche-développement, dans la mesure où :

■ Dans la formation des innovations agrotechniques, elle tienne compte des possibilités d'appropriation, ce qui implique simultanément :

– qu'elles soient analysées sous les aspects agrotechniques, temps de travaux et calendriers, aspects économiques et organisationnels ;

■ Pour faire progresser les systèmes de cultures, il ne soit plus question d'isoler les facteurs de production les plus importants, mais au contraire de les pratiquer en interactions pour en analyser, à la fois :

– les antagonismes qui sont facteurs de rejet de la sédentarisation ;

– les synergies les plus attractives, qui, au contraire, permettent de concilier les impératifs de conservation et d'amélioration du milieu physique avec les impératifs locaux économiques ;

Ses interventions doivent donc être impérativement pérennisées pour assurer :

– des propositions éprouvées par rapport à leur adoption par les utilisateurs ;

– la compréhension de l'évolution de la fixation de l'agriculture sur un terroir déterminé ;

– la création d'un outil performant d'aide à la prise de décision (conseil de gestion) ;

– une « responsabilisation » véritable de la recherche appliquée ;

– une formation permanente et une « professionnalisation accélérée » des différents partenaires : chercheurs, développeurs, utilisateurs en général.

Structure opérationnelle de la recherche dans le projet

Trois unités de « création-diffusion » de technologies, pratiquées en conditions d'exploitation réelles, ont été installées ; elles correspondent aux unités de paysage les plus différenciées pour encadrer la variabilité maximale de fertilité du facteur sol :

■ Deux unités dans le périmètre irrigué (et/ou irriguable) :

– une sur les sols alluviaux de meilleure fertilité (Sulanor I-P.04, Tableau 1) ;

– une sur les sols alluviaux de plus basse fertilité : sols très sableux, à texture très hétérogène, très pauvres en base, en matière organique, P_2O_5 et K_2O (Sulanor I-P.08, Tableau 1).

Ces deux unités traitent de la mise au point continue des meilleures options techniques et économiques pour la fixation de la riziculture irriguée. Elles étudient en interactions, les facteurs de production suivants :

Tableau 1 : Variation de fertilité des sols en fonction des propriétés physico-chimiques et biologiques des sols, Agropastoril do Nordeste, PI

		pH eau	P (ppm)	K (ppm)	Ca + Mg (meq/100 g)	Al (meq/100 g)	M.O. (%)
Sols très sableux de basses potentialités	I	5,2	3	35	1,7	0,3	0,2 à 0,5
	II	5,3	4	43	2,3	0,5	
Sols argileux de fortes potentialités	I	5,5	20	47	> 10	0,1	1,5 à 2,3
	I	5,4	19	70	> 10	0,2	

- modes de travail du sol × rotations (modes de gestion) ;
- modes d'entretien de la fertilité minérale et organique ;
- variétés de riz, maïs, soja (progrès amélioration variétale par produit).

■ Une unité de création-diffusion, en conditions de cultures pluviales sur l'unité de paysage de collines à palmiers Babaçu (*Orbygna martiana*), sur sols d'origine sédimentaire, très remaniés avec localement horizons gravillonnaires en surface.

Cette unité traite de la fixation de l'agriculture pluviale dans un milieu extrêmement sensible à l'érosion (L. Séguy, S. Bouzinac *et al.*, 1983).

Les facteurs de production étudiés en interactions, sont les mêmes que dans le périmètre irrigué, avec toutefois, une priorité absolue accordée aux techniques de lutte contre l'érosion, dont les techniques de semis direct, avec couverture permanente du sol.

Dans chaque unité, et pour alimenter les systèmes spécifiques développés dans chaque milieu différencié, sont introduites, puis sélectionnées les cultivars de riz pluvial, irrigué, maïs, soja, qui permettent la meilleure optimisation agrotechnique et économique des systèmes.

Les systèmes irrigués à base de riz

Un système d'aménagement peu coûteux, original, qui préserve les unités de paysage originelles :

Le projet est installé sur la berge du rio Parnaiba, sur terrasses alluviales dont la granulométrie est extrêmement variable et hétérogène à courte distance en fonction de la nature des alluvions (bourrelets de berge, lit majeur du rio, anciens méandres, etc.).

Les surfaces strictement planes y sont de très faible importance et les sols sont extrêmement hétérogènes : granulométrie, S, T, teneurs en matière organique varient dans de très larges proportions en fonction du matériau de base et de ses relations avec le régime hydrologique.

L'aménagement du périmètre irrigué est composé de deux parties :

❑ une infrastructure très classique comprenant :

• une digue de protection circulaire pour isoler le projet des crues, qui porte un canal de ceinture principal pour l'irrigation du périmètre intérieur,

• un drain central qui est le produit de la rectification des rus intérieurs,

• des pompes d'irrigation et de drainage.

Cette structure de base est simplifiée au maximum.

❑ une infrastructure originale entre canal de ceinture et drain principal : un réseau temporaire, refait à chaque cycle de culture de diguettes en courbes de niveau, implantées tous les dix centimètres de dénivelé. La topographie originelle du paysage est conservée sans aucune nécessité de terrassement, d'où un coût d'aménagement global modeste.

La culture de riz irrigué est implantée, à chaque cycle, à travers la séquence d'opérations suivantes :

– préparation du sol à l'offset en conditions pluviales ;

– après affinage de la surface, passage d'un *land plane* pour éliminer le microrelief (mais sans modifier la pente naturelle du terroir) ;

– semis du riz en conditions mécanisées, pluviales ;

– passage d'un rouleau ;

– mise en courbes de niveaux (diguettes de +/- 40 cm de hauteur, avec outils mécanisés appropriés, Photo 3, 4 et 5), tous les 10 cm de dénivelé ;

– resemis des diguettes avec un semoir à la volée monté à l'avant du tracteur ;

– puis irrigation à partir du canal principal jusqu'au drain central par gravité, de diguettes en diguettes, dans lesquelles sont ménagées des ouvertures pour assurer la circulation de l'eau. Ce système d'irrigation nécessite un personnel qualifié pour une bonne conduite de l'eau sur l'ensemble du périmètre ;

– l'irrigation peut ainsi se faire jusqu'à des côtes qui sont à plus de 15 m au dessus du niveau du fleuve (Photo 6) ;

– à chaque cycle de culture, les courbes de niveaux (diguettes) sont détruites par un outil spécialement adapté (outil à disques) et la morphologie originelle du terrain est retrouvée, ce qui évite de condamner définitivement le projet à la seule spéculation riz irrigué ;

– le coût à l'hectare de ce type d'aménagement est nettement moins coûteux que les systèmes classiques (aux environs de 1 000 $ US/ha).

La mise en œuvre de la double culture annuelle de riz irrigué

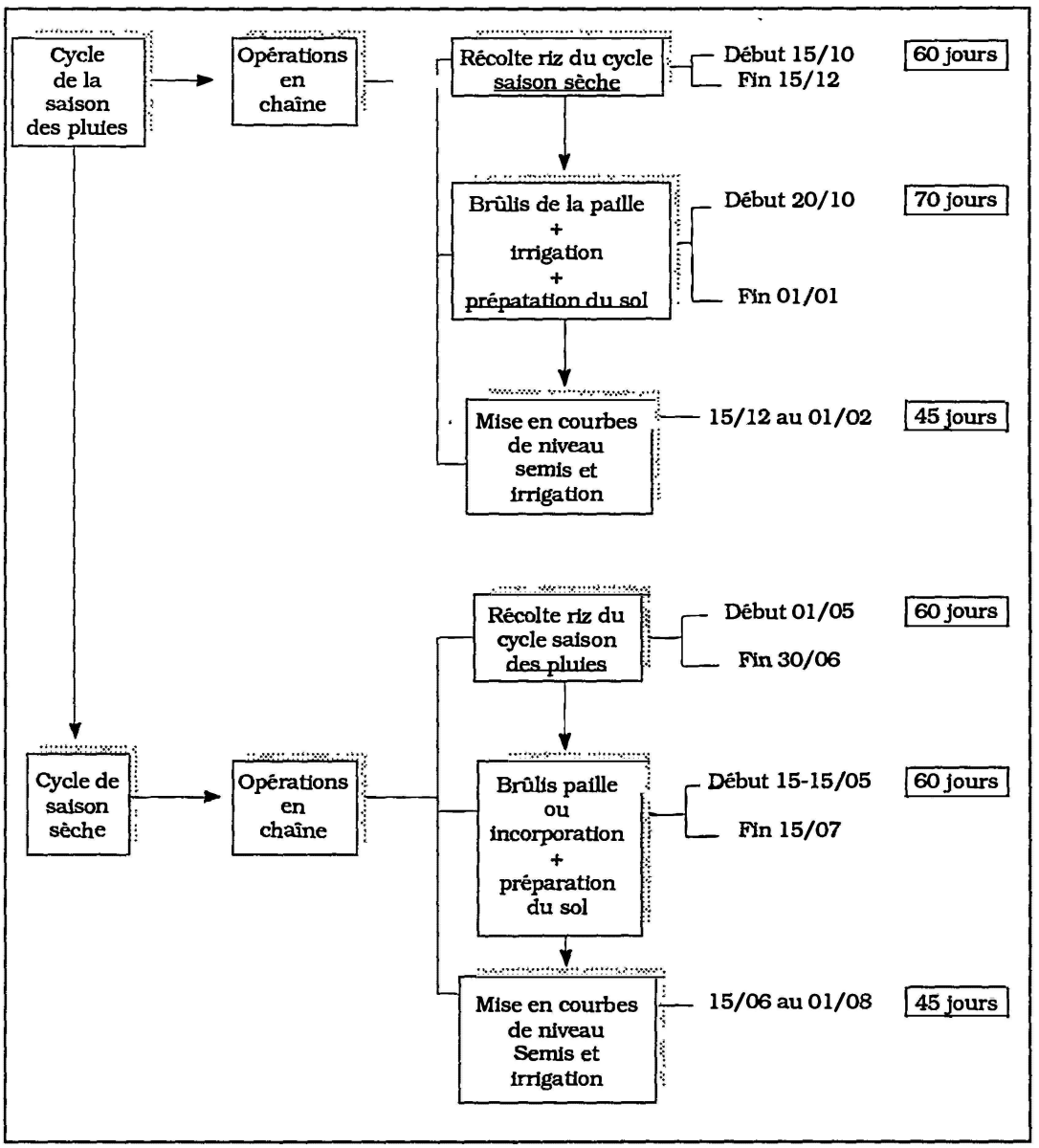
C'est un des objectifs essentiel du projet, la capacité de l'usine étant supérieure à 20 000 tonnes de riz usiné par an.

Problématique

La mise en œuvre de la double culture riz à un haut niveau de productivité se heurte à quatre problèmes essentiels simultanément :

■ Un problème **d'ordre technique** et **économique** (planification) : il faut respecter strictement le calendrier agricole de la double culture irriguée, calendrier qui doit utiliser au maximum la capacité des divers équipements, donc les placer dans les périodes climatiques les plus favorables, dès lors qu'elles sont compatibles avec l'objectif de maximisation de la productivité de riz.

Le calendrier idéal qui respecte ces exigences est le suivant, schématiquement :



La résolution de ce problème majeur, nécessite, simultanément :

- une bonne planification et une excellente organisation logistique ;
- un parc mécanisé suffisamment équipé.

Toute erreur dáns le calendrier se reporte sur le cycle suivant avec comme conséquences essentielles :

– perte de surface cultivée, non respect de la double culture ;

– perte de capacité des équipements et corrélativement :

– salissement des parcelles qui ne sont pas cultivées, soit globalement une perte substantielle de production et une augmentation importante des coûts de production.

■ Trois problèmes de nature **agronomique** :

– le problème des infestations des parcelles par resemis des riz laissés sur le champ à la récolte ;

– le problème de pollution croissante des parcelles par les riz rouges ;

– les hétérogénéités de productivités, liées à l'extrême variabilité de fertilité du facteur sol (potentialités physico-chimiques et biologiques, caractéristiques de rétention pour l'eau).

❑ Le **problème de surdensité** créé par les resemis des riz provenant des pertes à la récolte est crucial : les pertes à la récolte peuvent être considérables comme le montrent le tableau 2 et la figure 6 : jusqu'à **deux tonnes à l'hectare.** Ces pertes sont liées à trois facteurs, simultanément :

– la **verse**, lorsque la productivité approche du potentiel maximal soit 8-9 t/ha, surtout dans les parties les plus basses du périmètre, sur les unités de sols organiques les plus fertiles ;

– la **perte de grains par les grilles de la moissonneuse-batteuse** lorsqu'elle saute les diguettes de retenue de l'eau, dont la densité peut couvrir plus de 40 % de la surface plantée, lorsque la pente dépasse 1,5 % ;

– le **différentiel de maturité à la récolte** entre grains issus des diguettes et entre diguettes ; le riz naît en effet, dix à quinze jours plus tard sur les diguettes, le temps que l'eau d'irrigation gagne la totalité de la diguette par capillarité en début de cycle.

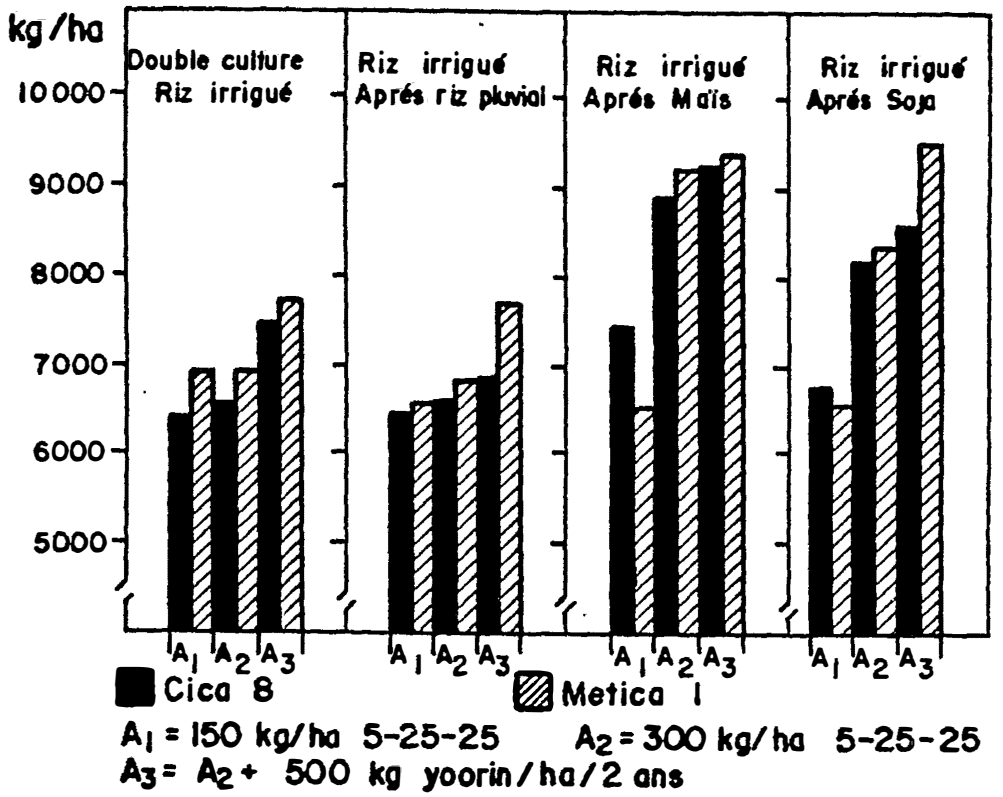
Tableau 2 : Variation de production à la récolte mécanisée du riz irrigué, sur l'ensemble du périmètre aménagé, en fonction du facteur type de sol et de la verse, Agropastoril do Noredeste, décembre 1988, cycle riz de saison sèche

Variété	Type de sols(1)	Parcelles de grande culture	Riz non versé(2) [kg/ha]	Riz versé(2) [kg/ha]	Pertes à la récolte sur riz versé (%)
CICA 8	Sol riche	06C	8 000	5 725	28,5
		3A et 3B	8 125	5 950	26,8
	Sol pauvre	10	6 430	4 500	30,1
Mética 1	Sol riche	3 c	7 370	6 325	14,2

(1) Type de sol :
- sol riche, riche en M.O., S > 10 meq/100 g
- sol pauvre, pauvre en M.O., S < 3 meq/100 g

(2) Moyenne de quatre répétitions de 20 m²/parcelle

Fig. 6 PRODUCTIVITÉ DU RIZ IRRIGUÉ DE SAISON SECHE - 1989. SULANOR I.



Ces grains perdus, dont la quantité peut dépasser 2 t/ha, créent des conditions de croissance très défavorables au semis suivant :

- la surdensité facilité la croissance de plants très fins, fragiles, très sensibles à la verse ;

- cette pollution constante complique toute velléité de changement de variété, qui est une des voies du progrès technologique.

■ Le **problème des riz rouges.** Ces semences, également très polluantes, ont été apportées sur le projet par les semences. Leur proportion s'accroît de cycle en cycle.

■ La **variabilité du facteur fertilité du sol** est importante sur le projet. Il faut donc niveler la productivité vers le haut, vers le potentiel des sols les plus riches, ce qui entraîne :

- la nécessité d'itinéraires techniques différenciés en fonction du type de sol ;

- des contraintes supplémentaires pour la planification des opérations mécanisées et du calendrier agricole.

Résultats de la recherche sur les systèmes irrigués, face à cette problématique

Ils portent essentiellement sur la mise au point des systèmes de cultures irrigués les plus performants, bâtis, à la fois sur l'option double culture riz annuelle mais aussi sur des rotations riz-maïs, riz-soja, dans lesquelles la culture de riz est réservée à la saison sèche (cycle le plus productif) et les cultures de maïs et soja sont pratiquées en saison des pluies.

L'optimisation de ces systèmes vise les objectifs de :

- diversification des activités agricoles, avec possibilité de multiplier des semences pour la région nord (soja, maïs, coton, riz) ;

- résolution des problèmes de pollution par les riz rouges et les riz laissés au champ à la récolte.

Les tableaux 2, 3, 4, 5 et les figures 5, 6, 7, 8 résument l'essentiel des résultats obtenus au cours des trois derniers cycles culturaux (du 1.1.89 au 1.6.90) et permettent de tirer les conclusions suivantes :

Fig. 5 PRODUCTIVITÉ DU RIZ DE SAISON SECHE, VERSÉ ET NON VERSÉ - 1989. SULANOR I.

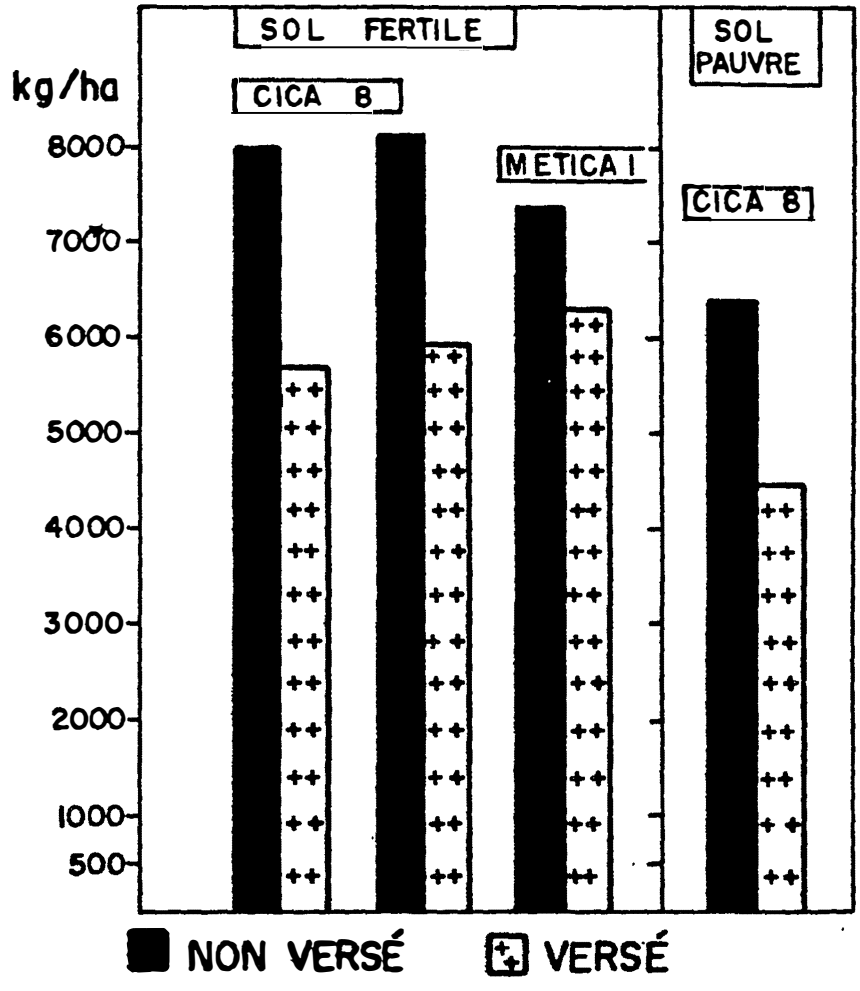
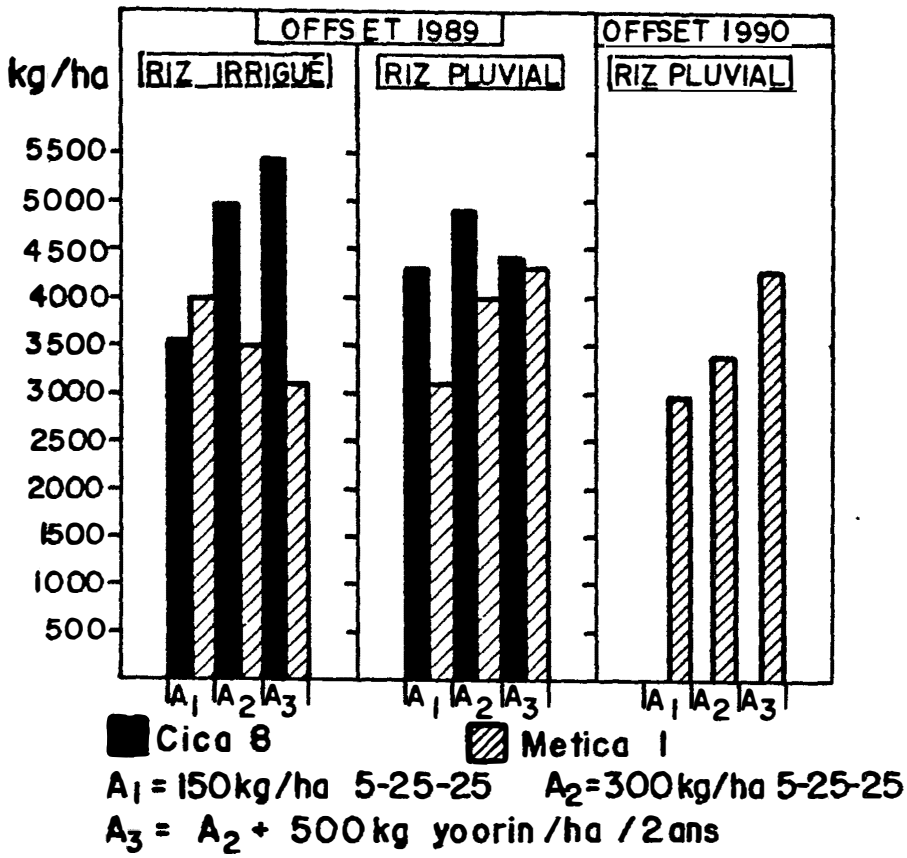


Fig. 7 RIZ DE SAISON DES PLUIES - 1989/90.
SULANOR I.



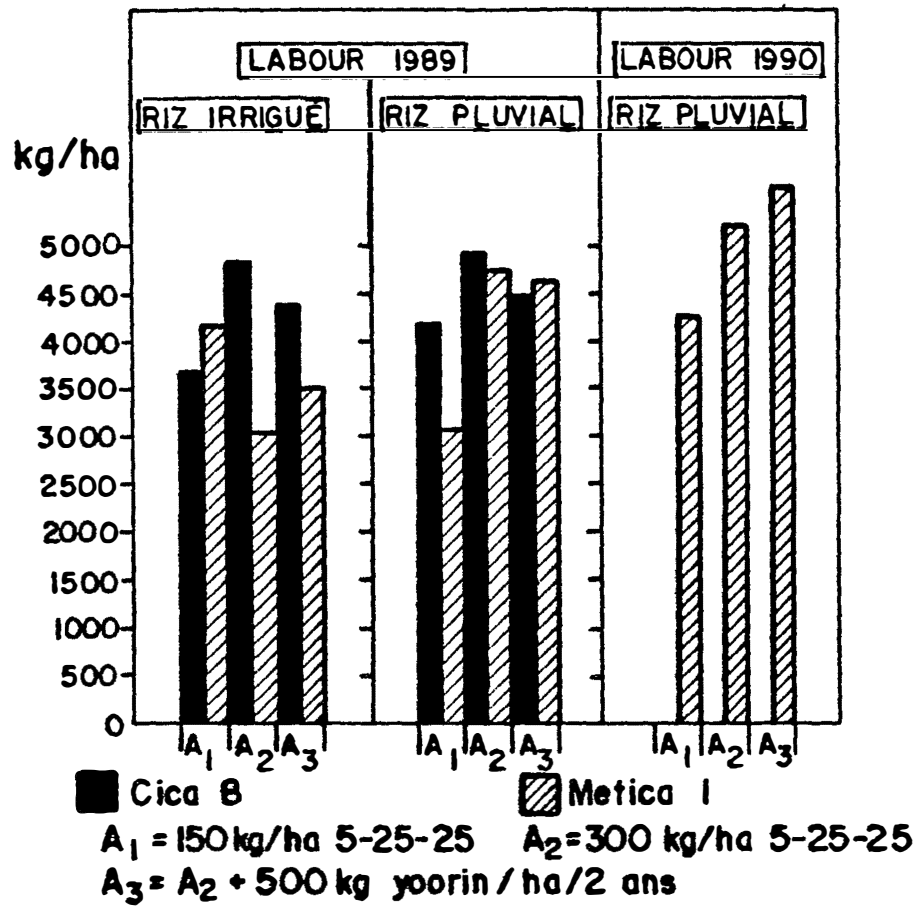
- la productivité moyenne du riz irrigué de saison sèche est nettement supérieure à celle du cycle de saison des pluies :

- les variétés CICA 8 et Mética 1, dépassent **9 000 kg/ha** dans les meilleurs itinéraires techniques, en rotation avec maïs et soja et avec fumure minérale forte, contre 4 000 et 5 500 kg/ha avec les mêmes intrants en saison des pluies (Tableaux 2, 3, 4, Figures 5, 6, 7) ; ces niveaux de productivité sont confirmés au niveau de la culture commerciale dans le périmètre, où la moyenne des sondages de rendements effectués sur les meilleures parcelles, dépasse 8 000 kg/ha dans des itinéraires techniques voisins de ceux de la recherche (certains sondages ont même dépassé **11 000 kg/ha**, tableau 2) ;

- les rotations avec maïs-soja combinées aux niveaux de forte fumure minérale, conduisent en saison sèche, aux plus fortes productivités : plus de 9 400 kg/ha avec Mética 1, qui se montre dans ces conditions légèrement plus productive que CICA 8 (Tableau 4, Figure 6) ;

- en saison des pluies, **sans sécheresse prononcée** (année 1989, figure 1) la productivité du riz cultivé en conditions pluviales est égale ou même légèrement supérieure à celle du riz irrigué, pour les variétés CICA 8 et Mética 1, cultivées dans les mêmes itinéraires techniques (Tableau 3) ; dans de telles conditions pluviométriques où le facteur eau n'est pas limitant, les modes de travail du sol labour et offset conduisent à des productivités équivalentes (Tableau 3, Figures 7 et 8). Lorsque la **saison des pluies** comporte des **phases de sécheresse très sévères**, comme en 1990 (Figures 2, 3, 4) au cours des mois de mars, avril, en conditions de

Fig. 8 PRODUCTIVITÉ DU RIZ DE SAISON DES PLUIES - 1989/90. SULANOR I.



cultures pluviales, le labour permet d'obtenir une productivité de riz, de plus de 30 % supérieure à celle avec offset (réserve utile en eau nettement supérieure sous labour) [Tableau 3]. Dans ces conditions de sécheresse sévères, la variété Mética 1, atteint sur le traitement labour combiné au haut niveau de fumure minérale plus de 5 500 kg/ha (Tableau 3, Figures 7 et 8). Cette technique de travail du sol permet dans le même temps :

- une productivité plus élevée, plus **stable**, moins exposée au risque climatique,
- une forte élimination des infestations par les riz laissés en terre à la récolte précédente (pourrissement des semences en profondeur).

❑ En régime de monoculture de riz irrigué, quelque soit le cycle cultural, la fumure minérale forte (500 kilos de thermophosphate Yoorin Bz à l'hectare sur deux ans + 300 kg/ha 5-25-25) procure, par rapport à la fumure minérale faible, des augmentations de rendements compris entre 12 et 17 %.

❑ Pour ce qui concerne les cultures possibles en saison des pluies, en rotation avec le riz irrigué de saison sèche, le tableau 5, qui réunit l'essentiel des résultats, permet de tirer les conclusions suivantes :

Tableau 3 : Productivité du riz de saison des pluies (premier cycle) en fonction du type d'aménagement hydraulique, du travail du sol, du niveau de fumure minérale, et de la variété. Agropastoril do Nordeste, 1989-1990

Mode de travail du sol	Niveau fumure minérale(1)	Saison des pluies 1989				Saison des pluies 1990		
		Périmètre aménagé et irrigué(2)		Périmètre non aménagé culture pluviale(2)		Périmètre non aménagé culture pluviale		
		CICA 8 (kg/ha)	Mética 1 (kg/ha)	CICA 8 (kg/ha)	Mética 1 (kg/ha)	Mética 1 (kg/ha)	(% T_{A1})*	
Offset continu	A_1	3 590	4 040	4 310	3 130	3 510	(100)	
	A_2	5 000	3 530	4 910	4 020	3 460	(98)	
	A_3	5 420	3 110	4 460	4 350	4 395	(125)	
	$\overline{X}_1$	4 670	3 560	4 560	3 833	3 788		(% TGR)/100
Labour charrue à socs	A_1	3 690	4 220	4 220	3 070	4 300	(100)	
	A_2	4 830	3 050	4 920	4 750	5 233	(122)	
	A_3	4 420	3 530	4 470	4 620	5 643	(131)	
	$\overline{X}_2$	4 313	3 600	4 537	4 147	5 059		133

(1) Niveaux de fumure minérale :
- A1 = 150 kg/ha de 5- 25-25au semis + 150 kg/ha d'urée
- A2 = 300 kg/ha de 5-25-25 au semis + 150 kg/ha d'urée
- A3 = 500 kg/ha de thermophosphate Yoorin pour deux ans + A2

(2) Moyennes de productivité CICA 8 en 1989 :
- tous traitements confondus en périmètre aménagé = 4 491 kg/ha (100)
- tous traitements confondus en culture pluviale = 4 458 kg/ha (101)

Moyennes de productiviité Mética en 1989 :
- tous traitements confondus en périmètre aménagé = 3 580 kg/ha (100)
- tous traitements confondus en culture pluviale = 3 990 kg/ha (111)

* (% Ta1) Production relatives : pourcentage par rapport à A1 (base 100)
[% TGR] Productivités relatives pourcentage par rapport à offset (base 100)

Tableau 4 : Productivité du riz irrigué de saison sèche (second cycle) en fonction de la rotation, du niveau de fumure minérale et de la variété, Agropastoril do Nordeste, 1989

Variété	Niveau fumure minérale(1)	Rotations(2)							
		Double culture riz irrigué (kg/ha)		Riz irrigué sur riz pluviale (kg/ha)		Riz irrigué sur maïs (kg/ha)		Riz irrigué sur soja (kg/ha)	
CICA 8(3)	A_1	6 460	(100)	6 480	(100)	7 470	(100)	6 710	(100)
	A_2	6 830	(106)	6 620	(102)	8 580	(115)	8 180	(122)
	A_3	7 500	(116)	6 870	(106)	9 230	(123)	8 580	(128)
	$\overline{X_1}$	6 930		6 657		8 427		7 823	
Mética 1(3)	A_1	6 910	(100)	6 590	(100)	6 500	(100)	6 590	(100)
	A_2	6 940	(100)	6 840	(104)	9 230	(142)	8 340	(127)
	A_3	7 730	(112)	7 700	(117)	9 370	(144)	9 490	(144)
	$\overline{X_2}$	7 193		7 043		8 367		8 140	

( ) Productions relatives en pourcentage du traitement A_1

(1) Niveaux de fumure minérale :
- A1 = 150 kg/ha de 5-25-25 au semis + 150 kg/ha d'urée
- A2 = 300 kg/ha de 5-25-25 au semis + 150 kg/ha d'urée
- A3 = 500 kg/ha de thermophosphate Yoorin pour deux ans + A2

(2) Effet moyen de la rotation, toutes fumures confondues, par rapport à la monoculture de riz :
- CICA 8 : rotation avec maïs = + 24 %
  rotation avec soja = + 15 %
- Mética 1 : rotation avec maïs = + 18 %
  rotation avec soja = + 14 %

(3) Moyenne de productivité CICA 8 tous traitements confondus = 7 459 kg/ha
Moyenne de productiviité Mética tous traitements confondus = 7 688 kg/ha

Tableau 5 : Productivité du maïs de saison des pluies, en rotation avec le riz irrigué de saison sèche, en fonction du niveau de fumure minérale, du travail du sol et du cultivar, Agropastoril do Nordeste, 1989-1990

Saison des pluies 1989						Saison des pluies 1990					
Cultivar	Niveau de fumure minérale(1)	Modes de travail du sol(2) Offset (kg/ha)		Labour (kg/ha)		Cultivar	Niveau de fumure minérale(1)	Modes de travail du sol(2) Offset (kg/ha)		Labour (kg/ha)	
BR 106 (variété)	A_1	4 150	(100)	4 170	(100)	Pioneer 3226 (hybride)	A_1	4 310	(100)	5 005	(100)
	A_2	3 940	(95)	4 690	(112)		A_2	4 315	(100)	4 600	(92)
	A_3	5 398	(130)	5 360	(129)		A_3	5 950	(138)	6 010	(120)
	$\overline{X}_1$	4 496		4 740			$\overline{X}_1$	4 858		5 205	
BRASKALB XL 678 (hybride)	A_1	3 860	(100)	4 930	(100)	Pioneer 3210 (hybride)	A_1	4 225	(100)	4 600	(100)
	A_2	5 670	(147)	5 660	(115)		A_2	4 125	(97)	4 370	(95)
	A_3	5 190	(134)	5 200	(105)		A_3	6 155	(146)	6 130	(133)
	$\overline{X}_2$	4 907		5 263			$\overline{X}_2$	4 835		5 033	

(1) Niveaux de fumure minérale :
- A_1 = 150 kg/ha de 5-25-25 au semis + 150 kg/ha d'urée
- A_2 = 300 kg/ha de 5-25-25 au semis + 150 kg/ha d'urée
- A_3 = 500 kg/ha de thermophosphate Yoorin pour deux ans + A2

(2) Moyennes productivité offset 1989-1990, tous traitements fumures et cultivars confondus = 4 774 kg/ha [100]
Moyennes productiviité Labour 1989-1990 tous traitements fumures et cultivars confondus = 5 060 kg/ha [106]

( ) Productivités relatives %

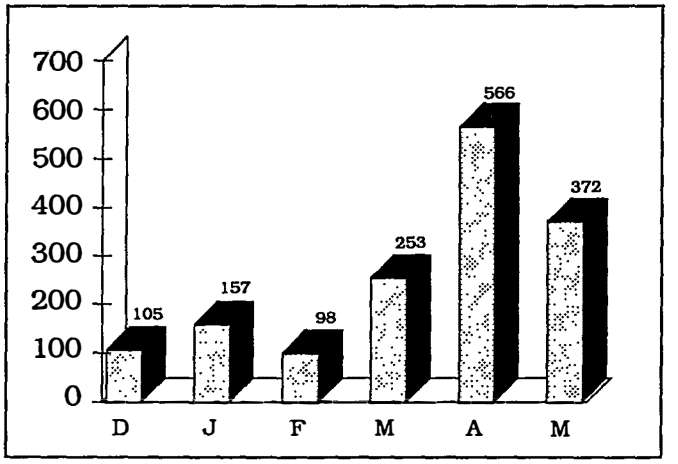


Figure 1 : Pluviométrie mensuelle Sulanor premier cycle 1989

– les productivités de maïs, au cours de ces deux années très dissemblables sur le plan climatique, sont assez stables quelque soit le matériel végétal utilisé, et avoisinent 5 000 kg/ha, en moyenne ; les rendements dépassent même 6 000 kg/ha avec l'hybride Pioneer 3210 cultivé avec le niveau fort de fumure minérale. La réponse du maïs à la fumure minérale s'accroît avec le temps comme le montre la forte réponse à la fumure la plus élevée en 1990 (Tableau 5),

– si la culture de maïs se révèle une option intéressante rapidement comme culture nettoyante dans la rotation (riz rouges, resemis éliminés par les herbicides Triazines), la culture de soja se montre beaucoup plus problématique : fonte des semis, mauvaise germination sur ces sols hydromorphes rapidement engorgés, sont systématiques (*Fusarium*, *Phytium*, *Rhizoctania* ?) et compromettent la productivité de cette culture. Un semis précoce est absolument nécessaire à l'avenir pour réussir l'implantation de cette culture (sans oublier le traitement systématique des semences au fongicide, Thiram).

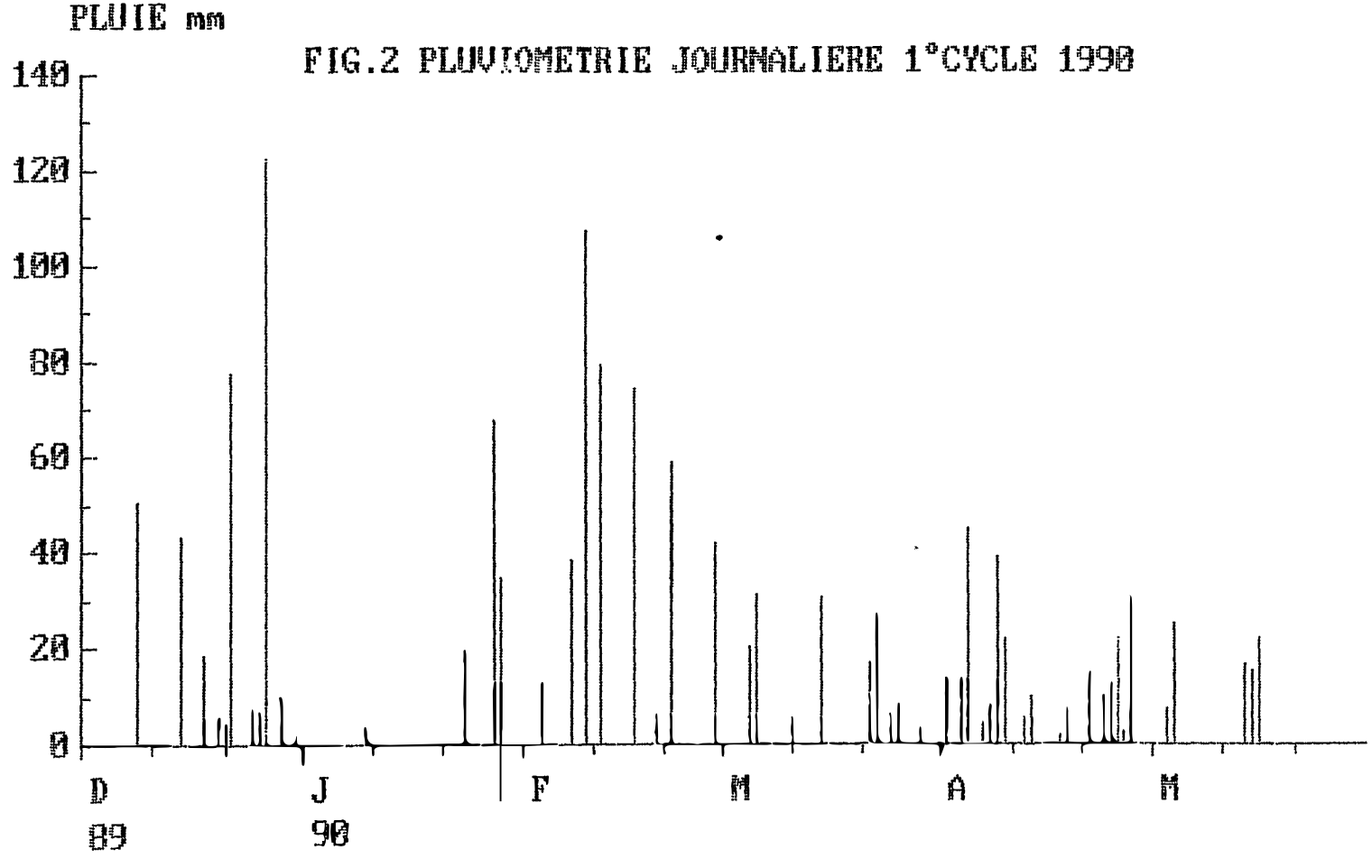
Dans tous les cas, maïs et soja doivent être semés très tôt, dès les premières pluies utiles, avant engorgement des sols, et peuvent constituer des options réellement intéressantes sur les parties les plus hautes de la topographie. Les recherches méritent d'être poursuivies, dans ce sens, comme le montrent les résultats obtenus sur soja en culture pluviale sur sols de collines (Tableau 10).

Tableau 10 : Productivité du soja (kg/ha) en rotation avec riz pluvial, en fonction de divers modes de gestion du sol et des cultures, saison des pluies 1989, Agropastoril do Nordeste, PI

Cultivar	Offset superficiel		Offset profond	
	A_1(2)	A_2(2)	A_1(2)	A_2(2)
Emgopa 301(1)	1 540	2 260	1 620	2 280

(1) Moyenne de cinq répétitions de 20 m² par parcelle, surface récoltée mécaniquement 6 000 m² (productivités similaires)
(2) Fumure minérale : A_1 = 300 kg/ha de 5-25-25 au semis
A_2 = A_1 + 1 000 kg/ha de thermophosphate Yoorin Bz

FIG.2 PLUVIOMETRIE JOURNALIERE 1°CYCLE 1990



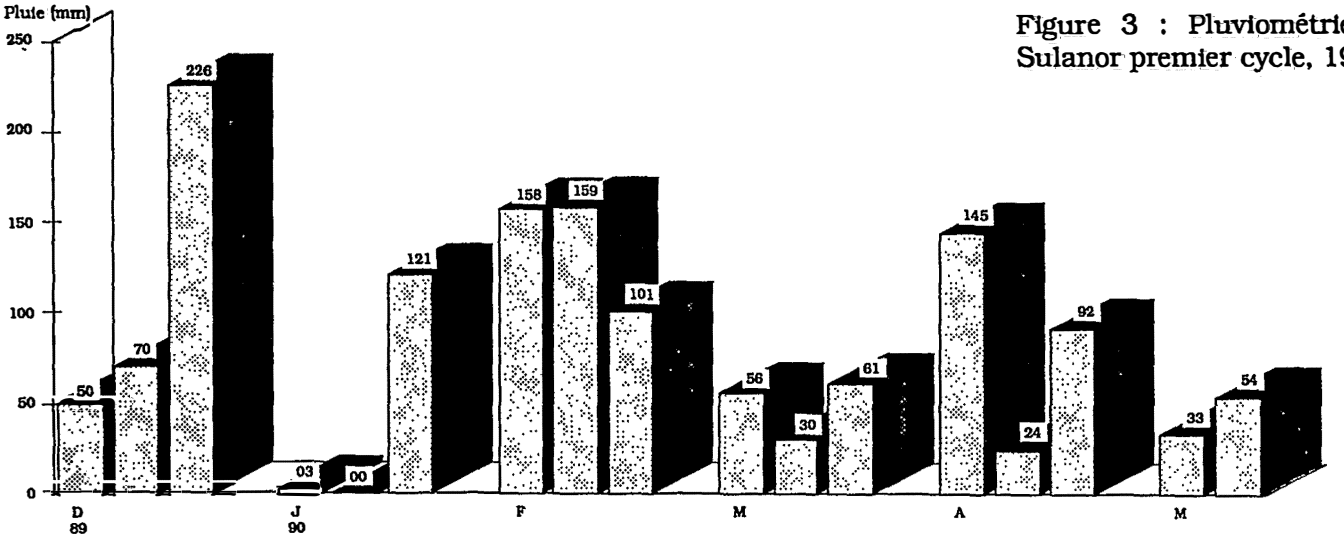


Figure 3 : Pluviométrie décadaire, Sulanor premier cycle, 1990.

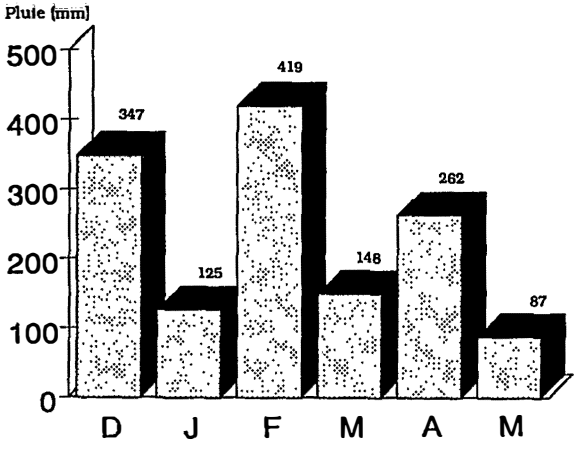


Figure 4 : Pluviométrie mensuelle, Sulanor premier cycle, 1990.

Les systèmes de cultures pluviaux

Problématique générale

Relèvent des systèmes de cultures pluviaux, deux grandes catégories d'unités de paysage et de sols :

– les sols très sableux de bas-fond, avec enclaves de sols localement salés ;

– les sols des collines sur matériau sédimentaire, à faciès textural et organique très hétérogène, avec passées locales de gravillons ferrugineux dans l'horizon de surface.

■ **La première catégorie des sols très sableux de bas-fond** peut être intégrée à l'aménagement pour produire du riz irrigué en **saison sèche** avec irrigation, avec toutefois deux exigences :

– forte consommation d'eau (faible capacité de rétention) ;
– niveau fort de fumure minérale (+ correction au thermophosphate).

En saison des pluies, compte tenu de leur position basse dans la topographie, ces sols bénéficient de l'influence de la nappe phréatique et peuvent donc supporter une culture de riz pluvial. Toutefois, étant donné le fort risque d'inondation, seul le riz peut être envisagé.

■ **La seconde catégorie de sols développés sur matériau sédimentaire**, de l'unité de paysage des collines en demi-orange, à pentes fortes, supérieures à 5-7 %, portant des forêts naturelles de palmiers Babaçus, présentent un facteur très limitant à leur mise en culture : leur extrême sensibilité à l'érosion, malgré un potentiel de production intéressant, bien que très hétérogène (L. Séguy *et al.*, 1983). La recherche doit donc mettre l'accent en priorité sur les modes de gestion des sols et des cultures qui permettent de préserver le capital sol et l'espace rural : les techniques de semis direct avec couverture morte permanente sont sans aucun doute, les plus urgentes à mettre au point.

Résultats de la recherche sur les systèmes de cultures pluviaux face à cette problématique, 1989-1990

Les tableaux 6, 7, 8, 9, 10 et les figures 9 et 10 réunissent l'essentiel des résultats obtenus et permettent de tirer les conclusions suivantes :

Sur l'unité de création-diffusion installée sur collines en demi-orange à végétation de palmiers Babaçus

Le riz **pluvial** constitue une excellent option de développement sur ces unités de paysage collinaires (L. Séguy *et al.*, 1983).

Tableau 6 : Productivité du riz pluvial (kg/ha) en fonction de différents modes de gestion des sols et des cultures, saison des pluies 1989-1990, Agropastoril do Nordeste, PI

	Saison des pluies 1989							
	Précédent cultural : riz pluvial 1988 — première année							
	Offset superficiel(1)				Offset profond(1)			
	A_1(2)		A_2(2)		A_1(2)		A_2(2)	
	(kg/ha)	(% T)	(kg/ha)	(% T)	(kg/ha)	(% T)	(kg/ha)	(% T)
IRAT 216(3)	4 510	(165)	4 800	(149)	4 210	(152)	4 930	(151)
Rio Paranaíba(3) T	2 740	(100)	3 220	(100)	2 770	(100)	3 260	(100)

(1) Offset léger et offset lourd
(2) A_1 = 300 kg/ha 5-25-25
A_2 = A_1 + 1 000 kg/ha thermophosphate Yoorin Bz
(3) Moyenne de 5 répétitionsde 10 m²
( ) Productivités relatives en pourcentage de témoin Rio Paranaíba

		Saison des pluies 1990											
Cultivar × fumure minérale (4)		Monoculture riz				Riz après maïs				Riz après soja			
		Offset		Semis direct		Offset		Semis direct		Offset		Semis direct	
		(kg/ha)	(% TA_1)	(kg/ha)	(% TA_1)	(kg/ha)	(% TA_1)	(kg/ha)	(% TA_1)	(kg/ha)	(% TA_1)	(kg/ha)	(% TA_1)
Metica 1 (5)	A_1	3 173	(100)	2 445	(100)	—		3 126	(100)	—		3 150	(100)
	A_2	3 220	(101)	2 660	(109)	—		3 570	(114)	—		4 140	(131)
	X_1	3 196		2 552		—		3 348				3 645	
IRAT 216(6)	A_1	3 010	(100)	3 380	(100)	3 250	(100)	3 430	(100)	3 310	(100)	3 640	(100)
	A_2	2 930	(97)	3 450	(102)	4 030	(124)	3 720	(108)	4 150	(125)	4 350	(126)
	X_2	2 970		3 415		3 640		3 575		3 730		3 905	

(4) A_1 = 300 kg/ha 5-25-25 au semis + 150 kg/ha urée. A_2 = A_1 en 1990 (effet résiduel de 1989)
(5) Variété introduite dans unité expérimentale par manque de semences d'IRAT 216 — Surface moyenne récoltée = 3 hectares, moyenne de cinq échantillons par parcelle de 10 m²
(% T) Productivités relatives en pourcentage du témoin A_1 (base 100)
(6) 6 hectares récoltés
Moyenne de cinq échantillons par parcelle de 10 m²

Tableau 7 : Productivité des collections riz en conditions pluviales (kg/ha), Agropastoril do Nordeste, PI, 1989

Cultivar(2)	Sol très pauvre, faciès très sableux de bas-fond (Sulanor I Quadra 08)			
	Offset		Labour (charrue à socs)	
	A_1(1)	A_2(1)	A_1(1)	A_2(1)
CICA 8**	4 000	5 600	4 100	5 800
CICA 7	2 800	3 700	2 700	3 800
CIWINI	3 300	4 200	3 300	4 300
CNA 3171*	3 500	4 500	3 600	4 700
IRGA 410*	4 000	5 400	4 000	5 500
Mética 1**	Moyenne générale des 4 traitements = **5 275 kg/ha**			

(1) Fumure minérale A_1 = 300 kg/ha 5-25-25 au semis + 150 kg/ha d'urée
$A_2 = A_1$ + 1 000 kg/ha de thermophosphate Yoorin pour deux ans
* Pyriculariose foliaire (note -4 -6) et du cou (note 4-5)
** Pyriculariose foliaire (note 2-3)
(2) 5 répétitions de 20 m² par parcelle + 8 000 m² récoltés mécaniquement par parcelle
(% TA_1) Productivités relatives en pourcentage du traitement A_1 (base 100)

Sol de pente sur collines (matériau sédimentaire — faciès remanié à gravillons) Sulanor II	
Cultivar	Productivité (kg/ha)[1]
Rio Paranaiba	2 540
IRAT 216	4 920
N° 12A +	3 450
N° 12B +	1 920
N° 3 +	4 810
N° 4 +	4 805
N° 6 +	4 700
N° 10 +	2 690
N° 16 +	4 040
CICA 8 **	7 805
CICA 7	5 110
Mética 1 **	7 750
CNA 3171 **	4 680
CIWINI	6 480
IRGA 410 *	3 050
IRAGA 412 *	5 280
IRGA 414 *	3 970

(1) Sur offset × A_2
* Pyriculariose foliaire et du cou
** Pyriculariose foliaire notable (note 2-3)
+ Lignées IRAT/EMBRAPA, croisements Dechanet + L. Séguy, 1981 (Guyane + Maranhão)

Tableau 8 : Productivité des collections riz en conditions pluviales (kg/ha), Agropastoril do Nordeste, PI, 1990

Cultivar(2)	Sol très pauvre, faciès très sableux de bas-fond (Sulanor I Quadra 08)							
	(A) Partie haute la plus sableuse conditions de sécheresse extrêmes				(B) Partie basse plus humide et plus argileuse conditions sécheresse moins sévères			
	A_1(1)	% T	A_2(1)	% T	A_1(1)	% T	A_2(1)	% T
Mética 1 (T)*	2 210	(100)	2 710	(100)	5 180	(100)	3 820	(100)
49/2/10	1 720	(78)	2 150	(79)	2 733	(53)	2 150	(56)
MANA	1 920	(87)	2 200	(81)	4 120	(79)	3 520	(92)
CICA 8*	3 940	(178)	3 020	(111)	3 280	(63)	2 750	(72)
IRAT 216	4 240	(192)	3 100	(114)	4 720	(91)	3 750	(98)

(1) Fumure minérale A_1 = 300 kg/ha 5-25-25 au semis + 150 kg/ha d'urée en couverture
$A_2 = A_1$ (avec effet résiduel de 1 000 kg/ha de Yoorin appliqué en 1989)
(2) Moyenne 3 répétitions de 10 m² par parcelle + 8 000 m² récoltés mécaniquement par cultivar
* Pyriculariose foliaire et du cou importante ssurtout sur partie (A) où sécheresse plus sévère.
% T. Productivités relatives par rapport au témoin Mética 1 dans chaque traitement.

Cultivar(1)	Sol de pente sur collines (matériau sédimentaire) — Faciès remanié à gravillons sablo-argileux Sulanor II Productivité (kg/ha)[1]
N° 12A **	2 740
CIWINI blanc	3 430
49/2/10	3 540
CIWINI jaune	3 630
CICA 7	3 710
N° 6	3 780
DIWONI	4 005
GR 18-A	4 050
MANA 1	4 325
GR 19	4 510
MAKOUTA (IRAT 257)	4 680
CICA 8 *	5 100
GR 18-C	5 120
CNA 3171 *	5 390
Mética 1 *	5 425
GR 18-B	5 730
CICA 10 +	6 005
IRAT 216 **	3.720

(1) Moyenne de 3 répétitions de 10 m² par cultivar
* Pyriculariose foliaire et du cou importante (notes 4 à 6)
** Perte forte à la récolte (surmaturité-verse)
+ Résistance verticale à la Pyriculariose

. Tableau 9 : Productivité du maïs (kg/ha) en rotation avec riz pluvial, en fonction de divers modes de gestion des sols et des cultures, saisons des pluies 1989 et 1990, Agropastoril do Nordeste, PI

Cultivar(2)	Saison des pluies 1989							
	Offset superficiel(1)				Offset profond(1)			
	A_1(1)		A_2(1)		A_1(1)		A_2(1)	
	(kg/ha)	(% TA_1)	(kg/ha)	(% TA_1)	(kg/ha)	(% TA_1)	(kg/ha)	(% TA_1)
BR 106 (variété)	3 045	(100)	4 220	(136)	3 220	(100)	4 010	(124)
BRASKALB XL 679 (hybrides)	2 980	(100)	3 710	(124)	3 180	(100)	3 730	(117)

(1) Fumure minérale A_1 = 300 kg/ha 5-25-25 au semis + 150 kg/ha d'urée en couverture
$A_2 = A_1$ + 1 000 kg/ha de thermophosphate Yoorin Bz
(2) Moyenne de 5 répétitions de 10 m² par parcelle
(% TA_1) Productivités relatives, pourcentage par rapport à fumure A_1 (base 100)

Cultivar(2)	Saison des pluies 1990							
	Offset				Semis direct*			
	A_1(1)		A_2(1)		A_1(1)		A_2(1)	
	(kg/ha)	(% TA_1)	(kg/ha)	(% TA_1)	(kg/ha)	(% TA_1)	(kg/ha)	(% TA_1)
AG 162	2 920	(100)	3 325	(114)	1 990	(100)	2 415	(121)

(1) Fumure minérale A_1 = 300 kg/ha 5-25-25 au semis + 150 kg/ha d'urée en couverture
$A_2 = A_1$ + effet résiduel thermophosphate Yoorin (1 000 kg/ha 1989)
(2) Moyenne de 3 répétitions de 10 m² par parcelle
* Date de semis tardive (15 jours après l'offset)
( ) Productivités relatives, pourcentage par rapport à fumure A_1 (base 100)

Fig. 10 PRODUCTIVITÉ DU RIZ PLUVIAL DANS DIVERS ITINERAIRES TECHNIQUES - 1990. SULANOR II.

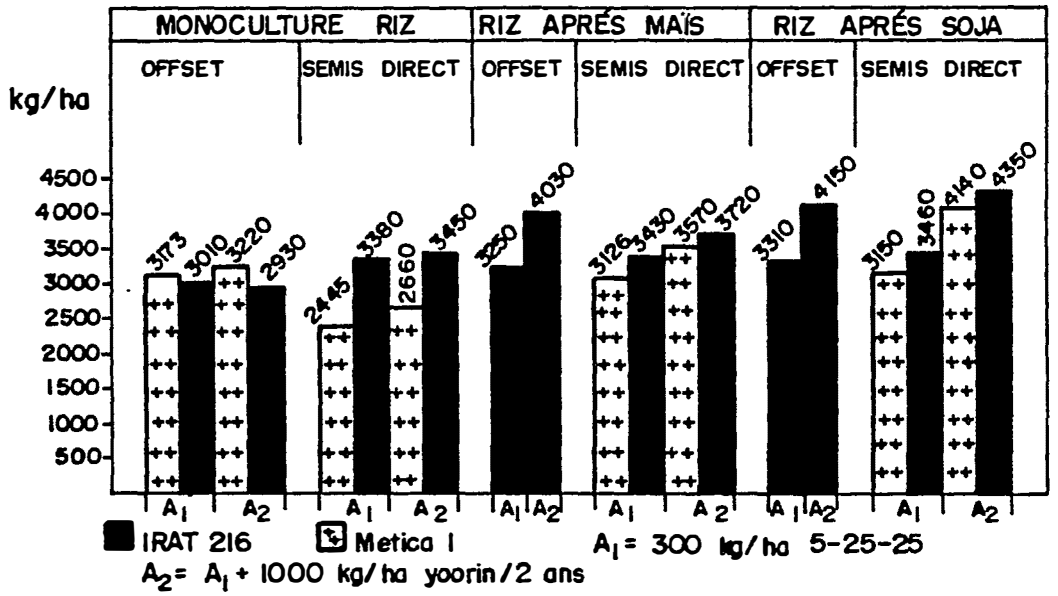
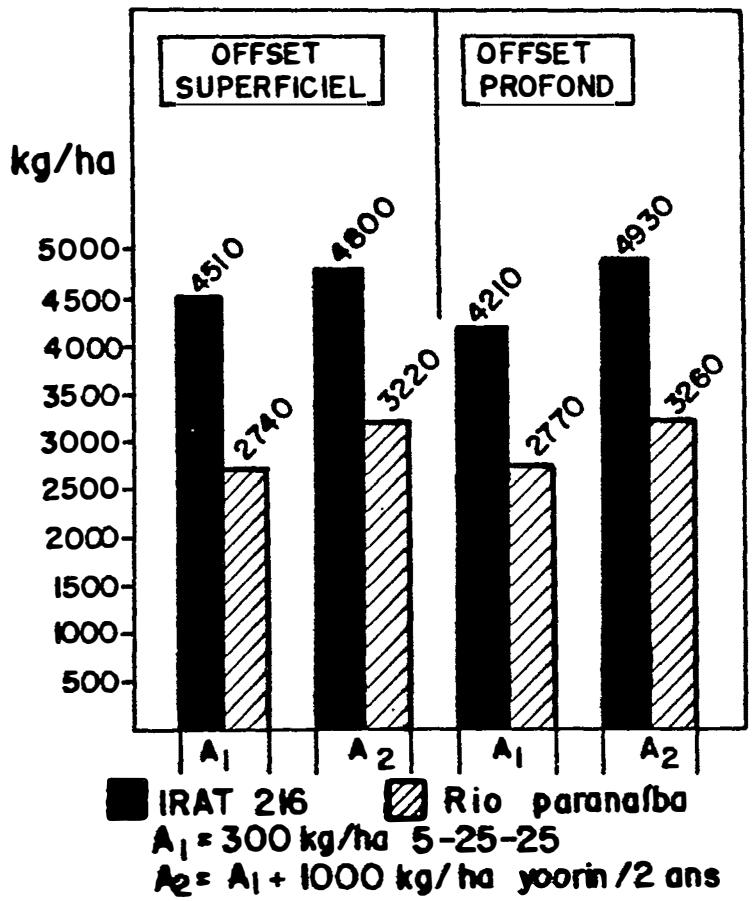


Fig. 9 PRODUCTIVITÉ DU RIZ PLUVIAL DANS DIVERS ITINERAIRES TECHNIQUES - 1989. SULANOR II.



La variété **IRAT 216** produit, en moyenne en année climatique sans sécheresse accentuée (1989), plus de **4 600 kg/ha**, soit une productivité supérieure à celle des variétés irriguées dans le périmètre conduit sous irrigation (Tableau 6 et Figure 9).

Malgré des conditions de sécheresse extrêmement sévères en 1990, cette même variété **IRAT 216** (d'excellente qualité commerciale) produit encore, en moyenne, plus de **4 000 kg/ha** en rotation avec maïs et soja avec la technique de semis direct, combiné au niveau de fumure forte (Figure 10 et Tableau 6).

Ces résultats sont remarquables et montrent l'**excellente stabilité** de **production de ce matériel**, avec des coûts de production modestes, voisins de 500 BTN/ha, de très loin inférieurs à ceux de la culture irriguée, pour des niveaux de rendements voisins.

■ **Sur le plan variétal**, en conditions pluviales de grande culture, la variété IRAT 216 est sans conteste la plus productive et la plus stable et la meilleure garantie contre les maladies cryptogamiques, la pyriculariose en particulier :

– en 1989, ses rendements sont supérieurs de plus de 50 % à ceux de la variété Rio Paranaiba, dans les mêmes systèmes de cultures (Tableau 6, Figure 9) ;

– en 1990, année particulièrement sèche, IRAT 216, est encore nettement plus productive que Mética 1, dans les mêmes itinéraires techniques (Tableau 6) ; de plus, Mética 1 a présenté localement, sur les sols les plus sableux, une extrême sensibilité à la pyriculariose foliaire et du cou, ce qui l'écarte définitivement des recommandations pour la culture pluviale.

■ **Sur le plan des techniques de travail du sol**, le semis direct avec couverture morte permanente de callopogonium* constitue une innovation capitale et recommandée pour la protection des sols de pente contre l'érosion ; cette dernière a provoqué des préjudices considérables sur les parcelles préparées à l'offset : plusieurs centaines de tonnes de terre par hectare ont été arrachées des quelques quatre hectares cultivés à l'offset.

La variété IRAT 216 produit toujours plus sur semis direct que sur offset : + 15 % en moyenne.

❑ **L'effet rotation** par rapport au système de monoculture est très net sur la productivité du riz pluvial en 1990 :

– sur la variété IRAT 216 : + 13 % d'augmentation en rotation avec maïs et + 20 % en rotation avec soja ;

– sur la variété Mética 1 : + 16 % et + 20 % de gains de rendements dans les mêmes conditions (Tableau 6, Figure 10).

■ **La culture de maïs**, en rotation avec le riz pluvial, a produit, en 1989, 4 000 kg/ha avec la fumure forte et la variété **BR 106.**

* Semé à la volée 40 à 50 jours après semis du riz à la dose de 6 à 10 kg/ha.

En 1990, année très sèche, la date de semis beaucoup trop tardive a fortement limité les rendements, à moins de 3 000 kg/ha en moyenne.

Cependant, les résultats obtenus sur le projet AGRIPEC, dans des conditions pédoclimatiques similaires, montrent que des productivités de plus de 5 000 kg/ha sont possibles en grande culture (hybrides Pioneer 3210, A6404, 405), dès lors que la date de semis est précoce (voir document 3).

■ **La culture de soja** en 1989, en rotation avec le riz pluvial, a dépassé 2 200 kg/ha, avec un semis précoce et en présence de la fumure forte (Tableau 10, variété ENGOPA 301). En 1990, le semis trop tardif, en sol saturé d'eau a compromis totalement la production.

Là encore, les résultats obtenus sur la Fazenda Progresso AGRIPEC, avec un semis précoce, montrent des rendements supérieurs à 2 300 kg/ha (voir document 3).

Comme pour la culture du maïs, le soja doit être planté tôt, en sol non saturé pour éviter asphyxie racinaire et fonte des semis par champignons.

■ **Sur le plan de l'amélioration variétale riz**, en conditions pluviales, sur sols de pentes des collines, les tableaux 7 et 8 qui réunissent les principaux résultats 1989 et 1990, mettent en évidence, dans les collection :

❑ La forte productivité de l'IRAT 216 et sa stabilité au cours des deux années, malgré la forte variabilité climatique : de 3 700 à 4 900 kg/ha.

❑ La confirmation de l'excellente adaptabilité de diverses variétés à qualité de grain exceptionnelle, résistantes à la verse et aux maladies cryptogamiques, ce sont :

– N° 6, CIWINI, **MANA 1**, 49/2/10.

Les cultivars MANA 1 et 49/2/10 présentent, en outre un cycle plus long que les variétés irriguées actuelles, caractéristique qui peut être exploitée pour le semis en conditions pluviales, en saison des pluies, dans les points bas, sur les sols alluviaux à fortes potentialités ; leur cycle d'environ 135 jours, leur permet en effet, d'enjamber la saison des pluies (réduction des coûts de production avec semis et récolte dans de bonnes conditions climatiques et de portance des sols).

■ L'augmentation croissante de l'incidence de la pyriculariose, particulièrement nette dans les conditions de sécheresse de 1990, sur les variétés du type CICA 8, Mética 1, CNA 3171, cultivées en conditions pluviales ; il faut donc être très prudent sur la diffusion de ce matériel pour les conditions de cultures pluviales, de même que pour tout le matériel à résistance verticale (CICA 7, CICA 10) [Tableaux 7 et 8].

■ Dans la sélection variétale, **92** nouvelles lignées, à excellente qualité de grain, résistantes aux principales maladies et à la verse, ont été sélectionnées au cours du premier cycle 1990.

■ Une liste de variétés « parfumées » (originaires d'Asie) ont été introduites sur le projet (second cycle 1990)

■ Les variétés DIWONI, MANA 1, CAMPONI, qui seront maintenant en quantité disponible importante sur le projet, méritent la création d'un produit commercial nouveau, de qualité supérieure (grain de qualité supérieure à toutes les variétés actuellement commercialisées au Brésil).

Sur l'unité sols sableux de bas-fond

Les tableaux 7 et 8, qui synthétisent les principaux résultats obtenus en 1989 et 1990 mettent en évidence :

■ En année climatique, sans sécheresse marquée comme en 1989, soit dans des conditions de cultures où le facteur eau n'est pas limitant, les variétés CICA 8 et Mética 1, procurent des rendements en conditions pluviales supérieures à 5 000 kg/ha, en présence de la fumure forte (Tableau 7).

■ En année sèche (1990), soit en conditions où le facteur eau est nettement limitant, ces mêmes variétés à vocation irriguée, sont nettement moins productives que IRAT 216, et de surcroît, se montrent sensibles à la pyriculariose foliaire et du cou. Elles doivent donc être écartées des recommandations pour ce type d'unité de sol (Tableau 8).

■ Les variétés MANA 1 et 49/2/10, de très belle qualité de grain, résistantes aux maladies principales et à la verse, ont davantage accusé la sécheresse en 1990, à cause de leur cycle plus long, qui a fait coïncider le maximum de sécheresse avec la phase physiologique la plus sensible. Elles n'ont cependant pas montré de sensibilité accrue aux maladies (Tableau 8).

Premières recommandations techniques et options stratégiques pour le projet

Ces options s'entendent, avec les équipements actuels du projet, sans investissement supplémentaire, ou changement radical de vocation.

Les résultats acquis et confirmés au cours de ces trois cycles culturaux, ont bénéficié de conditions climatiques extrêmement variables, ce qui leur donne une solide garantie pour nos recommandations.

En saison sèche

Les maximums de productivité riz déjà enregistrés aussi bien sur les unités de recherche que sur la grande culture commerciale, montrent que le potentiel variétal maximal est pratiquement atteint, avec le type d'aménagement actuel, il n'y a donc pas lieu de le changer. Il faut par contre, tenter d'élever la productivité moyenne vers ces sommets, en mettant l'accent sur la résolution des contraintes actuelles majeures, dont :

– respecter strictement le calendrier de la double culture (cf. schéma Calendrier) ;

– réaliser les opérations culturales en chaîne, par parcelle, de la préparation des sols jusqu'à l'**irrigation** ;

– sur parcelles de plus faible fertilité (les plus sableuses) augmenter le niveau de fumure minérale NPK au semis : 350 kg/ha de 5-25-25, et rajouter en fumure de fond 500 kg/ha de thermophosphate Yoorin sur les parties les plus sableuses ;

– moduler la gestion de la fumure azotée en couverture, pour mieux contrôler le facteur verse, générateur des pertes les plus importantes à la récolte :

• 100 kg/ha d'urée à 25-30 jours après application de l'herbicide postémergent,

• 50-60 jours après semis, renouveler 50 kg/ha d'urée + 50 kg/ha de chlorure de potasse, **seulement sur les parties hautes du périmètre** (les parties basses sont plus riches et la tendance à la verse est plus forte, donc réduire les dose de N sur ces zones),

Dans ces conditions, 6 700 kg/ha de moyenne sont rapidement accessibles avec la variété actuelle Mética 1.

En saison des pluies

L'offre climatique et les conditions de récolte (orages, vents forts, pluies de forte intensité) limitent la production récoltée aux environs de 5 600 kg/ha, soit une espérance de productivité moyenne au niveau du projet de 4 500 à 5 000 kg/ha.

Ce niveau de productivité ne justifie en aucune manière, une culture irriguée durant ce cycle pour plusieurs raisons majeures :

– la productivité en culture pluviale est très proche de ce niveau de production, avec la variété IRAT 216, les coûts de production sont beaucoup plus bas, les calendriers culturaux sont beaucoup plus faciles à réaliser et à respecter compte tenu de la réduction importante du nombre d'opérations mécanisées qui précèdent le semis ;

– en **culture pluviale, pas de diguettes sur le périmètre**, d'où trois avantages décisifs en faveur de ce choix :

• réduction des temps de travaux, donc des coûts,

• ressuyage rapide du périmètre en fin de saison des pluies (mai), donc capacité accrue du parc de moissonneuses-batteuses, de même que pour la préparation des sols qui suit la récolte pour le cycle riz irrigué de saison sèche,

• sans diguette, les moissonneuses-batteuses travaillent beaucoup plus vite, **à plat**, donc les pertes de grains sont réduites au minimum, d'où une « dépollution » rapide des parcelles par les riz laissés en terre, ce qui améliorera d'autant les performances du riz de saison sèche : pas de **surdensité**, donc réduction des risques de verse et donc meilleur contrôle des hautes productivités (8 000 kg/ha) avec N en couverture.

– en outre, il est parfaitement possible d'améliorer encore ces conditions de cultures (et les résultats de productivité du riz pluvial IRAT 216 sur l'unité pluviale le montrent clairement), en implantant ce cycle de riz de saison des pluies par la technique de semis direct, ce qui offre, les avantages supplémentaires suivants :

• réduction notable des coûts de production,

• augmentation très importante de la capacité des équipements mécanisés par une meilleure portance du sol tant au semis qu'à la récolte ; ce dernier point facilitera d'autant l'implantation du riz irrigué de saison sèche dans le respect strict du calendrier recommandé,

– élimination accélérée des grains de riz laissés en terre (et riz rouges) grâce au brûlis des pailles après la récolte, puis élimination par herbicide (Gramoxone 2 l/ha) des riz germés et levés après les premières pluies.

Cette technique de semis direct devrait garantir 4 500 kg/ha de productivité moyenne pour ce cycle de saison des pluies avec des coûts de production minimums, des conditions optimales d'utilisation des équipements ; toutes ces conditions garantissent le respect du calendrier de saison sèche dans les meilleures conditions possibles et permettent d'intégrer de nouvelles variétés plus productives sur le projet.

Ces deux propositions pour les deux cycles annuels devraient permettre d'atteindre, dès 1991, une production cumulée moyenne de 10 000 kg/ha, avec des coûts de production les plus bas possibles, et une grande flexibilité d'utilisation du parc mécanisé vis-à-vis des fluctuations climatiques.

A plus longue échéance, dès que les progrès techniques réalisés sur maïs et soja seront probants, ces options culturales pourront être incorporées progressivement au projet pour faciliter le nettoyage des parcelles (riz rouges, riz laissés en terre) dans la mesure où l'on aura au préalable précisé les débouchés et les intérêts économiques de ces produits (production de semences par exemple pour la région nord).

Principaux axes stratégiques pour la recherche

Sur les unités expérimentales de création-diffusion où la fonction essentielle de recherche sera de précéder les applications du développement

Sur les unités irriguées

Cycle de saison sèche

Compléter les introductions variétales riz, en mettant l'accent sur : haute productivité sans verse, qualité de grain.

Régularisation de la maturation du riz de saison sèche, réduction de la paille pour meilleur contrôle des hautes productivités sans verse (régulateurs de croissance : éthrel + ccc).

Gestion de la fertilisation minérale et organique (pailles brûlées ou non, rythme de brûlis, conséquences sur l'évolution biologique des sols et sur l'évolution de la productivité).

Amélioration du contrôle des adventices à moindre coût (Fenoxaprop éthyl + 2-4 D, Propanil + Ronstar, Propanil + 2-4 D ester, Propanil + Totril en postémergence)

Cycle de saison des pluies

Première urgence : mise au point de la technique de semis direct en culture pluviale commerciale comparée à la technique irriguée (P.04) ; sur surfaces significatives (20 à 50 ha), évaluations comparées de :

- productivités pluvial/irrigué ;
- coûts de production à l'hectare ;
- marges à l'hectare ;
- flexibilité et capacité des équipements ;
- nettoyage des parcelles (riz laissés en terre, riz rouges).

Adaptabilité variétale soja, maïs sur les parties hautes du périmètre en rotation avec riz saison sèche.

Gestion de la fertilisation minérale et organique.

Recherches d'indicateurs analytiques pour pilotage de la fertilisation des différents types de sols.

Sur l'unité pluviale

Développement technique du semis direct.

Gestion agrotechnique et économique des systèmes de cultures en rotation, riz, maïs, sorgho, **fourrages.**

Sélection variétale riz en conditions pluviales qui exacerbent la sensibilité aux maladies.

Germoplasm riz, maïs, soja, sorgho, cultures fourragères.

Sur le projet

Conseil de gestion permanent avec :

- suivi de la fertilité des sols du périmètre : mise au point d'indicateurs analytiques pour le pilotage de la fertilisation minérale ;

- suivi de l'évolution de la flore adventice et méthodes de contrôle.

Bibliographie

Séguy L., Bouzinac S., *et al.*, 1983 - Mise au point de modèles de systèmes de production en culture manuelle à base de riz pluvial utilisables par les petits producteurs de la région de Coceis au Nord-Est du Brésil. Etat du Maranhaó *in* Agronomie Tropicale XXXVII-3 p. 233-261.

Annexe

I - Programme de recherche 1991

II - Moyens nécessaires à sa mise en œuvre

I - Programme de recherche 1991 (grandes lignes)

Premier cycle : saison des pluies

Sol pauvre (unité faciès sableux) :

– Yoorin 1 000 kg/ha/2 ans
– × NPK 5 variétés en **semis direct**
– sans Yoorin

+ correction parties salées (gypse)

– soit : **maintien fertilité × techniques semis direct (riz + callopogonium)**

Sol riche (unité faciès argileux Q04)

■ **Cultures en rotations × entretien fertilité** - riz, soja, maïs, × niveaux NPK × doses thermophosphate

– renouveler Yoorin - 1 000 kg/2 cycles
– technique de **semis direct**
– variétés : • **riz** IRAT 216
Mética 1
• **maïs** Pioneer 3210
• **soja** Teresina

■ **Parties basses du modelé : mise au point techniques semis direct**

– avec brûlis pailles novembre/variétés IRAT 216, Mana 1, 49/2/10, CAMPONI, DIWANI, les 5 V du CIAT

Unité collines - cultures pluviales (Sulanor II)

■ **Cultures en rotations × entretien fertilité × techniques travail du sol**

– renouveler Yoorin
– variété : riz : IRAT 216
soja : Teresina
maïs : Pioneer 3210

■ **Collections germoplasm**

– riz (+/- 140 lignées et variétés, pluviales et irriguées)
– maïs - essai/RHODIA
– soja - **collections** (+ variétés américaines RHODIA)
– sorgho - variétés IRAT

Dans le périmètre en grande culture

■ Régulateur de croissance : limitation verse et régularisation maturation (éthel + ccc)

■ **Tests herbicides** avec : témoin actuel +/Herbanil 8 l/ha, Herbanil 10 l/ha, Propanil 450 (6 l/ha) + Ronstar SC (1,5 l), **Pos Précoce**, Ronstar SC (2,5 l/ha) **en PRe**, furore + 2-4 D en applications séparées, fumure + Totril (1 l + 2 l) en mélange.

Second cycle : saison sèche

■ **Unité sol riche** - riz irrigué, gestion fertilité
■ **Collections Germoplasm riz**
■ Régulateur croissance sur riz (contrôle et maturation uniforme)
■ Tests herbicide à renouveler (en **post**)

II - Moyens à mettre en œuvre

Premier cycle 1991 : saison des pluies

Engrais :

- thermophosphate Yoorin Bz : 22 tonnes
- NPK 5-25-25 : 10 tonnes
- PK 0-20-20 : 2,5 tonnes
- gypse : 2 tonnes
- urée : 7 tonnes

Herbicides

- Reglone : 20 litres
- Gramoxone : 20 litres
- Herbanil 368 : 200 litres
- Ronstar **SC** : 80 litres
- Triamex : 30 litres
- Laço : 50 litres
- Fuzilade 125 : 6 litres
- Flex : 6 litres
- Roundup : 30 litres
- 2-4 D : 60 litres
- Furore : 10 litres

Insecticide

- semences : Semevin 350A : 40 litres

- + insecticides du **projet** (réservé pour chenilles défoliatrices ou **autre** - **D6** ou autre)

Fongicide

- **Rhodiauram 700** : 4 kilos

Semences

- riz (du projet)
- maïs Pioneer **3210** : 200 kilos
- soja Teresina : 400 kilos
- **+ 1 sac de : Cariri, EMGOPA 305, DOKO, SERIDO**

Second cycle 1991 : saison sèche

Engrais :

- NPK 5-25-25 : 5 tonnes
- urée : 3 tonnes
- chlorure de potasse : 1 tonne

Insecticide :

- Semevin 350A : 30 litres

Herbicide (fonction réserve premier cycle)

- **Herbanil 368** : 200 litres
- Roundup : 20 litres
- 2-4 D amine : 20 litres
- Gramoxone : 20 litres

Document 3

Projet AGRIPEC
Buriticupu + Maranhão

Gestion des sols et des cultures en écologie préamazonienne, 1989-1990

Introduction : le projet AGRIPEC : quelques données caractéristiques

Le projet AGRIPEC appartient à la compagnie aérienne brésilienne VARIG qui réinvestit une partie des ses ressources dans la production agricole, à travers son département opérationnel : « la Fondation Ruben Berta ».

Il est situé à 5° de latitude sud, dans l'extrême ouest de l'Etat du Maranhão à 140 km au nord de la deuxième ville économique de l'Etat, Imperatriz, près de la petite ville de Buriticupu.

Pour la recherche appliquée, il présente des intérêts multiples :

■ C'est un projet neuf, pionnier, situé en zone préamazonienne, des forêts tropicales humides (photo 2), mais qui présente une sensibilité extrême au processus de déforestation irrationnel, due à l'existence d'un climat très contrasté qui offre une pluviométrie de 1 800 mm en moyenne sur cinq-six mois, suivie d'une très longue saison sèche de plus de six mois (juin à novembre). Il se situe donc au cœur du grand débat amazonien actuel et se présente à la recherche comme un véritable défi pour y viabiliser une agriculture lucrative, stable et préservatrice de l'espace rural.

■ Outre son climat très contrasté, les unités géomorphologiques de base sont particulièrement accidentées, puisque **67 %** de la surface totale du projet ont des pentes supérieures à **25 %**, et 20 % de la surface, des pentes comprises entre 3 et 12 % (Photos 2 et 3). Ces facteurs naturels, dans une telle écologie, où l'agressivité pluviométrique est de règle, compliquent encore le défi d'y fixer une agriculture à base de grains (Tableau 2).

■ Les sols ferrallitiques (faiblement désaturés) présentent deux faciès contrastés principaux, l'un très argileux dès la surface (argile > 60 %), l'autre sableux à sablo-argileux (Tableau 3).

■ Le projet compte actuellement, au moins deux activités essentielles qui intéressent la recherche sur les cultures vivrières (Tableaux 1 et 2) :

– 2 009 hectares de cultures pour production de grains qui étaient en système de monoculture exclusif de maïs, avant notre intervention ;

– 3 112 hectares de pâturages à base de Brachiarias et Panicum. Dans ces surfaces agricoles, les parcelles les plus anciennes ont maintenant six ans, les plus récentes ont été défrichées en 1989.

Tableau 1 : Activités et structure du projet AGRIPEC 1990

Activités	Infrastructures	Production
AGRICULTURE		
• Poulets — viande	• 15 cellules (de 115 m x 12 m) soit 1 380 m²	• 83 160 poulets par mois
• Production d'œufs	• Couveuses pour poussins • 2 cellules pour élevage pondeuse (644 m²) • 8 cellules pour pondeuses (3 000 m²)	• 500 000 œufs par mois
• Fabrique de rations	• 2 moulins de 3 t/ha • 2 mélangeurs verticaux d'une tonne et batterie de silos	• 800 tonnes par mois Capacité stockage = 54 tonnes
PRODUCTION DE GRAINS		
• Cultures annuelles	Environ 2 000 hectares dont : • maïs : 1 680 ha • riz : 90 ha • soja : 90 ha • engrais vert : 285 ha	Prévisions de production (récolte en cours) • maïs : 5 800 tonnes • riz : 315 tonnes • soja : 135 tonnes
• Unité de séchage et stockage grains	• Unité prénettoyage • Silo poumon • Séchoir • 2 silos stockage	Capacité total stockage et traitement 6 000 tonnes
ÉLEVAGE BOVIN		
• Pâturages *Brachiarias*	• 3 112 hectares	Troupeau total = 3 209 têtes
EXPLOITATION DU BOIS	• 500 hectares par an (zone à pentes < 12 %)	• Extraction annuelle : 1 445 m³ • sciage annuel : 148 m³
PRODUCTION DE POIVRE	• 2 600 picols	Non encore en production
REFORESTATION		
• Zones à pentes > 25 %	• 20 hectares d'eucalyptus (prévision 1995 = 600 ha) Contrat avec SUMEI de la compagnie	

■ La spéculation élevage (3 200 têtes de bovins) est pratiquée sur un mode d'exploitation qui représente la tradition de développement du front pionnier.

C'est donc au total, un projet extrêmement intéressant pour la recherche ; il peut très rapidement (et il doit) devenir une vitrine et un vivrier de technologies exemplaires pour le développement de cette région.

Tableau 2 : Utilisation des sols sur la Fazenda AGRIPEC, 1990, Mato Grosso

Utilisation de la surface

Classe	Surface (ha)	Pourcentage
Forêt	13 496,20	71,79
Cultures	2 009,00	10,69
Pâturages	3 112,00	16,55
Autres	182,00	0,97
Total	18 799,20	100,00

Classes de pentes des surfaces

Classe de pente (%)	Surface (ha)	Pourcentage
0 à 3	1 912,00	10,17
3 à 12	3 676,00	19,55
12 à 25	644,80	3,43
> 25	12 566,40	66,85

Occupation des sols

Nature	Surface (ha)
Cultures	2 009,00
Pâturages	3 112,00
Aviculture	100,00
Cultures pérennes dont reforestation	80,00
Infrastructures	120,00

L'IRAT intervient sur ce projet depuis le début 1989, à travers deux types d'action complémentaires qui constituent un ensemble opérationnel d'aide à la prise de décision :

– un appui direct à la production, sous forme de conseils techniques permanents pour ce qui concerne :

Tableau 3 : Caractéristiques chimiques des sols de la région de Buriticupu, préamazonie, AGRIPEC, 1990 (sol de sommet de colline, faciès argileux)

Horizon (cm)	Microrelief(1)	pH	En milliéquivalents pour 100 g de sol			En ppm		
			Al	Ca	Mg	Na	P	K
0-20(1)	Point haut	6,3	0,0	2,90	0,58	32,2	10,8	81,6
	Point bas	5,8	0,0	2,40	0,55	28,1	8,0	79,1
20-40	Point haut	5,5	0,1	1,46	0,69	15,2	2,5	45,5
	Point bas	5,2	0,1	1,40	0,42	17,8	3,1	48,0

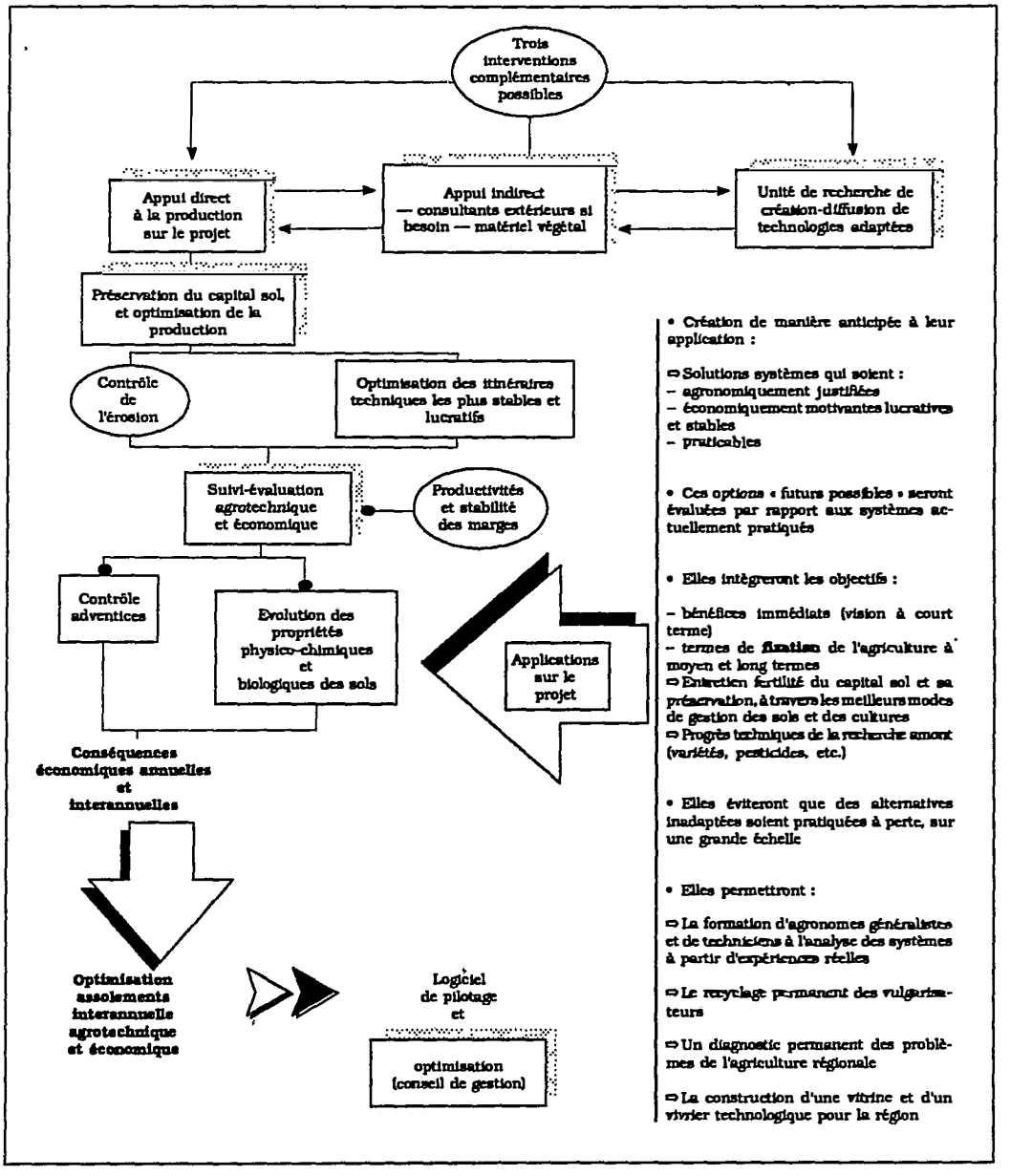
(1) Microrelief important (structures probablement construites d'origine biologique)

– la protection, l'amélioration et le maintien de la fertilité du capital sol,

– le suivi agrotechnique et économique permanent du projet.

– le montage et le suivi-évaluation d'unités de recherche dites de création-diffusion de technologies, pratiquées en conditions d'exploitations réelles, qui constituent notre outil de référence scientifique et technique et notre instrument de pilotage du projet (schéma 1).

Schéma 1 : Suivi-évaluation permanent du projet AGRIPEC, Mato Grosso, 1990



Nous présenterons ici, les premiers résultats expérimentaux agrotechniques et économiques obtenus en 1989-1990 et les grandes lignes des perspectives futures de développement du projet.

Modalités d'intervention de la recherche La création d'un référentiel technique dynamique — Quelques règles de base

Des projets d'une telle envergure, de même que tous les milieux neufs — dont l'Amazonie en particulier — nécessitent la mise au point d'un outil de diagnostic permanent des problèmes de développement à court et moyen termes. Cet outil, doit permettre en particulier d'améliorer par réajustements constants, les performances agrotechniques et économiques des systèmes de culture et de production. Pour ce faire, la recherche doit forger et pérenniser un référentiel technique rigoureux qui va créer et gérer une ample gamme de systèmes futurs possibles, offrant ainsi prévisionnellement aux utilisateurs une grande possibilité de choix (gestion du risque) ; c'est un outil d'aide à la prise de décision grâce à la mise à la disposition anticipée de solutions techniques adaptées et diversifiées qui précédent le processus d'application à large échelle, afin d'éviter que des solutions inadéquates soient pratiquées à perte.

Ce référentiel technique dynamique doit être un véritable laboratoire de pilotage du projet ; pour cela, la recherche doit, dans la création des innovations observer les règles suivantes :

– elles doivent être pratiquées sur une échelle expressive et représentative des conditions d'exploitation réelles pour fournir des données techniques, agronomiques et économiques réelles, par rapport aux systèmes actuels ;

– on doit rechercher, outre la maximisation des marges annuelles, les assolements qui offrent les meilleures garanties de stabilité économique et l'utilisation la plus flexible et la plus rationnelle des équipements (planification). Après trois ans (pas de temps suffisant), les données pluriannuelles permettent l'élaboration d'un logiciel de pilote du projet, pour une meilleure gestion du risque.

Au total, l'outil d'aide à la prise de décision, matérialisé par les unités de création-diffusion, doit réunir les fonctions indissociables suivantes :

– créer et diffuser des résultats réels, obtenus en vraie grandeur, et choisis avec les utilisateurs en fonction non seulement de critères agrotechniques et économiques mais aussi de leurs conditions pratiques d'utilisation ;

– permettre, au cours du processus de fixation de l'agriculture, de hiérarchiser les problèmes, de donner des solutions praticables, mais aussi de les expliquer (accumulation et théorisation agronomique sur les possibilités de fixation de l'agriculture sur un terroir déterminé) ;

– fournir une ample gamme d'options systèmes « futurs possibles » de coûts et performances différenciées ;

– servir de support de formation pluridisciplinaire ;

– pouvoir être utilisé comme support privilégié par la recherche thématique et fondamentale (couvrir les différentes échelles de l'explication par l'analyse).

La problématique du développement

Un diagnostic rapide, mais rigoureux est un préalable indispensable à la création du référentiel technique ; sur le projet AGRIPEC, ce diagnostic a mis en relief la problématique suivante :

Les facteurs limitants essentiels en 1989

Au niveau de la gestion agronomique du projet, sous forme schématique

Problèmes engendrés par les modes d'exploitation actuels (1989)	→	Conséquences négatives
– Défrichement de pentes – > à 10-15 % – Monoculture de maïs – Préparation du sol exclusivement aux offsets	→	Déprédation rapide du capital sol : – érosion laminaire – appauvrissement du profil cultural (propriétés chimiques et biologiques + dégradation de la structure
– Contrôle inadéquat des adventices	→	• Multiplication des adventices les plus concurrentielles : genre *Leptochloa, Echinochloa, Digitaria, Eleusine, Commelina*
– Matériel génétique maïs de potentiel limité		

Au total, en 1989, un productivité moyenne de maïs faible, inférieure à 3 000 kg/ha avec érosion accélérée du capital sol

Au niveau de la gestion du parc matériel

– Préparation des sols exclusivement à l'offset sous forte pluviométrie – Préparation des sols et semis échelonnés sur plus de deux mois sous la pluies	→	• Capacité limitée du parc matériel (saturation des sols) • Gâchage des sols • Sols plus sensibles à l'érosion • Prolifération des adventices

Au niveau de la gestion économique

L'option culture unique de maïs fragilise le projet (forte dépendance économique)	→	• Coûts de production élevés (faible capacité des équipements) • Manque de ressources alimentaires pour la constitution de rations équilibrées (toureaux de soja, son de riz) ce qui augmente les coûts de production de l'aviculture

Propositions d'intervention de la recherche face à cette problématique, 1989-1990

Propositions techniques au niveau du projet (conseil permanent) en 1989

On peut citer les actions principales suivantes :

– lutte antiérosive :

• mise au point des techniques de semis direct avec couvertures mortes,

– modes de travail du sol (gestion technique) :

• introduction des techniques de labour de fin de cycle, scarification : augmentation de la capacité du parc mécanisé,

• introduction du semis direct,

• pratique et création des couvertures mortes,

• callopogonium associé au maïs, avec coût et travail additionnels minimums,

– rotation de cultures :

• introduction du riz pluvial, du soja,
• introduction de matériel végétal : riz, maïs, soja.

Au niveau de la recherche

En 1989, introductions et sélections de cultivars adaptés aux conditions écologiques.

En 1990, montage d'une unité de création-diffusion sur la mise au point des systèmes de cultures pluviaux :

– unité de 35 hectares installée sur les terres les plus anciennes, sols argileux ;

– les composantes essentielles étudiées en interactions sont :

• les modes de gestion des sols et des cultures,
• les modes d'entretien de la fertilité (minérale et organique),
• les variétés par culture : riz, maïs, soja, sorgho.

Premiers résultats de recherches sur les systèmes de cultures pluviaux, 1989-1990

Les collections de matériel végétal, 1989-1990

Deux objectifs principaux :

– la diversification des options de culture ;

– le tri du matériel en fonction de son adaptabilité à l'écologie et aux conditions de culture (critères de : productivité, résistances aux maladies, insectes, à la verse, etc.).

Les tableaux 4 et 5, qui réunissent les principaux résultats obtenus sur les cultures de riz pluvial, maïs et soja, permettent de tirer les conclusions suivantes :

Le produit riz pluvial

De manière générale, le riz pluvial exprime de très hautes productivités, dans ce type de milieu, dès lors que le facteur fertilité n'as pas limitant :

– les variétés IRAT 216, 12A, 49/2/10, N° 6, MANA 1, font la synthèse au meilleur niveau des critères de sélection principaux à savoir :

– productivité, elle dépasse 6 000 kg/ha pour les meilleurs cultivars, résultat remarquable (Tableau 4) ;

– résistance à la verse ;

– résistance aux maladies, dont les plus importantes dans cette écologie : la pyriculariose et la rhynchosporiose (résistance de type stable au champ, d'origine polygénique) ;

– qualité de grains : les variétés Mana 1, Diwoni, Camponi, 12A, 6, présentent des qualités de grain exceptionnelles qui en font des produits commerciaux de tout premier choix.

Certaines variétés comme les N° 2 et 3 sont des cultivars très rustiques, productifs, faits sur mesure pour la culture manuelle traditionnelle sur brûlis (type à grosses panicules facilitant la récolte manuelle : retombée positive pour écologie similaire en Afrique).

Le produit maïs

En 1989, année à pluviométrie non limitante (Figures 1, 2 et 3) aucun matériel introduit n'a dépassé en productivité le témoin du projet AG 404 (Tableau 4).

En 1990, année à pluviométrie nettement déficitaire — Figures 4 et 5 — quatre hybrides introduits, issus des travaux de création génétique de M. Hainzelin (convention IRAT/RHODIA) obtiennent des rendements à l'hectare nettement supérieurs à ceux du témoin AG404 ; ce sont les hybrides : RH 0013, SW 1009, RH 33 et RH 30, qui produisent respectivement 24 %, 14 %, 20 % et 29 % de plus que le témoin ; leur productivité varie entre 5 430 kg/ha et **7 425 kg/ha**, soit des gains extrêmement significatifs (Tableau 5).

On notera en outre, la performance exceptionnelle de l'hybride commercial Pioneer **3210**, qui obtient une moyenne de 6 980 kg/ha, soit 41 % de plus que la moyenne du témoin AG404.

Cet hybride doit être utilisé en grande culture sur le projet en 1991.

Tableau 4 : Collections de matériel végétal, AGRIPEC, Mato Grosso, 1989-1990

Collection riz pluvial, 1989

Cultivars	Productivité (kg/ha)[2]	
Mutant Makouta	7 121	
IRAT 216	6 515	+
N° 12-A*	6 820	+
49/2/10	4 545	
N° 2	4 540	(1)
N° 7/5	1 818	(1)
N° 6*	3 686	+
N° 12-B*	3 636	+
Camponi	2 121	+
Mana 1	3 630	+
Dinoni	2 424	+
Rustic	2 727	+
41-2-1	5 681	(1)
N° 3*	6 863	(1)

+ Croisements Dechanet + Séguy, 1981
(1) Sensibles à la verse
+ Excellente qualité de grain, semées à très faible densité
(2) 100 m² par variété

Essai variétal maïs, 1989 (matériel IRAT/RHODIA)

Cultivars	Productivité (kg/ha)[2]	Etat sanitaire (1)
XL 678	4 100	1
IR 41	3 810	1
IN 1003	4 050	3
MW 1010	4 025	1
H 81032	4 14	1
IR 31	3 920	1
IR 32	3 680	1
IR 30	3 790	1
IN 1001	3 990	1
IR 40	4 550	1
H 71005	4 190	1
IR 33	4 312	1
IR 42	4 100	1
DINA 10	4 240	1
IRAT 81	4 380	1
AG 404 (témoin)	4 600	1
H 81012	4 720	1
H 71058	4 114	1
IR 21	4 020	1
IRA 20	4 092	1

(1) Echelle 1 = excellent ; 5 = 80 % surface foliaire détruite
(2) Moyenne de quatre répétitions de 10 m²

Collection soja, 1989

Cultivars	Productivité (kg/ha)[2]	Etat sanitaire (1)
Térésina	4 580	1
Doko	4 100	2
Cariri	4 080	2
Emgopa 305	4 045	2
Parana Goiana	3 790	3
Seriema	3 665	3
Séridó	3 620	1
UFV 10	3 375	4
NOVA IAC 7	3 370	4
Primavera	3 280	4
IAC 8	3 200	4
BR 15	2 780	3
Cristalina	2 700	5
Canarana	2 530	5
Alvorada	1 875	5
Garimpo	1 770	6
Paranaiba	1 685	6
UFV 5	1 680	7
Estrela	1 680	7
Eureca	1 350	7

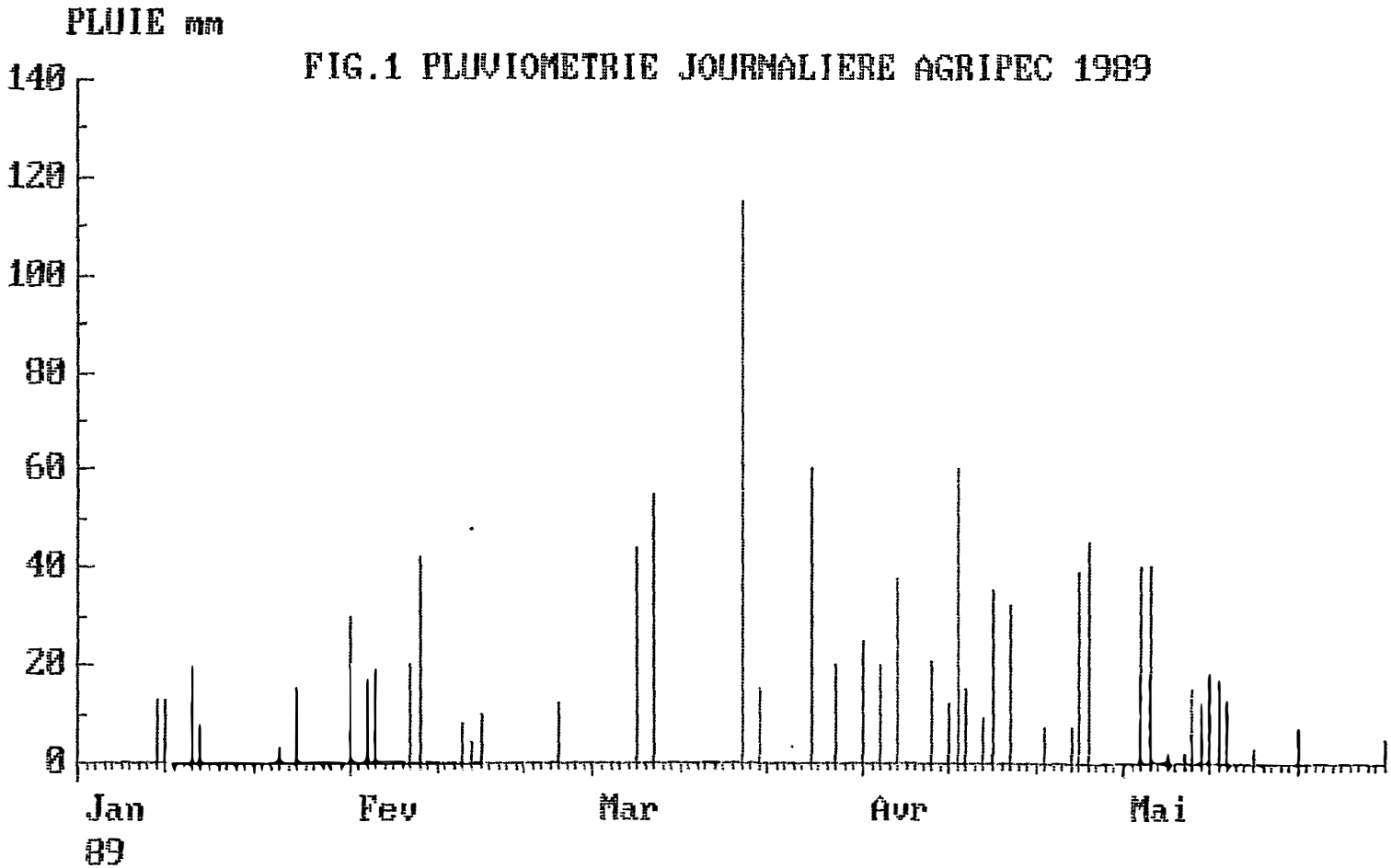
(1) Echelle 1 = excellent ; 10 = 100 % surface foliaire détruite + pourriture gousses + grains
(2) Moyenne de quatre répétitions de 12 m²

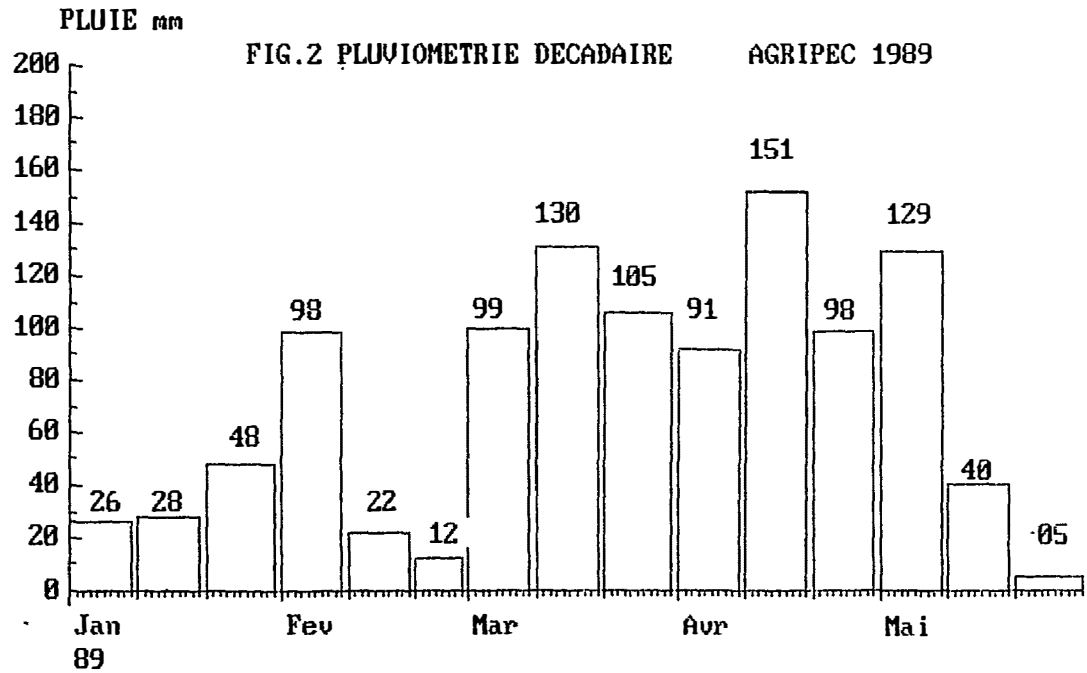
Tableau 5 : Collection testée d'hybrides maïs, AGRIPEC, Mato Grosso, 1990 (matériel génétique IRAT/RHODIA, hybrides du commerce + témoin du projet AG 404)

Hybrides(1)	Productivité (kg/ha)[2]	Pourcentage du témoin AG 404(3)	
AG 404 (T)	5 965	100	
RH 0013	7 425	124	
C 606	5 128	86	
P 3210	6 480	109	←
AG 404(T)	4 815	100	
SW 1009	5 473	114	
C 606	5 760	120	
P 3210	6 420	133	←
AG 404 (T)	4 525	100	
RH 33	5 430	120	
C 606	5 226	115	
P 3210	7 572	167	←
AG 404 (T)	4 807	100	
RH 32	4 853	101	
C 606	4 490	93	
P 3210	7 480	156	←
AG 404 (T)	5 170	100	
RH 31	5 362	104	
C 606	4 395	85	
P 3210	7 584	147	←
AG 404 (T)	4 500	100	
RH 30	5 790	129	
C 606	3 980	88	
P 3210	6 333	141	←

(1) ☐ hybride IRAT/RHODIA, C = Cargill, P = Pioneer
(2) 200 m² utiles par hybride, itinéraire technique de grande culture
(3) Moyenne de productivité des hybrides du commerce et productivités relatives

- AG 404 (témoin du projet) = 4 965 kg/ha (100)
- Cargill 606 = 4 830 kg/ha (97)
- Pioneer 3210 = **6 980 kg/ha** (141)


PLUIE mm
FIG.1 PLUVIOMETRIE JOURNALIERE AGRIPEC 1989
140
120
100
80
60
40
20
0
Jan
89
Fev
Mar
Avr
Mai


PLUIE mm
FIG.2 PLUVIOMETRIE DECADAIRE AGRIPEC 1989
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
26
28
48
98
22
12
99
130
105
91
151
98
129
40
05
Jan
89
Fev
Mar
Avr
Mai

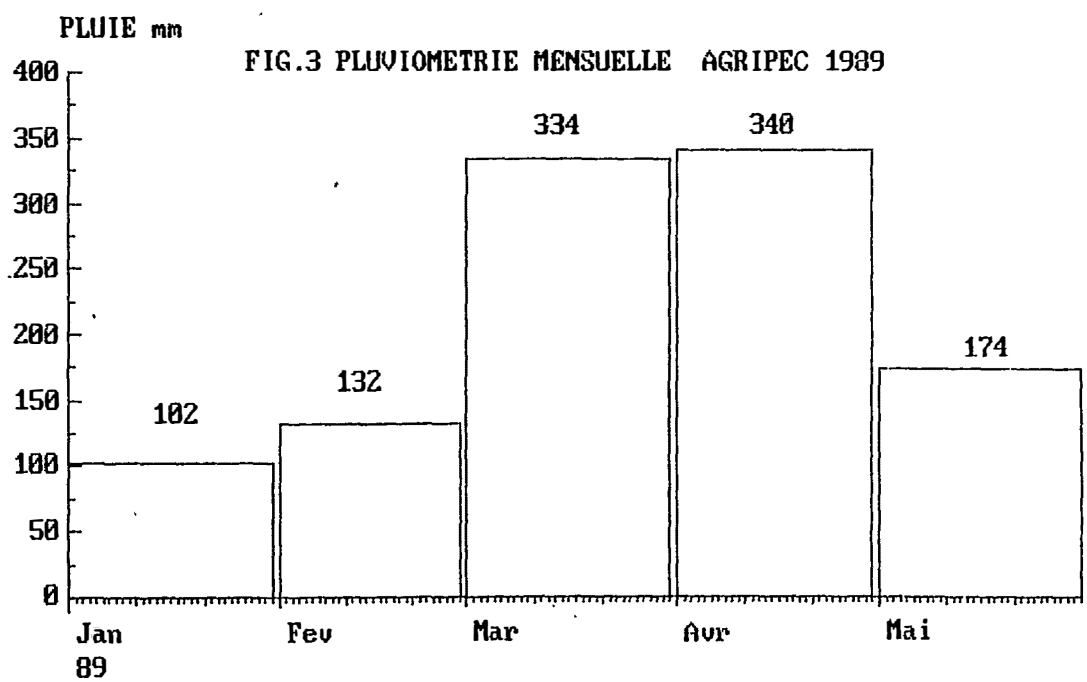
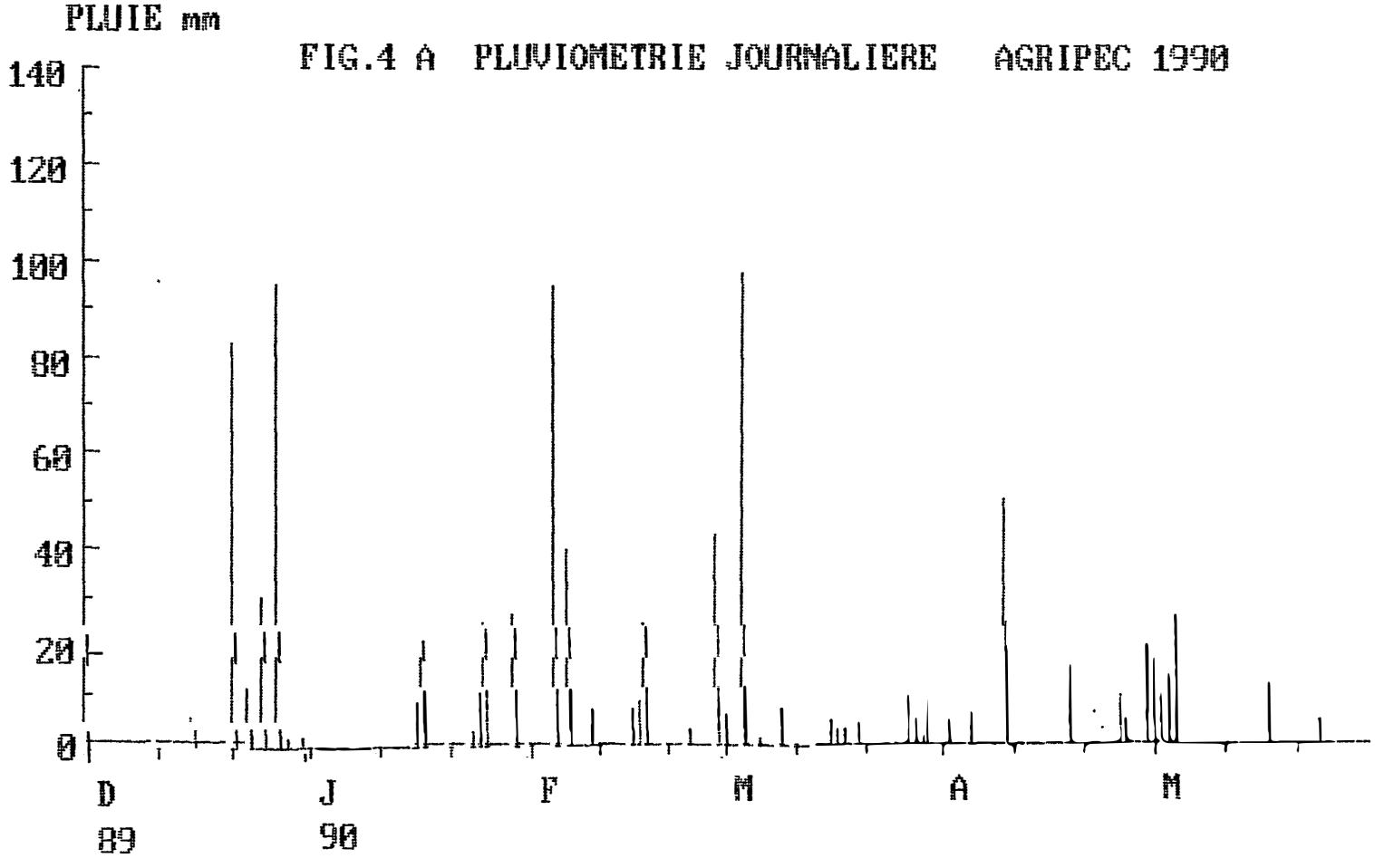
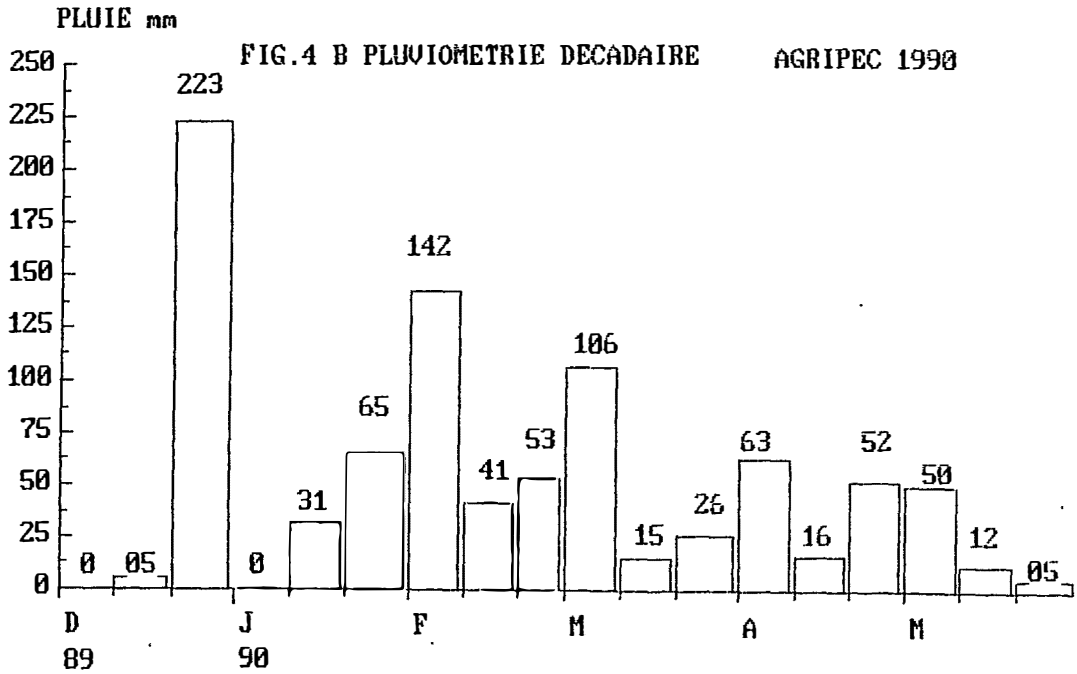
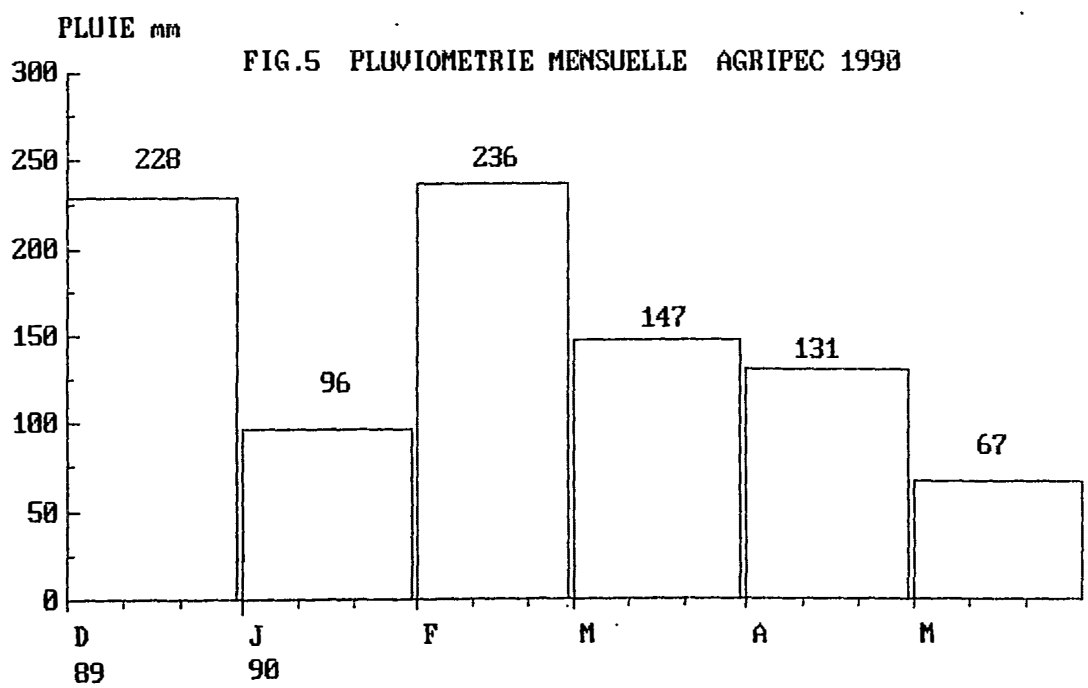

PLUIE mm
FIG.3 PLUVIOMETRIE MENSUELLE AGRIPEC 1989
400
350
300
250
200
150
100
50
0
102
132
334
340
174
Jan
89
Fev
Mar
Avr
Mai

FIG.4 A PLUVIOMETRIE JOURNALIERE AGRIPEC 1990




PLUIE mm
FIG.4 B PLUVIOMETRIE DECADAIRE AGRIPEC 1990
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
0
05
223
0
31
65
142
41
53
106
15
26
63
16
52
50
12
05
D
89
J
90
F
M
A
M


PLUIE mm
FIG.5 PLUVIOMETRIE MENSUELLE AGRIPEC 1990
300
250
200
150
100
50
0
228
96
236
147
131
67
D
89
J
90
F
M
A
M

Le produit soja (1990)

Un choix rigoureux et avisé du matériel végétal (grâce à l'appui du Dr Norival Tiago Cabral de l'EMPA, Mato Grosso) a permis, dès cette première année de test, d'obtenir des résultats remarquables, ouvrant d'excellentes perspectives pour la culture :

– les variétés Térésina, Doko, Cariri, EMGOPA 305, SERIEMA, SERIDO font la meilleure synthèse des critères d'adaptabilité au milieu :

– hautes productivités : entre 3 500 et 4 500 kg/ha ;

– bons niveaux de résistance aux maladies (cercosporiose et pourriture des gousses des graines).

Le phénomène de rétention foliaire étant fréquent, on retiendra la nécessité d'utiliser un dissécant à maturité physiologique pour faciliter la récolte (Diquat).

Les cultures de maïs, riz pluvial, soja et sorgho dans les systèmes de culture sur l'unité de création-diffusion, 1990

La culture de maïs, semis du début janvier 1990

Le tableau 6 et la figure 6, qui réunissent les principales performances agro-économiques de cette culture dans les divers itinéraires techniques, mettent en évidence :

Sur le plan agronomique

Les modes de gestion des sols n'ont pas d'influence significative sur la productivité du maïs en système de monoculture, tout au moins au niveau actuel de rendement à l'hectare, voisin en moyenne de 5 000 kg/ha, dans les conditions climatiques de cette année. Les différents modes de travail du sol comparés : labour, scarification, offset et semis direct offrent des productivités sensiblement équivalentes, la première année d'utilisation de ces traitements (Figure 6).

Ce résultat est d'ores et déjà très important, car il montre que l'on peut déjà, sans préjudice pour le rendement, substituer la technique de l'offset par celle du semis direct, beaucoup plus efficace dans la protection du capital sol contre l'érosion (Photo 3).

Le différentiel de productivité entre moyenne des échantillons statistiques et moyenne de la moissonneuse-batteuse est très élevé = 18 %, soit +/- 1 000 kg/ha de perte à la récolte mécanisée, ce qui est beaucoup trop important et doit être ramené rapidement à des pertes plus normales de 6-7 %, en améliorant les conditions d'utilisation et de réglages des moissonneuses.

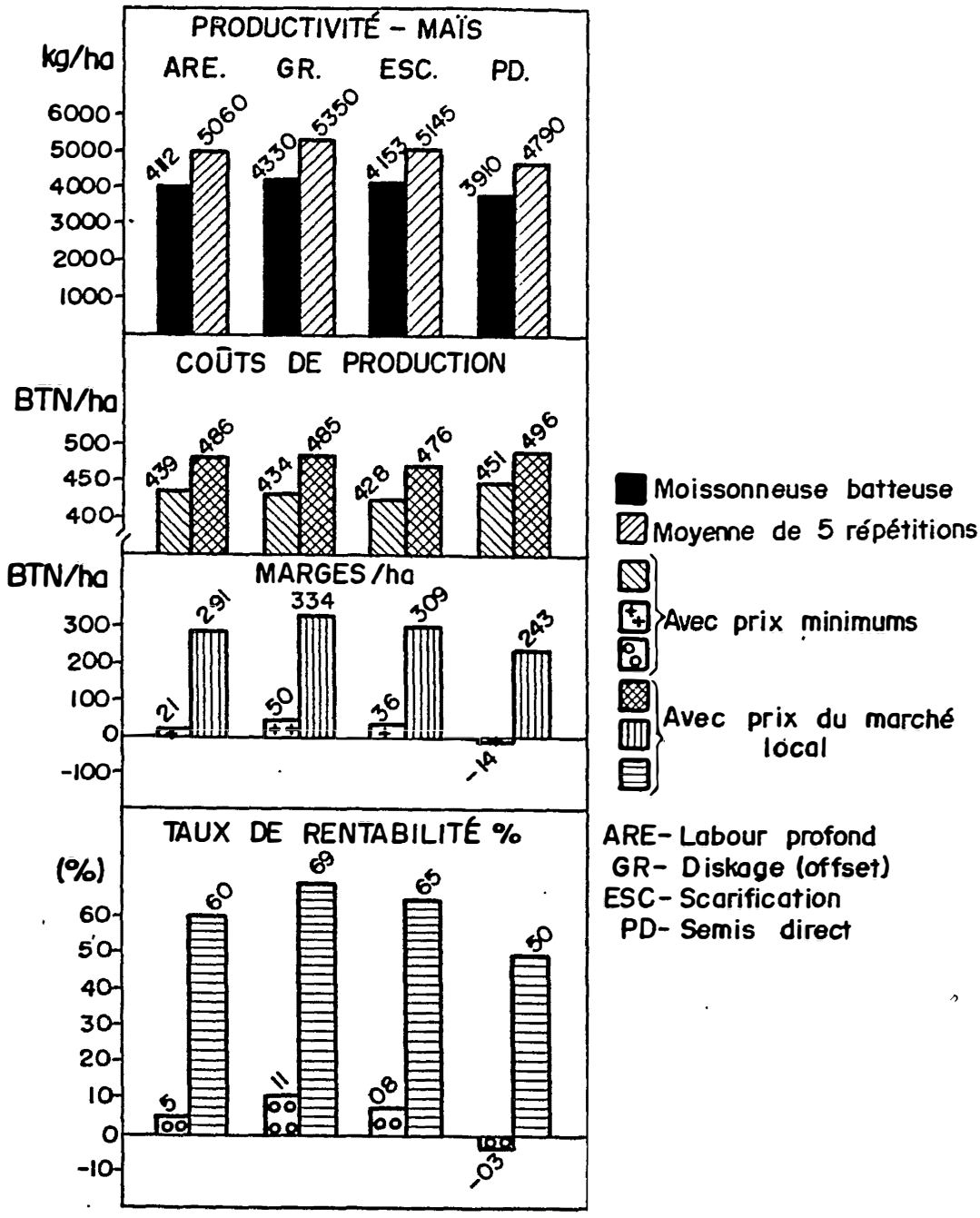
L'herbicide Atrazine + métalachlore, appliqué en préémergence, offre un bon contrôle de la flore adventice, dont les espèces les plus concurrentiel-

Tableau 6 : Performances agro-économiques de la culture de maïs pratiquée en monoculture et sous divers modes de gestion des sols, AGRIPEC, Mato Grosso, 1990

Performances agro-économiques		Maïs en monoculture (hybride AG 404)*							
		Offset continu	(T)	Labour aux socs	(T)	Scarification	(T)	Semis direct	(T)
Productivités (kg/ha)[1]		(5 350)	4 330	(5 060)	4 112	(5 145)	4 153	(4 790)	3 910
Productivités relatives (%)[2]		100		95		96		90	
Coûts de production (BTN/ha)[3]	Prix minimal	434		439		428		451	
	Prix du marché local	485		486		476		496	
Soldes (BTN/ha)	Prix minimal	+ 50		+ 21		+ 36		- 14	
	Prix du marché local	+ 334		+ 191		+ 309		+ 243	
Taux de rentabilité (%)[4]	Prix minimal	+ 11		+ 05		+ 08		- 03	
	Prix du marché local	+ 69		+ 60		+ 65		+ 50	

(1) Moyenne de cinq échantillons de 10 m² par parcelle
(2) Offset continu pris comme témoin, car technique du projet
(3) 1 BTN = 0,8 $ US en juin 1990
(4) Taux de rentabilité = solde / coûts de production X 100
* Tous les autres intrants sont égaux par ailleurs sur chaque mode de gestion :
- prix minimal du maïs = 6,71 BTN par sac de 60 kilos
- prix du marché local = 11,43 BTN par sac de 60 kilos
( ) Rendement moyen de la moissonneuse-batteuse (**référence** pour les calculs économiques)

Fig. 6 PERFORMANCES AGRO-ECONOMIQUES DE LA CULTURE DE MAIS - 1990. AGRIPEC - MA.



les sont : *Cenchrus echinatus, Echinochloa colonum, Digitaria horizontalis, Eleusine indica, Commelina virginica, Phyllantus amarus, Physalis angulata* ; néanmoins, son contrôle des graminées est localement insuffisant, il pourrait être substitué en 1991, par le mélange Atrazine + Simazine.

La date de semis tardive de fin février (dont nous n'avons pas encore les résultats) annonce une baisse très importante de la productivité par rapport au semis précoce ; il est donc recommandé de planter tôt, en décembre et début janvier pour assurer le maximum de productivité, qui correspond également à la meilleure période pour la capacité des équipements mécanisés.

Sur le plan économique

Les revenus à l'hectare sont très faibles, voire négatifs, si le maïs est vendu au prix minimal : ils varient entre - 14 BTN/ha à + 50 BTN/ha (Figure 6, Tableau 6).

Par contre, au prix du marché local, beaucoup plus élevé, les marges nettes à l'hectare et les taux de rentabilité sont particulièrement attractifs de 240 à 330 BTN à l'hectare et de 50 à 69 % respectivement.

La culture du riz pluvial, semis de début janvier 1990

Sur le plan agronomique

Le riz pluvial est une option particulièrement intéressante dans ce type de milieu, et qui a bénéficié des progrès techniques considérables réalisés ces dernières années par la recherche IRAT-EMBRAPA (L. Séguy, S. Bouzinac *et al.*, 1989, 2).

Le tableau 7 et la figure 7 synthétisent les principaux résultats ; ils permettent de tirer les conclusions suivantes :

– comme dans le cas du maïs, les divers modes de gestion du sol expérimentés, n'ont pas d'influence significative sur la productivité du riz pluvial, tout au moins, cette première année, dans les conditions de culture ;

– les rendements à l'hectare obtenus avec la variété IRAT 216 sont remarquables : supérieurs à 5 000 kg/ha en moyenne (Figure 7, Photo 1);

– ce niveau de productivité a été confirmé en grande culture sur le projet ;

– comme dans le cas du maïs, on note des pertes à la récolte beaucoup trop élevées : 17 à 18 %, soit +/- 1 000 kg/ha, qui doivent après ajustement des conditions d'utilisation de équipements être réduites rapidement à 6-7 % (Figure 7) ;

– l'herbicide Oxadiazon, utilisé en préémergence, assure un contrôle satisfaisant de la flore adventice ; son action a été complétée localement dans les parcelles les plus infestées par les dycotilédones, par un litre de 2-4 D amine, 40-45 jours après le semis.

Sur le plan économique

Même payé au prix minimal, les marges nettes à l'hectare sont extrêmement lucratives : elles varient de 180 à 240 BTN à l'hectare (Figure 7) ; au prix plus attractif pratiqué sur le marché local, ces marges à l'hectare dépassent 500 BTN, et les taux de rentabilité oscillent autour de 100 %.

Ces résultats très incitatifs font de la culture du riz pluvial une nouvelle spéculation de tout premier plan pour le projet :

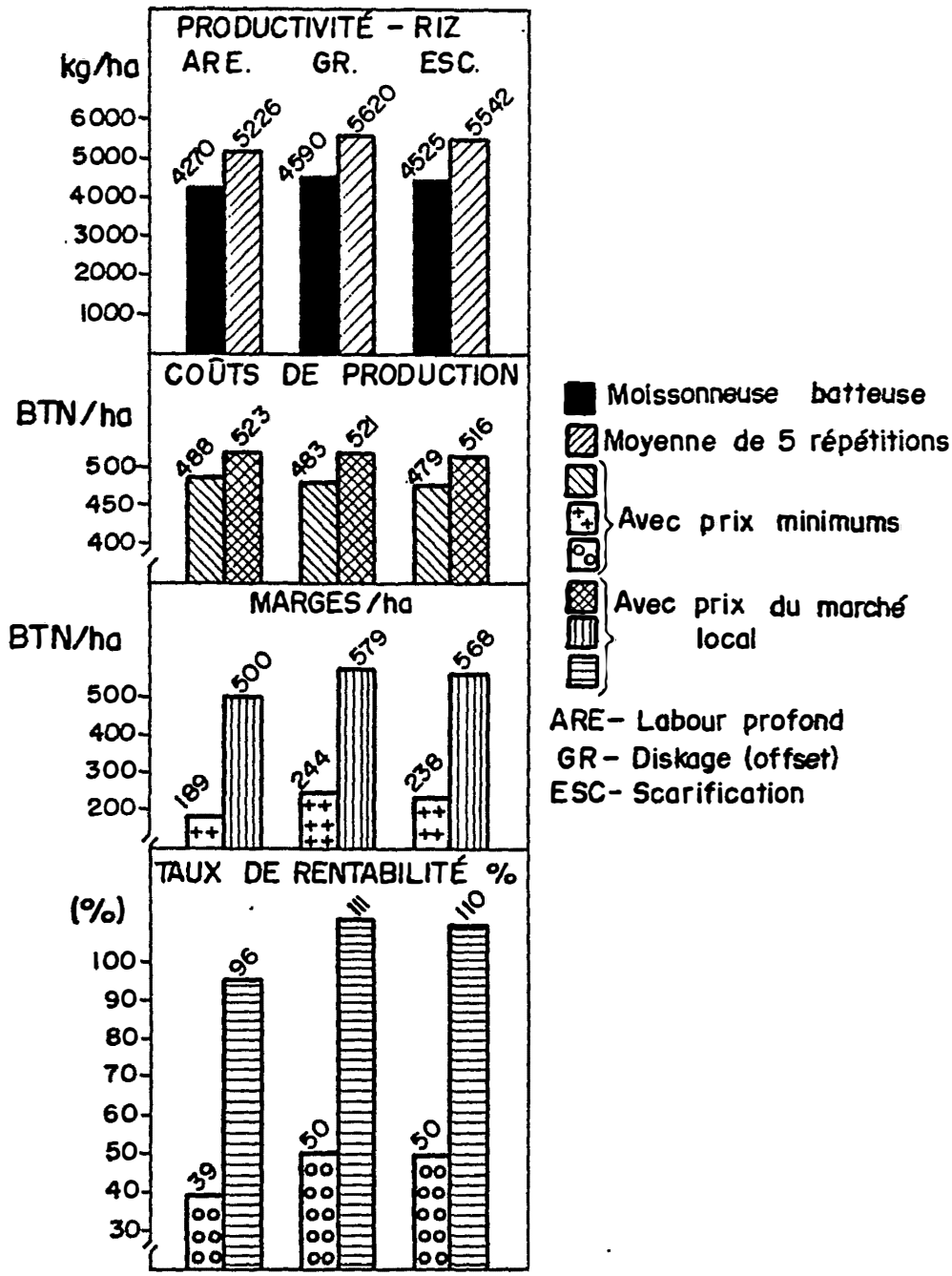
– outre son intérêt économique, elle peut compléter utilement la composition des rations pour les élevages de poulets et bovins, et les balles de riz peuvent servir de litière à l'aviculture.

Tableau 7 : Performances agro-économiques de la culture de riz pluvial en fonction de divers modes de gestion des sols et des cultures, AGRIPEC, Mato Grosso, 1990

Performances agro-économiques		Riz pluvial en rotation avec maïs (variété IRAT 216)						Riz pluvial sur défriche 1990	
		Offset continu	(T)	Labour aux socs	(T)	Scarification	(T)	Semis direct	(T)
Productivités (kg/ha)[1]		(5 350)	4 590	(5 226)	4 270	(5 542)	4 525	3 910	
Productivités relatives (%)[2]		100		93		99		120	
Coûts de production (BTN/ha)[3]	Prix minimal →	483		488		479		405	
	Prix du marché local →	521		523		516		450	
Soldes (BTN/ha)	Prix minimal →	+ 244		+ 189		+ 238		+ 466	
	Prix du marché local →	+ 579		+ 500		+ 568		+ 868	
Taux de rentabilité (%)[4]	Prix minimal →	+ 50		+ 39		+ 50		+ 115	
	Prix du marché local →	+ 111		+ 96		+ 110		+ 193	

(1) Moyenne de cinq échantillons de 10 m² par parcelle
(2) Offset continu pris comme témoin de référence (généralisé sur le projet)
(3) 1 BTN = 0,8 $ US en juin 1990
(4) Taux de rentabilité = solde / coûts de production X 100
* Tous les autres intrants sont égaux par ailleurs sur chaque mode de gestion :
- prix minimal du riz (type irrigué) = 9,51 BTN par sac de 60 kilos
- prix du marché local = 14,37 BTN par sac de 60 kilos
( ) Rendement moyen à la moissonneuse-batteuse (**référence** pour les calculs économiques)

Fig. 7 PERFORMANCES AGRO-ECONOMIQUES DE LA CULTURE DE RIZ PLUVIAL - 1990. AGRIPEC - MA.



Cette culture, de tout premier plan pour l'avenir économique du projet, mérite une large extension sur le projet dès 1991.

La culture de soja, semis de début janvier 1990

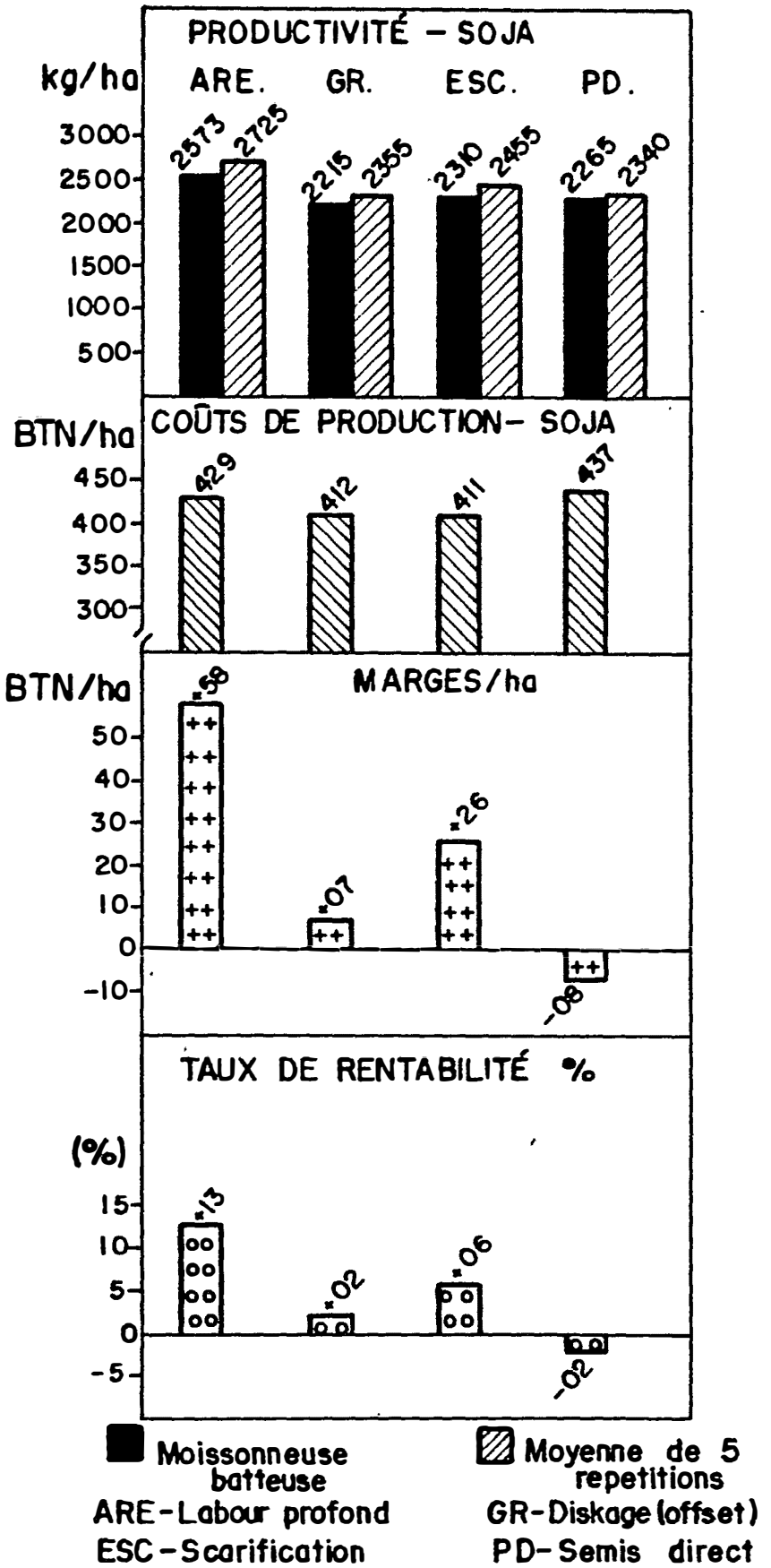
Les principaux résultats sont réunis dans le tableau 8 et la figure 8. Ils mettent en évidence.

Tableau 8 : Performances agro-économiques de la culture de soja en fonction de divers modes de gestion des sols et des cultures, AGRIPEC, Mato Grosso, 1990

Performances agro-économiques	Soja en rotation avec maïs (variété Cariri)							
	Offset continu	(T)	Labour aux socs	(T)	Scarification	(T)	Semis direct	(T)
Productivités (kg/ha)[1]	(2 355)	2 215	(2 725)	2 573	(2 455)	2 310	(2 340)	2 265
Productivités relatives (%)[2]	100		116		104		102	
Coûts de production (BTN/ha)[3]	412		429		411		437	
Soldes (BTN/ha) [3]	+ 07		+ 58		+ 26		- 08	
Taux de rentabilité (%)[4]	+ 02		+ 13		+ 06		- 02	

(1) Moyenne de cinq échantillons de 10 m² par parcelle
(2) Offset continu pris comme témoin de référence car généralisé sur le projet
(3) 1 BTN = 0,8 $ US en juin 1990
(4) Taux de rentabilité = solde / coûts de production X 100
* Tous les autres intrants sont égaux par ailleurs sur chaque mode de gestion du sol :
- prix minimal du soja = 8,05 BTN par sac de 60 kilos
- prix du marché local = 11,43 BTN par sac de 60 kilos (retenu dans les calculs économiques)
( ) Rendement moyen à la moissonneuse-batteuse (**référence** pour les calculs économiques)

Fig. 8 PERFORMANCES AGRO-ECONOMIQUES DE LA CULTURE DE SOJA - 1990. AGRIPEC - MA.



Sur le plan agronomique

Un effet significatif du labour sur la productivité du soja, par rapport aux traitements offset et semis direct qui sont équivalents entre eux. Le labour procure un rendement moyen supérieur à 2 500 kg/ha avec la variété Cariri (Figure 8 et Photo 5).

Il existe une bonne concordance entre les productivités mesurées sur les échantillons statistiques et la moyenne enregistrée à la moissonneuse-batteuse, indiquant des pertes minimales, à la récolte, et donc une bonne utilisation du matériel (perte de 6 % en moyenne).

L'herbicide Alachlore, utilisé en préémergence, procure un contrôle satisfaisant de la flore adventice.

Sur le plan économique

La technique du labour permet d'atteindre les soldes les plus élevées, aux environs de 55 BTN/ha, et un taux de rentabilité de 13 % (Figure 8). Les modes de travail du sol offset et semis direct conduisent à des performances économiques nulles et sont déconseillées pour l'instant sur cette culture.

Cette culture, dès la première année, se montre une option de culture de choix pour le projet, en raison essentiellement, à la fois :

– de son intérêt agronomique : fixation N, rupture des cycles biologiques des insectes, contrôle de la flore ;

– de son intérêt économique : économie N sur culture de maïs en rotation, utilisation dans les rations animales.

Attention : le phénomène de rétention foliaire étant assez général, à maturité, il est conseillé d'utiliser un dissécant type Diquat pour hâter et faciliter la récolte mécanisée.

La culture de sorgho, date de semis du début janvier 1990

Ses principales performances agro-économiques sont décrites dans le tableau 9, qui permet de tirer les conclusions suivantes :

– l'effet des modes de gestion des sols n'est pas significatif, la première année, sur la productivité de cette culture ;

– la moyenne des rendements à l'hectare obtenus est supérieure à 5 400 kg, mais les pertes à la récolte sont importantes et supérieures à 20 %. Comme pour le maïs et le riz, des ajustements techniques d'utilisation des moissonneuses-batteuses sont nécessaires (Tableau 9 et Photo 6) ;

– sur le plan économique, dans ces conditions de production, cette culture ne présente qu'un intérêt limité au prix minimal payé (Tableau 9).

Cependant, les performances agronomiques de cette culture sont très intéressantes, notamment pour développer les techniques de semis direct, car elle laisse une masse importante de matière sèche en surface,

Tableau 9 : Performances agro-économiques de la culture de sorgho en fonction de divers modes de gestion des sols et des cultures, AGRIPEC, Mato Grosso, 1990

Performances agro-économiques	Sorgho en rotation avec maïs (hybride AG 1015)							
	Offset continu	(T)	Labour aux socs	(T)	Scarification	(T)	Semis direct	(T)
Productivités (kg/ha)[1]	4 415	(5 600)	4 320	(5 480)	4 390	(5 560)	4 490	(5 690)
Productivités relatives (%)[2]	100		98		99		102	
Coûts de production (BTN/ha)[3]	347		340		336		364	
Soldes (BTN/ha) [3]	+ 08		- 06		+ 10		- 11	
Taux de rentabilité (%)[4]	+ 02		- 02		+ 03		- 03	

(1) Moyenne de cinq échantillons de 10 m² par parcelle
(2) Offset continu pris comme témoin (technique du projet)
(3) 1 BTN = 0,8 $ US en juin 1990
(4) Taux de rentabilité = solde / coûts de production X 100
* Tous les autres intrants sont égaux par ailleurs sur chaque mode de gestion du sol :
– prix minimal du sorgho = 4,73 BTN par sac de 60 kilos
( ) Rendement moyen à la moissonneuse-batteuse (**référence** pour les calculs économiques)

présent des effets allélopathiques importants sur le contrôle de la flore adventice (L. Séguy, S. Bouzinac *et al.*, 1989, 1) et un pouvoir « recyclant » très important pour les éléments minéraux lixiviés en profondeur grâce à son puissant système racinaire (minimisation de l'acidification des sols).

C'est une option de culture à conserver plutôt pour des semis tardifs, avec intrants minimums (ou nuls), car c'est sans aucun doute, de toutes les cultures testées, la plus rustique et la plus apte à valoriser l'eau en fin de cycle des pluies et donc à produire dans ces conditions, alors que toutes les autres cultures riz, maïs, soja voient leur productivité chuter rapidement dès que le semis s'éloigne des premières pluies.

Une autre utilisation intéressante de cette culture : en succession annuelle des cultures de cycle court, riz et soja, semées très tôt.

Dans le soja, le semis peut être effectué un mois avant la récolte, à la volée par avion ; en succession du riz pluvial, par semis direct au fur et à mesure de la récolte de ce dernier (opérations en chaîne) après application d'un dissécant (Paraquat) [L. Séguy, S. Bouzinac, *et al.*, 1989, 1].

Premières recommandations pour le projet et perspectives futures de développement

Premières recommandations

Les résultats techniques obtenus en 1990 sur l'unité de recherche et les progrès correspondants très significatifs enregistrés sur le projet aussi bien au niveau de la lutte contre l'érosion, la productivité, la maîtrise en général des itinéraires techniques, permettent d'intégrer les principales recommandations suivantes :

Sur l'aménagement des unités de paysage

Comme nous l'avons amorcé en 1990, toutes les pentes supérieures à 12 % sont réservées à des spéculations plantes pérennes (reforestation, poivre, etc.).

Entre 3 et 12 %, utiliser les techniques de semis direct.

Entre 0 et 3 %, les modes de travail du sol labour, scarification et offset peuvent être recommandées sur les cultures de riz, maïs ; pour la culture de soja, seule la technique du labour est conseillée.

Sur les techniques de travail du sol et les dates de semis

Les hautes productivités de riz, maïs, soja sont synonymes de semis précoces. Pour les réaliser :

– utiliser les techniques de travail de fin de cycle des pluies en mai et juin, labour et scarification ;

– et compléter par la technique de semis direct.

Chronogramme de semis :

– le riz pluvial en premier, fin décembre ;
– le maïs en suivant, fin décembre ;
– le soja, début janvier.

Sur les variétés par culture

Riz pluvial : IRAT 216 (plus autres variétés à qualité de grain **exceptionnelle**).

Maïs : incorporer absolument l'hybride Pioneer **3210**, la plus productif actuellement.

Soja : Cariri, Térésina, Séridó.

Sur les herbicides

Riz pluvial :

– si semis en sec, utiliser un postémergent : Propanil + Thiobencarb ou **Propanil** + 2-4 D ester (10 l/ha) [attention si Semevin ou Furadan sur semences : appliquer Herbanil 30 jours après émergence riz] ;

– si semis en conditions humides, utiliser un préémergent : **Oxadiazon** (1 000 g m.a./ha).

Maïs : Alterner les matières actives :

– en 1989 : Atrazine + Alachlore ;
– en 1990 : Atrazine + Simazine.

Soja : Utiliser en préémergence : Alachlore, 2 880 g m.a./ha.

Sur les traitements de semences

Sur semis très précoces (en sec), où les risques d'attaques de termites, et *Elasmopalpus* sont importants, traiter les semences de riz et maïs avec Thiodicarb (525 g m.a./100 kg de semences).

Semences de soja, contre les risques de fontes de semis et *Rhizoctania*, fréquents dans ce type de milieu, appliquer Thiram (200 g m.a./100 kg semences).

Stratégies et scénarios futurs de développement pour le projet 1991-1995

L'enjeu

L'enjeu de ce projet est considérable, car il peut être un exemple, une vitrine :

– pour les régions préamazoniennes, pour ce qui concerne le développement des systèmes de culture, à la base de grains et l'élevage bovin, et surtout l'intégration des deux activités ;

– pour le bassin amazonien, pour ce qui concerne les techniques économiques et **praticables** de lutte contre l'érosion **compatibles** avec la fixation d'une agriculture productive, lucrative et stable, et **accessibles** tant aux **systèmes mécanisés** qu'au **petit paysannat en agriculture manuelle** ou **traction animale** ; le chapitre des techniques de semis direct dans couvertures mortes et vivantes, sera **déterminant** à cet égard ;

– pour les écologies tropicales forestières similaires, du monde : transfert de technologies en Afrique, Asie, où le réseau international IRAT sur les modes de gestion des sols peut être un instrument de transfert et d'ajustement efficace.

Stratégie et scénario de développement 1990-1995

Première règle : ne pas travailler plus, mais travailler mieux, soit ne pas augmenter les surfaces exploitées, mais apprendre à les maîtriser parfaitement.

Autrement dit, en pratique, rechercher à tout prix l'augmentation de production par une optimisation de la productivité plutôt que par l'extension des surfaces.

Il s'agira, à la fois, dans la pratique et sur le plan scientifique de :

– fixer les **lois** de la production végétales dans ce milieu (grains et élevage) ;

– ajuster les modes de gestion des sols qui concilient : optimisation des marges à l'hectare, avec la meilleure flexibilité d'utilisation des équipements, et qui assurent la protection la plus efficace de milieu physique.

Scénario 1991-1995

Sur le projet :

– maximiser les marges à l'hectare ;
– restaurer, puis protéger la fertilité du capital sol.

Sur les deux activités : production de grains et élevage bovin, en maintenant ces deux activités séparées pendant le début de cette première phase, 1991-1993.

Sur la ***recherche :***
elle aura pour objectif essentiel, dans le même temps, d'**intégrer les deux activités** en rotation : production de grains X élevage

Production de grains

Actions

• Diversifier la production	1990-1991	Les années suivantes
== Donner une **place** de plus en plus **importante** au **riz pluvial,** plus rentable que le maïs	400 à 600 ha en priorité sur défriche (70 %) - 30 % en terre vieille	Fonction prix du marché et progrès techniques de la recherche
== **Intégrer le soja**	**200 ha** en terre vieille 3 variétés : Cariri, Térésina, Serido	Fonction prix marché et progrès techniques

• **Optimisation** de la **répartition** des **cultures,** 1990-1991

== **Première option** — Investissements en intrants minimums **(risque minimal)**

	Décembre-Janvier	**Avril**
Séquence semis	• Riz • Maïs + callopogonium • Soja	Sorgho — semis direct (variété IRAT Sorgho — semis avion à la volée un mois avant récolte (15-03)

Février-15 mars

Sorgho + callopogonium sans engrais — semis direct après Rolo Faca + Dissécant : préparation couverture morte pour rotations 91-92

== **Seconde option**

Même séquence de semis pour riz, maïs, soja **entre fin décembre et fin janvier.**

A partir du 1er février :

– semis maïs : mais augmenter fumure minérale de 25 % (400 kg/ha de 2-25-25 au lieu de 300 kg/ha) et augmenter 30 % couverture (N) **urée** à 30 jours par rapport à la date de semis précoce

Objectif : maintien productivité maïs avec semis plus tardif.

== **A partir du 1er mars**

– semis sorgho (+ callopogonium en mélange) : sans engrais, semis direct après Rolo Faca + dissécant

– semences sorgho IRAT (prix minimal), et qualité **nutritives supérieures** pour alimentation humaine et animale, extrêmement rustiques : option très rémunératrice et confection couverture morte.

Elevage

• Actions	1990-1991	1991-1992	1992-1993	1993-1994
== Réformer le pâturage par la technique riz + brachiaria et riz + chloris + cenchrus + stylosanthes : pâturage	1/3 surface pâturage	1/3 surface	1/3 surface	Rotation pâturage avec cultures annuelles

== Intégrer progressivement production de grains et élevage.

Cet ensemble évolutif a pour objectifs essentiels :

– augmenter la charge animale à l'hectare, avec une production accrue de fourrage, spécialement en **saison sèche** (un tiers surface annuelle), plus production de riz en association avec le fourrage ;

– gérer mieux la fertilité et la préservation de l'espace rural, en intégrant à partir de 1993 ou 1994, le pâturage en rotation avec les cultures annuelles. Cette voie et sans aucun doute la voie de l'avenir. Il nous appartient de la mettre au point rapidement, car elle contient tous les termes de pérennisation d'une agriculture à moyen et long termes, à moindre coût.

Scénarios de la recherche

Dans toutes ses actions, la recherche devra toujours précéder les applications sur le projet par une mise au point rigoureuse des technologies proposées.

Les grands axes de la recherche épousent les axes de développement proposés :

– mise au point continue des systèmes de culture à base de grains sur faciès sols argileux ;

– entretien de la fertilisation des sols (minérale et organique) sur faciès sols sableux ;

– réforme de pâturages :

association riz

+ *Brachiarias*
+ *Chloris gayana*
+ *Cenchrus*, graminées résistantes à la sécheresse
+ Stilosanthes, légumineuses résistantes à la sécheresse

– mise au point des rotations entre cultures annuelles et pâturages ;

– alimentation continue du germoplasm : riz, maïs, soja, sorghos, etc.

Bibliographie

Séguy L., Bouzinac S., Pacheco A., 1989 - Une nouvelle technologie très lucrative et de moindre risque, adaptée aux cerrados humides du Mato Grosso : la succession annuelle soja de cycle court suivi de sorgho semé par avion un mois avant la récolte de soja ou en semis direct au fur et à mesure de la récolte de soja. Doc. interne IRAT, 15 p.

Séguy L., Bouzinac S., Pacheco A., Kluthcouski J., 1989- Des modes de gestion mécanisés des sols et des cultures aux techniques de gestion en semis direct sans travail du sol appliqués aux cerrados du Centre-Ouest brésilien. Doc. interne IRAT, 156 p.

Annexes

A - Nécessité en matériel, intrants, main-d'œuvre pour le programme de recherche 1990-1991

B - Programme de recherche (grandes lignes)

A - Nécessités en matériel, intrants, main d'œuvre pour le programme de recherche 1990-1991

INTRANTS

Engrais NPK 0-20-20 : 6 tonnes
Engrais NPK 5-**30**-15 ou 2-**25**-25 : 13 tonnes

Engrais :

Thermophosphate Yoorin Bz : **5 tonnes**
Superphosphate simple : **5 tonnes**
Urée : 8 tonnes
Chlorure de potasse : 1 tonne

Herbicides

Satanil : 10 litres
Triamex : 80 litres
Herbanil : 80 litres
Ronstarsc : 80 litres
Furore : 20 litres
2-4 D amine : 40 litres
Laço : 80 litres
Fuzilade 125 : 12 litres
Flex : 12 litres
Roundup : 40 litres
Gramoxone : 20 litres
Reglone : 20 litres
Primextra : 10 litres

Fongicides-insecticides

Rhodiauram : 2 kg

Inoculant (soja) : **pour 15 hectares**

Semences :

maïs : Pioneer 3210 : 500 kilos
riz : IRAT 216 : +/- 2,5 tonnes
soja : Cariri : 1 tonne

Ces intrants doivent être sur la Fazenda, **dès la fin octobre 1990** impérativement.

Main-d'œuvre

– Permanente (décembre à juin)

le technicien agricole responsable des unités + **cinq hommes permanents.**

– Temporaire

renforcer les équipes à la récolte :

avril : **10 hommes** (sois cinq permanents + **cinq temporaires**)
mai : **10 hommes** (sois cinq permanents + **cinq temporaires**)
juin : **10 hommes** (sois cinq permanents + **cinq temporaires**)

Equipements mécanisés

La recherche doit être **prioritaire** pour la réalisation des diverses opérations culturales (à la **demande**).

B - Programme de recherche 1990-1991

Unité système pluviaux sur sols « faciès argileux »

Urgent (juin 1990 - juillet 1990) : préparation du sol de fin de cycle sur :

- offset ;
- labour ;
- scarification.

Modifications rotations

Mucuna + maïs : rien + maïs :

- 1/2 NPK 300 kg/ha ;
- 1/2 NPK 400 kg/ha + 25 % N en plus.

Callopogonium + maïs :

- sorgho (en sec - variété) + maïs :

- 1/2 NPK 300 kg/ha ;
- 1/2 NPK 400 kg/ha + 25 % N en plus.

Mucuna + sorgho : rien + sorgho, sans engrais (dissécant)

Callopogonium + sorgho : sorgho en sec + soja :

- 1/2 NPK 300 kilos ;
- 1/2 NPK 400 kilos.

Mucuna + riz : rien + riz

- 1/2 NPK 300 kilos ;
- 1/2 NPK 400 kilos + 25 % N en (+).

Callopogonium + riz : sorgho (en sec - variété) :

- 1/2 NPK 300 kilos ;
- 1/2 NPK 400 kilos + 25 % N en (+).

Création d'une nouvelle unité sur sol faciès sableux : maintien fertilité

Traitement : **NPK traditionnel**, NPK traditionnel + 10 t/ha fumier/2 ans, 1 500 kilos Yoorin/2 ans, 1 500 kilos Yoorin/3 ans, **NPK traditionnel**, 1 500 supersimple/2 ans, 1 500 supersimple/3 ans, 500 Yoorin annuel + 1/2 NPK traditionnel, 500 supersimple + 1/2 NPK traditionnel, NPK traditionnel (témoin répété trois fois)

- sur riz IRAT 216 en 1990-1991 à partir de 1991-1992 rotations :

  riz/maïs/riz/maïs
  maïs/riz/maïs/riz
  sorgho/riz + sorgho/sorgho/riz + sorgho
  sorgho + riz/sorgho/sorgho + riz/sorgho

Réforme pâturage

brûlis septembre-octobre :

Semis direct (PD) + riz :

Brachiaria
Cenchrus + Stylosanthes
Chloris

Enfouissement paille, décembre :

GR + ARE

Brachiaria
Cenchrus + Stylosanthes
Chloris

(semences pâturages mélangées à l'engrais au moment du **semis**)

Collection matériel végétal

• **riz** :

– semis **précoce**, décembre : Mana 1, 49/2/10, Camponi, Ciwini, 5 CIAT, 6, 12-A, IRAT 216

– semis plus tardif (début février), *idem*

• **soja** :

– semis précoce (début janvier) :

Cariri, Sireman, Térésina, Séridó, Doko, Emgopa 305, Paranagoiana, plus collection américaine (RHODIA)

– Semis tardif (fin **février**)

Cariri, Sireman, Térésina, Séridó, Doko, Emgopa 305, Paranagoiana, plus collection américaine (RHODIA)

• **Maïs**

Essais maïs (RHODIA) : semis précoce, **fin décembre.**

En grande culture :

• **Test herbicide sur riz pluvial** :

– Ronstar SC (Pré-2 l/ha), Herbanil 10 l/ha, Satanil 8 l/ha, Furore 1 l/ha + 2-4 D 1 l/ha (applications séparées) Furore + Totril (1 litre + 2 litres en mélange) ;

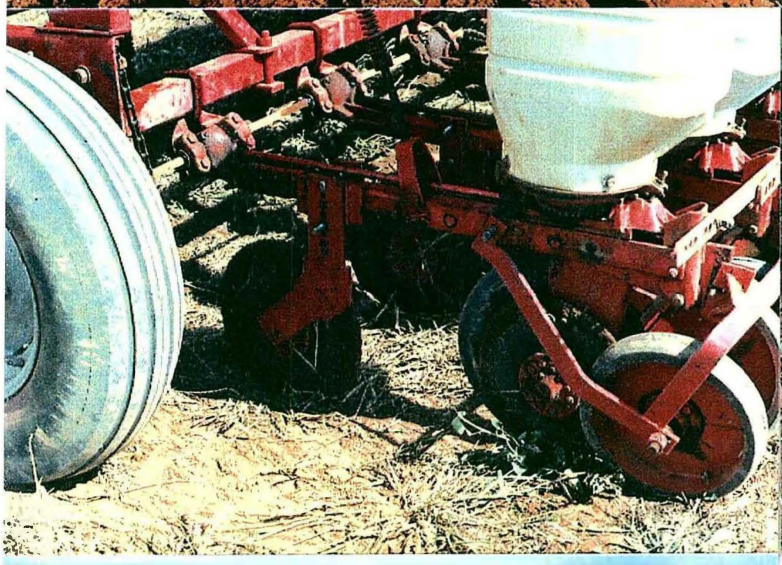
• **Test herbicide sur maïs** :

comparer Triamex et Primextra.

1-IRAT 216 PLUVIAL (5,5t/ha), 2-FORET TROPICALE HUMIDE, 3-MAÏS AG 404 (5t/ha), 4-MAÏS A MATURITE, 5-SOJA CARIRI (2,6t/ha), 6-SORGHO AG 1015 (5t/ha).

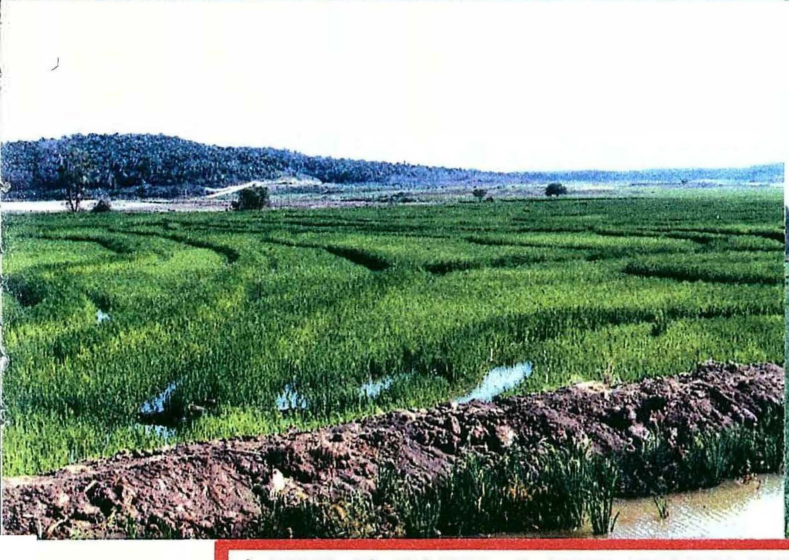
1-IRAT 216 EM SEQUEIRO (5,5t/ha), 2-FLORESTA TROPICAL ÚMIDA, 3-MILHO AG 404 (5t/ha), 4-MILHO A MATURAÇAO, 5-SOJA CARIRI (2,6t/ha), 6-SORGO AG 1015 (5t/ha).

1-LABOUR PROFOND MOTTEUX, 2-SEMIS MAIS SUR SOL MOTTEX, 3-SEMIOR DE SEMIS DIRECT, 4-SOJA SUR COUVERTURE MORTE PERMANENTE, 5-COUVERTURE MORTE PERMANENTE, 6-ROULEAU À CORNIERES.



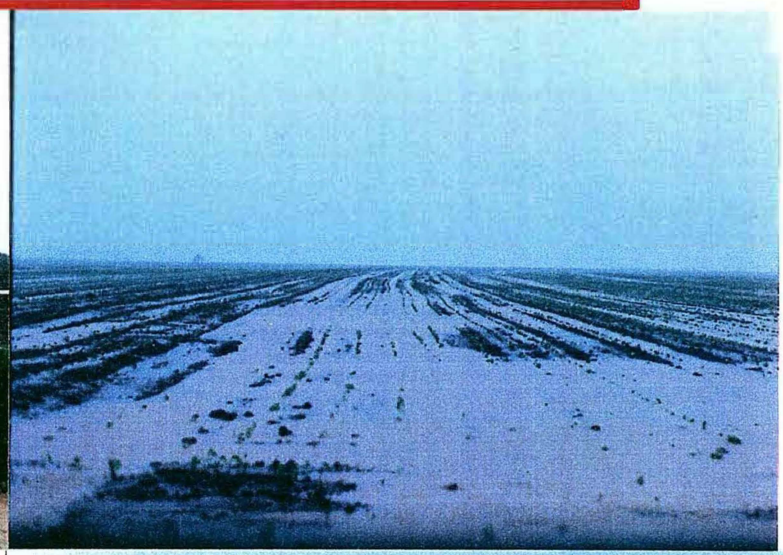
1-ARAÇÃO PROFUNDA COM TORROES, 2-PLANTIO MILHO NOS TORROES, 3-PLANTADEIRA DE PLNTIO DIRETO, 4-SOJA SOBRE COBERTURA MORTA PERMANENTE, 5-COBERTURA MORTA PERMANENTE, 6-ROLO FACA.

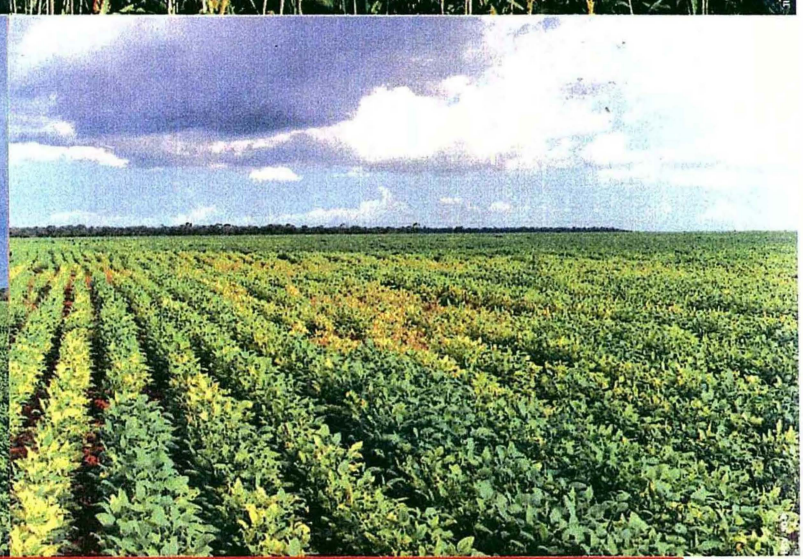
1-VUE DU PROJET, 2-RIZ IRRIGUE MÉTICCA 1(10t/ha), 3-FORTE DENSITE DE DIGUETTES, 4-MISE EN EAN DU PERÍMETRO, 5-DEFICIENCE EN N, 6-RIZ À 30 JOURS.



1-VISTA DO PROJETO, 2-ARROZ IRRIGADO METICA 1(10t/ha), 3-ALTA DENSIDADE DE TAIPAS, 4-IRRIGAÇÃO DO PERÍMETRO,5-DEFICIÊNCIA DE N, 6-ARROZ DE 30 DIAS.

1-EAU RETENUE SUR CORDONS ANTI-ÉROSIFS, 2-SOJA INONDÉ APRES EMERGENCE, 3-SORGHO SEMIS DIRECT APRÉS SOJA, 4-SORGHO SEMIS AVION DANS SOJA, 5-BELLE CULTURE DE SOJA,6-CARENCE EN FER SUR SOJA.





1-AGUA ACUMULADA NA BASE DOS TERRAÇOS, 2-SOJA INUNDADA APÓS EMERGÊNCIA, 3-SORGO PLANTIO DIRETO APÓS SOJA, 4-SORGO SEMEADO DE AVIÃO NA SOJA, 5- BELA LAVOURA DE SOJA, 6-CARÊNCIA DE FERRO NA SOJA.