



*Institut de Recherches Agronomiques Tropicales
et des cultures vivrières*

*Département du Centre de Coopération Internationale
en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)*

***Gestion de sols et des cultures dans les
zones de frontières agricoles
des cerrados humides
du centre-ouest Brésil
Synthèse actualisée 1986-1991
et
Highlights 1991***

**Projet Fazenda Progresso
Lucas do Rio Verde, Mato Grosso**

Responsables du projet

Agronomes : Lucien SEGUY
Serge BOUZINAC

Producteur : Munefume MATSUBARA

Techniciens : Eider TREVISAN
Everaldo GALVAGNI

***Gestion de sols et des cultures dans les
zones de frontières agricoles
des cerrados humides
du centre-ouest Brésil
Synthèse actualisée 1986-1991
et
Highlights 1991***

**Projet Fazenda Progresso
Lucas do Rio Verde, Mato Grosso**

Responsables du projet

Agronomes : Lucien SEGUY
Serge BOUZINAC

Producteur : Munefume MATSUBARA

Techniciens : Eider TREVISAN
Everaldo GALVAGNI

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 1984-1991.

L'intervention de la recherche en milieu réel, chez et avec les producteurs, a permis, au cours des sept 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 1990.

■ 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. SEGUY *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. SEGUY *et al.*, 1989, 2].

Ils ont été complétés, en 1990, par deux nouveaux documents :

■ Document III : Gestion des sols et des cultures dans les zones de frontières agricoles des cerrados humides du centre-ouest brésilien. Synthèse actualisée 1986-1990 et Highlights 1990.

■ Document IV : Evaluation de l'adoption par les agriculteurs du centre-ouest brésilien des technologies mises au point par la recherche franco-brésilienne. Seconde phase 1989-90 (Document MAE-IRAT).

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 1991**.

* Equipes IRAT/CIRAD et CNPAF/EMBRAPA.

** Ces travaux de recherches sont maintenant conduits en coopération technique avec Rhodia Agro Lta; filiale de Rhône-Poulenc au Brésil.

Conditions climatiques 1990-91 et conséquences sur les pratiques agricoles et le développement des cultures

Deux composantes essentielles caractérisent l'année climatique 1990-91 :

- une pluviométrie nettement excédentaire en septembre avec 219 mm, contre moins de 50 mm en moyenne sur les cinq dernières années. Par contre, un déficit pluviométrique marqué a été enregistré au cours des mois d'octobre et novembre, avec respectivement 124 mm et 195 mm (Tableau 1, Figures 1 et 2).
- une très forte nébulosité et humidité, au cours des mois de février, mars, pratiquement sans soleil, soit pendant la période de pleine récolte du soja.

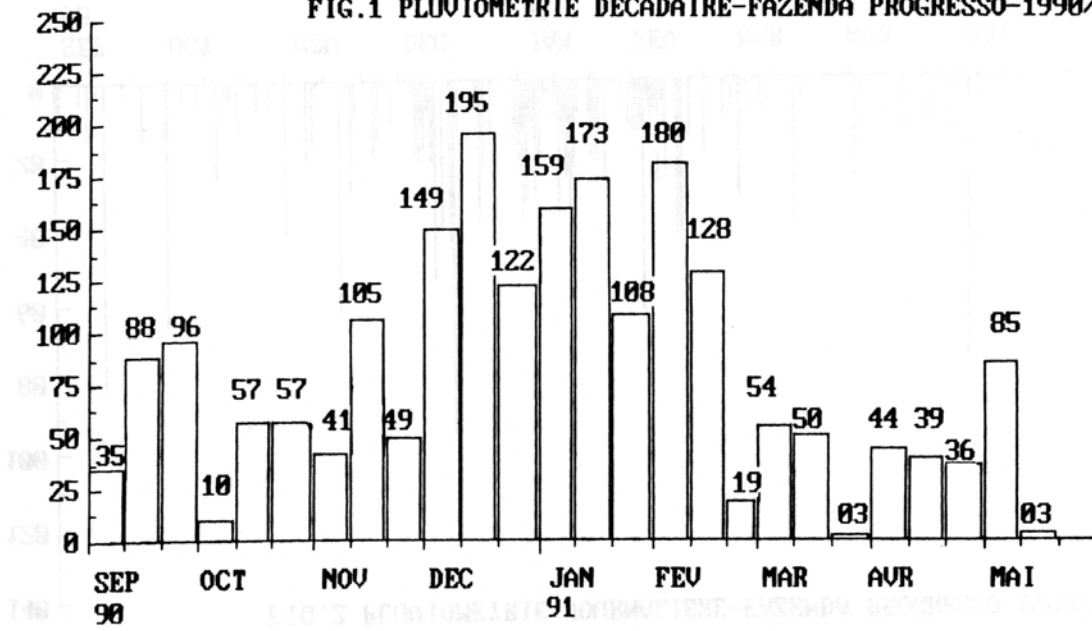
Tableau 1 : Pluviométries mensuelles* et décadaires comparées de 1986 à 1991, sur les mois de septembre à février, Fazenda Poggio, Mato Grosso.

Mois	Année	Première décade (mm)	Deuxième décade (mm)	Troisième décade (mm)	Total mensuel (mm)
Septembre	1986	0	22	18	40
	1987	0	40	4	44
	1988	0	10	0	10
	1989	52	15	11	78
	1990	35	88	96	219
Octobre	1986	117	64	35	216
	1987	48	22	56	126
	1988	34	18	124	176
	1989	24	35	157	216
	1990	10	57	57	124
Novembre	1986	87	41	77	205
	1987	44	165	39	248
	1988	83	101	137	321
	1989	68	22	145	235
	1990	41	105	49	195
Décembre	1986	53	44	158	255
	1987	140	62	87	289
	1988	108	132	30	270
	1989	593	225	223	1 041
	1990	149	195	122	466
Janvier	1986	44	87	158	289
	1987	180	49	195	424
	1988	142	101	54	290
	1989	347	56	161	564
	1990	159	173	108	440
Février	1986	193	124	16	333
	1987	341	77	103	521
	1988	125	129	162	416
	1989	138	51	161	448
	1990	180	128	19	327

* Au plan agressivité pluviométrique, ont été enregistrées en 1990-91 : trois pluies supérieures à 60 mm et deux supérieures à 80 mm.

PLUIE mm

FIG.1 PLUVIOMETRIE DECADEAIRE-FAZENDA PROGRESSO-1990/91



Les conséquences principales ont été :

- des conditions extrêmement favorables pour l'exécution de la préparation des sols et l'implantation des semis (octobre-novembre) ;
- de bonnes conditions de croissance pour la plupart des cultures, aussi bien dans les systèmes à une seule culture annuelle, que dans les successions à deux cultures ;
- par contre, des conditions climatiques très défavorables à la récolte, du soja, où la très forte nébulosité dans une atmosphère saturée d'humidité, sans ensoleillement, ont entraîné des pertes dépassant souvent 20 % de la récolte de soja (pourrissement sur pied). La moyenne de la productivité de soja dans la région, a été estimée aux environs de 25 sacs par hectare, soit, **pour la seconde année consécutive** une baisse de plus de 40 % par rapport aux années 1986-1988 (source : Coopérative COOPERLUCAS, De Lucas do Rio Verde).

Ces mauvais résultats techniques, associés à une chute nette des prix payés au producteur pour le soja ces deux dernières années (Tableau 21), entraînent une baisse très sensible des surfaces totales plantées.

Highlights

1990-1991

FIG.3 ESSAI ETEPHON SUR SOJA FAZ.PROGRESSO1991

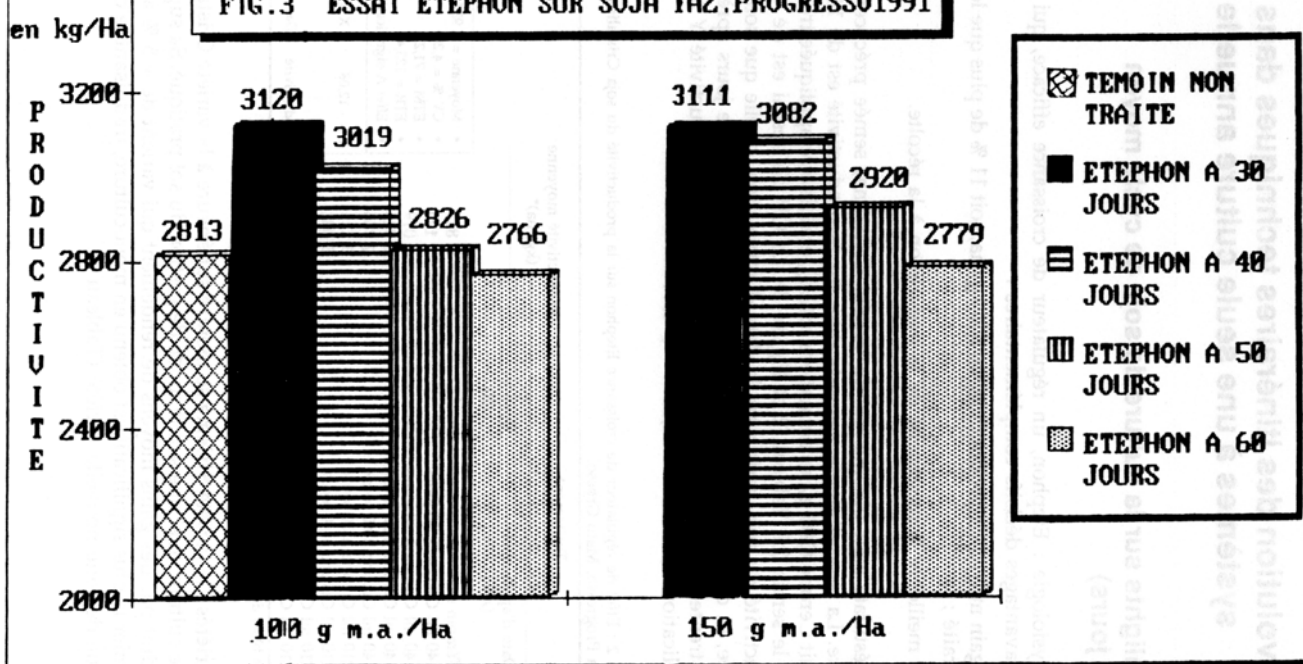


Tableau 3 : Productivités comparées (kg/ha) des variétés Cristalina et Siriema sur divers modes de gestion des sols et des cultures, 1990-91, Fazenda Progresso, Mato Grosso.

Mode de préparation du sol	Monoculture soja			Soja après riz			Soja après maïs		
	Cristalina (t)	Siriema (t)	(% t)*	Cristalina (t)	Siriema (t)	(% t)*	Cristalina (t)	Siriema (t)	(% t)*
Offset continu : • GR	1 636	1 629	(99)	1 902	2 136	(112)	2 915	3 219	(110)
Scarification : • ESCAR	1 858	2 258	(122)	ARE/ ESCAR 3 497	3 465	(99)	ARE/ ESCAR 3 065	2 833	(92)
Semis direct : • PD	1 431	1 952	(111)	2 875	3 145	(109)	2 835	3 158	(111)
Labour fin de cycle : • ARF	1 596	1 736	(109)	ARE/ ARF 3 219	3 252	(101)	ARE/ ARF 3 064	3 402	(111)
Labour début des pluies : • ARE	1 964	2 008	(102)	2 969	3 197	(108)	2 713	2 857	(105)
X monoculture	1 697	1 845	109	2 892	3 039	105	2 918	3 094	106

* Siriema/Cristalina X 100

■ **Fertilisation minérale** : étudiée dans le cadre de divers modes de gestion des sols et des cultures (et notamment dans la rotation soja - riz + sorgho), et à l'échelle de la toposéquence, elle met en évidence :

- sur sol argileux du sommet des collines et plateaux :
- une réponse nette du soja Cristalina aux formes solubles de P_2O_5 qui associent le soufre (superphosphate simple) pour l'obtention des meilleurs rendements. Les formes moins solubles de P_2O_5 (thermophosphate Yoorin) doivent, pour être aussi performantes, ou être concentrées sur la ligne de semis, ou associées avec un engrais binaire PK soluble (Tableau 4) ;
- sur sol de pente, argilo-sableux, la réponse du soja Cristalina est similaire (Tableau 4) ;
- dans les deux cas, les formules :
 - 500 kg/ha de superphosphate + 60 K_2O , localisée sur la ligne,
 - 500 kg/ha de thermophosphate Yoorin + engrais binaire soluble (50 P_2O_5 + 50 K_2O + oligo-éléments),

conduisent à des gains de productivité compris entre 4 et 14 %, par rapport à la fumure témoin (2 t/ha de calcaire dolomitique tous les trois ans + 400 kg/ha de 0-20-20 + oligo-éléments localisés sur la ligne). Les rendements de ces meilleures formules sont compris entre 3 700 kg/ha et 4 100 kg/ha, rendements remarquables dans cette écologie en grande culture (Tableau 4).

Tableau 4 : Productivité du soja de cycle moyen Cristalina, en fonction de divers niveaux et formes de fertilisation minérale d'entretien, dans le cadre de la rotation soja-riz+sorgho, 1990-91, Fazenda Progresso, Mato Grosso.

Sol de sommet de colline			Sol de pente		
Traitement	Productivité (kg/ha)	% T	Traitement	Productivité (kg/ha)	% T
Témoin (T) [1]	3 436	100	Témoin (T) [1]	3 346	100
Sans calcaire + TR (2)	3 795	109	Sans calcaire + TR (2)	3 548	105
1,5 t/ha calcaire + TR (2)	3 572	101	1,5 t/ha calcaire + TR (2)	3 547	104
3 t/ha calcaire + TR (2)	3 563	100	3 t/ha calcaire + TR (2)	3 379	97
1,5 t/ha calcaire + T1 (3)	3 669	101	1,5 t/ha calcaire + T1 (3)	3 538	101
3 t/ha calcaire + T1 (3)	3 868	106	3 t/ha calcaire + T1 (3)	3 432	97
1,5 t/ha calcaire + T2 (4)	3 742	101	1,5 t/ha calcaire + T2 (4)	3 748	105
3 t/ha calcaire + T2 (4)	3 923	105	3 t/ha calcaire + T2 (4)	3 776	105
Témoin (T) [1]	3 800	100	Témoin (T) [1]	3 648	100
500 kg/ha Yoorin dessus (5)	3 111	82	500 kg/ha Yoorin dessus (5)	2 787	77
500 kg/ha Yoorin incorporé	2 939	78	500 kg/ha Yoorin incorporé	3 483	97
1 000 kg/ha Yoorin dessus	3 144	84	1 000 kg/ha Yoorin dessus	3 702	105
1 000 kg/ha Yoorin incorporé	3 153	85	1 000 kg/ha Yoorin incorporé	3 142	90
1 500 kg/ha Yoorin dessus	3 133	86	1 500 kg/ha Yoorin dessus	3 404	99
1 500 kg/ha Yoorin incorporé	3 214	88	1 500 kg/ha Yoorin incorporé	3 278	96
1 500 kg/ha Supersimple (6)	4 122	114	1 500 kg/ha Supersimple (6)	3 680	109
500 kg/ha Yoorin + T1 (3)	3 725	104	Témoin (T) [1]	3 338	100
500 kg/ha Yoorin + T1/2 (7)	3 224	91	500 kg/ha Yoorin + T1 (3)	3 740	112
500 kg/ha Yoorin granulé localisé	3 728	106	Témoin (T) [1]	3 188	100
500 kg/ha Supersimple localisé	3 954	113	500 kg/ha Yoorin + T1/2 (7)	3 439	104
Témoin (T)	3 469	100	500 kg/ha Yoorin granulé localisé	3 680	108
			500 kg/ha Supersimple localisé	3 807	108
			Témoin (T)	3 623	100

Essai pérennisé, essai conduit en grande culture, dispositif collection testée (600 m²/parcelle élémentaire)

(1) Témoin = 2 t/ha calcaire (tous les 3 ans) + TR = 400 kg/ha 0-20-20 + oligo-éléments.

(2) TR = 400 kg/ha 0-20-20 + oligo-éléments.

(3) T1 = 250 kg/ha 0-20-20 + oligo-éléments.

(4) T2 = 500 kg/ha 0-20-20 + oligo-éléments

(5)

(6) T6 = Superphosphate simple

(7) T1/T2 = 125 kg/ha 0-20-20 + oligo-éléments.

□ Traitement les plus productifs.

Highlights sur riz pluvial en rotation avec soja et en terre neuve

■ **Amélioration variétale** : une série de nouvelles variétés, à haut potentiel de rendement en sols acides est sélectionnée simultanément dans trois écologies du Brésil (Etats du Nord : Piauí et Maranhão, Etat du Mato Grosso à l'ouest).

Ces variétés offrent les caractéristiques essentielles suivantes :

- résistances à la verse, à la pyriculariose foliaire et du cou, à la rynchosporiose ;
- cycle court pour les numéros 274, 276, 72 et 162 ;
- cycles moyens pour les numéros 26, 62, 171, 115, 114, 154, 180, 266, 190, 243, 244, 272 ;
- belle qualité de grain pour les cultivars numéros 284, 288, 286, 287, 289, 290,

Tableau 6 : Productivité (kg/ha) de nouvelles lignées IRAT, à très belle qualité de grain, 1990-91, Fazenda-Progresso, Mato Grosso.

Numéro lignée	Productivité (kg/ha)[1]
• 183	2 554
164	2 360
174	2 372
284	2 531
285	2 857
287	2 668
289	3 274
290	2 874
291	3 889
293	3 100
296	3 164
297	2 689
<hr/>	
• Témoin IRAT 216	2 970

Essai conduit en grande culture, 600 m²/lignée ou variété

(1) Semis de début décembre 1990 sur terre neuve.

Sol corrigé : 1 500 kg/ha de thermophosphate Yoorin
+ 2 t/ha de calcaire dolomitique
+ 60 N-60 K₂O

(2) Cycle court, de qualité de grain exceptionnelle : 92 % des grains classés en première catégorie fin et long.

Fortement attaqué par *Diatraea saccharalis* et *Tibraca limbativentris*
(30 à 40 % de panicules blanches)

- qualité de grain exceptionnelle (supérieure à IRAT 216) pour les cultivars : 183, 141, 174, 285, 297.

Leur potentiel de rendement oscille entre 2,5 et 4 t/ha, pour une date de semis très tardive de décembre (Tableau 6).

Les variétés surinamiennes, Ciwini et Diwoni, confirment leur excellente adaptabilité à la culture pluviale avec une résistance remarquable au borer *Diatraea saccharalis* et à la punaise *Tibraca limbativentris*; de qualité de grains exceptionnelle, et très résistantes à la verse et au rynchosporium, ces variétés constituent sans aucun doute,

un « relais de choix » pour les croisements indica X japonica.

Parmi les autres sources de beau grain, très productives, on citera CIAT 20, CIAT 24, Ciwini, Diwoni (Tableau 5, Figure 4).

A signaler enfin, en cycle long, le bon comportement en culture pluviale, de la variété Mana 1 et de la variété 49/2/10 (issue du croisement Apura X Cabassou).

Toutes les lignées sélectionnées ont été transmises :

- à l'IRAT, au Germoplasm à Montpellier, pour être nommées et inscrites au catalogue.
- A M. KOFFI GOLI, directeur de l'IDESSA*, lors de sa mission au Brésil en avril 1991 ;
- Au CNPAF EMBRAPA de Goiânia.

* Recherche agronomique de Côte-d'Ivoire, Institut des savanes, IDESSA, Bouaké.

Tableau 5 : Compétition de cultivars de riz pluvial en grande culture sur ouverture des terres de Cerrado, 1990-91, Fazenda Progresso, Mato Grosso.

Variété	Notes pyriculariose foliaire (1)	Notes pyriculariose du cou (2)	Productivité (kg/ha)	% T (IRAT 216)
IRAT 216 Témoin (T)	2-3	1	2 557	100
CIAT 15 ()	4-5	3	2 957	113
CIAT 18 ()	5	4	2 516	96
CIAT 20 ()	2-3	2	3 432	131
CIAT 22 ()	4-5	5	2 312	88
CIAT 24 ()	5-6	5	2 342	89
N° 6 (IRAT 335)	1-2	1	2 674	101
IRAT 216 (T)	2-3	1	2 646	100
CIWINI*	1-2	2	1 470	58
49/2/10*	1-2	2	1 823	75
DIWONI	2	2	2 758	119
IRAT 216 (T)	2	2	2 212	100

Essai en grande culture dispositif collection testée : Parcelle élémentaire supérieure à 1 ha, niveau de correction phosphatée = 50 % du niveau recommandé, 800 kg/ha thermophosphate Yoorin + 100 kg/ha KCl 60 N couverture + 2 t/ha calcaire dolomitique.

(1) Echelle de notation internationale : de 1 (de 0 à 5 % surface) à 9 (75 à 100 % surface détruite).

(2) Echelle de notation internationale : de 1 (de 0 à 5 % panicules attaquées) à 9 (75 à 100 % panicules attaquées)

* Très forte densité de semis + fortes attaques de *Diatraea saccharalis* (Borer) : environ 40 % de dégâts.

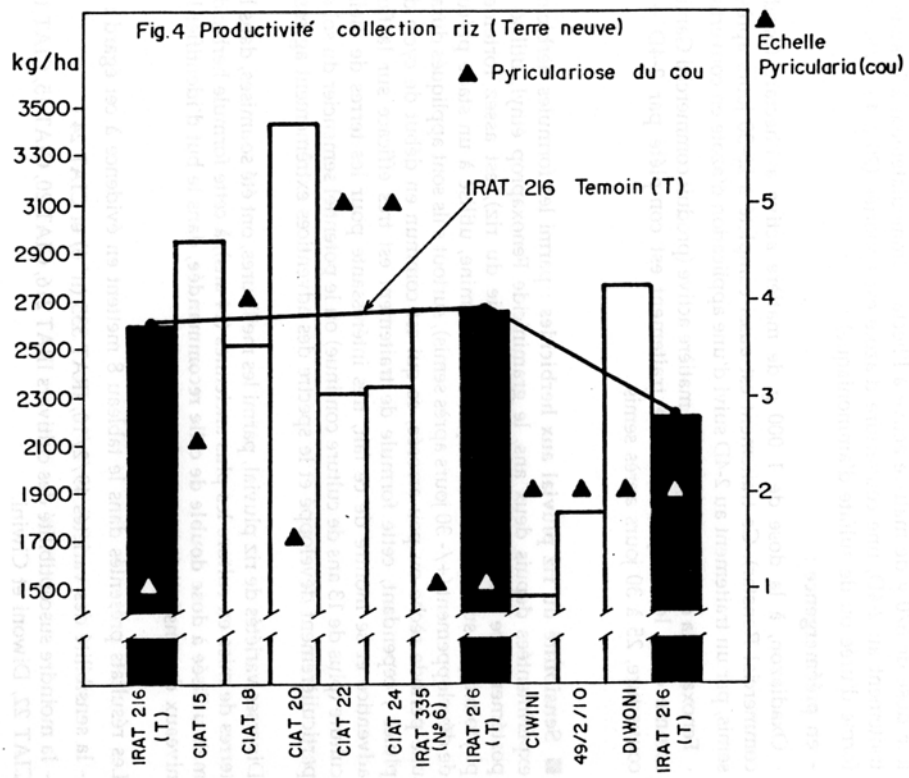
■ **Lutte contre les adventices** : les mauvaises herbes constituent un facteur limitant essentiel, dès lors que la mise en culture continue est supérieure à six ans et que la culture de riz pluvial est pratiquée avec l'offset (SEGUY *et al.*, 1, 4).

La flore adventice est, dans ces conditions, extrêmement agressive puisqu'elle réduit les rendements à **zéro**, si des herbicides efficaces ne sont pas utilisés (Tableau 7) ; les espèces les plus compétitives pour la culture sont, parmi les graminées :

– *Cenchrus echinatus*, *Eleusine indica*, *Digitaria insularis* et *horizontalis*, *Echinochloa colona*, *Brachiaria plantaginea*.

Parmi les dycotylédones, les plus agressives sont :

– *Commelina diffusa*, *Acanthospermum australe*, *Bidens pilosa*, *Cyperus sesquiflorus*, *Euphorbia heterophylla*, *Sida* (diverses), *Ipomea* (diverses), diverses rubiacées.



Parmi les herbicides expérimentés, dans des conditions de croissance favorables aux adventices (offset X mise en culture supérieure à 13 ans), les herbicides ou mélanges, les plus efficaces et de phytotoxicité acceptables sont (Tableau 7) :

– **en postémurgence** : Fenoxaprop éthyl, appliqué à partir du stade cinquième feuille vraie du riz (+/- 25 jours après semis), à la dose de 120 g de matière active à l'hectare (produit commercial Furore). Ce traitement antigraminées est complété, 5 à 6 jours après par un traitement antidycotilédones : 2-4D, utilisé à la dose de 670 g de matière active à l'hectare. Immédiatement à la suite du traitement au 2-4D, une couverture d'azote est apportée (20 à 45 N/ha sous forme d'urée ou de sulfate d'ammoniaque) ;

– **en préémurgence** :

- Oxadiazon, à la dose de 1 000 g de matière active à l'hectare (produit commercial Ronstar). Ce traitement est aussi complété à 25-30 jours après le semis, par un traitement au 2-4D suivi d'une application d'azote en couverture,
- Fenoxan, à la dose de 650 g/ha de matière active (produit commercial Gamit) ; comme dans le cas précédent, ce traitement est complété par 2-4D + N couverture, 25 à 30 jours après semis.

■ **Sensibilité du riz pluvial aux herbicides** : parmi les formules herbicides expérimentées depuis deux ans, le graminicide Fenoxaprop éthyl, utilisé en postémurgence (stade cinquième feuille vraie du riz), est assez fortement phytotoxique sur riz, de même que le 2-4D amine, utilisé à un stade précoce de développement (+/- 30 jours après semis), surtout s'ils sont appliqués durant une période sèche ou peu arrosée, ce qui est commun en début de cycle des pluies ; cependant, cette formule de traitement est très efficace sur la flore adventice et se montre de ce fait, très intéressante pour les terres de vieille culture (plus de 13 ans de culture continue) où le potentiel semencier du sol est particulièrement développé et le spectre des adventices extrêmement agressif.

Diverses variétés de riz pluvial, parmi les meilleures, ont été soumises, dans les terres de mise en culture les plus anciennes (14 ans), à cette formule herbicide, mais utilisée à **dose double de celle recommandée**, dans le but d'identifier les niveaux de sensibilité du matériel végétal.

Les résultats présentés dans le tableau 8 mettent en évidence à cet égard :

- la sensibilité des variétés 49/2/10, IRAT 335 (n° 6) et CIAT 24 () ;
- la moindre susceptibilité des cultivars IRAT 216, CIAT 20, CIAT 15, CIAT 18, CIAT 22, Diwoni et Ciwini.

Ces réactions variétales seront prises en compte pour le choix des variétés à vulgariser, et éventuellement pour le choix de géniteurs en sélection.

Tableau 7 : Essai herbicides sur riz pluvial cultivé en conditions de croissance défavorables (offet X fort potentiel semencier du sol), Fazenda Progresso, 1990-1991, Mato Grosso.

Traitements dosage et époques d'application (JAS = jours après semis) [1]	Effet herbicide (échelle EWRC)[2]		Productivité en Kg/ha	% T	Productivité témoin non traité non sarclé - Kg/ ha
	sur adventices (efficacité)	sur riz (phytotoxicité)			
(1) 120 g/ha Fenoxaprop (25 JAS) 4 670 g/ha 2-4D (30 JAS) Témoin (T)	1-2	4	1 642	100	0
(2) 120 g/ha Fenoxaprop (25 JAS) + 750 g/ha Ioxynil (30 JAS)	5	4-5	1 224	77	0
(3) 120 g/ha Fenoxaprop + 670 g/ha 2-4D en mélange (25 JAS)	5	3	1 314	86	0
(4) Témoin - (T)	1-2	4	1 484	100	0
(5) 2 880 g Propanil + 224 g/ha 2-4D esper, en mélange (30 JAS)	5	4	1 331	89	0
(6) 3 600 g Propanil + 280 g/ha 2-4D esper, en mélange (30 JAS)	6	4	1 454	97	0
(7) Témoin - (T)	1-2	4	1 512	100	0
(8) 90 g/ha Fenoxaprop (25 JAS) + 500 g/ha 2-4D (30 JAS)	6	3	1 350	88	0
(9) 90 g/ha Fenoxaprop + 375 g/ha Ioxynil en mélange (25 JAS)	5	4-5	1 240	79	0
(10) 90 g/ha Fenoxaprop + 60 g/ha Chlorimuron ethyl en mélange (25 JAS)	4	4-5	1 415	89	0
(11) Témoin (T)	1-2	4	1 615	100	0
(12) 1 000 g/ha Oxadiazon en pré- émergence + 670 g/ha 2-4D (25 JAS)	3-4	1	1 484	92	0
(13) 90 g/ha Fenoxaprop + 720 g Bentazon en mélange (25 JAS)	6	3	1 114	69	0
(14) 1 500 g/ha Pendimethaline en pré- émergence + 670 g/ha 2-4D (25 JAS)	6	1	1 085	67	0
(15) 500 g/ha Fenoxan en préémergence + 670 g/ha 2-4D (25 JAS)	5	1	1 381	86	0
(16) 650 g/ha Fenoxan en préémergence + 670 g/ha 2-4 (25 JAS)	3	2	1 510	94	0
(17) 90 g/ha Fenoxaprop + 250 g/ha Fomesafen - en mélange (25 JAS)	3	5	1 344	84	0
(18) Témoin (T)	1-2	4	1 602	100	0

Essai en grande culture : 3 000 m²/parcelle élémentaire dont 600 m² non traités, non sarclés. Dispositif, collection testée avec témoin intercalé.

(1) Produits commerciaux :

Témoin (T) = Furore + 2-4D (traitements 1, 4, 7, 11, 18) ; 2 = Furore + Totril ; 3 = Furore + 2-4D ; 5 et 6 = Herbanil ; 8 := Furore + 2-4D ; 9 = Furore + Totril ; 10 = Furore + classic ; 12 = Ronstar + 2-4D ; 13 = Furore + Basagran ; 14 = Herbadox + 2-4D ; 15 et 16 = Gamit + 2-4D ; 17 = Furore + Flex.

(2) Echelle EWRC, efficacité, note 1 (100 % contrôle) à 9 (% contrôle), phytotoxicité, note 1 (sans) à 9 (perte totale)

■ La fertilisation de correction sur culture de riz pluvial en terre neuve

Les tableaux 9, 10 et 11 qui résument les principaux résultats obtenus, mettent en évidence :

- les réponses du riz pluvial aux différents niveaux et formes de correction des sols sont similaires sur sol de sommet de colline et sur sol de pente (Tableaux 9, 10 et 11) ;
- la technique de semis direct, tentée dès la première année de culture dans le souci de préserver l'excellente structure de départ de ces sols, ne permet d'obtenir que 50 % en moyenne des rendements produits pour les mêmes niveaux de correction avec travail du sol à l'offset : cette technique qui est donc bien la seule possible et nécessaire en première année d'ouverture des terres (Tableau 9) ;
- le thermophosphate Yoorin Bz, appliqué à la dose de 1 500 kg/ha (amortissable sur quatre cultures) est la forme de correction phosphatée qui génère les

Tableau 8 : Sensibilité variétale à l'application massive d'herbicides (1), 1990-91, Fazenda Progresso, Mato Grosso.

Variété	Notes sensibilité (2)	Productivité (kg/ha)	% T (IRAT 216)
IRAT 216 Témoin (T)	2	1 541	100
49/2/10	3	1 150	75
CIWINY*	2	1 607	104
DIWONI	2	1 802	117
N° 6 (IRAT 335)	3	1 045	68
CIAT 15 (CT-6196-33-11-1-2-B)	2	1 233	80
CIAT 18 (CT-6196-33-11-2P-6-B)	2	1 587	103
CIAT 20 (CT-6196-33-11-1-B)	2	1 866	121
CIAT 22* (2	1 752	114
CIAT 24 (CT-6241-19-2-5-2-B)	3	1 381	90

Essai conduit en grande culture (1 500 m²/parcelle élémentaire)

(1) Herbicides appliqués :

- Fenoxaprop 25 jours après semis, 240 g/ha
- + 2-4D amine 6 jours après semis, 670 g/ha
- + 2-4D amine 40 jours après semis, 670 g/ha
- soit le double des doses recommandées.

(2) Notes visuelles de 0 à 4 :

- 0 = aucun symptôme de sensibilité
- 1 = très peu sensible
- 2 = assez sensible
- 3 = sensible
- 4 = très sensible

* Nom de lignée non reçue

Tableau 9: Productivité (kg/ha) et sensibilité à pyriculariose du riz pluvial en fonction du niveau de fertilisation de correction, sur couverture de terres de cerrado, 1990-91, Fazenda-Progresso, Mato Grosso

Niveau de fertilisation de correction phosphate	Toposéquence											
	Sol de sommet de colline						Sol de pente					
	Offset			Semis direct			Offset			Semis direct		
	Sans calcaire	2 t/ha calcaire	4 t/ha calcaire	Sans calcaire	2 t/ha calcaire	4 t/ha calcaire	Sans calcaire	2 t/ha calcaire	4 t/ha calcaire	Sans calcaire	2 t/ha calcaire	4 t/ha calcaire
• 1 500 KG/ha thermphosphate Yoorin BZ (témoin)*	1 778 (1)	1 855 (1-2)	2 447 (1-2)	752 (1)	907 (1)	1 014 (1-2)	1 768 (1)	1 788 (1-2)	1 888 (1-2)	573 (1)	602 (1)	742 (1)
• Sans thermophosphate + 300 kg/ha NPK soluble localisé (15 N-90 P ₂ O ₅ -45 K ₂ O)	695 (3)	1 268 (3-4)	1 646 (3-4)	347 (2)	725 (3)	690 (2-3)	530 (3)	1 030 (4)	1 370 (1-2)	267 (2)	430 (3)	507 (3)
• 500 kg/ha thermophosphate Yoorin BZ + 200 kg/ha NPK soluble localisé (10 N-60 P ₂ O ₅ -30 K ₂ O)	1 400 (2)	1 502 (2)	1 840 (2-3)	752 (2)	966 (2-3)	986 (2)	1 302 (2)	1 463 (2-3)	1 370 (3-4)	573 (1)	815 (2)	1 004 (2-3)
• 1 500 kg/ha thermophosphate Yoorgin BZ (témoin)	2 049 (1)	2 154 (1-2)	2 300 (1-2)	1 121 (1)	1 153 (1)	1 034	1 495 (1)	1 672 (1)	1 710 (1-2)	600 (1)	610 (1)	752 (1-2)

Essai grande culture, 2 500 m²/parcelle élémentaire, variété IRAT 216.

• Dispositif collection testée. Toutes les parcelles ont reçu le même niveau total N K₂O, soit : 60-60

() Notes de pyriculariose du cou (échelle internationale de 1 à 9 : 1 = 0 à 5 % panicules attaquées... 9 = 100 %)

* Le thermophosphate Yoorin BZ est le produit de la fusion d'un phosphate naturel avec du silicate de magnésium ; sa formule est voisine de celle de nos scories Thomas.

rendements les plus élevés et le meilleur état sanitaire du riz pluvial (Tableau 9) ;

– la formule NPK, appliquée sans thermophosphate, et localisée sur la ligne favorise la susceptibilité de la variété IRAT 216 à la pyriculariose (Tableau 9), et des rendements nettement inférieurs à ceux obtenus avec 1 500 kg/ha de thermophosphate Yoorin ;

Tableau 10 : Influence de deux formes d'engrais phosphatés appliquées par pelletisation de semences, sur la productivité du riz pluvial en terre neuve de cerrado, 1990-91, Fazenda-Progresso, Mato Grosso

Traitements fumures + pelletisation semences	Toposéquence					
	Sol de sommet de colline			Sol de pente		
	Travail du sol à l'offset			Semis direct		
	Sans calcaire	2 t/ha calcaire	4 t/ha calcaire	Sans calcaire	2 t/ha calcaire	4 t/ha calcaire
Témoin	615	1 268	1 646	423	560	461
Fumure NPK sur la ligne (1) 1. Semences non pelletisées						
Fumure NPK sur la ligne (1) 2. Semences pelletisées avec thermophosphate Yoorin Bz (2)	480	1 400	1 648	542	818	900
Fumure NPK sur la ligne (1) 3. Semences pelletisées avec superphosphate simple (2)	1 044	1 659	1 846	890	930	1 210
500 kg/ha thermophosphate Yoorin Bz + fumure NPK sur la ligne (1) 4. Semences non pelletisées	1 400	1 502	1 840	573	815	1 004

Essai grande culture, 2 500 m²/parcelle élémentaire, variété riz IRAT 216.

(1) Fumure NPK, localisée sur la ligne de semis :

traitements 1, 2, 3 : 15 N - 90 P₂O₅ - 60 K₂O

traitement 4 : 10 N - 60 P₂O₅ - 60 K₂O-

+ 50 N couverture

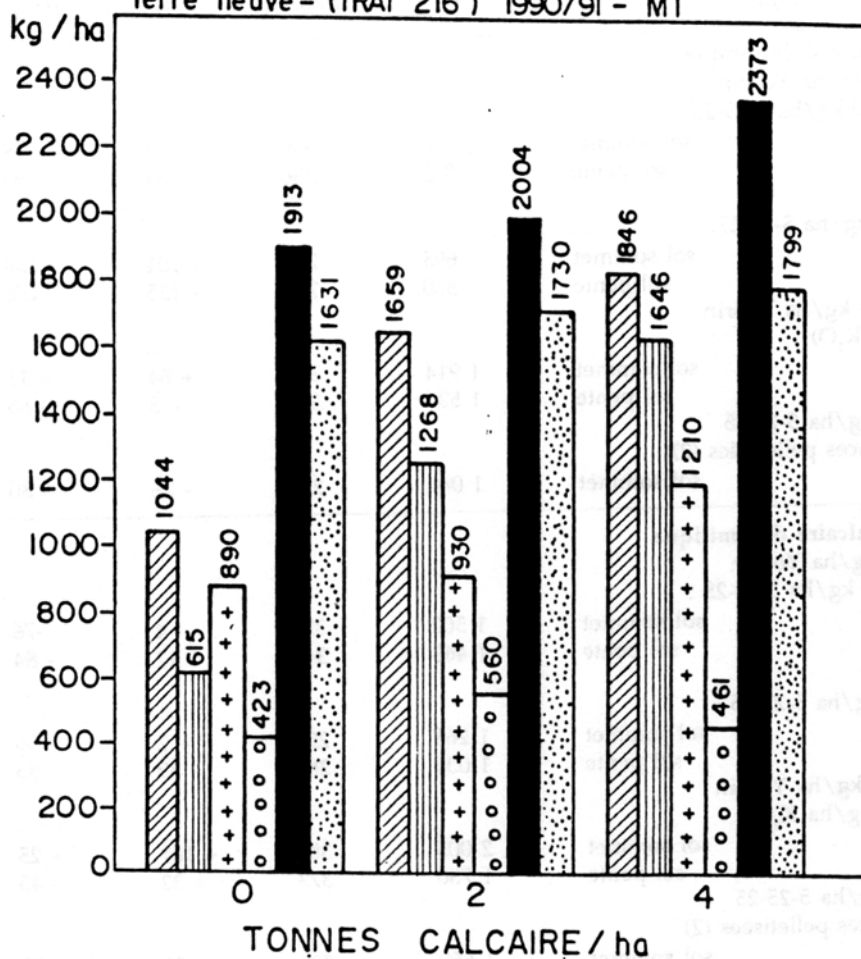
(2) Pelletisation de semences faite avec gomme arabique :

200 g de thermophosphate par kilo de semences de riz (+/- 12 kg/ha)

200 g de superphosphate simple par kilo de semences de riz (+/- 12 kg/ha)

– le traitement semences pelletisées avec superphosphate simple est particulièrement efficace, puisqu'il génère des rendements pratiquement équivalents à ceux obtenus avec les formules les plus efficaces de correction (Tableau 10, Figure 5). Cette technique est à confirmer et à développer compte tenu de son importance économique, comme le montrent les résultats économiques du tableau 11, où cette formule permet de dégager des marges nettes positives, supérieures à 50 US\$/ha (en présence de 2 t/ha de calcaire). Seule cette formule, qui est la plus rémunératrice, et la fumure de 1 500 kg/ha de thermophosphate (quel que soit la dose de calcaire associée), permettent des bénéfices positifs (Tableau 11).

Fig.5 Reponse du riz pluvial a la fertilisation minerale en terre neuve - (IRAT 216) 1990/91 - MT



- ▨ Semences pellétisées - sol de sommet + 300 kg/ha 5-25-25 + Micro
- ▤ Semences non pellétisées - sol de sommet + 300 kg/ha 5-25-25 + Micro
- ⊕ Semences pellétisées - sol de pente + 300 kg/ha 5-25-25 + Micro
- ⊙ Semences non pellétisées - sol de pente + 300 kg/ha 5-25-25 + Micro
- Semences non pellétisées - sol de sommet 1500 kg/ha thermophosphate yoorin + 100 kg/ha KCl
- ▤ Semences non pellétisées - sol de pente 1500 kg/ha thermophosphate yoorin + 100 kg/ha KCl

Tableau 11 : Performances économiques de la culture de riz pluvial (IRAT 216) en terre neuve de cerrado en fonction de divers niveaux et formes de fumures de correction, 1990-91, Fazenda-Progresso, Mato Grosso.

Niveaux et formes de fumures (1)	Productivité (kg/ha)	Coût de production (US\$/ha)	Marges brutes (US\$/ha)	Marges nettes (US\$/ha)	Taux de rentabilité (%)
■ calcaire dolomitique					
500 kg/ha Yoorin					
+ 200 kg/ha 5-25-25 :					
sol sommet	1 400	339	- 11	- 79	- 19
sol pente	1 302	336	- 31	- 99	- 24
300 kg/ha 5-25-25					
sol sommet	695	264	- 101	- 154	- 49
sol pente	530	250	- 125	- 176	- 70
1 500 kg/ha Yoorin (+60 K ₂ O)					
sol sommet	1 914	364	+ 84	+ 11	+ 2
sol pente	1 531	353	+ 5	- 65	- 15
■ 300 kg/ha 5-25-25 + semences pelletisées (2)					
sol sommet	1 044	270	- 26	- 80	- 25
2 t/ha calcaire dolomitique					
500 kg/ha Yoorin					
+ 200 kg/ha 5-25-25 :					
sol sommet	1 502	356	- 4	-76	- 18
sol pente	1 463	342	- 12	- 84	- 20
300 kg/ha 5-25-25					
sol sommet	1 268	294	+ 2	- 56	- 16
sol pente	1 030	280	- 39	- 95	- 34
1 500 kg/ha Yoorin (+60 kg/ha K ₂ O)					
sol sommet	2 005	382	+ 101	+ 25	+ 5
sol pente	1 730	373	+ 32	- 43	- 9
■ 300 kg/ha 5-25-25 + semences pelletisées (2)					
sol sommet	1 659	300	+ 38	+ 52	+ 15
4 t/ha calcaire dolomitique					
500 kg/ha Yoorin					
+ 200 kg/ha 5-25-25 :					
sol sommet	1 840	376	+ 54	- 21	- 4
sol pente	1 659	371	+ 17	- 57	- 13
300 kg/ha 5-25-25					
sol sommet	1 646	316	+ 69	+ 6	+ 1
sol pente	1 370	301	+ 20	0	0
1 500 kg/ha Yoorin (+60 K ₂ O)					
sol sommet	2 223	398	+ 122	+ 43	+ 9
sol pente	1 800	386	+ 35	- 42	- 9
■ 300 kg/ha 5-25-25 + semences pelletisées (2)					
sol sommet	1 846	325	+ 107	+ 42	10

Essai grande culture, 2 500 m²/parcelle élémentaire.

(1) Tous les traitements ont reçu 60 N en couverture. Tous les niveaux de fumure sont amortis sur un an, exceptée la forme 1 500 kg/ha thermophosphate Yoorin Bz qui est amortie sur deux ans (3 à 4 cultures).

(2) Semences pelletisées avec 200 kg/ha de semences, de superphosphate simple (avec gomme arabique).

Tableau 12 : Influence du traitement insecticide des semences de riz pluvial, sur le nombre de pieds levé, le nombre de pieds final et la productivité de IRAT 216, 1990-91, Fazenda Progresso, Mato Grosso.

Traitements*	Nombre de pieds levés (1)	Nombre de pieds final (2)	(2) — × 100 (1)	Productivité (kg/ha) [3]
• Témoin semences non traitées	61	55	57	1 680
• Furadan (4) 1,5 l/100 kg semences	73	34	46	1 233
• Semevin 1,5 l/100 kg semences	74	38	52	1 690
• Semevin 1,5 l/100 kg semences	69	43	62	1 928
• Furadan 1 l/100 kg semences	69	45	65	1 677
• Furadan (4) 1,5 l/100 kg semences	63	37	59	1 810
• Témoin semences non traitées	65	37	57	1 918

* Essai conduit en vraie grandeur, 420 m²/parcelle élémentaire, semis mécanisé

(1) Mesurés sur 2 m linéaires : 6 répétitions/parcelle

(2) Mesurés sur 2 m linéaires sur le même emplacement que (1) : 6 répétitions/parcelle

(3) Mesurée sur chaque emplacement (1) et (2) et parcelle totale (moissonneuse-batteuse) : Attention :

- date de semis très tardive (janvier 91)

- fortes attaques de *Tibraca limbativentris*, en fin de cycle qui ont faussé l'interprétation finale

(4) Traitement de référence de la Fazenda Progresso

Furadan = Carbofuran

Semevin 350 A = Thiodicarb

■ La protection du riz pluvial contre les insectes en début de cycle

Les attaques d'insectes peuvent gravement compromettre la culture de riz pluvial, dès le début du cycle végétatif, ce sont :

- chez les homoptères, les Cigarrinhas (*Graphocephala* sp., *Exitianus obscurinervis*, *Balclutha* sp., *Draeculacephala* sp., *Deois flavopicta*, *Deois schch.*, *Deois flexuosa*, *Zulia* sp.) ;
- chez les lépidoptères, le borer *Elasmopalpus lignosellus* ;
- chez les orthoptères, les genres *orhullella*, *gryllotapa* ;
- enfin, les termites (genres *syntermes*, *procomitermes* et *cornitermes*).

Le traitement des semences est de ce fait totalement justifié.

Deux matières actives sont comparées sur semences de riz IRAT 216 : le Carbofuran et le Thiodicarb. Les résultats résumés dans le tableau 12, mettent en évidence :

- compte tenu du semis trop tardif (10 janvier 91), les attaques d'insectes ont été très modérées en début de cycle ;

– en outre, une attaque massive et repérée tardivement de *Tibraca limbativentris* en fin de cycle fausse complètement l'interprétation finale. Cet essai est à reconduire en début de cycle des pluies en 1991.

Highlights sur maïs en rotation avec soja

Les soles céréales, pratiquées en rotation ou en successions annuelles, sont indispensables à l'obtention et ensuite au maintien de hautes productivités de soja dans la région (L. SEGUY, S. BOUZINAC, 1, 4).

Maïs, sorgho et riz pluvial sont à cet égard des options de cultures également possibles.

Malheureusement, les coûts payés pour le produit maïs à la récolte, sont extrêmement bas, incertains car non soutenus ; il faut donc produire actuellement, plus de 6 tonnes à l'hectare de maïs pour, à la fois :

- dégager des marges suffisamment attractives (Figure 9) ;
- bénéficier du maximum de retombées agronomiques sur la culture de soja suivante (recyclages importants de paille, des éléments minéraux en profondeur, etc., SEGUY *et al.*, 1 et 4).

Trois actions de recherches complémentaires sont conduites dans ce sens :

- **essais variétaux** : hybrides du programme RPA/CIRAD-IRAT comparés aux meilleurs hybrides ou composites disponibles sur le marché, dans le cadre de la rotation maïs-soja ;
- **évaluation** en grande culture, des meilleurs hybrides, déjà identifiés les années précédentes, dans la même rotation ;
- **lutte contre les mineurs de tiges** (*Diatraea saccharalis*) et des épis (*Heliopsis*) dont le développement est en progression constante et qui constituent le principal facteur limitant de la culture dans cette région.

Les principaux résultats, réunis dans les tableaux 13, 14, 15 et la figure 6, permettent de tirer les conclusions suivantes :

■ Essais variétaux du programme Rhodia Agro/CIRAD-IRAT

Les tableaux 13 et 14 qui résument les performances de rendement des hybrides testées, comparés au témoin A6405, ainsi que l'interprétation statistique des deux essais, permettent de tirer les conclusions suivantes :

(1) Les rendements sont restés limités par une déficience nette en soufre (N et K de couverture apportés exclusivement sous forme de 25025, formule sans soufre).

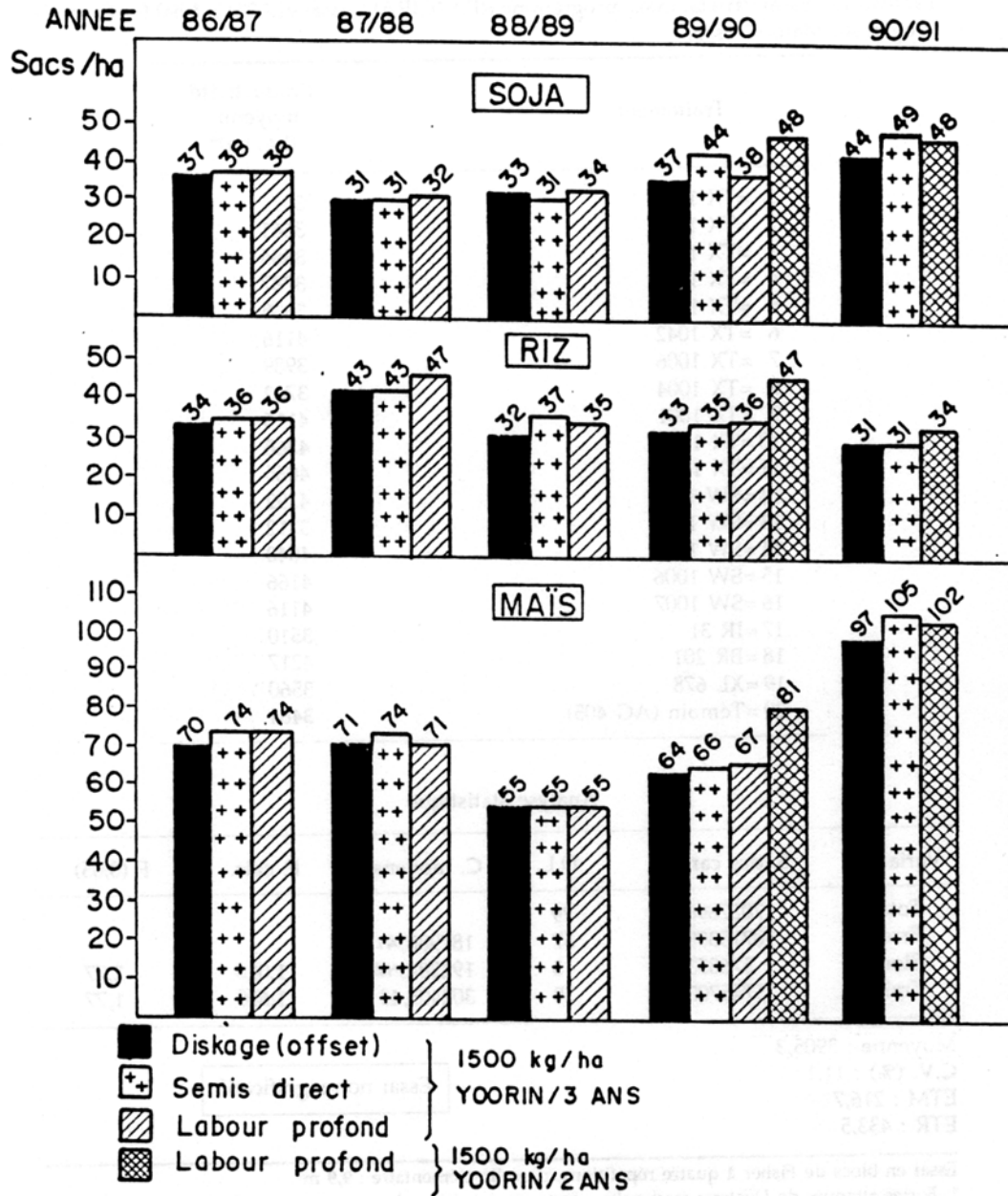


Fig.9 Evolution des couts de production - 1986/91

Tableau 13 : Essai variétal maïs, programme RPA/CIRAD, essai 91A2412, 1990-91, Fazenda-Progresso, Mato Grosso.

Traitement	Productivité moyenne (kg/ha)*
1 =TX 1027	3 611,1075
2 =TX 1025	3 661,6125
3 =TX 1028	3 686,865
4 =TX 1046	3 787,875
5 =TX 1043	3 838,38
6 =TX 1042	4 116,1575
7 =TX 1006	3 989,895
8 =TX 1004	3 762,6225
9 =TX 1001	4 116,1575
10 =TX 1007	4 368,6825
11 =TX 1036	4 065,6525
12 =SW 1004	4 292,952
13 =SW 1026	3 712,1175
14 =SW 1024	4 040,4
15 =SW 1006	4 166,6625
16 =SW 1007	4 116,1575
17 =IR 31	3 510,0975
18 =BR 201	4 217,1717
19 =XL 678	3 560,6025
20 =Témoin (AG 405)	3 484,845

Analyse statistique					
Variation	S. des carrés	D.L.	C. moyens	F. calc.	F (0,05)
Total	17037896	79			
Erreur	10715339	57	187988,41		
Blocs	576853,25	3	192284,42	1,023	2,77
Trait.	5745703,2	19	302405,43	1,609	1,77

Moyenne : 3905,3

C.V. (%) : 11,1022

ETM : 216,788

ETR : 433,576

Essai non significatif

Essai en blocs de Fisher à quatre répétitions, parcelle élémentaire : 9,9 m²

* Fortes attaques de *Diatraea saccharalis* + forte casse précoce due aux orages violents, avant formation définitive des grains.

Au total, pertes élevées : la population de plants récoltés par hectare, est presque toujours inférieure à 30 000 pieds/ha.

Tableau 14 : Essai variétal maïs, programme RPA/CIRAD, essai 91A25-9, 1990-91, Fazenda-Progresso, Mato Grosso.

Traitement	Productivité moyenne (kg/ha)*
1 =TX 1009	3 686,865
2 =SW 1047	3 888,885
3 =TX 1029	3 737,37
4 =TX 1047	3 863,6325
5 =TX 1044	4 040,4
6 =TX 1045	3 636,36
7 =SW 1041	3 585,855
8 =SW 1046	3 939,39
9 =SW 1043	3 686 865
10 =SW 1044	3 434,34
11 =SW 1040	3 611,1075
12 =SW 1048	3 611,1075
13 =TX 1013	3 989,895
14 =SW 1012	3 712,1175
15 =TZ 1001	3 914,1375
16 =TX 1040	3 712,1212
17 =IR 31	3 712,1175
18 =BR 201	3 888,885
19 =XL 678	3 737,37
20 =Témoin (AG 405)	3 459,5925

Analyse statistique

Variation	S. des carrés	D.L.	C. moyens	F. calc.	F (0,05)
Total	13384322	79			
Erreur	9915294,9	57	173952,54		
Blocs	1348839,2	3	449613,08	2,585	2,77
Trait.	2120187,6	19	111588,02	0,6415	1,77

Moyenne : 3742,42

C.V. (%) : 11,1446

ETM : 208,538

ETR : 417,076

Essai non significatif

Essai en blocs de Fisher à quatre répétitions, parcelle élémentaire : 9,9 m²

* Fortes attaques de *Diatraea saccharalis* + forte casse précoce due aux orages violents, avant formation totale des grains.

Au total, pertes élevées : la population de plants récoltés par hectare, est presque toujours inférieure à 30 000 pieds/ha.

Tableau 15 : Evaluation, en grande culture, des meilleurs hybrides retenus en 1989-90, 1990-91, Fazenda Progresso, Mato Grosso.

Variété	Productivité (kg/ha) [2]	% T
AG 405 (Témoin 1990-91) [T]	2 396	100
IR 30	3 973	160
IR 31	2 700	106
AG 405-T	2 628	100
IR 101	3 295	125
IR 102	3 036	114
IR 200	3 148	118
AG 405-T	2 691	100
IR 201	3 136	117
IR 202	3 244	123
IR 203	3 191	122
TX 1015	3 566	137
TX 1016*	4 641	180
AG 405-T	2 548	100

Essai conduit en grande culture 1 000 m²/parcelle semis le 27/10/90

- Dispositif : collection testée
- Rotation : maïs après soja
- Travail du sol : labour profond au soc
- Fertilisation minérale = 80 N-120 P₂O₅ - 60 K₂O N fractionné (2 applications)
- Herbicide = Triamex 4 l/ha en préémergence

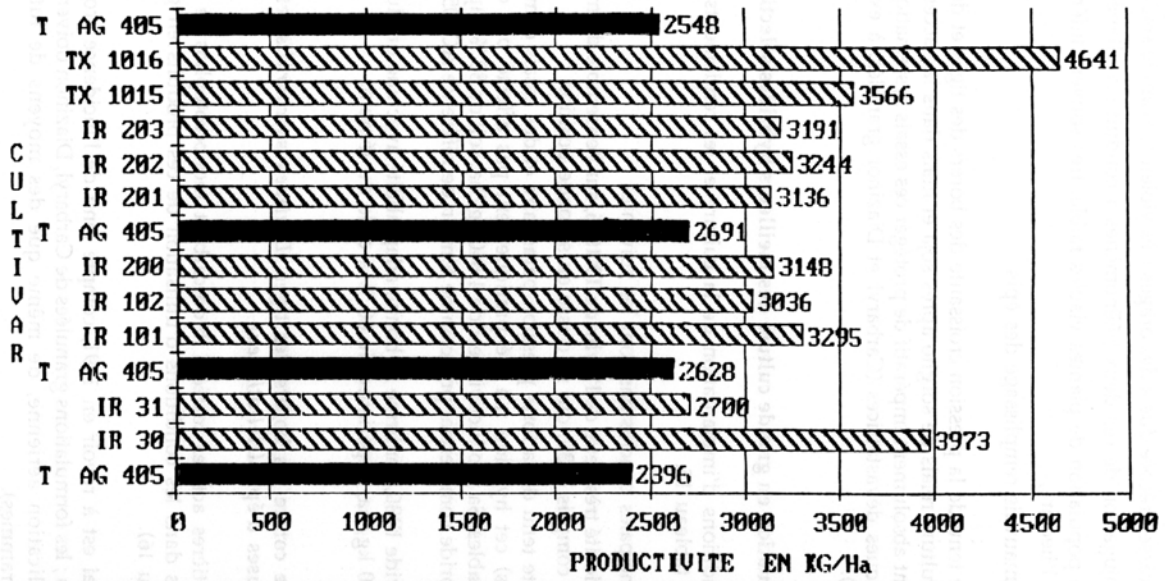
(1) Sélectionnés en 1989-90.

(2) Récolte mécanisée

Fortes attaques de *Diatraea saccharalis* et *Heliothis*
Forte casse précoce due aux orages violents

* Hybride, plus résistant aux borers et au vent.

FIG.6 MULTIPLICATION HYBRIDES DE MAIS RPA /IRAT-FAZ.PROGRESSO 1990/91



– aucun des deux essais n'est significatif et leur moyenne générale de productivité est faible : 3 742 kg/ha (essai 91AP25-9) et 3 905 kg/ha (essai 91AP2412). Ces rendements moyens, modestes, sont dues à deux causes à effets négatifs cumulatifs :

- fortes attaques du borer *Diatrea saccharalis* et du borer des épis (*Helicoverpa*),
- forte casse précoce due à des orages très violents, avant le stade grain laiteux,
- la conjugaison de ces deux phénomènes a conduit simultanément :
 - à une population de plantes viables faible, très souvent inférieure à 30 000 pieds à l'hectare,
 - à un mauvais remplissage des épis.

Compte tenu de la pression croissante des borers des tiges et des épis, facilité par la culture relais de sorgho après soja et maïs dans la succession annuelle, il devient absolument impératif de protéger ces essais systématiquement contre ces attaques dévastatrices (Carbaryl et Diazinor granulés, à expérimenter en 1991-92).

■ Evaluation en grande culture des meilleurs hybrides sélectionnés en 1989

Les conditions d'implantation de la culture et les rendements sont résumés dans le tableau 15.

Les principales conclusions sont les suivantes :

- supériorité très nette de l'hybride TX1016, sur l'ensemble du matériel végétal testé, y compris IR30, qui se classe en seconde position ;
- compte tenu de la forte pression parasitaire et des essais climatiques (vents violents) cet hybride n'a été pratiquement pas affecté par ces conditions défavorables. Sa productivité est de 4 640 kg/ha, soit de 80 % supérieure à celle de l'hybride commercial pris comme témoin de référence AG405 (Tableau 15) ;
- l'hybride IR30, confirme sa bonne adaptabilité avec une productivité voisine de 4 000 kg/ha, supérieure de 60 % à celle du témoin.

■ Lutte contre les borers des tiges (*Diatraea saccharalis*) et les chenilles dévoreuses d'épis (*Heliothis zea*)

Les matières actives testées, thiodicarb et monocrotophos se montrent peu efficaces dans les conditions d'utilisation de ces produits en grande culture (Tableau 16).

Cet essai est à revoir en 1991, compte tenu de l'incidence croissante de ces mineurs ; les formulations granulées de Carbaryl, Diazinon doivent être essayées en application aérienne, de même que des moyens de lutte biologique (trichogrammes).

Tableau 16 : Essai « contrôle des borers des tiges et épis de maïs », 1990-91, Fazenda-Progresso, Mato Grosso.

Traitement (1)	Nombre de pieds par parcelle à la récolte (2)		Nombre d'épis par parcelle à la récolte (2)		Productivité (kg/ha)	% Total
	Total	Cassés par <i>Diatraea</i>	Total	Attaqués par <i>Heliconerpa</i>		
Témoin non traité - T	97	12	74	42	3 683	100
2 applications Thiodicarb (1) : 2 × 70 g m.a./ha	104	8	70	35	3 560	94
Témoin non traité - T	111	12	81	47	3 847	100
2 applications Thiodicarb (1) : 2 × 50 g m.a./ha	106	10	80	46	3 518	96
2 applications Thiodicarb (1) : 2 × 35 g m.a./ha	105	7	70	38	3 251	94
Témoin non traité - T	111	16	66	44	3 271	100
2 applications Thiodicarb (1) : 2 × 17,5 g m.a./ha	95	21	62	32	3 230	99
2 applications Monocrotophos : 2 × 120 g m.a./ha (1)	102	17	87	40	3 950	121
Témoin non traité - T	80	19	55	24	3 251	100

Essai conduit en grande culture, 2 500 m²/parcelle élémentaire (hybride Germinal)

(1) Produits commerciaux : Thiodicarb : Larvin 350A, m.a. matière active ; Monocrotophos : Nuvacron
première application, à la floraison femelle (soies de l'épi, sorties)
seconde application, 20 jours après

(2) 6 comptages/traitement, réalisés sur 2 lignes de 12 m de long.

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

Highlights sur la culture de soja de cycle court, dans la succession soja + sorgho

■ **Fertilisation minérale d'entretien** : étudiée dans le cadre de divers modes de gestion des sols et des cultures (et notamment dans la succession annuelle soja + sorgho) et à l'échelle de la toposéquence, elle permet de tirer les conclusions suivantes :

– sur sol argileux de sommet des collines et plateaux :

- la variété de soja IAC8, à cycle court, répond principalement au superphosphate simple, seule formule qui permette d'atteindre près de 3 000 kg/ha, avec un gain de rendement, par rapport au témoin, compris entre + 5 et + 9 %. La déficience en soufre est indiscutable dans toutes les formules exclusivement à base de thermophosphate Yoorin sans engrais soluble complémentaire (Tableau 17),

– sur sol de pente :

- la formule témoin (2 t/ha de calcaire + 400 kg/ha de 0-20-20 + oligo), n'est dépassé que par les traitements qui associent un niveau plus important d'engrais soluble, et surtout par les formules :

- thermophosphate granulé localisé (500 kg/ha)
- 500 kg/ha thermophosphate + 125 kg/ha de 0-20-20 + oligo

elles permettent des gains de productivité compris entre 16 % et 22 %, par rapport au témoin. Comme sur le sol de sommet de colline, les formules exclusivement à base de thermophosphate appliqué à la volée, sont nettement inférieures aux autres (déficience en S) [Tableau 18].

En conclusion, on retiendra la nécessité pour la culture de soja, de cycle court ou moyen, d'utiliser, en mélange, des formules à base de superphosphate simple ou de thermophosphate granulé localisé + engrais PK soluble, qui garantissent dans tous les cas, les meilleurs niveaux de productivité.

Highlights sur la culture de riz pluvial de cycle court, dans la succession riz + sorgho (en rotation avec soja)

■ **Fertilisation d'entretien** : le tableau 18 réunit l'essentiel des résultats et mettent en évidence :

Tableau 17 : Productivité (kg/ha) de la variété de soja à cycle court IAC8 en fonction de divers niveaux et formes de fertilisation d'entretien, dans le cadre des rotations : soja + sorgho – soja + sorgho, soja + sorgho – riz + sorgho.

Sol de sommet de colline			Sol de pente		
Traitements	Productivité (kg/ha)	% T	Traitements	Productivité (kg/ha)	% T
Témoin (T) [1]	3 029	100	Témoin (T) [1]	1 671	100
Sans calcaire + TR (2)	2 838	94	Sans calcaire + TR (2)	1 644	95
1,5 t/ha calcaire + TR (2)	2 511	83	1,5 t/ha calcaire + TR (2)	2 002	111
3 t/ha calcaire + TR (2)	2 768	91	3 t/ha calcaire + TR (2)	1 869	100
1,5 t/ha calcaire + T1 (3)	2 741	90	1,5 t/ha calcaire + T1 (3)	1 942	101
3 t/ha calcaire + T1 (3)	2 763	91	3 t/ha calcaire + T1 (3)	2 390	120
1,5 t/ha calcaire + T2 (4)	2 889	95	1,5 t/ha calcaire + T2 (4)	2 250	110
3 t/ha calcaire + T2 (4)	2 971	97	3 t/ha calcaire + T2 (4)	2 249	107
Témoin (T) [1]	3 050	100	Témoin (T) [1]	2 172	100
500 kg/ha Yoorin dessus (5)	2 419	80	500 kg/ha Yoorin dessus (5)	1 898	85
500 kg/ha Yoorin incorporé	2 370	79	500 kg/ha Yoorin incorporé	1 937	85
1 000 kg/ha Yoorin dessus	2 366	80	1 000 kg/ha Yoorin dessus	1 978	85
1 000 kg/ha Yoorin incorporé	2 427	83	1 000 kg/ha Yoorin incorporé	2 010	84
1 500 kg/ha Yoorin dessus	2 326	81	1 500 kg/ha Yoorin dessus	2 265	93
1 500 kg/ha Yoorin incorporé	2 406	85	1 500 kg/ha Yoorin incorporé	2 233	90
1 500 kg/ha supersimple (6)	2 949	105	1 500 kg/ha supersimple (6)	2 425	96
500 kg/ha Yoorin + T1 (3)	2 777	100	Témoin (T) [1]	2 591	100
500 kg/ha Yoorin + T1/2 (7)	2 648	97	500 kg/ha Yoorin + T1 (3)	2 570	99
500 kg/ha Yoorin granulé localisé	2 610	96	Témoin (T) [1]	2 269	100
500 kg/ha supersimple localisé (6)	2 927	109	500 kg/ha Yoorin + T1/2 (7)	2 810	122
Témoin - (T) [1]	2 641	100	500 kg/ha Yoorin granulé localisé	2 702	116
			500 kg/ha supersimple localisé (6)	2 426	103
			Témoin - (T) [1]	2 375	100

Essai conduit en grande culture pérennisé, dispositif collection testée (600 m²/parcelle élémentaire)

(1) Témoin = 2 t/ha calcaire + TR

(2) TR = 400 kg/ha 0-20-20 + oligo.

(3) T1 = 250 kg/ha 0-20-20 + oligo.

(4) T2 = 500 kg/ha 0-20-20 + oligo.

(5) Yoorin = thermophosphate : 500 kg : 1 an ; 1 000 kg : 2 ans ; 1 500 kg : 2 ans.

(6) Supersimple = Superphosphate simple : 1 500 kg : 2 ans.

(7) T1/2 = 125 kg/ha 0-20-20 + oligo-éléments.

Oligo : Oligo éléments ETE-BR.12.

Tableau 18 : Productivité du riz pluvial IRAT 335 (n° 6), en fonction de divers niveaux et formes de fertilisation minérale d'entretien, dans le cadre des rotations : riz + sorgho - soja. Fazenda Progresso, Mato Grosso.

Sol de sommet de colline			Sol de pente		
Traitements	Productivité (kg/ha)	% T	Traitements	Productivité (kg/ha)	% T
Témoin (T) [1]	2 841	100	Témoin (T) [1]	1 564	100
Sans calcaire + TR (2)	3 445	120	Sans calcaire + TR (2)	1 747	112
1,5 t/ha calcaire + TR (2)	2 967	102	1,5 t/ha calcaire + TR (2)	1 496	96
3 t/ha calcaire + TR (2)	3 335	114	3 t/ha calcaire + TR (2)	1 485	96
1,5 t/ha calcaire + T1 (3)	2 776	93	1,5 t/ha calcaire + T1 (3)	1 571	101
3 t/ha calcaire + T1 (3)	3 300	110	3 t/ha calcaire + T1 (3)	1 632	105
1,5 t/ha calcaire + T2 (4)	3 037	100	1,5 t/ha calcaire + T2 (4)	1 545	100
3 t/ha calcaire + T2 (4)	3 280	107	3 t/ha calcaire + T2 (4)	1 514	99
Témoin (T) [1]	3 103	100	Témoin (T) [1]	1 530	100
500 kg/ha Yoorin dessus (5)	3 562	116	500 kg/ha Yoorin dessus (5)	1 865	119
500 kg/ha Yoorin incorporé	3 415	113	500 kg/ha Yoorin incorporé	1 765	111
1 000 kg/ha Yoorin dessus	3 260	110	1 000 kg/ha Yoorin dessus	2 066	127
1 000 kg/ha Yoorin incorporé	3 548	122	1 000 kg/ha Yoorin incorporé	2 020	122
1 500 kg/ha Yoorin dessus	3 900	136	1 500 kg/ha Yoorin dessus	1 875	111
1 500 kg/ha Yoorin incorporé	3 616	128	1 500 kg/ha Yoorin incorporé	1 762	102
1 500 kg/ha supersimple (6)	3 242	117	1 500 kg/ha supersimple (6)	1 950	111
500 kg/ha Yoorin + T1 (3)	2 915	107	Témoin (T) [1]	1 790	100
500 kg/ha Yoorin + T1/2 (7)	3 081	115	500 kg/ha Yoorin + T1 (3)	2 055	115
500 kg/ha Yoorin granulé localisé	3 206	122	Témoin (T) [1]	1 534	100
500 kg/ha supersimple localisé (6)	3 067	118	500 kg/ha Yoorin + T1/2 (7)	1 983	126
Témoin - (T) [1]	2 537	100	500 kg/ha Yoorin granulé localisé	1 936	121
			500 kg/ha supersimple localisé (6)	2 020	124
			Témoin - (T) [1]	1 665	100

Essai pérennisé

Essai conduit en grande culture pérennisé, dispositif collection testée (600 m²/parcelle élémentaire)

(1) Témoin = 2 t/ha calcaire (tous les 3 ans) + TR (300 kg/ha 5-25-25 + oligo-éléments)

(2) TR = 300 kg/ha 5-25-25 + oligo-éléments

(3) T1 = 200 kg/ha 5-25-25 + oligo-éléments.

(4) T2 = 400 kg/ha 5-25-25 + oligo-éléments.

(5) Yoorin = thermophosphate : Dose 500 kg/ha tous les ans et 1 500 kg tous les 2 ans.

(6) uperphosphate simple : dose 500 kg/ha tous les ans et 1 500 kg tous les 2 ans.

(7) T1/2 = 100 kg/ha 05-25-25+ oligo-éléments.

☐ Traitements les plus productifs

– une réponse très significative du riz de cycle court IRAT 335, aux formules de fertilisation à base de thermophosphate Yoorin, et à un degré moindre, au superphosphate simple, sur les deux types de sol (déjà démontré par SEGUY *et al.*, 1989, 1 et 4) ;

– les gains de rendement par rapport à la formule d'engrais recommandée (2 t/ha calcaire + 300 kg/ha 5-25-25 + oligo + 60 N couverture) vont :

- de 10 à 36 % sur sol de sommet de colline, en fonction de la dose d'apport ; le niveau le plus élevé de 1 500 kg/ha de thermophosphate permet d'atteindre le rendement maximal de 3 900 kg/ha,

- de 11 à 27 % sur sol de pente, pour lequel le niveau moyen de rendement est beaucoup plus faible ; la meilleure productivité est seulement de 2 000 kg/ha, en raison d'une forte phytotoxicité de l'herbicide appliqué par temps sec et très chaud (Fenoxaprop + 2-4D amine, une semaine après). Cette variété, se montre en effet, la plus sensible à ces herbicides (Tableau 18).

On recommandera pour le riz pluvial une fertilisation minérale d'entretien annuelle, à base de thermophosphate granulé (250 à 300 kg/ha) + 200 kg/ha 5-25-25 + oligo, localisée sur la ligne.

Highlights sur la culture de sorgho dans la succession riz cycle court + sorgho

■ **Sélection de matériel végétal** : pour répondre à l'objectif de culture de moindre risque, pratiquée sans intrants, à coûts minimaux possibles, diverses introductions ont été faites sur les critères suivants :

- variétés au lieu d'hybrides ;
- forte rusticité ;
- belle qualité de grains (haute teneur en protéines, vitrosité maximale) ;
- absence de tanin.

La plupart du matériel introduit est africain, et utilisé à la consommation humaine.

Répondant à ces critères ont été sélectionnées :

- en 1989-90 : IRAT 202 et IRAT 204 ;
- en 1990-91 : IRAT 16, IRAT 174, IRAT 206, **IRAT 321**, IRAT 323, IRAT 324, IRAT 326, IRAT 328, IRAT 329. La sélection a été exécutée en conditions très humides (forte pression de sélection pour les maladies foliaires et des grains). La culture de sorgho en conditions **très humides** (semis en octobre), notamment au cours des phases de reproduction et de maturation, est à **rejeter** (forte pression de maladies, germination des grains sur pieds, perte du pouvoir germinatif des semences, etc.). Cette culture doit être implantée :
 - en succession de soja de cycle court ou moyen, par semis à la volée (avion) avant la récolte, ou par semis direct au fur et à mesure de la récolte du soja de

cycle court. La date de semis optimale va du 1^{er} au 20 février, la date de semis la plus tardive ne doit pas dépasser le 10 mars (semis à la volée par avion).

Highlights sur l'évolution des modes de gestion des sols et des cultures

■ **Techniques de préparation des sols** : avancée décisive des techniques de semis direct, sur soja, maïs et sorgho, grâce, simultanément :

– **au dessus du sol** : le maintien de la couverture morte permanente, grâce aux successions soja + sorgho, riz + sorgho, maïs + sorgho (le sorgho pouvant, en outre être semé en mélange avec calopogonium) ;

– **au dessous du sol** : le maintien d'une bonne macroporosité, à la fois par le développement de la macrofaune (coléoptères, rongeurs) allié au travail racinaire des cultures en succession : riz + sorgho + calopogonium en est un exemple démonstratif (systèmes racinaires puissants et « recycleurs ») ;

– **une excellente maîtrise des adventices** dans les successions annuelles :

· **avant semis**, avec le mélange par hectare : 1,5 litres de glyphosate + 1,5 litres de 2-4D ; une semaine après compléter le traitement avec, ou 1 litre de Diquat (si dycotilédones dominantes), ou 1 litres de Paraquat (si graminées dominantes),

· **dans les cultures** de soja et riz avec les herbicides de postémurgence (Fuzilade + flex sur soja ; Furore + 2-4D sur riz),

· **un semis du sorgho sous couvert de soja et riz**, qui permet de limiter fortement l'enherbement ultérieur.

Les résultats du tableau 19, illustrent les performances de cette technique de semis direct :

Tableau 19 - Productivités comparées (en Kg/ha), du soja et du maïs, en semis direct et labour - 1990-91 - Fazenda Progresso - MT

Traitements fertilisation	Semis direct (5 ans consécutifs)		Labour profond (5 ans consécutifs)	
	Soja	Maïs	Soja	Maïs
NPK localisé sur la ligne (1)	2 610	5 472	2 422	-
Thermophosphate Yoorin (1)	3 084	5 419	3 197	-

Essai conduit en grande culture (+ de 5 hectares/parcelle).

(1) NPK = - Sur soja: 400 Kg/ha 0-20-20 + oligo.

Sur maïs : 400 Kg/ha 5-25-25 + oligo + 60N couverture (urée).

Thermophosphate Yoorin Bz = 1 500 Kg/ha pour 2 ans - N et K égaux à la fumure NPK

– après **cinq ans** de pratique continue, les rendements de soja et maïs, respectivement supérieurs à 3 000 kg/ha et 5 000 kg/ha, sont **équivalents** à ceux obtenus avec la technique du labour profond au soc, qui est la meilleure sur cinq ans (Tableaux 27 et 29) ;

Tableau 27 - Influence moyenne, sur sans, des modes de gestions des sols et des cultures sur la productivité du soja de cycle moyen (1) dans les systèmes de cultures à 1 seule culture annuelle (2) - Fazenda Progresso - Mato Grosso - 1986-91

Rotation	Mode de préparation des sols	Effet du facteur travail du sol dans chaque rotation (Témoin = Offset = 100)	Effet du facteur rotation pour chaque mode de préparation du sol (Monoculture soja = 100)	Effet du facteur travail du sol dans chaque rotation (Témoin = Offset = 100)
Monoculture de soja	Offset	100	100	100
	Labour entré	134	100	134
	Semis direct	118	100	118
Soja après riz	Offset	100	160	160
	Labour entrée	130	155	209
	Semis direct	120	164	193
Soja après maïs	Offset	100	183	183
	Labour entrée	113	154	208
	Semis direct	103	160	189

– la possibilité, **tous les ans**, de pouvoir, à la fois, et en toute facilité, utiliser de manière plus rationnelle les équipements mécanisés et de laisser le sol protégé contre l'**érosion**, en utilisant la technique de semis direct, même tardivement (20 décembre) sur la couverture morte d'adventices développées depuis les premières pluies. Le sol est protégé dès les premières pluies par les adventices, qui, en croissant, réalisent à la fois, un travail du sol par leur système racinaire, et **recyclent** les produits de minéralisation de la matière organique dans leurs parties aériennes et limitent ainsi, à la fois les phénomènes d'érosion superficielle et de lixiviation des nutriments, tout en créant une structure divisée dans le profil cultural ; les rendements de soja, ont été ainsi avec cette technique, et malgré un semis très tardif, de plus de **2 400 kg/ha** sur plus de 30 hectares de culture (date de semis 15 décembre 1990).

■ Les voies du futur : actuellement, en développement :

– pratiques des cultures en semis direct dans les **couvertures vivantes**. Ces pratiques permettent :

- au niveau du système de culture, d'associer, **tous les ans**, élevage et production de grains (pâturage après récolte des grains),
- au niveau agronomique : une protection parfaite du sol, un contrôle total de la flore adventice par l'espèce pâturée (espèce à rhizomes, exclusives des autres espèces), une fertilisation organique annuelle, un travail du sol continu par les plantes associées, enfin une traficabilité incomparable des machines même en sol saturé d'eau (amortisseur vivant par la couche de rhizomes),

Tableau 29 : 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, 1986-1991.

Mode de préparation des sols	Année	Fertilisation (1)	Cultivar	Maïs en rotation après soja			
				Productivité (kg/ha)	Pourcentage témoin (2)	T (3)	
OR : 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)
	1990-1991		AG 405	3 860	100	(101)	
	Moyenne			3 975	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)
1990-1991			AG 405	4 548	118	(107)	
Moyenne				3 992	101	—	
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	—	
	1990-1991		AG 405	4 648	120	(107)	
	Moyenne (a)			4 230	109	—	
Moyenne (b)			4 450	112	—		

(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 interannuelle de productivité = $\frac{\text{Productivité année } x + 1}{\text{Productivité année } x} \times 100$

- les premiers résultats significatifs obtenus, en terre neuve, sont les associations :
 - sorgho + *Chloris gayana*,
 - riz + *Paspalum notatum*,
 - riz + *Chloris gayana*,
 - riz + *Cynodon dactylon*.

■ **De nouvelles successions annuelles en préparation, ce sont :**

- soja + coton ;
- riz + coton ;
- soja + Guar (*Cyamopsis tetragonoloba*)
- riz + Guar
- soja ou riz + maïs **variété** à cycle court (IRAT 275 - 80 jours de cycle).

A signaler dans ces successions :

- l'effet positif et spectaculaire de l'Aldicarb (produit commercial Temik) sur la croissance du coton et son efficacité remarquable sur le contrôle des insectes (*Diabrotica* sp., en particulier, *Nezara*, *Scaptocoris*) durant les quarante premiers jours du cycle ;
- l'intérêt stratégique du Guar (au-delà de ses qualités comme légumineuse engrais vert), pour la fixation des couleurs sur les tissus, et la fermeté des produits laitiers (matière première stratégique pour Rhône-Poulenc).

■ **Apparition de nématodes sur la culture de soja : 10 à 15 % de pieds attaqués, mais uniquement sur soja en rotation avec riz et exclusivement sur travail du sol à l'offset.** Aucune attaque à signaler sur les autres modes de préparation du sol, dans la même rotation (labour, semis direct, scarification).

Les nématodes identifiés appartiennent surtout au genre méloïdogyne, qui provoque des galles sur les racines de soja et riz ; ce dernier, étant aussi un hôte du parasite, permet sa multiplication dans la rotation soja-riz.

Son identification a été faite par les laboratoires de ESALQ, université de Piracicaba (Sao Paulo) [affaire à suivre et son contrôle si nécessaire avec notamment Aldicarb] [Tableau 20].

Highlights sur la mouvance économique actuelle

■ **Le soja n'est plus roi** : les prix payés au producteur pour le soja ont toujours été les plus attractifs entre 1986 et 1989, par rapport aux autres productions. On vivait alors, le règne absolu de la monoculture. Depuis 1989, le prix payé par sac de 60 kilos est passé de 12 US\$ à 8,3 US\$, soit une chute de plus de 40 % en deux ans (Tableau 21).

Tableau 20 - Analyse nematologique sur sol et racines sur soja en rotation avec riz pluvial, pratique à l'offset - 1990-91 - Fazenda Progresso - MT* (source - departement de zoologie - ESALQ - Université de Piracicaba - São Paulo)(1)

Espèces identifiées	Population de Nematodes (2)	
	Sol	Racines
· <i>Meloidogyne (Javanica)</i>	4	4
· <i>Helicotylenchus (Dihystera)</i>	3	2
· <i>Pratylenchus (Brachyurus)</i>	0	3
· <i>Paratrichodorus (Minor)</i>	3	0

(1) Professeur AILTON ROCHA MONTEIRO

(2) - Echelle - 1 = 1 à 10

2 = 11 à 100

3 = 101 à 1 000

4 = 1 001 à 10 000

5 = 10 001 à 100 000

Parallèlement, la recherche mettait au point des variétés de riz, mieux adaptées à la région, plus productives et à très belle qualité de grain (IRAT 216). Son prix est en **ascension** rapide depuis 1989, puisque le prix payé pour un sac de 60 kg/ha est passé de 9,88 US\$ à 14,04 US\$, soit près de 50 % d'augmentation. Cette **innovation** a été décisive pour que la culture de riz redevienne très attractive, en tous cas, beaucoup plus que le soja, et la demande de semences de riz de qualité est de ce fait actuellement explosive. Déjà en 1989-90, la part du riz dans les systèmes de culture devenait très significative (SEGUY, BOUZINAC *et al.*, 5) annonçant une nouvelle ère d'expansion de la culture ; en 1990-91, la seule variété IRAT 216 (non encore lancée officiellement par la recherche) couvre plus de 20 000 hectares dans le centre Mato Grosso, montrant tout l'intérêt des producteurs pour cette production.

Par contre le maïs est toujours très peu payé : 4,125 US\$ le sac de 60 kilos, avec aucune garantie.

Tableau 21 : Evolution du coût des intrants et des produits, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1991 (US\$/ha).

Intrants et produits	Spécification	Unité	Prix	Prix	Variation %	Prix	Variation %	Prix	Variation %	Prix	Variation %	
			1986-1987	1987-1988	1987-1988	1988-1989	1988-1989	1989-1990	1989-1990	1990-1991	1990-1991	
			1986-1987			1986-1987			1986-1987			
Amendements	• Calcaire	tonne	13,70	—	—	—	—	—	—	14,58	106	
	• Thermophosfae Yoorin Bz	tonne	142,06	172,30	121	152,10	107	228,20	160	147,50	104	
Engrais minéraux	• Formule soja (0-25-25)	tonne	228,63	212,86	93	205,70	90	230,45	101	190,00	83	
	• Formule riz-mais (5-30-15)	tonne	208,50	214,80	103	222,50	107	276,54	133	247,50	119	
	• FTE BR 12	tonne	346,30	640,50	133	254,80	74	?	?	353,56	102	
	• Chlorure de potasse	tonne	192,20	173,50	90	185,00	96	236,00	123	227,05	118	
	• Sulfate d'ammoniaque	tonne	—	137,70	100	136,10	99	—	—	162,34	118	
• 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	13,14	113	
	• Tecto	kilo	—	11,40	100	7,00	62	10,00	88	8,84	(77)	
	• Azodrin	litre	4,90	4,20	86	6,40	130	7,89	160	7,42	57	
	• Ponce	litre	—	—	—	—	—	40,50	—	32,14	(79)	
	• 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	4,42	105	
	• Atrazine + Metalochlor (PRIMESTRA)	litre	7,60	7,10	93	5,05	66	7,69	101	6,01	77	
	• Smazine (GESATOP)	litre	—	4,70	100	4,90	104	—	—	—	—	
	• Paraquat (GRAMOXONE)	litre	—	6,53	100	5,12	78	9,00	138	6,09	(93)	
	• Glyphosate (ROUNDUP)	litre	—	12,63	100	9,48	75	10,90	86	9,46	(75)	
	• Fomesafen (Flex)	litre	—	—	—	—	—	21,32	—	19,27	(90)	
	• Fluazifop-butyl (Fuzilade)	litre	—	—	—	—	—	21,80	—	14,36	(66)	
	• Fenoxaprop-étyl (Furore)	litre	—	—	—	—	—	36,82	—	28,29	(77)	
Semences	• Riz	sac 60 kg	18,86	15,83	84	16,20	86	30,00	159	17,22	91	
	• Mais	sac 60 kg	48,12	34,29	71	49,80	103	90,00	187	61,98	129	
	• Soja	sac 60 kg	18,86	19,16	102	33,00	175	24,00	127	17,58	93	
	• Sorgho	sac 60 kg	—	—	—	—	—	108,00	—	139,20	(129)	
	• Calloponium	sac 60 kg	68,60	91,50	133	91,50	133	95,60	139	67,86	99	
	• 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)	14,04 *	204
	60 kg		6,88	7,60	110	7,61	110	9,51	138	10,332	150	
	Soja	prix marché	60 kg	6,49	9,78	151	12,00	185	10,00	154	9,155	141
	60 kg		4,21	4,90	116	6,52	155	6,71	159	4,175	99	
	Sorgho	prix minimal	60 kg	3,56	4,57	128	4,15	116	4,73	133	4,59	129

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

() variation avec la première année ou le produit a été utilisé

La culture du sorgho, autre innovation de la recherche, comme culture de succession du soja, prend de l'extension très rapidement* et a permis de remettre en fonction une grosse usine à alcool (SINOP) ; son prix pays s'améliore, avec un gain de + 29 % cette année et une garantie de débouché régional avec la remise en service de l'usine.

Changements techniques (innovations bien ciblées) et économiques sont en train de transformer la physionomie agricole de cette région, très rapidement. C'est un exemple intéressant d'intervention efficace de la recherche pour imprimer des changements rapides et positifs dans le développement régional (régression rapide de la monoculture de soja, diversification des systèmes plus lucratifs et préservateurs de l'environnement, systèmes « tampons » de gestion du risque, etc.).

■ **Les prises de décision de l'agriculteur doivent être, à la fois, techniques et agronomiques, mais aussi économiques**

Les tableaux 22 à 25 et les figures 7 à 10 qui réunissent les performances économiques des cultures de soja (cycle court et moyen) et de riz pluvial à cycle court, illustrent parfaitement cette règle. La gestion du risque économique est d'une importance capitale, dans une agriculture décapitalisée, comme actuellement. De la même manière, la notion de taux de rentabilité égale au rapport marge nette/coût de production $\times 100$ est un bon indicateur pour cette prise de décision, comme le montre le tableau 25, qui compare les meilleures formules de fumures sur soja et riz.

Pour les agriculteurs décapitalisés, il est conseillé d'utiliser les formules les moins dosées en phosphates, qui ne nécessitent aucun amortissement : la formule 500 kg/ha de superphosphate simple, localisée sur la ligne, se montre à cet égard la plus performante sur soja (de cycle court et moyen). De même, sur culture de riz pluvial de cycle court, les formules 500 kg/ha de thermophosphate Yoorin (poudre ou granulé localisé sur la ligne) peuvent être conseillées, car elles associent, aux bonnes performances économiques, un excellent degré de protection contre les attaques de pyriculariose foliaire et du cou, ce qui n'est pas le cas de la formule NPK soluble associée ou non au calcaire dolomitique, qui au contraire favorise nettement l'incidence de la pyriculariose (SEGUY, BOUZINAC *et al.*, 1989, 1).

Dans l'évaluation économique présentée, le prix payé pour la variété de riz IRAT 335 (de qualité de grain moyenne) n'a été que de 10,332 US\$/sac de 60 kilos au lieu de 14,04 US\$ qui sont payés pour la qualité de grain de IRAT 216 (long et fin). Avec IRAT 216 (plus productive que IRAT 335), les marges et taux de rentabilité seraient nettement supérieurs : à titre d'exemple, avec un rendement de 3 900 kg/ha, la marge nette à l'hectare serait de 422 US\$/ha, et

* 137 000 ha recensés en 1991 contre moins de 10 000 ha en 1990. Source : Agroquimica, SINOP (Mato Grosso).

Tableau 22a : Coûts de production (US\$/ha) de la variété de soja Cristalina, en fonction de divers niveaux et formes de fertilisation d'entretien, dans le cadre de la rotation soja-riz+ sorgho.

Sol de sommet de colline		Sol de pente	
Traitements	Coûts de production (US\$/ha)	Traitements	Coûts de production (US\$/ha)
Témoin (T) [1]	368,5	Témoin (T) [1]	366,8
Sans calcaire + TR (2)	351,6	Sans calcaire + TR (2)	346,2
1,5 t/ha calcaire + TR (2)	366,0	1,5 t/ha calcaire + TR (2)	365,4
3 t/ha calcaire + TR (2)	381,6	3 t/ha calcaire + TR (2)	378,0
1,5 t/ha calcaire + T1 (3)	327,6	1,5 t/ha calcaire + T1 (3)	324,6
3 t/ha calcaire + T1 (3)	346,8	3 t/ha calcaire + T1 (3)	338,4
1,5 t/ha calcaire + T2 (4)	396,6	1,5 t/ha calcaire + T2 (4)	396,0
3 t/ha calcaire + T2 (4)	416,4	3 t/ha calcaire + T2 (4)	412,8
Témoin (T) [1]	375,8	Témoin (T) [1]	372,7
500 kg/ha Yoorin dessus (5)	351,6	500 kg/ha Yoorin dessus (5)	345,6
500 kg/ha Yoorin incorporé	349,2	500 kg/ha Yoorin incorporé	359,4
1 000 kg/ha Yoorin dessus	352,2	1 000 kg/ha Yoorin dessus	363,6
1 000 kg/ha Yoorin incorporé	352,8	1 000 kg/ha Yoorin incorporé	352,2
1 500 kg/ha Yoorin dessus	399,6	1 500 kg/ha Yoorin dessus	404,4
1 500 kg/ha Yoorin incorporé	400,8	1 500 kg/ha Yoorin incorporé	402,0
1 500 kg/ha supersimple (6)	422,4	1 500 kg/ha supersimple (6)	414,0
500 kg/ha Yoorin + T1 (3)	405,0	Témoin (T) [1]	366,6
500 kg/ha Yoorin + T1/2 (7)	355,8	500 kg/ha Yoorin + T1 (3)	405,6
500 kg/ha Yoorin granulé localisé	365,8	Témoin (T) [1]	361,2
500 kg/ha supersimple localisé (6)	372,0	500 kg/ha Yoorin + T1/2 (7)	360,0
Témoin - (T) [1]	369,6	500 kg/ha Yoorin granulé localisé	364,8
		500 kg/ha supersimple localisé (6)	368,4
		Témoin - (T) [1]	372,0

Essai conduit en grande culture pérennisé, dispositif collection testée (600 m²/parcelle élémentaire)

(1) Témoin = 2 t/ha calcaire + TR

(2) TR = 400 kg/ha 0-20-20 + oligo.

(3) T1 = 250 kg/ha 0-20-20 + oligo.

(4) T2 = 500 kg/ha 0-20-20 + oligo.

(5) Yoorin = thermophosphate : 500 kg : 1 an ; 1 000 kg : 2 ans ; 1 500 kg : 2 ans.

(6) Supersimple = Superphosphate simple : 1 500 kg : 2 ans.

(7) T1/2 = 125 kg/ha 0-20-20 + oligo-éléments.

Oligo : Oligo éléments ETE-BR.12.

Tableau 22b : Marges nettes (US\$/ha) et taux de rentabilité de la variété de soja Cristalina (***) en fonction de divers niveaux et formes de fertilisation d'entretien, dans le cadre des rotations : soja + riz + sorgho.

Sol de sommet de colline			Sol de pente		
Traitements	Marges nettes (US\$/ha)	Taux de rentabilité (%)*	Traitements	Marges nettes (US\$/ha)	Taux de rentabilité (%)*
Témoin (T) [1]	+ 108,3	+ 29,0	Témoin (T) [1]	+ 97,5	+ 26
Sans calcaire + TR (2)	+ 175,0	+ 50,0	Sans calcaire + TR (2)	+ 146,1	+ 42
1,5 t/ha calcaire + TR (2)	+ 129,7	+ 35,0	1,5 t/ha calcaire + TR (2)	+ 126,8	+ 35
3 t/ha calcaire + TR (2)	+ 112,8	+ 30,0	3 t/ha calcaire + TR (2)	+ 90,9	+ 24
1,5 t/ha calcaire + T1 (3)	+ 181,5	+ 55,0	1,5 t/ha calcaire + T1 (3)	+ 166,4	+ 51
3 t/ha calcaire + T1 (3)	+ 190,0	+ 55,0	3 t/ha calcaire + T1 (3)	+ 137,8	+ 41
1,5 t/ha calcaire + T2 (4)	+ 122,7	+ 31,0	1,5 t/ha calcaire + T2 (4)	+ 124,0	+ 31
3 t/ha calcaire + T2 (4)	+ 128,0	+ 31,0	3 t/ha calcaire + T2 (4)	+ 111,2	+ 27
Témoin (T) [1]	+ 151,4	+ 40,0	Témoin (T) [1]	+ 133,5	+ 36
500 kg/ha Yoorin dessus (5)	+ 80,1	+ 23,0	500 kg/ha Yoorin dessus (5)	+ 41,1	+ 12
500 kg/ha Yoorin incorporé	+ 58,6	+ 17,0	500 kg/ha Yoorin incorporé	+ 123,9	+ 34
1 000 kg/ha Yoorin dessus	+ 84,1	+ 24,0	1 000 kg/ha Yoorin dessus	+ 150,1	+ 41
1 000 kg/ha Yoorin incorporé	+ 84,7	+ 24,0	1 000 kg/ha Yoorin incorporé	+ 83,8	+ 24
1 500 kg/ha Yoorin dessus	+ 35,2	+ 9,0	1 500 kg/ha Yoorin dessus	+ 67,9	+ 17
1 500 kg/ha Yoorin incorporé	+ 45,2	+ 11,0	1 500 kg/ha Yoorin incorporé	+ 52,9	+ 13
1 500 kg/ha supersimple (6)	+ 149,7	+ 35,0	1 500 kg/ha supersimple (6)	+ 96,7	+ 23
500 kg/ha Yoorin + T1 (3)	+ 112,0	+ 28,0	Témoin (T) [1]	+ 96,6	+ 26
500 kg/ha Yoorin + T1/2 (7)	+ 91,6	+ 26,0	500 kg/ha Yoorin + T1 (3)	+ 113,4	+ 28
500 kg/ha Yoorin granulé localisé	+ 151,6	+ 41,0	Témoin (T) [1]	+ 64,5	+ 18
500 kg/ha supersimple localisé (6)	+ 176,7	+ 47,5	500 kg/ha Yoorin + T1/2 (7)	+ 117,2	+ 32
Témoin - (T) [1]	+ 111,8	+ 30,0	500 kg/ha Yoorin granulé localisé	+ 145,9	+ 40
			500 kg/ha supersimple localisé (6)	+ 159,9	+ 43
			Témoin - (T) [1]	+ 130,7	+ 35

Essai conduit en grande culture pérennisé, dispositif collection testée (600 m²/parcelle élémentaire)

(1) Témoin = 2 t/ha calcaire + TR

(2) TR = 400 kg/ha 0-20-20 + oligo.

(3) T1 = 250 kg/ha 0-20-20 + oligo.

(4) T2 = 500 kg/ha 0-20-20 + oligo.

(5) Yoorin = thermophosphate : 500 kg : 1 an ; 1 000 kg : 2 ans ; 1 500 kg : 2 ans.

(6) Supersimple = Superphosphate simple : 1 500 kg : 2 ans.

(7) T1/2 = 125 kg/ha 0-20-20 + oligo-éléments.

$$* \text{ Taux de rentabilité} = \frac{\text{Marge nette}}{\text{Coût de production}} \times 100$$

** Prix payé par sac de 60 kg : 8,326 US\$

Tableau 23a : Coûts de production (US\$/ha) de la variété de soja à cycle court IAC 8, en fonction de divers niveaux et formes de fertilisation d'entretien, dans le cadre des successions annuelles : riz + sorgho, soja + sorgho, Fazenda Progresso, Mato Grosso.

Sol de sommet de colline		Sol de pente	
Traitements	Coûts de production (US\$/ha)	Traitements	Coûts de production (US\$/ha)
Témoin (T) [1]	366,3	Témoin (T) [1]	336,6
Sans calcaire + TR (2)	337,7	Sans calcaire + TR (2)	311,4
1,5 t/ha calcaire + TR (2)	349,8	1,5 t/ha calcaire + TR (2)	338,4
3 t/ha calcaire + TR (2)	371,1	3 t/ha calcaire + TR (2)	351,0
1,5 t/ha calcaire + T1 (3)	314,2	1,5 t/ha calcaire + T1 (3)	296,4
3 t/ha calcaire + T1 (3)	330,4	3 t/ha calcaire + T1 (3)	322,2
1,5 t/ha calcaire + T2 (4)	385,2	1,5 t/ha calcaire + T2 (4)	370,8
3 t/ha calcaire + T2 (4)	402,7	3 t/ha calcaire + T2 (4)	386,9
Témoin (T) [1]	366,8	Témoin (T) [1]	347,6
500 kg/ha Yoorin dessus (5)	343,1	500 kg/ha Yoorin dessus (5)	331,5
500 kg/ha Yoorin incorporé	342,0	500 kg/ha Yoorin incorporé	332,4
1 000 kg/ha Yoorin dessus	340,5	1 000 kg/ha Yoorin dessus	332,0
1 000 kg/ha Yoorin incorporé	341,9	1 000 kg/ha Yoorin incorporé	332,7
1 500 kg/ha Yoorin dessus	386,6	1 500 kg/ha Yoorin dessus	385,2
1 500 kg/ha Yoorin incorporé	388,3	1 500 kg/ha Yoorin incorporé	384,6
1 500 kg/ha supersimple (6)	404,7	1 500 kg/ha supersimple (6)	393,2
500 kg/ha Yoorin + T1 (3)	391,4	Témoin (T) [1]	357,0
500 kg/ha Yoorin + T1/2 (7)	349,3	500 kg/ha Yoorin + T1 (3)	387,0
500 kg/ha Yoorin granulé localisé	348,7	Témoin (T) [1]	349,6
500 kg/ha supersimple localisé (6)	356,6	500 kg/ha Yoorin + T1/2 (7)	352,8
Témoin - (T) [1]	357,9	500 kg/ha Yoorin granulé localisé	350,7
		500 kg/ha supersimple localisé (6)	348,0
		Témoin - (T) [1]	387,0

Essai conduit en grande culture pérennisé, dispositif collection testée (600 m²/parcelle élémentaire)

(1) Témoin = 2 t/ha calcaire + TR

(2) TR = 400 kg/ha 0-20-20 + oligo.

(3) T1 = 250 kg/ha 0-20-20 + oligo.

(4) T2 = 500 kg/ha 0-20-20 + oligo.

(5) Yoorin = thermophosphate : 500 kg : 1 an ; 1 000 kg : 2 ans ; 1 500 kg : 2 ans.

(6) Supersimple = Superphosphate simple : 1 500 kg : 2 ans.

(7) T1/2 = 125 kg/ha 0-20-20 + oligo-éléments.

Tableau 23b : Marges nettes (US\$/ha) et taux de rentabilité de la variété de soja à cycle court (**) en fonction de divers niveaux et formes de formes de fertilisation d'entretien, dans le cadre des succession annuelles : riz + sorgho, soja + sorgho, 1990-91, Fazenda Progresso, Mato Grosso.

Sol de sommet de colline			Sol de pente		
Traitements	Marges nettes (US\$/ha)	Taux de rentabilité (%)*	Traitements	Marges nettes (US\$/ha)	Taux de rentabilité (%)*
Témoin (T) [1]	+ 95,4	+ 26	Témoin (T) [1]	- 81,6	- 24,0
Sans calcaire + TR (2)	+ 95,3	+ 28	Sans calcaire + TR (2)	- 60,5	- 19,0
1,5 t/ha calcaire + TR (2)	+ 33,3	+ 9	1,5 t/ha calcaire + TR (2)	- 32,9	- 10,0
3 t/ha calcaire + TR (2)	+ 51,1	+ 14	3 t/ha calcaire + TR (2)	- 65,8	- 19,0
1,5 t/ha calcaire + T1 (3)	+ 104,0	+ 33	1,5 t/ha calcaire + T1 (3)	0	0
3 t/ha calcaire + T1 (3)	+ 91,3	+ 28	3 t/ha calcaire + T1 (3)	+ 42,4	+ 13,0
1,5 t/ha calcaire + T2 (4)	+ 55,6	+ 14	1,5 t/ha calcaire + T2 (4)	- 27,5	- 7,0
3 t/ha calcaire + T2 (4)	+ 50,7	+ 12	3 t/ha calcaire + T2 (4)	- 43,6	- 11,0
Témoin (T) [1]	+ 100,0	+ 27	Témoin (T) [1]	- 16,1	- 0,5
500 kg/ha Yoorin dessus (5)	+ 26,0	+ 7	500 kg/ha Yoorin dessus (5)	- 42,0	- 13,0
500 kg/ha Yoorin incorporé	+ 19,6	+ 6	500 kg/ha Yoorin incorporé	- 36,7	- 11,0
1 000 kg/ha Yoorin dessus	+ 20,5	+ 6	1 000 kg/ha Yoorin dessus	- 30,1	- 9,0
1 000 kg/ha Yoorin incorporé	+ 28,5	+ 8	1 000 kg/ha Yoorin incorporé	- 26,0	- 8,0
1 500 kg/ha Yoorin dessus	+ 31,7	- 8	1 500 kg/ha Yoorin dessus	- 39,5	- 10,0
1 500 kg/ha Yoorin incorporé	+ 21,1	- 6	1 500 kg/ha Yoorin incorporé	- 43,8	- 12,0
1 500 kg/ha supersimple (6)	+ 45,3	+ 11	1 500 kg/ha supersimple (6)	- 23,1	- 6,0
500 kg/ha Yoorin + T1 (3)	+ 32,4	+ 8	Témoin (T) [1]	+ 38,3	+ 11,0
500 kg/ha Yoorin + T1/2 (7)	+ 54,8	+ 16	500 kg/ha Yoorin + T1 (3)	+ 5,8	+ 2,0
500 kg/ha Yoorin granulé localisé	+ 49,5	+ 14	Témoin (T) [1]	- 3,3	- 1,0
500 kg/ha supersimple localisé (6)	+ 89,8	+ 25	500 kg/ha Yoorin + T1/2 (7)	+ 76,0	+ 22,0
Témoin - (T) [1]	+ 45,0	+ 12	500 kg/ha Yoorin granulé localisé	+ 61,6	+ 18,0
			500 kg/ha supersimple localisé (6)	+ 22,3	+ 6,0
			Témoin - (T) [1]	+ 11,0	+ 3,0

Essai conduit en grande culture pérennisé, dispositif collection testée (600 m²/parcelle élémentaire)

(1) Témoin = 2 t/ha calcaire + TR

(2) TR = 400 kg/ha 0-20-20 + oligo.

(3) T1 = 250 kg/ha 0-20-20 + oligo.

(4) T2 = 500 kg/ha 0-20-20 + oligo.

(5) Yoorin = thermophosphate : 500 kg : 1 an ; 1 000 kg : 2 ans ; 1 500 kg : 2 ans.

(6) Supersimple = Superphosphate simple : 1 500 kg : 2 ans.

(7) T1/2 = 125 kg/ha 0-20-20 + oligo-éléments.

$$* \text{ Taux de rentabilité} = \frac{\text{Marge nette}}{\text{Coût de production}} \times 100$$

** Prix payé par sac de 60 kg : 9,155 US\$

Tableau 24a : Coûts de production (US\$/ha) de la variété de riz pluvial IRAT 335, en fonction de divers niveaux et formes de fertilisation d'entretien, dans le cadre de rotation : riz + sorgho, soja + sorgho, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1990-91.

Sol de sommet de colline		Sol de pente	
Traitements	Coûts de production (US\$/ha)	Traitements	Coûts de production (US\$/ha)
Témoin (T) [1]	426,6	Témoin (T) [1]	394,8
Sans calcaire + TR (2)	416,8	Sans calcaire + TR (2)	374,7
1,5 t/ha calcaire + TR (2)	424,3	1,5 t/ha calcaire + TR (2)	387,8
3 t/ha calcaire + TR (2)	449,3	3 t/ha calcaire + TR (2)	403,4
1,5 t/ha calcaire + T1 (3)	385,2	1,5 t/ha calcaire + T1 (3)	355,4
3 t/ha calcaire + T1 (3)	414,0	3 t/ha calcaire + T1 (3)	372,6
1,5 t/ha calcaire + T2 (4)	459,6	1,5 t/ha calcaire + T2 (4)	423,0
3 t/ha calcaire + T2 (4)	481,8	3 t/ha calcaire + T2 (4)	438,0
Témoin (T) [1]	432,9	Témoin (T) [1]	393,9
500 kg/ha Yoorin dessus (5)	436,8	500 kg/ha Yoorin dessus (5)	394,8
500 kg/ha Yoorin incorporé	433,6	500 kg/ha Yoorin incorporé	392,7
1 000 kg/ha Yoorin dessus	429,6	1 000 kg/ha Yoorin dessus	399,6
1 000 kg/ha Yoorin incorporé	436,4	1 000 kg/ha Yoorin incorporé	398,4
1 500 kg/ha Yoorin dessus	492,0	1 500 kg/ha Yoorin dessus	441,8
1 500 kg/ha Yoorin incorporé	484,8	1 500 kg/ha Yoorin incorporé	439,0
1 500 kg/ha supersimple (6)	479,4	1 500 kg/ha supersimple (6)	447,4
500 kg/ha Yoorin + T1 (3)	465,2	Témoin (T) [1]	400,2
500 kg/ha Yoorin + T1/2 (7)	425,3	500 kg/ha Yoorin + T1 (3)	444,0
500 kg/ha Yoorin granulé localisé	429,9	Témoin (T) [1]	394,0
500 kg/ha supersimple localisé (6)	427,4	500 kg/ha Yoorin + T1/2 (7)	398,0
Témoin - (T) [1]	418,8	500 kg/ha Yoorin granulé localisé	398,4
		500 kg/ha supersimple localisé (6)	401,4
		Témoin - (T) [1]	396,7

Essai conduit en grande culture pérennisé, dispositif collection testée (600 m²/parcelle élémentaire)

(1) Témoin = 2 t/ha calcaire + TR

(2) TR = 300 kg/ha 5-25-25 + oligo.

(3) T1 = 200 kg/ha 5-25-25 + oligo.

(4) T2 = 400 kg/ha 5-25-25 + oligo.

(5) Yoorin = thermophosphate : 500 kg : 1 an ; 1000 kg : 2 ans ; 1 500 kg : 2 ans.

(6) Supersimple = Superphosphate simple : 1 500 kg : 2 ans.

(7) T1/2 = 100 kg/ha 5-25-25 + oligo-éléments.

Tableau 24b : Marges nettes (US\$/ha) et taux de rentabilité du riz pluvial IRAT 335 (n° 6)** en fonction de divers niveaux et formes de fertilisation d'entretien, dans le cadre de la rotation : riz + sorgho, soja, 1990-91, Fazenda Progresso, Mato Grosso.

Sol de sommet de colline			Sol de pente		
Traitements	Marges nettes (US\$/ha)	Taux de rentabilité (%)*	Traitements	Marges nettes (US\$/ha)	Taux de rentabilité (%)*
Témoin (T) [1]	+ 63,7	+ 15	Témoin (T) [1]	- 125,4	- 32
Sans calcaire + TR (2)	+ 176,3	+ 42	Sans calcaire + TR (2)	- 73,8	- 20
1,5 t/ha calcaire + TR (2)	+ 86,7	+ 20	1,5 t/ha calcaire + TR (2)	- 130,2	- 34
3 t/ha calcaire + TR (2)	+ 125,0	+ 28	3 t/ha calcaire + TR (2)	- 147,8	- 37
1,5 t/ha calcaire + T1 (3)	+ 92,9	+ 24	1,5 t/ha calcaire + T1 (3)	- 84,8	- 24
3 t/ha calcaire + T1 (3)	+ 154,5	+ 37	3 t/ha calcaire + T1 (3)	- 91,5	- 24
1,5 t/ha calcaire + T2 (4)	+ 63,4	+ 14	1,5 t/ha calcaire + T2 (4)	- 157,0	- 37
3 t/ha calcaire + T2 (4)	+ 83,2	+ 17	3 t/ha calcaire + T2 (4)	- 177,3	- 40
Témoin (T) [1]	+ 101,4	+ 23	Témoin (T) [1]	- 130,4	- 33
500 kg/ha Yoorin dessus (5)	+ 176,6	+ 40	500 kg/ha Yoorin dessus (5)	- 73,7	- 19
500 kg/ha Yoorin incorporé	+ 154,5	+ 36	500 kg/ha Yoorin incorporé	- 88,7	- 22
1 000 kg/ha Yoorin dessus	+ 131,6	+ 31	1 000 kg/ha Yoorin dessus	- 43,9	- 11
1 000 kg/ha Yoorin incorporé	+ 174,6	+ 40	1 000 kg/ha Yoorin incorporé	- 50,4	- 13
1 500 kg/ha Yoorin dessus	+ 179,6	+ 36	1 500 kg/ha Yoorin dessus	- 119,0	- 27
1 500 kg/ha Yoorin incorporé	+ 137,9	+ 28	1 500 kg/ha Yoorin incorporé	- 136,5	- 31
1 500 kg/ha supersimple (6)	+ 79,4	+ 24	1 500 kg/ha supersimple (6)	- 111,6	- 13
500 kg/ha Yoorin + T1 (3)	+ 36,7	+ 8	Témoin (T) [1]	- 92,0	- 23
500 kg/ha Yoorin + T1/2 (7)	+ 105,3	+ 25	500 kg/ha Yoorin + T1 (3)	- 90,1	- 20
500 kg/ha Yoorin granulé localisé	+ 122,2	+ 28	Témoin (T) [1]	- 129,8	- 33
500 kg/ha supersimple localisé (6)	+ 100,7	+ 24	500 kg/ha Yoorin + T1/2 (7)	- 56,6	- 14
Témoin - (T) [1]	+ 18,2	+ 4	500 kg/ha Yoorin granulé localisé	- 65,0	- 16
			500 kg/ha supersimple localisé (6)	- 53,6	- 13
			Témoin - (T) [1]	- 110,1	- 28

Essai conduit en grande culture pérennisé, dispositif collection testée (600 m²/parcelle élémentaire)

(1) Témoin = 2 t/ha calcaire + TR

(2) TR = 300 kg/ha 5-25-25 + oligo.

(3) T1 = 200 kg/ha 5-25-25 + oligo.

(4) T2 = 400 kg/ha 5-25-25 + oligo.

(5) Yoorin = thermophosphate : 500 kg : 1 an ; 1 000 kg : 2 ans ; 1 500 kg : 2 ans.

(6) Supersimple = Superphosphate simple : 1 500 kg : 2 ans.

(7) T1/2 = 100 kg/ha 5-25-25 + oligo-éléments.

$$\text{* Taux de rentabilité} = \frac{\text{Marge nette}}{\text{Coût de production}} \times 100$$

** Prix payé par sac de 60 kg : 10,322 US\$

Tableau 25 - Les meilleures options agronomiques et économiques d'entretien de la fertilisation minérale des cultures de soja et riz, à l'échelle de la toposéquence, en terre de vieille culture (1) 1990-91 - Fazenda Progresso - MT

Cultures et Rotations	Meilleures formules de fertilisation minérale (2)	Productivité (3) (Kg/ha)	Coûts de production totaux US\$/ha	Marges nettes (US\$/ha)	Taux de rentabilité (4) [%]	Etat sanitaire des cultures (5)
Soja de cycle moyen (Cristalina) en rotation avec riz + sorgho	-400 Kg/ha 0-20-20 + oligo	3 795 (3 548)	350	175 (146)	+50 (+42)	-
	-250 Kg/ha 0-20-20 + oligo + 1,5 t/ha calcaire dol*	3 669 (3 538)	325	182 (166)	+55 (+51)	-
	-1 500 Kg/ha supersimple (+ 60 K2O) *	4 122 (3 680)	418	150 (97)	+35 (+23)	-
	-500 Kg/ha Yoorin granulé localisé * (+ 60 K2O)	3 728 (3 680)	365	152 (146)	+41 (+40)	-
	-500 Kg/ha supersimple * (+ 60 K2O) localisé	3 954 (3 807)	370	177 (160)	+48 (+43)	-
	-500 Kg/ha supersimple * (+ 60 K2O)	2 927 (2 426)	352	90 (22)	+25 (+6)	-
	-500 Kg/ha Yoorin granulé localisé * (+ 60 K2O)	2 610 (2 702)	350	50 (62)	+14 (+18)	-
	-500 Kg/ha Yoorin * + 125 Kg/ha 0-20-20 + oligo (+ 60 K2O)	2 648 (2 570)	350	55 (76)	+16 (+22)	-
Riz de cycle court (IRAT 335) dans la succession riz + sorgho	-500 Kg/ha Yoorin * (+ 60 K2O + 60N)	3 560	435	177	40	Bon
	-1 500 Kg/ha Yoorin * (+ 60 K2O + 60N)	3 900	490	180	36	Bon
	-300 Kg/ha 5-25-25 + oligo (+ 60 N couverture)	3 445	417	176	42	Sensibilité Pyriculariose
	-3 t/ha calcaire dol. + 200 Kg/ha 5-25-25 + oligo (+ 60N couverture)	3 300	414	155	37	Sensibilité Pyriculariose
	-500 Kg/ha Yoorin * granulé localisé (+ 60 K2O + 60N)	3 206	430	122	28	Bon
	-500 Kg/ha supersimple (+ 60 K2O + 60N) *	3 067	427	101	24	Bon

(1) - 14 ans de mise en culture continue

(2) - Tous les autres coûts étant égaux par ailleurs

(3) Sol de sommet de colline et sol de pente ()

(4) - Marges nettes x 100

Coûts de production

(5) - Surtout pyriculariose foliaire et du cou sur riz pluvial

* Les amendements (Rythme d'amortissement) =

- 1,5 t/ha et 3 t/ha calcaire dolomitique sont amortiés sur 3 ans

- 1 000 et 1 500 Kg/ha thermophosphate Yoorin sont amortiés sur 2 ans (3 ou 4 cultures)

- 500 Kg/ha thermophosphate et superphosphate simple amortié sur 1 an

Fig.7 Evolution des rendements de soja et performances économiques - FAZ. PROGRESSO-1986/91- MT

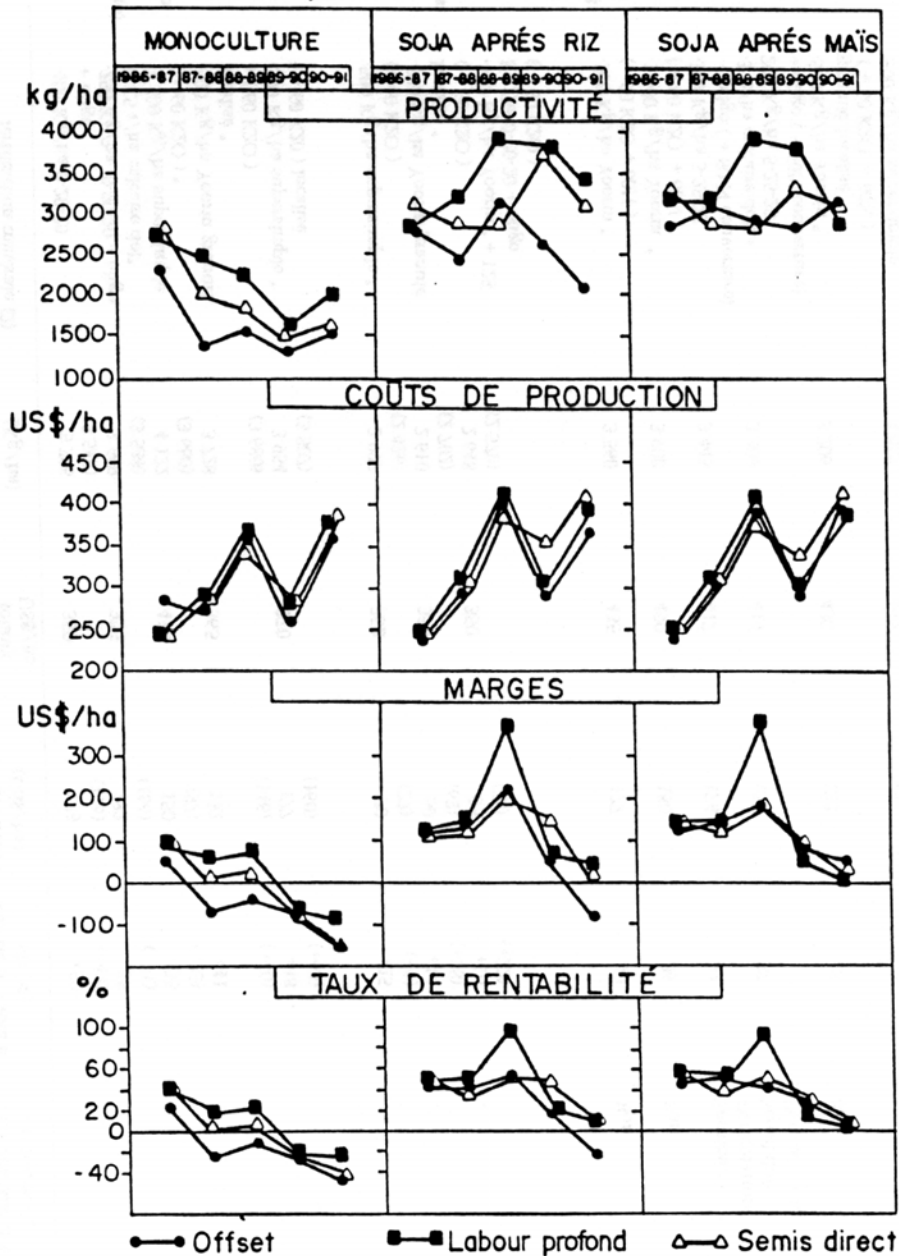


Fig.8 Evolution des rendements de riz et maïs et performances économiques - FAZ PROGRESSO-1986/91-MT

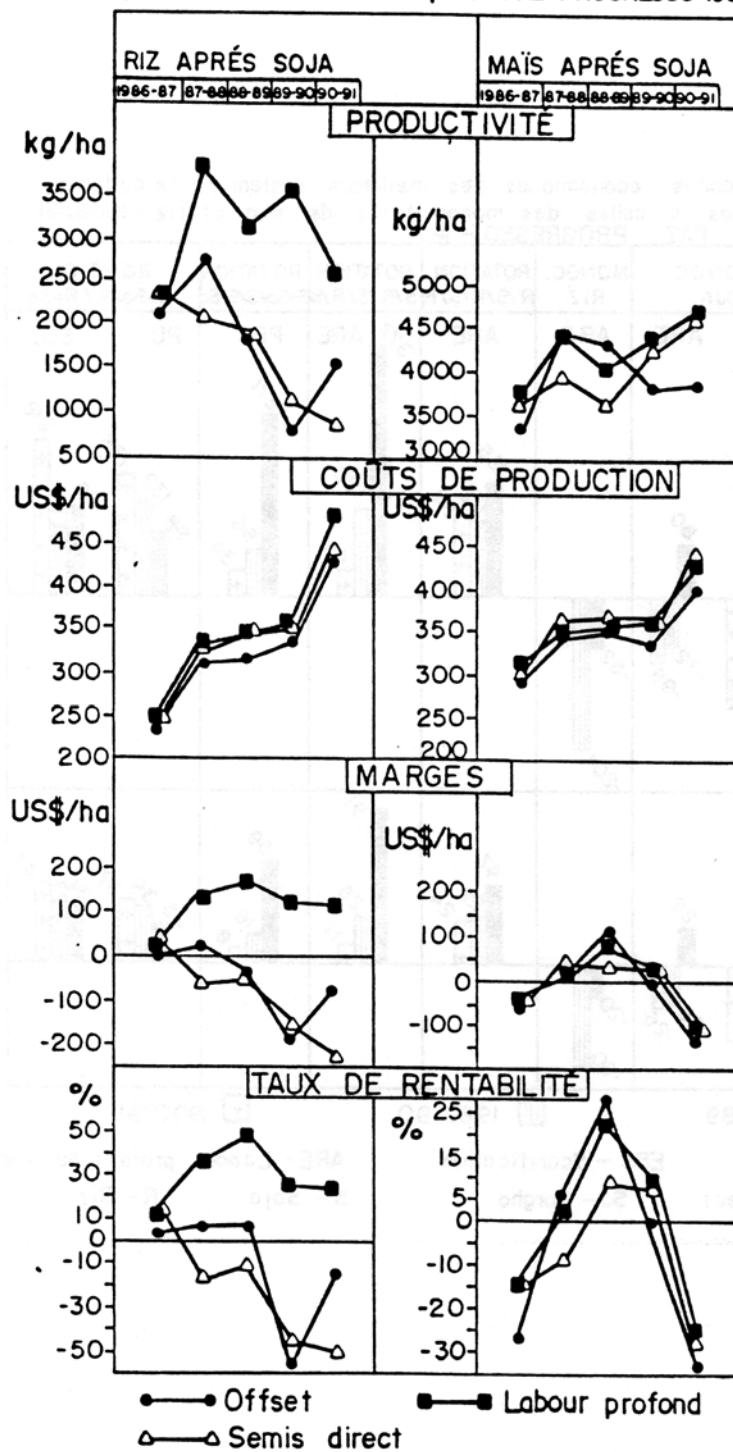
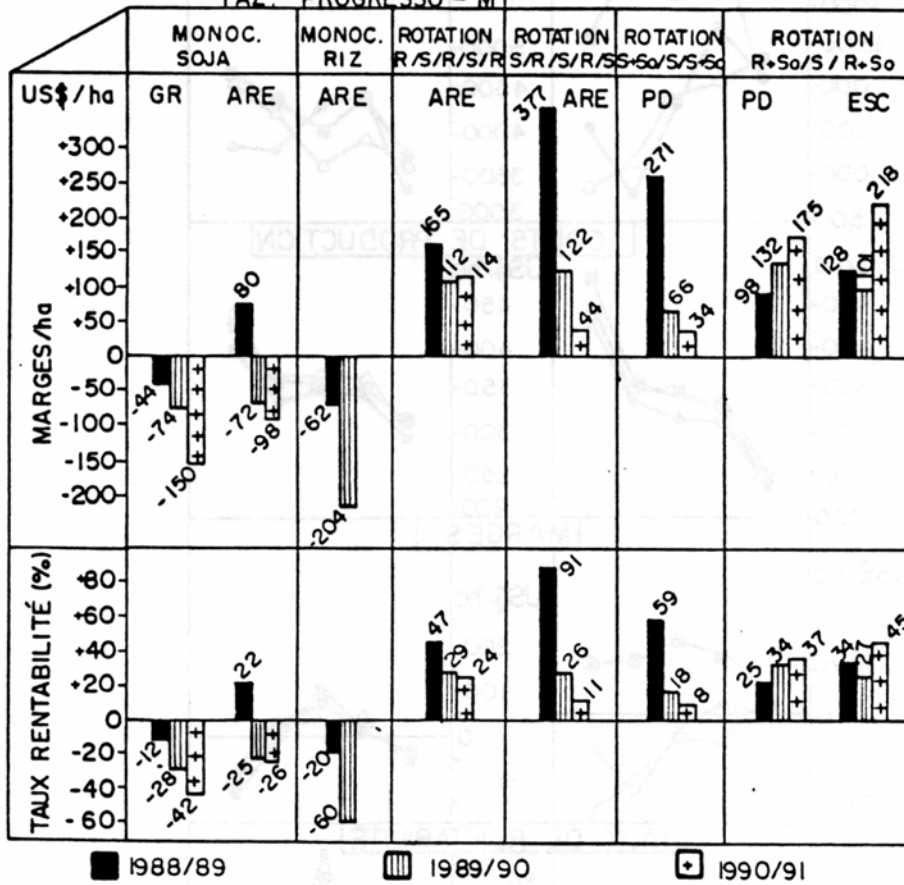


Fig. 10 Performances économiques des meilleurs systèmes de cultures comparées à celles des monocultures de soja et riz - 1988/91
FAZ. PROGRESSO - MT



■ 1988/89 ▨ 1989/90 ⊕ 1990/91
 GR - Offset ESC - Scarification ARE - Labour profond au soc
 PD - Semis direct So - Sorgho S - Soja R - Riz

le taux de rentabilité de **86 %**, ce qui permettrait une forte capitalisation et donc l'accès aux formules de fertilisation plus coûteuses, amortissables sur deux ou trois ans (1 500 ou 2 000 kg/ha de thermophosphate Yoorin).

Avec les formules de fumure annuelle proposées, et des variétés type IRAT 216, ou meilleures (nouvelles variétés : n° 183), il suffit de produire **2 700 kg/ha** pour dégager une marge nette de 200 US\$/ha et un taux de rentabilité de **47 %**.

Cet exemple montre, encore une fois, la part décisive de la qualité du **grain** pour l'avenir de la culture de riz pluvial, dans la conjoncture économique actuelle, rappelons qu'il faut pour payer les coûts de production :

- ou 2 670 kg/ha de soja ;
- ou 1 840 kg/ha de **riz de qualité**.

La performance de rendements de riz pluvial est beaucoup plus facile à obtenir que celle du soja. Néanmoins, la nécessité incontournable de pratiquer les rotations de cultures pour le maintien de hauts niveaux de rendements, ne doit pas faire oublier l'importance des facteurs agronomiques dans la prise de décision, sinon la région court à nouveau le risque de voir s'établir rapidement une monoculture de riz (de qualité), comme a sévi, durant de longues années, la monoculture de soja lorsque les prix pratiqués lui étaient nettement favorables.

Préservons donc la pratique des modes de gestion du sol et des cultures en rotation, même au risque de **moins gagner** immédiatement pour conforter le processus de fixation d'une agriculture rentable et préservatrice de l'environnement dans cette région.

Highlights sur le suivi de l'évolution des systèmes de production régionaux par télédétection

Depuis déjà deux ans, le ministère des Affaires étrangères (MAE*) apporte un appui financier décisif à ce projet, à la fois :

- sur l'évolution de l'adoption des technologies par les producteurs du centre-ouest (SEGUY *et al.*) ;
- sur l'identification des principales cultures, à tous leurs stades de développement, par télédétection (SPOT).

Ce second volet est d'une importance capitale, comme instrument de planification régionale et de suivi pour l'évolution des systèmes de production régionaux.

Le service de télédétection de Montpellier est en charge de ce travail.

* M. Jacques GURGAND, marché de 300 000 F sur deux ans, 1988-1990.

Les cartes ci-jointes avec quelques commentaires essentiels, illustrent l'avancée de ces travaux (M. FEAU, et équipe de télédétection IRAT).

Acquisition des images

Les périodes pendant lesquelles on peut obtenir des images SPOT exploitables pour l'étude de la mise en valeur agricole sont :

- le début de la saison des pluies, quand les travaux de préparation des sols sont assez avancés (image de novembre 1990 : imagerie n° 2) ;
- la fin de la saison des pluies, quand les écarts dans les dates de mise en place des cultures se traduisent par des différences de maturité (images de mars 1990 : imagerie 1 et mai 1990).

La nébulosité de la zone oblige à accepter des prises de vue s'écartant de la verticale, d'où la nécessité d'effectuer des corrections géométriques pour amener en superposition les différentes scènes.

Délimitation des domaines de travail

Sur la scène entière : imagerie n° 3 : l'examen à l'écran de la composition colorée permet de tracer par interprétation visuelle les limites entre :

- domaine agricole : orange ;
- cerrados, jachères et prairies naturelles : vert ;
- défriches non encore cultivées : kaki ;
- réseau de bas-fonds : bleu ;
- agglomérations (lucas) : jaune.

L'imagerie n° 4 montre l'agrandissement de cette stratification sur la Fazenda Progresso.

Cette première interprétation permet de quantifier les superficies des différentes situations :

- cultures : 38 % de la surface de la scène ;
- non cultivé : 34 % de la surface de la scène ;
- bas-fonds : 24 % de la surface de la scène ;
- défriches : 2 % de la surface de la scène.

Elle permet en outre de créer des « masques » grâce auxquels les traitements numériques ultérieurs pourront ne porter que sur le ou les domaines intéressant les thématiciens, ce qui améliore chacune des classifications spécifiques en éliminant certaines confusions radiométriques.

Identification des cultures

En mars, le riz à maturité se distingue sans ambiguïté des autres cultures. Entre mars (imagerie 5) et mai (imagerie 6) le soja, à différents stades de maturité se confond avec le sorgho semé par avion en fin de cycle du soja précoce (parcelles au nord de la Fazenda). Le croisement des deux scènes doit permettre de séparer ces situations.

Identification des itinéraires techniques

Date de travail du sol : les sols précocement labourés (en vert sur les compositions colorées) se distinguent des résidus de récolte (bleu, images 5 et 6). Le croisement des images de mars (n° 5), mai (n° 6) et novembre (n° 7) permet d'évaluer directement les calendriers de préparation du sol.

Les dates relatives de mise en place des cultures peuvent être estimées pour les différences de maturité.

Le résultat des techniques culturales se traduit par l'homogénéité ou l'hétérogénéité des cultures, par la présence ou l'absence de traces d'érosion.

La réalisation du masque (n° 3), la mise en superposition géométrique des scènes disponibles, la réalisation d'un plan parcellaire de la Fazenda Progresso (imagerie n° 8), permettant la repérage des informations provenant du terrain, constituent une première phase, essentiellement visuelle de l'interprétation des images. Cette phase achevée il est possible de passer au traitement numérique des données radiométriques, de classer ces données et de cartographier les différents systèmes de mise en valeur.

Les illustrations proviennent de sorties imprimante à petite échelle pour des raisons pratiques, et ne rendent pas compte de toute la richesse d'information, de ces images.

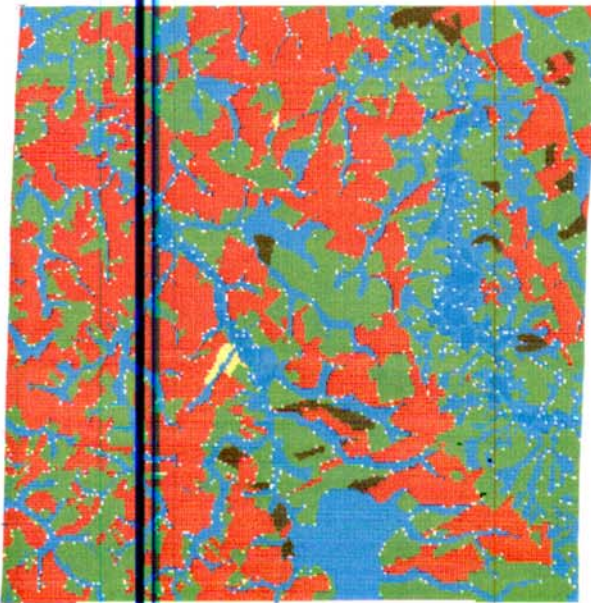
Les logiciels de traitement d'images utilisés au laboratoire de télédétection du CIRAD permettent bien sûr l'édition de documents à l'échelle exacte choisie par les utilisateurs.



1



2



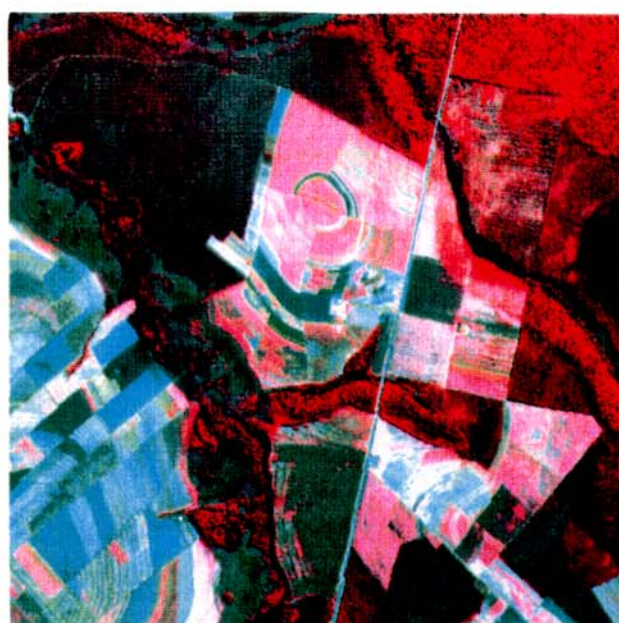
3



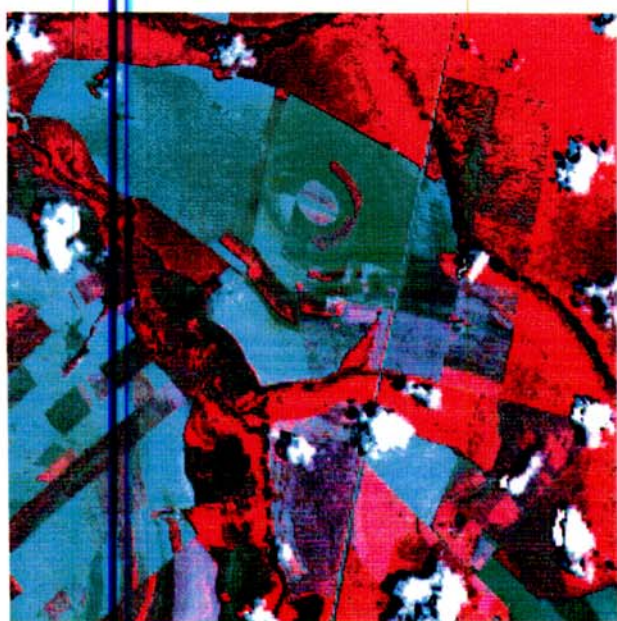
4



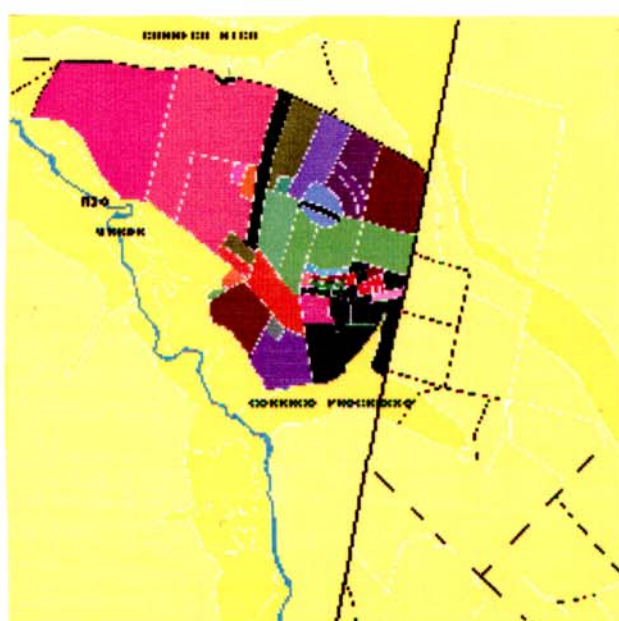
5



6



7



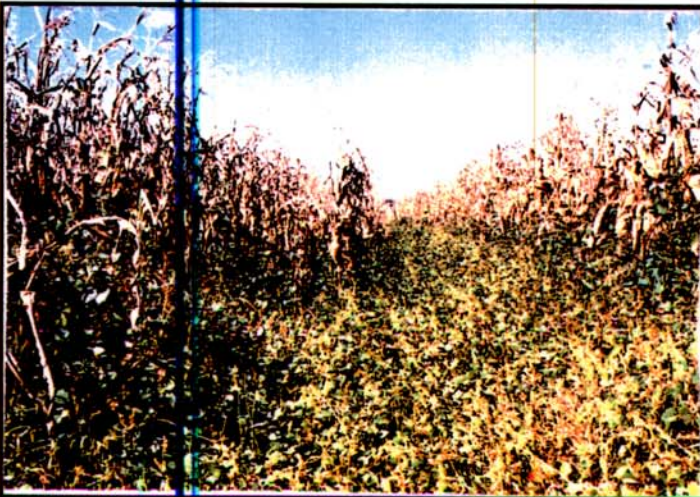
8



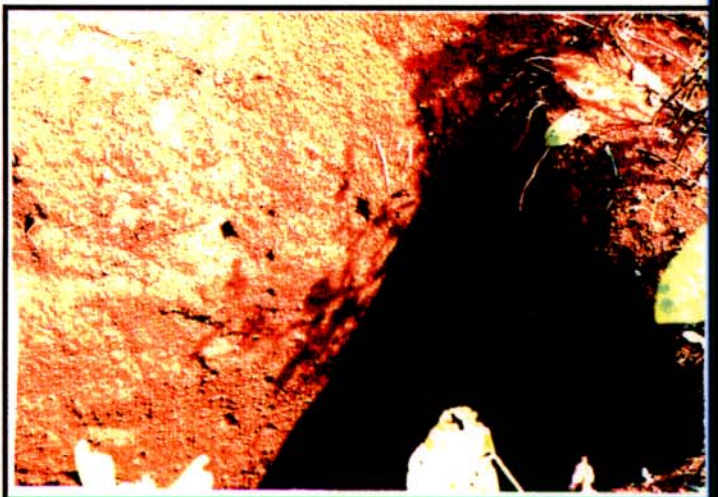
Semis direct dans couverture morte de *Cenchrus E.*
Plantio direto na cobertura morta de Cenchrus E.



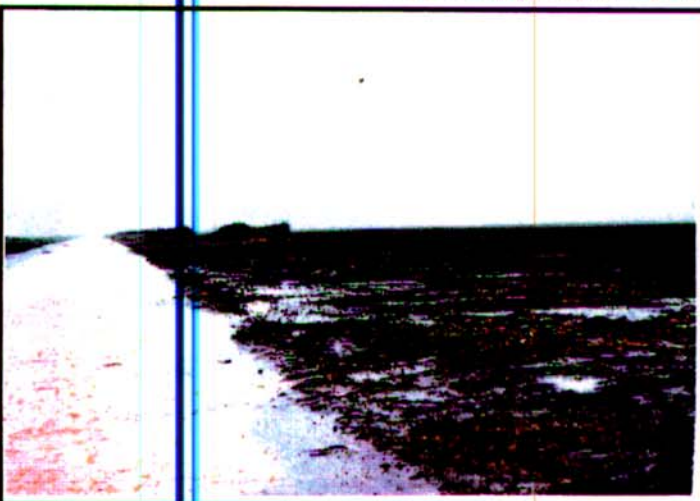
Contrôle chimique parfait de la couverture avant semis direct
Controle químico perfeito da cobertura antes do plantio direto



Maïs + *Calopogonium M.* (semis direct)
Milho + Calopogônio M. (plantio direto)



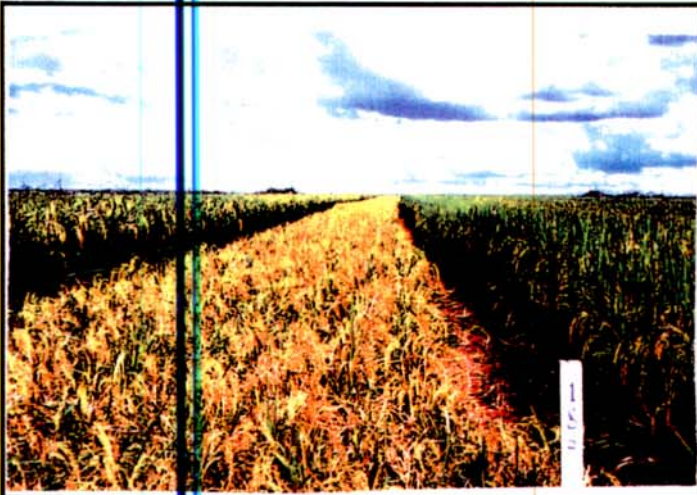
Forte activité biologique sous semis direct (coléoptères)
Forte atividade biológica de baixo do plantio direto (coleópteros)



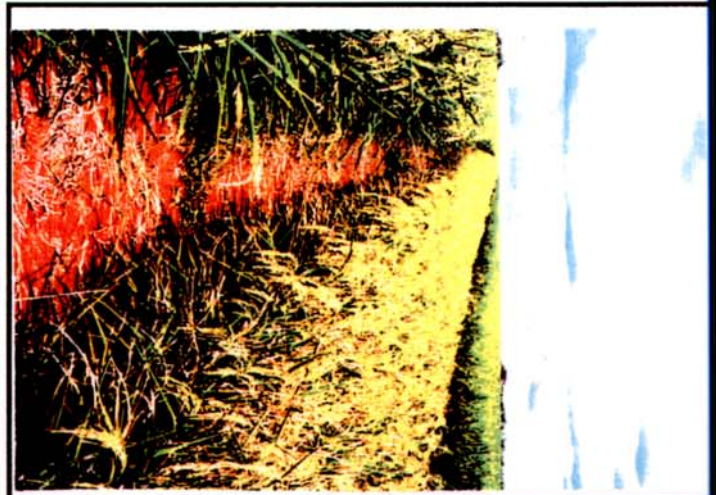
Semis direct, sous pluie de 140 mm
Plantio direto, de baixo de 140 mm de chuva



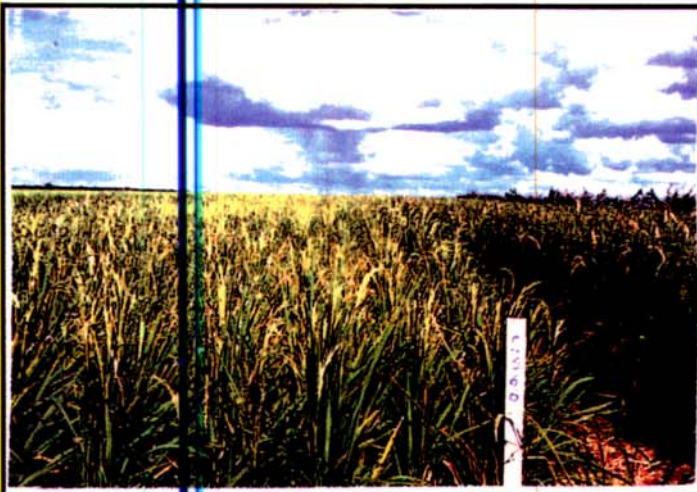
Semis direct de soja (Cristalina) 25 jours après la pluie de 140 mm
Plantio direto de soja (Cristalina) 25 dias apos a chuva de 140 mm



Nouveaux cultivars de riz à très belle qualité de grain (ici n° 183)
Novos cultivares de arroz agulhinha (n° 183)



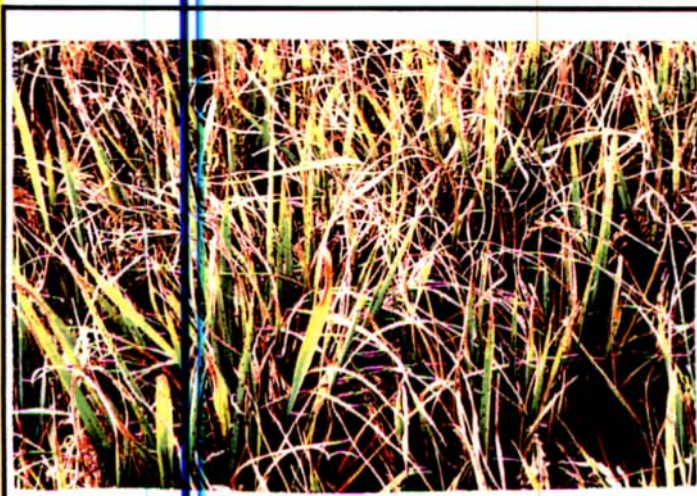
Nouveaux cultivars de riz, à très belle qualité de grain (n° 183)
Novos cultivares de arroz agulhinha (n° 183)



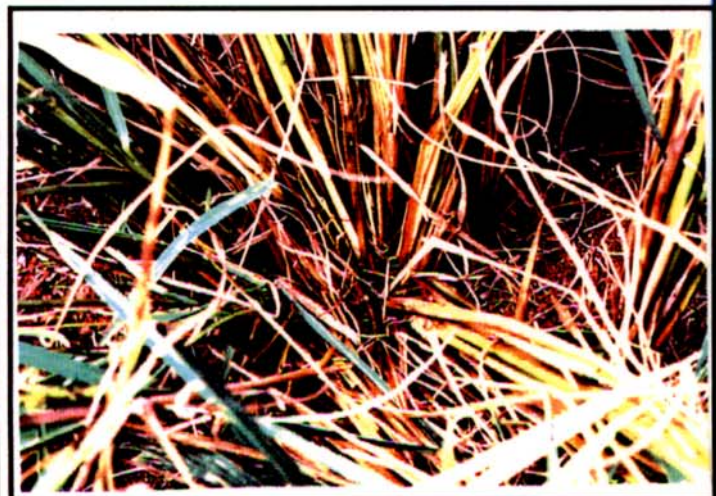
Attaques tardives de punaises sur riz pluvial (*Tibraca* L.)
Ataques tardias de percejeos sobre o arroz de sequeiro (Tibraca L.)



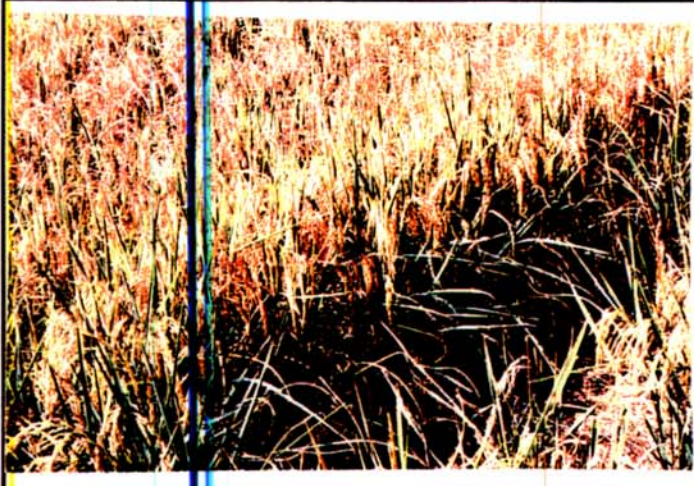
Pourriture de la base des tiges de riz (*Tibraca* L.)
Podridão da base dos colmos do arroz (Tibraca L.)



Attaques précoces de punaises sur riz. Symptômes des « cœurs morts »
Ataques precoces de percejeos sobre arroz. Sintomas dos « Corações mortos »



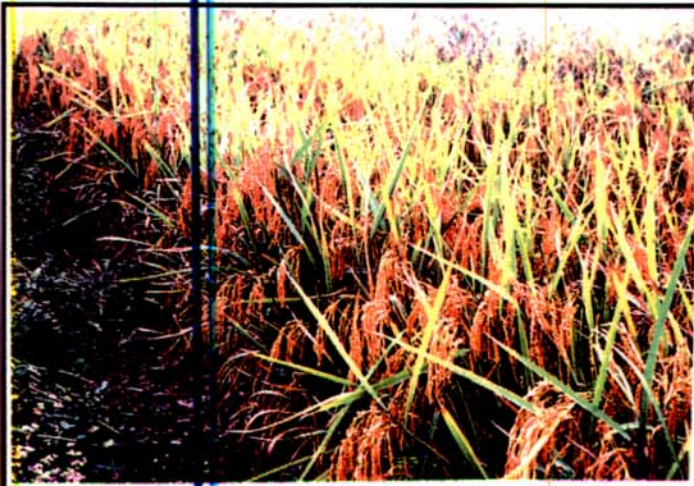
Pourriture de la base des tiges de riz (*Tibraca* L.)
Podridão da base dos colmos do arroz (Tibraca L.)



Parcelle riz détruite à plus de 60 % par *Tibraça L.*
Parcela de arroz destruída a mais de 60 % por Tibraça L.



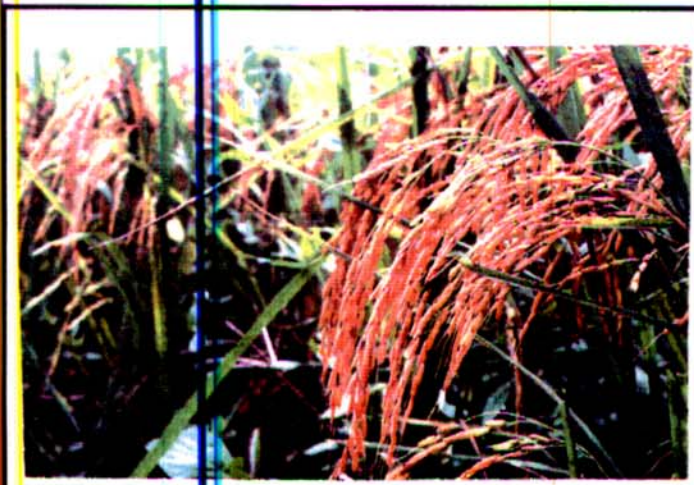
Très belle parcelle d'IRAT 216
Excelente parcela de IRAT 216



Belle parcelle d'IRAT 216
Bela parcela de IRAT 216



Très belle parcelle d'IRAT 216
Excelente parcela de IRAT 216



Aspects de panicules de la variété Ciwini, à belle qualité de grain
Aspectos das paniculas da variedade Ciwini, com excelente qualidade de grão



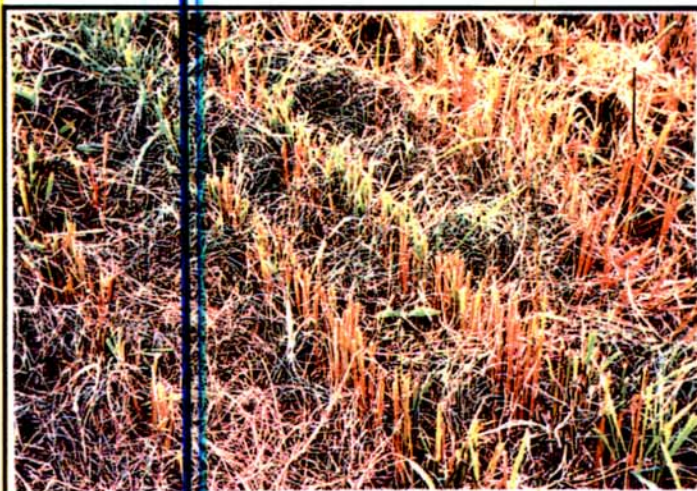
Aspect général de la variété Ciwini + Calopogonium (R > 3 500 kg)
Aspecto geral da variedade Ciwini + calopogônio (R > 3 500 kg)



Sorgho (IRAT 204) en succession de soja de cycle court
Sorgo (IRAT 204) em sucessão de soja de ciclo curto



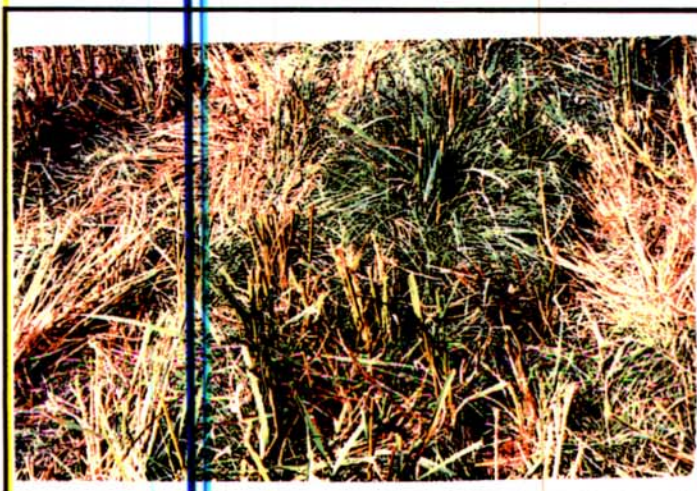
Sorgho (IRAT 202) en succession de soja de cycle court
Sorgo (IRAT 202) em sucessão de soja de ciclo curto



Riz pluvial (IRAT 216) + Cynodon D. (semis direct avec couverture vivante)
Arroz de sequeiro (IRAT 216) + Cynodon D. (plantio direto com coberturas vivas)



Riz pluvial (IRAT 216) + Paspalum N. (semis direct avec couverture vivante)
Arroz de sequeiro (IRAT 216) + Paspalum N. (plantio direto com coberturas vivas)



Détail de riz pluvial (IRAT 216) + Paspalum N. (semis direct avec couverture vivante)
Detalhe de arroz de sequeiro (IRAT 216) + Paspalum N. (Plantio direto com coberturas vivas)



Riz pluvial IRAT 216 (R > 4 000 kg/ha)
Arroz de sequeiro IRAT 216 (R > 4 000 kg/ha)

Les résultats confirmés 1986-1991

Ce chapitre est réservé essentiellement aux analyses complémentaires suivantes :

- examen de l'évolution des lois principales de la production végétale, pour les différentes productions, dans les systèmes de culture à une, ou deux cultures annuelles ;
- identification constante des systèmes et par conséquent des itinéraires techniques les plus aptes à garantir à la fois, stabilité économique, valorisation technique des équipements, et respect des règles agronomiques de base, compatibles avec la fixation d'une agriculture rentable et préservatrice de milieu physique.

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

■ La culture de soja

• Au plan agronomique

Les règles établies les années précédentes, qui régissent le niveau de productivité restent valables et sont résumées dans les tableaux 26 et 27 et figure 7 :

- la productivité de soja, en système de monoculture, après avoir chuté régulièrement depuis quatre ans, se stabilise autour de 1 500 kg/ha, lorsque la culture est pratiquée avec l'offset ; comme les années précédentes, dans ce système, le labour, à l'inverse, reste toujours le plus productif, avec un rendement de 2 000 kg/ha ;
- en rotation avec céréales, riz et maïs, les techniques de labour profond continu et de semis direct confirment l'obtention des meilleurs rendements, compris entre 3 200 kg/ha et 3 400 kg/ha, soit légèrement inférieurs aux deux années antérieures (cette baisse sensible de productivité est due à une déficience en soufre (tableau 26) ;
- sur maintenant cinq ans, ces deux techniques, pratiquées de manière systématique permettent de doubler la productivité de soja du traitement de référence régionale « offset X monoculture », avec une garantie de stabilité de rendements supérieurs à 3 100 kg/ha, résultat qui dégage, encore, entre 30 et 50 US\$/ha de marge nette, malgré une chute constante des prix payés au producteur (Tableaux 27 et 28).

• Au plan économique

Le tableau 28 et les figures 7 et 9 qui résument l'essentiel des performances économiques annuelles et interannuelles de la culture de soja sur cinq ans, mettent en évidence, les conclusions suivantes :

Tableau 26 : Influence des modes de gestion du sol et des cultures sur la productivité du soja de cycle moyen (1) dans les systèmes à une culture annuelle, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1991

Mode de préparation du sol	Année	Rotation								
		Monoculture soja			Soja après riz			Soja après maïs		
		kg/ha	% t	(% T ₂) ^[2]	kg/ha	% t	(% T ₂) ^[2]	kg/ha	% t	(% T ₂) ^[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	(11)	3 135	199	(127)	2 920	186	(95)
	1989-1990	1 320	100	(84)	2 635	199	(84)	2 850	216	(98)
	1990-1991	1 525	100	(115)	2 136	140	(81)	3 219	211	(113)
	Moyenne	1 635	100	—	2 627	160	—	2 993	183	—
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	a 1 575	119	(71)	a 2 725	206	(69)	a 2 580	195	(65)
	b	—	—	—	b 3 720	282	(94)	b 3 810	289	(96)
	1990-1991	2 008	132	(127)	3 465	227	(116)	2 857	187	(111)
Moyenne	a 2 196	134	—	a 3 125	197	—	a 3 150	193	—	
b	—	—	—	b 3 414	209	—	b 3 359	208	—	
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	1 470	111	(82)	3 740	283	(129)	3 300	250	(118)
	1990-1991	1 592	104	(108)	3 145	206	(84)	3 158	207	(96)
	Moyenne	1 923	118	—	3 153	193	—	3 084	189	—

(1) Cultivars utilisés : 1986-1987 = Doko ; 1987-1990 = Cristalina ; 1990-1991) Seretma.
Fertilisation minérale : 1986-1987 = 350 kg/ha 0-25-25 sur ligne ; 1987(a) = fumure de fond = 1 500 kg/ha Yoorin BZ (thermophosphate) pour 3 ans (+) ; 1989(b) = 1 500 kg/ha Yoorin BZ appliqué pour 2 ans (++) ; 1989-1990 sur labour X rotation : rotation : 2 productivités différentes : (a) = fumure phosphatée pour 3 ans, (b) fumure phosphatée pour 2 ans ; fumure potassique = 100 kg/ha KCl au semis tous les ans (pas de N)

(2) % T par rapport au témoin GR X monoculture soja (tous les ans) [% T₂] = variation interannuelle pour chaque traitement

Tableau 28 : 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 (\$/ha)	1986-1987	286	244	244	235	244
	1987-1988	271	292	299	291	286
	1988-1989	358	348	364	331	348
	1989-1990	260	281	282	271	278
	1990-1991	361	371	377	381	379
	Moyenne		307	307	313	302
Marges nettes (\$/ha)	1986-1987	+ 56	+ 97	+ 97	+ 74	+ 97
	1987-1988	- 65	+ 86	+ 57	+ 65	0
	1988-1989	- 44	+ 11	+ 80	+ 78	+ 12
	1989-1990	- 74	- 76	- 72	- 70	- 82
	1990-1991	- 150	- 130	- 98	- 68	- 158
	Moyenne		- 55	- 02	+ 13	+ 16
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	- 28	- 27	- 25	- 26	- 29
	1990-1991	- 42	- 35	- 26	- 18	- 41
	Moyenne		- 18	- 01	+ 04	+ 05
Soja après riz						
	Année	GR*	ARF*	ARE*	ESCAR*	PD*
Coûts de production (\$/ha)	1986-1987	239	247	247	243	247
	1987-1988	299	300	312	300	303
	1988-1989	401	390	411	364	378
	1989-1990	292	288	302	274	351
	1990-1991	374	401	399	406	409
	Moyenne		321	325	334	317
Marges nettes (\$/ha)	1986-1987	+ 105	+ 113	+ 113	+ 115	+ 113
	1987-1988	+ 129	+ 128	+ 149	+ 130	+ 116
	1988-1989	+ 225	+ 276	+ 377	+ 168	+ 200
	1989-1990*	+ 59	- 16	+ 62	- 30	+ 148
	1990-1991	- 77	+ 50 (1)	+ 44	+ 75 (1)	+ 27
	Moyenne		+ 88	+ 110	+ 149	+ 92
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	- 11	+ 42
	1990-1991	- 21	+ 12 (1)	+ 11	+ 18 (1)	+ 07
	Moyenne		+ 27	+ 34	+ 43	+ 29
Soja après maïs						
	Année	GR*	ARF*	ARE*	ESCAR*	PD*
Coûts de production (\$/ha)	1986-1987	242	252	252	246	252
	1987-1988	302	304	312	301	303
	1988-1989	395	386	412	371	375
	1989-1990*	296	285	298	279	342
	1990-1991	396	404 (1)	394	393 (1)	410
	Moyenne*		326	326	334	318
Marges nettes (\$/ha)	1986-1987	+ 118	+ 140	+ 140	+ 129	+ 140
	1987-1988	+ 151	+ 156	+ 147	+ 133	+ 117
	1988-1989	+ 189	+ 247	+ 381	+ 214	+ 183
	1989-1990*	+ 84	+ 33	+ 45	+ 01	+ 98
	1990-1991	+ 51	+ 68 (1)	+ 02	00 (1)	+ 28
	Moyenne*		+ 119	+ 129	+ 143	+ 95
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	0	+ 28
	1990-1991	+ 13	+ 17 (1)	+ 01	0 (1)	+ 07
	Moyenne		+ 36	+ 40	+ 43	+ 30

☐ 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) Les traitements ESCAR et ARF remplacés par ARE en 1990-1991 (étude de l'alternance des techniques de travail profond).

- une part moins importante de la production pour couvrir les coûts de production : 31 à 34 sacs sont maintenant nécessaires ;
- des prix payés au producteur, en chute régulière et marquée depuis deux ans : le prix payé par sac de 60 kilos est ainsi passé de 12 US\$ en 1989 à 8,326 US\$, soit une chute de plus de 40 % ;
- les marges nettes à l'hectare et les taux de rentabilité s'amenuisent très rapidement, même sur les meilleurs modes de gestion des sols qui garantissent les meilleurs rendements tels que labourer semis direct : les marges nettes oscillent ainsi de 20 à 75 US\$/ha et les taux de rentabilité varient entre 7 et 17 % (Tableau 28).

En conclusion, cette culture devient économiquement **une culture à risque**, malgré tous les progrès techniques réalisés. Il devient impératif, compte tenu de l'importance agronomique de cette culture, de revoir des itinéraires techniques à niveaux d'intrants plus faibles, qui soient susceptibles de dégager des marges supérieures tout en préservant le maintien de la fertilité. La recherche s'est déjà engagée dans cette voie, et l'ajustement du facteur fertilisation minérale permet déjà de dégager des marges supérieures à 150 US\$/ha ; c'est ce que nous avons présenté dans les highlights économiques du chapitre précédent tant, sur soja de cycle moyen que sur soja de cycle court, encore plus sensible à cette pénalisation économique, car moins productif (Tableau 22a, 29).

La culture de maïs de cycle moyen en rotation avec soja

■ **Au plan économique** : en rotation avec le soja, le maïs se montre toujours la culture la moins sensible aux différents modes de préparation des sols, comme l'attestent l'évolution des rendements de 1986 à 1991, réunis dans les tableaux 29, 30 et 31 et la figure 7.

Les deux techniques de préparation des sols à recommander, sont sans aucun doute le labour profond et le semis direct surtout quand cette dernière est pratiquée avec couverture morte permanente (Tableau 30). Dans ce cas, outre une excellente stabilité de rendements, supérieure à 5 200 kg/ha, cette technique proportionne la meilleure protection antiérosive (cultivar AG405 en 1990-91).

On notera l'augmentation de la pression parasitaire, en particulier le borer des tiges *Diatraea saccharalis*, qui peut maintenant proliférer, grâce à l'adoption, sur partie de la région, des successions annuelles soja + sorgho, avec sorgho en fin de cycle, qui sert d'hôte relais. Les chenilles d'*Héliothis*, dévoreuses des épis, sont aussi en progression constante.

Tableau 30 : 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		1990-1991		
<p>Après labour profond semis riz + calopogonium en mélange</p> <p>Productivité riz = 3 225 kg/ha</p> <p>couverture du sol en fin de saison sèche (pailles riz + calopogonium) = 12,5 t/ha</p> <p>Calopogonium se resème tout seul les années suivantes</p>	Préparation du sol X fertilisation		Culture	Productivité (kg/ha)	Culture	Productivité (kg/ha)	Culture	Productivité (kg/ha)	Culture	Productivité (kg/ha)	
	Labour profond	NPK localisé (1)		Soja	1 215	Mais	4 700	Soja	1 775 (*)	Soja	2 422
		Thermophosphate Yoorin Bz 1 500 kg/ha (2)		Mais (+ calopogonium)	4 030	Mais	6 500	Mais	2 678	—	—
	Semis direct	Thermophosphate Yoorin Bz 1 500 kg/ha (2)		Soja	1 440	Mais	6 500	Soja	900 (*)	—	—
		NPK localisé (1)		Mais (+ calopogonium)	4 226	Mais	5 200	Mais	3 068	Soja	3 197
		NPK localisé (1)		Soja	2 040	Mais	5 200	Soja	2 460	Mais	5 472
Thermophosphate Yoorin Bz 1 500 kg/ha (2)		Mais	4 360	Mais	6 400	Mais	5 200	Soja	2 610		
Thermophosphate Yoorin Bz 1 500 kg/ha (2)		Soja	2 486	Mais	6 400	Soja	2 947	Mais	5 419		
Thermophosphate Yoorin Bz 1 500 kg/ha (2)		Mais	4 940	Mais	5 830	Mais	5 830	Soja	3 084		

(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 calopogonium sp.

Tableau 31 : 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, 1986-1991.

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 Yoorin Bz amortis sur trois ans (1 500 kg/ha)	Braskalb 876	3 480	100
	1987-1988		Cargill 115	4 614	132
	1988-1989		Cargill 111-5	4 050	88
	1989-1990		AG 404	3 230	80
	1990-1991		AG 405	4 130	128
	Moyenne			3 900	—
ARF : labour en fin de saison des pluies	1986-1987	NPK localisé 1 500 kg/ha Yoorin Bz amortis sur trois ans	Braskalb 876	3 588	100
	1987-1988		Cargill 115	4 296	120
	1988-1989		Cargill 111-5	4 056	94
	1989-1990		AG 404	3 395	84
	1990-1991		AG 405	—	—
	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 interannuelle de productivité = Productivité année x + 1 / Productivité année x, X 100

Tableau 32 : Performances économiques de la culture du maïs dans les systèmes de culture, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1991.

		Maïs après soja				
Année		GR*	ARF*	ARE*	ESCAR*	PD*
Coûts de production (\$/ha)	1986-1987	295	310	310	298	298
	1987-1988	347	347	348	351	361
	1988-1989	359	363	356	355	359
	1989-1990	344	343	358	330	354
	1990-1991	404	-	429	410	438
	Moyenne	350	341	360	349	362
Marges nettes (\$/ha)	1986-1987	-60	-46	-46	-54	-46
	1987-1988	+19	+04	+11	+26	+37
	1988-1989	+111	+77	+82	+85	+33
	1989-1990	00	-40	+30	-40	+25
	1990-1991	-136	-	-106	-117	-122
	Moyenne	+13	-01	-06	-20	-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	+07
	1990-1991	-34	-	-25	-28	-28
	Moyenne	-05	-01	-02	06	+04
Après riz ou maïs + callopogonium						
		Semis direct avec couverture morte permanente			Labour début des pluies	
Coûts de production (\$/ha)	1986-1987		310,0 *		310 *	
	1987-1988		311,0		309	
	1988-1989		410,0		405	
	1989-1990		342,0		342	
	1990-1991		427,0		-	
	Moyenne	⇔ 5 ans	360,0		4 ans ⇔	341
Marges nettes (\$/ha)	1986-1987		-46,0 *		-46 *	
	1987-1988		+93,0		+43	
	1988-1989		+285,0		+306	
	1989-1990*		+179,0		-67	
	1990-1991		-54,0		-	
	Moyenne	⇔ 5 ans	+92,0		4 ans ⇔	+59
Taux de rentabilité (%)	1986-1987		-15,0 *		-15 *	
	1987-1988		+30,0		+14	
	1988-1989		+69,0		+75	
	1989-1990		+52,3		-20	
	1990-1991		-13		-	
	Moyenne	⇔ 5 ans	+25		4 ans ⇔	+17

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

* Mode 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.

■ **Au plan économique** : comme pour le soja, la conjoncture économique se dégrade : 100 sacs sont maintenant nécessaires pour couvrir les coûts de production, sans garantie du respect des prix minimaux.

Dans ces conditions, la plupart des itinéraires techniques conduisent à des marges monétaires négatives, excepté le semis direct avec couverture morte permanente, avec fumure NPK localisée (Tableau 33) qui conduit à une marge nette très modeste de + 12 US\$/ha.

En conclusion, la culture de maïs est à déconseiller dans la conjoncture économique actuelle, même avec le meilleur niveau technique, c'est une culture à haut risque tant que les prix payés ne sont pas incitatifs.

La recherche concentrera ses efforts dans les axes :

- sélection d'hybrides à haute productivité, résistants aux borers ;
- contrôle des borers (hautes technologies) ;
- sélection de variétés rustiques, adaptées aux successions soja + maïs (gestion du risque minimal).

La culture de riz de cycle moyen en rotation avec soja

■ **Au plan agronomique**

De manière générale, la productivité est en baisse tant chez le producteur que sur l'unité pilote expérimentale. Deux facteurs négatifs concourent à la réalisation de cette situation :

- déficience en soufre. Les céréales sont fertilisées depuis deux ans en couverture avec une formule NK = 25025, dépourvue de soufre ; la déficience en soufre se fait maintenant nettement sentir sur les cultures de la rotation soja et riz ;
- phytotoxicité élevée des herbicides Fenoxaprop éthyl et 2-4D amine lorsque appliqués à forte dose, à un stade précoce (Tableaux 7 et 8).

Néanmoins, la classification des modes de gestion des sols est des cultures pour la formation du rendement, reste la même que les années antérieures :

- le **labour profond pratiqué en rotation avec soja** (ou légumineuse engrais vert) en présence d'un bon niveau de fumure phosphatée (à base de thermophosphate Yoorin) conduit toujours aux **meilleurs rendements** (Tableaux 34, L. SEGUY *et al.*, 1990) en 1990-91 ; 2 556 kg/ha dans cet itinéraire technique contre 1 571 kg/ha avec offset et 876 kg/ha en semis direct, soit des gains de rendements par rapport aux deux autres techniques, respectivement de + 63 % et + 192 % (Tableau 34 et Figure 8).

Tableau 34 : 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, 1986-1991.

Mode de préparation des sols	Année	Fertilisation (1)	Séquence cultivar (1)	Riz en rotation après soja							
				Productivité (kg/ha)	Pourcentage témoin (2)	T (3)	Séquence cultivar (2)	Productivité (kg/ha)	Pourcentage témoin (2)	T (3)	
GR : offset (témoin)	1986-1987 *	NPK soluble 1 500 kg//ha Yoorin Bz pour 3 ans	Cuiabana	2 110	100	—	Cuiabana	2 110	100	100	
	1987-1988 (a)		Cuiabana	2 105	100	(99)	Cabaçu	2 795	133	(132)	
	1988-1989 (a)		Makouta	1 945	100	(92)	IRAT216	1 810	93	(65)	
	1989-1990 (a)		IRAT216	890	100	(46)	IRAT216	890	100	(49)	
	1990-1991		IRAT216	1 571	100	(176)	IRAT216	1 571	100	(176)	
	Moyenne (a)				1 724	100	—		1 835	106	—
PD : semis direct	1986-1987 *	NPK soluble 1 500 kg/ha Yoorin Bz pour 3 ans	Cuiabana	2 375	112	—	Cuiabana	2 375	112	100	
	1987-1988 (a)		Cuiabana	1 716	81	(72)	Cabaçu	2 070	98	(87)	
	1988-1989 (a)		Makouta	1 350	70	(79)	IRAT216	1 854	95	(89)	
	1989-1990 (a)		IRAT216	1 100	123	(81)	IRAT216	1 100	123	(59)	
	1990-1991		IRAT216	876	56	(80)	IRAT216	876	56	(80)	
	Moyenne (a)				1 483	86	—		1 655	96	—
ARE : labour entrée X 1 500 kg/ha Yoorin	1986-1987 *	NPK soluble 1 500 kg/ha Yoorin Bz pour 3 ans	Cuiabana	2 375	112	—	Cuiabana	2 375	112	100	
	1987-1988 (a)		Cuiabana	2 862	136	(120)	Cabaçu	3 846	183	(162)	
	1988-1989 (a)		Makouta	2 454	126	(86)	IRAT216	3 114	160	(81)	
	1989-1990 (a)		IRAT216	1 730	194	(70)	IRAT216	1 730	194	(55)	
	1989-1990 (b)		IRAT216	3 575	402	(146)	IRAT216	3 575	400	(55)	
	1990-1991		IRAT216	2 556	163	(148)	IRAT216	2 556	163	(148)	
	Moyenne (a) pour 3 ans				2 395	139	—	Moyenne (a)	2 724	158	
(b) pour 2 ans			2 765	160	—	Moyenne (b)	3 093	180			

(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

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 X séquence cultivar 1 pour chaque année et pour moyenne.

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

Tableau 33 : Performances économiques de divers systèmes de cultures pratiqués avec labour et semis direct avec couverture morte permanente de calopogonium, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1990

Mode de gestion des sols et cultures							Coûts de production (\$/ha)					
1 ^{re} année	2 ^e année et 3 ^e année préparation X fumure		Culture 2 ^e année	Culture 3 ^e année et 4 ^e année		Culture 5 ^e année	86-87	87-88	88-89	89-90	89-90	Moyenne
Labour de début des pluies	Labour	NPK localisé(1)	Soja	Maïs	Soja	Soja	300	230	351	264	333	296
			Maïs + calopogonium	Maïs	Maïs		300	274	351	318	334	315
X fumure convent.		Thermophosphate 1 500 kg/ha(2)	Soja	Maïs	Soja	Soja	300	280	405	274	402	332
			Maïs + calopogonium	Maïs	Maïs		300	311	405	341	402	352
X riz + calopogonium	Semis direct	NPK localisé	Soja	Maïs	Soja	Maïs	300	246	381	280	364	314
			Maïs + calopogonium	Maïs	Maïs	Soja	300	275	381	322	642	324
		Thermophosphate	Soja	Maïs	Soja	Maïs	300	295	410	313	427	349
			Maïs + calopogonium	Maïs	Maïs	Soja	300	309	410	342	398	352
Mode de gestion des sols et cultures							Marges nettes (\$/ha)					
1 ^{re} année	2 ^e année et 3 ^e année préparation X fumure		Culture 2 ^e année	Culture 3 ^e année et 4 ^e année		Culture 5 ^e année	86-87	87-88	88-89	89-90	89-90	Moyenne
Labour de début des pluies	Labour	NPK localisé(1)	Soja	Maïs	Soja	Soja	+108	-53	+160	-27	+72	+52
			Maïs + calopogonium	Maïs	Maïs		+108	+71	+160	-78	+72	+67
X fumure convent.		Thermophosphate 1 500 kg/ha(2)	Soja	Maïs	Soja	Soja	+108	-71	+307	-157	+53	+48
			Maïs + calopogonium	Maïs	Maïs		+108	+93	+307	-67	+53	+99
X riz + calopogonium	Semis direct	NPK localisé	Soja	Maïs	Soja	Maïs	+108	+51	+184	+51	+12	+81
			Maïs + calopogonium	Maïs	Maïs	Soja	+108	+40	+184	+143	+47	+104
		Thermophosphate	Soja	Maïs	Soja	Maïs	+108	+66	+285	+105	-54	+102
			Maïs + calopogonium	Maïs	Maïs	Soja	+108	+44	+285	+179	-43	+115
Mode de gestion des sols et cultures							Taux de rentabilité (%)					
1 ^{re} année	2 ^e année et 3 ^e année préparation X fumure		Culture 2 ^e année	Culture 3 ^e année et 4 ^e année		Culture 5 ^e année	86-87	87-88	88-89	89-90	89-90	Moyenne
Labour de début des pluies	Labour	NPK localisé(1)	Soja	Maïs	Soja	Soja	+36	-23	+45	-10	+22	+17
			Maïs + calopogonium	Maïs	Maïs		+36	+26	+45	-25	+22	+21
X fumure convent.		Thermophosphate 1 500 kg/ha(2)	Soja	Maïs	Soja	Soja	+36	-25	+75	-56	+13	+14
			Maïs + calopogonium	Maïs	Maïs		+36	+30	+75	-20	+13	+28
X riz + calopogonium	Semis direct	NPK localisé	Soja	Maïs	Soja	Maïs	+36	+20	+48	+18	+3	+25
			Maïs + calopogonium	Maïs	Maïs	Soja	+36	+14	+48	+44	+14	+32
		Thermophosphate	Soja	Maïs	Soja	Maïs	+36	+22	+69	+34	-13	+30
			Maïs + calopogonium	Maïs	Maïs	Soja	+36	+14	+69	+52	-11	+32

(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. Renouvelé en 1990.

☐ Itinéraires techniques les plus performants

On notera, l'incidence croissante des piqueurs de tiges (*Tibraca limbativentris*) et borers des tiges (*Diatraea saccharalis*).

■ Au plan économique

La production de riz de qualité (long et fin), type IRAT 216, change radicalement les perspectives de production ; en effet, le prix payé de 14,04 US\$ par sac de 60 kilos est beaucoup plus attractif que celui du soja, qui oscille entre 8,3 et 9,1 US\$.

Dans une telle conjoncture, très favorable au riz de qualité, 30 à 34 sacs de 60 kilos suffisent à couvrir les coûts de production; la productivité, même modeste de 2 550 kg/ha obtenue cette année sur le meilleur itinéraire technique (labour X rotation avec soja X fumure à base de thermophosphate Yoorin, en semis précoce), dégage des marges nettes à l'hectare de 115 US\$/ha, et un taux de rentabilité de + 24 % (Tableau 35, Figure 8).

La demande pour ce type de variété est actuellement exponentielle, puisqu'on compte déjà, plus de 20 000 ha d'IRAT 216, deux ans après son introduction dans la région.

Les nouvelles créations, de qualité encore supérieure à IRAT 216 (n° 183, n° 141, n° 297, etc.) vont trouver **immédiatement** une région extrêmement réceptrice et favorable à leur diffusion. Cette extension de la culture, comme partenaire du soja, devient maintenant une réalité dans l'Etat du Mato Grosso (SEGUY *et al.*, 1990-91). Cette expansion rapide du riz pluvial de qualité risque d'être d'autant plus rapide, que ses espérances de productivité estimées dans les **premiers tests en grande culture**, sont comprises entre 2,5 et 4 000 kg/ha, même avec une date de semis tardive de décembre (Tableau 6).

Des productivités du niveau de 3 500 kg/ha sont déjà maîtrisées techniquement et permettent de dégager des marges nettes à l'hectare **supérieures à 330 US\$**.

En conclusion, la recherche sait comment maîtriser une productivité de 3 000 kg/ha à 4 500 kg/ha de riz pluvial dans les systèmes de cultures, en rotation avec soja. Il faut poursuivre les efforts de sélection dans le sens de la qualité supérieure tout en réservant les qualités déterminantes de résistance à la pyriculariose, rhynchosporiose, à la verse et plus récemment aux borers et piqueurs des tiges.

Tableau 35 : Performances économiques du riz pluvial dans les systèmes de cultures, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1991.

	Monoculture riz		Riz en rotation après soja				
	Année	Cu/Cu/Ma/IR/IR ARE**	Séquence Cuiabana/Cujabana/Makouta/IRAT216/IRAT216				
			GR*	ARF*	ARE*	ESCAR*	PD*
Coûts de production (\$/ha)	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	341	341	355	361	350	346
	1990-1991	—	—	—	483	417	439
	Moyenne	302	326	320	354	326	340
Marges nettes (\$/ha)	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	-204	-186	-108	-74	-55	-162
	1990-1991	—	-66	—	+115	-181	-294
	Moyenne	-109	-72	+24	+24	-76	-130
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	-16	-47
	1990-1991	—	—	—	+24	-43	-53
	Moyenne	-36	-27	-07	-07	-23	-38
Riz en rotation après soja							
	Cu/Ca/IR/IR/IR**		Séquence Cuiabana/Cabassou/IRAT216/IRAT216/IRAT216				
	Année		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		334	355	361	352	346
	1990-1991		433	—	483	417	439
	Moyenne		330	323	358	397	345
Marges nettes (\$/ha)	1986-1987		+08	+26	+26	+16	+26
	1987-1988		+27	+90	+131	+99	-68
	1988-1989		-22	+64	+165	+63	-56
	1989-1990		-186	-108	-74	-55	-162
	1990-1991		-66	—	+115	-181	-234
	Moyenne		-48	+14	73	-12	-99
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	-16	-47
	1990-1991		-15	—	+24	-43	-53
	Moyenne		-14	+04	+20	-03	-29

* 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.

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

Tableau 36 : 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	Pioncr 816B*	2 700	1 890

Témoin (grain)

(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 disséquant 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

Certaines variétés surinamiennes peuvent être utilisées dans ce sens, directement et aussi comme relais dans les croisements *indica-japonica* (variétés Diwoni, Ciwini, Mana 1).

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 (SEGUY *et al.*, 1986, 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.

Rappel des principaux résultats 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 disséquant type Paraquat) [Tableau 36] ;
- leur rendement en grain atteint près de 2 000 kg/ha toujours sans intrants, en succession du soja IAC 8 de cycle court (Tableaux 36 à 38).

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

Tableau 38 : 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.

Un hybride fourrager de Agrocères (AG 2002) produit ainsi, dans les mêmes conditions plus de 2 000 kg/ha de grains et plus de 6,3 tonnes de paille (Tableau 37).

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

- résistance à la sécheresse ;
- 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).

■ 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 39, 40, 41, 41b).

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 leurs propres semences (variétés au lieu d'hybrides).

Tableau 37 : 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 41 : 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				Fertilisation NPK soluble localisée au semis(3)
		Amortissable sur deux ans(1)			Annuelle(2)	
		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) [5]	Soja	511	450	396	395	345
	Sorgho	81	79	75	71	69
	Total	592	529	471	466	414
Marges nettes (BTN/ha) [5]	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 an. 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 × 100.

(5) 1 BTN = 0,8 US\$.

Tableau 39 : 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) [4]	Riz	576	576	576
	Sorgho	55	53	53
	Total	631	629	629
Marges nettes (BTN/ha) [4]	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 disséquant = 2 l/ha Gramoxone, puis semis direct du sorgho dans paille de riz ; (4) 1 BTN = 0, US \$.

Tableau 40 : 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	1 862
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, disséquant = 2 l/ha de Gramoxone avant semis direct du sorgho.

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).

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.

Résultats confirmés 1990-91

■ Au plan agrotechnique

Techniques de semis direct de sorgho et semis à la volée par avion sont maintenant bien dominées et opérationnelles.

Ces deux itinéraires techniques, de moindre risque (40 à 70 US\$/ha de coûts de production) se développent très rapidement dans la région.

* Productivité moyenne retenue pour les calculs économiques 1990-91.

* L'importance de ce phénomène sera chiffrée en 1991-92.

Tableau 41b : 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 X sans fumure		Soja IAC 8 + sorgho X 100 kg/ha urée		Soja IAC 8 + sorgho X 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) [4]	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) [4]	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 : disséquant 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 = reséms des graines hybrides la seconde année.

(4) 1 BTN = 0,8 \$.

Tableau 41 : Coûts de production de la culture de sorgho pratiquée en succession de riz ou de soja de cycles courts, avec la technique de semis direct, 1990, Fazenda Progresso, Mato Grosso

Productivité moyenne (kg/ha)	1 160
Coûts de production (\$/ha)	US\$/a
Disséquant Paraquat (1,5 l/ha)	15,5
Semis direct (1)	19,3
Récolte (1)	10,7
Coûts totaux	45,5
Marges nettes (\$/ha)*	+ 43,3
Taux de rentabilité = (%)	$\frac{\text{Marge nette}}{\text{Coûts de production}}$ + 95 %

* Prix de marché du sorgho = 4,59 US\$/sac de 60 kg.

(1) Inclus = coût/ha machines - semis de variété reproductible par le producteur.

Cette technologie de moindre risque économique est donc particulièrement intéressante pour le producteur.

■ 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 (rappel 1990)

Il est possible, après cinq ans de culture continue, 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

La recherche multiplie les premières meilleures variétés confirmées : IRAT 202 et IRAT 204.

La productivité moyenne de la variété IRAT 202, dans toutes les successions en 1990-91, a été de 1 160 kg/ha*, soit un résultat comparable à celui des années antérieures, dans les mêmes itinéraires techniques, sans engrais.

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 antiérosive, 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 ;
- une forte rusticité sans intrants ;
- 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 mètres de profondeur (Ca, Mg, NO₃, 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) ;
- on notera, au plan parasitaire, l'augmentation constante de la pression des borers des tiges (*Diatraea saccharalis*)**.

■ Au plan économique

Les successions annuelles proposées riz + sorgho et soja + sorgho, conduisent pratiquement tous les ans, à des marges à l'hectare positives qui vont de + 15 à + 80 US\$/ha suivant les rotations et les modes de travail du sol utilisés. On notera toutefois, que le faible niveau de rendement en soja obtenu en 1991 (déficience en soufre) allié à un bas prix payé au producteur, rendent cette succession soja + sorgho, nettement moins attractives que la succession riz + sorgho pratiquée en alternance avec soja.

La marge nette additionnelle du sorgho, à l'hectare, est en moyenne cette année de 43,3 US\$/ha pour un coût de production additionnelle de 45,5 US\$/ha ; le taux de rentabilité atteint 95 %.

* Axe de recherche important, pour la sélection de variétés résistantes.

Tableau 43a : Performances économiques des successions annuelles en rotation, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1991.
Coûts de production (US\$/ha).

Rotation					Préparation du sol(1)	Coûts de production (\$/ha)					Moyenne
86-87	87-88	88-89	89-90	90-91		86-87	87-88	88-89	90-90	90-91	
Soja + sorgho	Soja + sorgho	Soja + sorgho	Soja	Soja + sorgho	PD	374,8	482,6	456,1	376,0	443,9	426,7
					ESCAR	367,9	458,6	414,5	361,0	413,9	408,2
Mais	Soja + Sorgho	Soja + Sorgho	Soja	Mais	PD	309,9	475,0	407,9	383,5	436,8	402,6
					ESCAR	298,2	461,4	405,0	385,0	409,2	391,7
Riz + Callo.	Soja + Sorgho	Riz + Callo.	Soja	Riz + Sorgho	PD	248,8	488,6	313,0	391,3	537,5	395,8
					ESCAR	236,6	453,9	302,3	378,0	530,3	380,2
Cajanus + Mais	Soja + Sorgho	Riz + Sorgho	Soja	Riz + Sorgho	PD	291,8	513,0	386,6	387,6	475,1	410,8
					ESCAR	277,7	472,6	375,6	382,2	481,9	398,0
Soja + Mais	Soja + Mais	Soja + Mais	Soja	Soja + Sorgho	PD	388,7	464,5	413,1	370,4	428,3	413,0
					ESCAR	373,5	470,4	423,5	374,3	423,6	413,1
Mais	Soja + Mais	Mais + Sorgho	Soja	Mais	PD	309,9	478,5	403,3	388,7	438,7	403,8
					ESCAR	298,1	473,9	401,1	385,7	410,4	393,8
Riz + Cajanus	Soja + Mais	Riz + Cajanus	Soja	Riz + Sorgho	PD	248,8	491,2	324,3	386,3	487,3	387,6
					ESCAR	236,6	479,8	322,0	377,7	445,1	372,2
Cajanus	Soja	Cajanus		Soja	PD	294,4	489,0	358,7	384,9	440,3	393,5
+	+	+	Soja	+	ESCAR	280,0	484,4	365,7	384,6	413,9	385,7
Riz	Mais	Riz		Sorgho	ARE	294,3	504,9	378,5	377,7	434,3	397,9
Soja + Mais	Mais	Soja + Mais	Mais	Soja + Sorgho	PD	413,0	361,8	552,2	441,0	442,7	442,1
					ESCAR	383,6	341,0	542,2	435,6	419,9	424,5
Soja + Sorgho	Sorgho	Soja + Sorgho	Mais	Soja + Sorgho	PD	410,9	283,6	552,2	432,6	443,0	424,4
					ESCAR	376,0	262,0	546,8	434,1	417,5	407,3
Soja + Sorgho	Riz + Callo.	Soja + Sorgho	Riz + Callo.	Soja + Sorgho	PD	377,2	335,8	547,7	450,0	436,7	429,5
					ESCAR	376,4	329,6	540,9	345,8	416,3	419,8

(1) 1986-1989 : PD : semis direct sur la première culture ; ESCAR : scarification profonde sur la première culture de la succession, le semis direct est de règle sur la seconde culture en succession.
1989-1986 : ARE : labour d'entrée des pluies sur toutes ces parcelles

à une situation la plus lucrative possible et préservatrice du capital sol et de l'espace rural.

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

Etape I

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 meilleure 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 43 et 44 et la figure 10 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) ;
- 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 43 et 44). Cette dernière combinaison de systèmes à une seule culture annuelle alternés 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.

A noter, que dans la conjoncture économique actuelle, il est préférable de recommander les rotations riz + sorgho/soja et soja + sorgho/soja, plutôt que maïs + sorgho/soja (Tableaux 43 et 44).

Tableau 43c : Performances économiques des successions annuelles en rotation, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1991. Taux de rentabilité (%).

Rotation					Préparation du sol(1)	Taux de rentabilité (\$/ha)					
86-87	87-88	88-89	89-90	90-91		86-87	87-88	88-89	89-90	90-91	Moyenne
Soja + Sorgho	Soja + Sorgho	Soja + Sorgho	Soja *	Soja + Sorgho	PD	-22	+06	+59	+18	0	+13
					ESCAR	-21	+06	+13	-05	-01	-01
Mais	Soja + Sorgho	Soja + Sorgho	Soja *	Mais	PD	-15	-02	+24	+29	-30	+01
					ESCAR	-18	+12	+30	+31	-31	+06
Riz + Callo.	Soja + Sorgho	Riz + Callo.	Soja *	Riz + Sorgho	PD	+07	+04	-60	+39	+41	+11
					ESCAR	-01	+17	-45	+21	+34	+10
Cajanus + Mais	Soja + Sorgho	Riz + Sorgho	Soja *	Riz + Sorgho	PD	-37	+37	+25	+34	+37	+23
					ESCAR	-24	+25	+34	+27	+45	+25
Soja + Mais	Soja + Mais	Soja + Mais	Soja *	Soja + Sorgho	PD	-10	-40	+21	+09	-20	-09
					ESCAR	-19	-04	+60	+15	+13	+11
Mais	Soja + Mais	Mais + Sorgho	Soja *	Mais	PD	-15	-17	+19	+36	-28	-02
					ESCAR	-18	+03	+25	+31	-28	+03
Riz + Cajanus	Soja + Mais	Riz + Cajanus	Soja *	Riz + Sorgho	PD	+07	-04	-31	+32	-15	-03
					ESCAR	-01	+10	-01	+20	0	+06
Cajanus + Riz	Soja + Mais	Cajanus + Riz	Soja *	Soja + Sorgho	PD	+14	-06	-41	+30	-05	-02
					ESCAR	+17	+15	+12	+30	-02	+14
					ARE	+14	+15	+20	+20	+04	+15
Soja + Mais	Mais	Soja + Mais	Mais *	Soja + Sorgho	PD	+16	-09	+55	+18	-02	+18
					ESCAR	-09	-04	+49	+11	+08	+14
Soja + Sorgho	Sorgho	Soja + Sorgho	Mais *	Soja + Sorgho	PD	+17	-08	+52	+08	-01	+17
					ESCAR	-13	+08	+42	+09	+04	+12
Soja + Sorgho	Riz + Callo.	Soja + Sorgho	Riz + Callo.	Soja + Sorgho	PD	-05	-20	+34	+03	-09	+03
					ESCAR	-14	+01	+35	-15	+02	+04

(1) 1986-1989 : PD : semis direct sur la première culture ; ESCAR : scarification profonde sur la première culture de la succession, le semis direct est en règle sur la seconde culture en succession.

1989-1986 : ARE : labour d'entrée des pluies sur toutes ces parcelles.

Tableau 43b : Performances économiques des successions annuelles en rotation, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1991. Marges nettes (US\$/ha).

Rotation					Préparation du sol(1)	Marges nettes (\$/ha)					
86-87	87-88	88-89	89-90	90-91		86-87	87-88	88-89	89-90	90-91	Moyenne
Soja + sorgho	Soja + sorgho	Soja + sorgho	Soja *	Soja + sorgho	PD	-82,8	+31,5	+271,7	+66,4	+0,1	+57,4
					ESCAR	-79,3	+28,1	+55,6	-19,2	-5,0	-4,0
Mais	Soja + Sorgho	Soja + Sorgho	Soja *	Mais	PD	-46,6	-8,4	+99,6	+109,9	-131,2	+4,7
					ESCAR	-54,2	+54,2	+123,7	+117,4	-128,2	+22,6
Riz + Callo.	Soja + Sorgho	Riz + Callo.	Soja *	Riz + Sorgho	PD	+18,4	+18,5	-190,4	+153,4	+222,2	+44,6
					ESCAR	-2,6	+80,3	-136,4	+77,4	+181,7	+40,0
Cajanus + Mais	Soja + Sorgho	Riz + Sorgho	Soja *	Riz + Sorgho	PD	-109,0	+188,7	+97,8	+132,4	+174,9	+95,9
					ESCAR	-67,6	+117,0	+128,8	+101,7	+217,9	99,5
Soja + Mais	Soja + Mais	Soja + Mais	Soja *	Soja + Sorgho	PD	-37,1	-185,1	+85,9	+34,9	-87,7	-37,8
					ESCAR	-72,6	-21,1	+216,8	+56,9	+53,5	+46,7
Mais	Soja + Mais	Mais + Sorgho	Soja *	Mais	PD	-46,6	-79,8	+75,8	+138,5	-122,2	-6,9
					ESCAR	-54,2	+16,0	+102,2	+121,6	-116,8	+13,8
Riz + Cajanus	Soja + Mais	Riz + Cajanus	Soja *	Riz + Sorgho	PD	+18,4	-19,3	-102,0	+125,0	-75,7	-10,7
					ESCAR	-2,6	46,8	-3,9	+75,9	-0,6	+23,1
Cajanus + Riz	Soja + Mais	Cajanus + Riz	Soja *	Soja + Sorgho	PD	+41,2	-31,0	-146,8	+116,7	-23,5	-8,7
					ESCAR	+48,0	+74,4	+44,5	+115,4	-0,70	+55,0
Soja + Mais	Mais	Soja + Mais	Mais *	Soja + Sorgho	PD	+66,7	-35,0	302,5	+81,0	-6,8	+81,7
					ESCAR	-33,7	-14,2	+267,3	+50,2	+34,3	+60,8
Soja + Sorgho	Sorgho	Soja + Sorgho	Mais *	Soja + Sorgho	PD	+70,6	-21,6	+292,0	+33,0	-4,3	+73,9
					ESCAR	-48,5	+20,0	+227,7	+41,3	+15,1	+51,1
Soja + Sorgho	Riz + Callo.	Soja + Sorgho	Riz + Callo.	Soja + Sorgho	PD	-18,2	-66,8	+185,4	+14,1	-39,1	+15,1
					ESCAR	-51,7	+2,7	+186,8	-66,3	+10,5	+16,4

(1) 1986-1989 : PD : semis direct sur la première culture ; ESCAR : scarification profonde sur la première culture de la succession. le semis direct est en règle sur la seconde culture en succession.
1989-1986 : ARE : labour d'entrée des pluies sur toutes ces parcelles.

Tableau 44a : 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 (Monoculture de soja)	GRA	286,2	271,3	358,5	324,9	314,7
	PD	244,0	286,3	348,0	348,4	306,7
	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
	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
	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
	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
	b				482,3	365,0

(1) Modes de préparation des sols : GR = offset ; PD = non 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 44b : 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 (US\$/ha)

Modes de gestion des sols	Préparation du sol(1)	Année					Moyenne
		86-87	87-88	88-89	89-90	90-91	
Soja/soja/soja/soja/soja (Monoculture de soja)	GRA	+ 55,7	- 65,4	- 44,1	- 74,4	- 150,0	- 55,6
	PD	+ 96,8	0	+ 12,0	- 82,7	- 157,8	- 26,3
	ESCAR	+ 74,2	+ 65,5	+ 78,7	- 70,1	- 68,3	+ 16,0
	ARF	96,8	+ 86,4	+ 11,6	- 76,3	- 129,9	- 02,4
	ARE	+ 96,8	+ 57,6	+ 79,9	- 72,1	- 98,2	+ 12,8
Riz/riz/riz/riz/riz	ARE	- 08,3	- 120,5	- 61,8	- 204,0	—	- 98,6
Soja/riz/soja/riz/soja	GRA	+ 105,5	+ 26,9	+ 25,0	- 186,1	- 77,4	+ 18,8
	PD	+ 112,9	- 68,1	+ 200,4	- 162,5	+ 27,2	+ 22,0
	ESCAR*	+ 115,5	+ 98,9	+ 167,9	- 55,3	+ 75,2	+ 80,4
	ARF	+ 112,9	+ 89,7	+ 275,5	- 107,9	+ 49,9	+ 84,0
	ARE(2)	a	+ 112,9	+ 131,4	+ 377,0	- 73,9	+ 44,0
	b				+ 122,4		+ 157,6
Riz/soja/riz/soja/riz	GR	+ 07,9	+ 129,4	- 22,7	+ 59,2	- 65,6	+ 21,6
	PD	+ 26,4	+ 116,0	- 56,4	+ 147,8	- 233,7	+ 0,1
	ESCAR*	+ 16,2	129,7	+ 63,5	- 29,4	- 181,4	+ 01,4
	ARF*	+ 26,4	+ 128,0	+ 64,2	- 15,7	—	+ 50,7
	ARE(2)	a	+ 26,4	+ 148,7	+ 165,2	+ 61,5	+ 111,4
	b				+ 112,0		+ 133,3
Soja/maïs/soja/maïs/soja	GR	+ 118,2	+ 19,5	+ 188,8	0	+ 51,2	+ 75,5
	PD	+ 140,4	- 37,0	+ 182,8	+ 25,0	+ 28,2	+ 67,9
	ESCAR*	+ 129,7	+ 26,6	+ 214,4	- 40,2	0	+ 66,1
	ARF*	+ 140,4	+ 04,3	+ 247,6	- 40,0	+ 67,7	+ 84,0
	ARE(2)	a	+ 140,4	+ 11,5	+ 381,1	+ 30,6	+ 2,4
	b				+ 51,1		+ 117,3
Maïs/soja/maïs/soja/maïs	GR	- 60,0	+ 150,8	+ 11,4	+ 83,7	- 135,8	+ 10,0
	PD	- 46,6	+ 117,5	+ 33,1	+ 98,0	- 122,7	+ 15,9
	ESCAR*	- 54,2	+ 133,5	+ 84,8	+ 0,8	- 106,1	+ 11,7
	ARF*	- 46,6	+ 156,7	+ 77,1	- 32,7	- 119,0	+ 07,1
	ARE(2)	a	- 46,6	+ 147,2	+ 82,4	+ 45,2	- 128,2
	b				+ 122,2		+ 35,4

(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)

* ARF et ESCAR deviennent ARE en 1990-91 (Etude de l'alternance des modes de travail profond du sol).

Les plus conseillées
actuellement

Tableau 44c : Performances économiques des meilleurs systèmes de cultures céréales-soja comparées à celles de la monoculture de soja, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1991.

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	90-91	Moyenne
Soja/soja/soja/soja/soja (Monoculture de soja)	GRA	+ 19	- 24	- 12	- 28	- 41	- 18,0
	PD	+ 40	0	+ 03	- 29	- 41	- 09,0
	ESCAR	+ 31	+ 22	+ 24	- 26	- 18	+ 05,0
	ARF	+ 40	+ 29	+ 03	- 27	- 26	- 01,0
	ARE	+ 40	+ 19	+ 22	- 25	- 35	+ 04,0
Riz/riz/riz/riz/riz	ARE	- 03	- 39	- 20	- 60	—	- 33,0
Soja/riz/soja/riz/soja	GRA	+ 44	+ 08	+ 56	- 56	- 21	+ 06,0
	PD	+ 46	- 20	+ 53	- 47	+ 07	+ 06,0
	ESCAR	+ 47	+ 29	+ 46	- 16	+ 18	+ 24,0
	ARE	+ 46	+ 26	+ 70	- 30	+ 12	+ 24,0
	ARE(2)	a	+ 46	+ 37	+ 91	- 20	+ 11
	b				+ 26		+ 42,0
Riz/soja/riz/soja/riz	GR	+ 03	+ 43	- 07	+ 20	- 15	+ 07,0
	PD	+ 11	+ 38	- 15	+ 42	- 53	0,0
	ESCAR	+ 07	+ 43	+ 19	- 11	- 43	- 01,0
	ARF	+ 11	+ 42	+ 18	- 05	—	+ 17,0
	ARE(2)	a	+ 11	+ 48	+ 47	+ 20	+ 24
	b				+ 29		+ 32,0
Soja/maïs/soja/maïs/soja	GR	+ 49	+ 06	+ 47	0	+ 13	+ 22,0
	PD	+ 56	- 10	+ 49	+ 07	+ 07	+ 19,0
	ESCAR	+ 53	+ 08	+ 57	- 12	0	+ 19,0
	ARF	+ 56	+ 01	+ 64	- 11	+ 17	+ 24,0
	ARE(2)	a	+ 56	+ 03	+ 92	+ 09	+ 01
	b				+ 12		+ 32,0
Maïs/soja/maïs/soja/maïs	GR	- 20	+ 50	+ 03	+ 28	- 34	+ 03,0
	PD	- 15	+ 39	+ 09	+ 29	- 28	+ 04,0
	ESCAR	- 18	+ 44	+ 24	0	- 25	+ 03,0
	ARF	- 15	+ 51	+ 21	- 11	- 28	+ 02,0
	ARE(2)	a	- 15	+ 47	+ 23	+ 15	- 30
	b				+ 32		+ 10,0

Les plus conseillées
actuellement

(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)

Etape 3

Planification agricole au niveau de la propriété et mise en oeuvre 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.

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

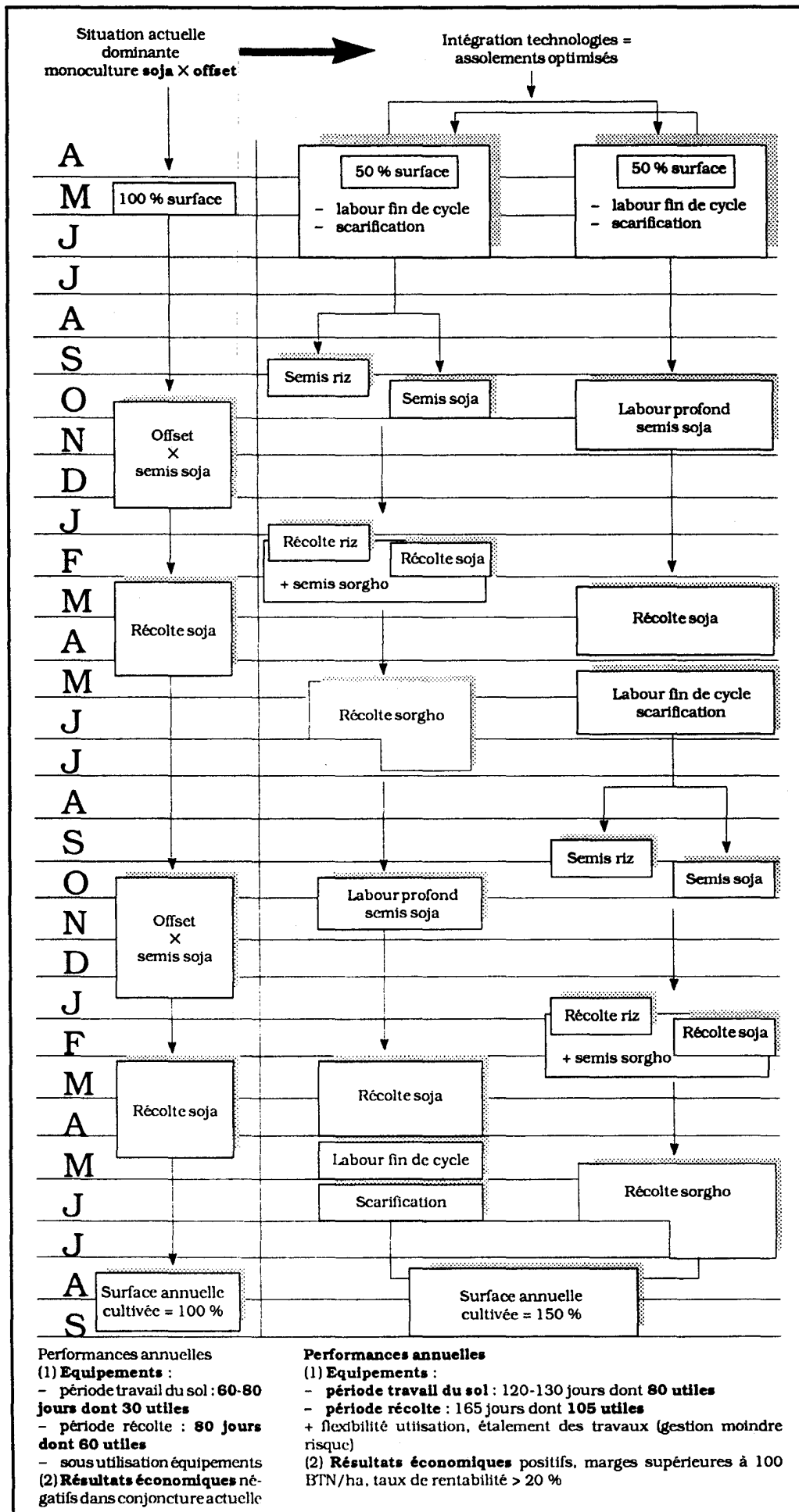
- la **capacité** des équipements mécanisés passe du simple au double :
 - 50 % de surface cultivée en plus par an,
 - meilleure **flexibilité** d'utilisation « minimisant » le risque excès pluviométrique, à la préparation des sols (comme en 1989) et à la récolte ; cette dernière s'étale sur quasi cinq 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,
- 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 production 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.

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 ;

Schéma 1 : Proposition d'assolements



- par l'obtention de marges monétaires à l'hectare incitatives, qui dépassent 100 US\$/ha même lorsque la conjoncture économique est extrêmement défavorable (1989-1990) et peuvent atteindre 250 US\$ dans le cadre d'une politique agricole plus cohérente (1988-1989) [Figure 10].

- 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.

A titre d'exemple, les itinéraires techniques les plus attractifs aux plans agrotechnique et économique sont décrits dans les schémas 2 et 3.

Schéma 2 : Itinéraires techniques riz pluvial recommandés

Deux possibilités		Riz semé tôt, fin septembre, suivi de sorgho en semis direct		Riz semé plus tard — début décembre, après engrais vert (crotalaire)	
Harmonisé avec le calendrier cultural soja : capacité d'utilisation maximal des équipements					
Semis précoce			Semis tardif		
octobre			début décembre		
Mois	Opérations		Mois	Opérations	
Précédent cultural : soja			Précédent cultural : soja		
Avril	<ul style="list-style-type: none"> Préparation profonde du sol - Offset lourd + ou labour profond au soc ou scarification 		Avril	<ul style="list-style-type: none"> Préparation profonde du sol : - offset lourd + ou labour profond ou scarificateur : laissés en l'état (structure grossière) 	
Mai	laissée en l'état (structure grossière)		Mai		
Septembre	<ul style="list-style-type: none"> Offset léger (laisser structure grossière) non pulvériser semis riz avec TD 300 - IMASY (17-25 cm espacement) 		Septembre	<ul style="list-style-type: none"> Offset léger - non pulvériser Semis crotalaire (sans engrais) ou <i>Cajanus cajan</i> 	
Octobre	<ul style="list-style-type: none"> 60-80 kg semences IRAT 216 ou N° 183 traitées au Semevin (1,5 l/100 kg semences) Engrais à la ligne <ul style="list-style-type: none"> - 220 kg Yoorin BZ - 200 kg 4-20-20 - 30 kg FTEBR15 - 50 kg Kcl 		Octobre	1 l Fuzilade si forte infestation graminées	
Novembre	<ul style="list-style-type: none"> 17 et 20 jours après émergence riz = herbicide - 1 l/ha Furore + 6 jours après 1 l/ha 2-4D ou bi-hedonal (1,5 l/ha) Suivie de 100 kg/ha sulfate ammoniacque 		Novembre	<ul style="list-style-type: none"> Rouleau à cornières (Rolo Faca) Semis direct riz pluvial avec (TD300, Imasa) - 1,5 l Reglone sur crotalaire - 60-70 kg/ha IRAT 216, traité au Semevin (1,5 l/100 kg) 	
Décembre	<ul style="list-style-type: none"> Si cultivar 183 : 50 jours après semis appliquer : 50 kg/ha urée + 50 kg/ha Kcl Si cultivar IRAT 216, appliquer la même fumure en couverture, mais à 65-70 jours après semis (ou 60 jours après émergence) 		Décembre	<ul style="list-style-type: none"> engrais sur la ligne, en mélange par ha : <ul style="list-style-type: none"> • 220 kg Yoorin BZ • 200 kg 4-20-20 FTE : + 30 kg FTEBR15 + 50 kg Kcl Herbicide : <ul style="list-style-type: none"> - 2,5 l/ha Ronstar SC en préémergence - 1 l/ha 2-4D amine à 25 ou 45 jours après semis + première couverture 100 kg/ha sulfate amon. à 30 jours 	
Janvier	<ul style="list-style-type: none"> Attention : à partir de 30 jours après semis surveiller apparitions <i>Diatraea</i> et <i>Tribraea</i> (traiter si nécessaire avec : Sevin 850 1,5 kg/ha, Folidol 240 ml/ha) 		Janvier	<ul style="list-style-type: none"> 65-70 jours après semis, ou 60 jours après émergence appliquer 50 kg/ha urée + 50 kg/ha Kcl ou 100 kg/ha (25025) Attention, surveiller apparition : <ul style="list-style-type: none"> - <i>Diatraea limbativentris</i> Depuis 30 jours après semis, de manière quotidienne, si attaques : <ul style="list-style-type: none"> - Sevin 850 - 1,5 kg/ha - Folidol 60 % - 240 ml/ha 	
Février	<ul style="list-style-type: none"> Récolte avec semis en chaîne de sorgho en semis direct avant semis sorgho, appliquer 1,5 l/ha Gramoxone, compléter avec 0,5 à 1 l/ha si nécessaire 4 jours après semences sorgho - IRAT 204, IRAT 202 traités avec Rhodiauram (300 g/100 kg semences) [10-20 kg semences/ha - espacement 50 cm] Semis jusqu'à fin février 		Février		
Mars	Semis jusqu'à fin février		Mars		
Avril			Avril	Récolte	
Mai	Récolte sorgho		Mai	<ul style="list-style-type: none"> Offset lourd (incorporation résidus) + scarification profonde ou semis direct 	
Juin	Semis direct soja année suivante		Juin	<ul style="list-style-type: none"> Soja année suivante - semis octobre ou succession soja + sorgho - semis direct 	

Schéma 3 : Itinéraires techniques soja recommandés

Deux possibilités			
Soja semé tôt, en octobre, suivi de sorgho (semis par avion) — Rotation soja + sorgho/soja Soja semé plus tard — début novembre, un seul cycle de culture — Rotation soja/riz + sorgho			
Harmonisé avec le calendrier cultural riz : capacité d'utilisation maximal des équipements mécanisés			
Semis précoce octobre		Semis tardif début novembre	
Mois	Opérations	Mois	Opérations
Avril	Précédent cultural : riz ou soja	Avril	Précédent cultural : sorgho (des successions : riz + sorgho ou soja + sorgho)
Mai		Mai	
Septembre		Septembre	
Octobre	- Herbicide de présemis après les premiers 40-50 mm : 1,5 l Roundup + 1,5 l 2-4D amine/ha 1 semaine après 1 l/ha Gramoxone ou Reglone Puis semis soja Cristalina - Semis direct (semences inoculées + Rhodiaudram (200 g/100 kg) Engrais à la ligne - 200 kg Supersimple - 200 kg 0-20-20 - 80 kg Kcl - 20 kg Micronutri 252	Octobre	- Herbicide de présemis 1,5 l Roundup + 1,5 l 2-4D en mélange 1 semaine après 1 l/ha Gramoxone ou 1 l/ha Reglone
Novembre	Entre 17 et 20 jours après émergence Soja = herbicide post • 1 l Fuzilade + 1 l Flex en mélange	Novembre	Puis semis soja Cristalina ou Siriema • semences inoculées + 200 g/100 kg Rhodiaudram • espacement 42-45 cm - 20-23 PL/linéaire Engrais à la ligne - 200 kg/ha Supersimple - 200 kg 0-20-20 - 80 kg Kcl - 20 kg Micronutri 252
Décembre	Attention - Surveiller attaques chenilles + punaises - Suivre recommandations traitements EMBRAPA Possibilité appliquer 30 jours après semis, 140 ml/Cerone (Etephon) pour gain de 10 % de productivité	Décembre	Entre 17 et 20 jours après émergence Soja = herbicide post • 1 l Fuzilade + 1 l Flex en mélange
Janvier	Premières feuilles Semis sorgho par avion • 15620 kg/ha - semences traitées au Rhodiauram (200 g/100 kg semences)	Janvier	Attention - Surveiller attaques chenilles + punaises - Suivre recommandations traitements EMBRAPA
Février	Récolte soja	Février	Attention : pour haute productivité, application Cerone 24 jours après émergence soja : 140 ml/ha (matière active : Etephon)
Mars		Mars	Récolte soja
Avril		Avril	Préparation profonde = labour fin de cycle ou scarification
Mai	Récolte sorgho	Mai	
Juin	Semis direct soja année suivante/un seul cycle	Juin	Semis riz + sorgho — année suivante (semis précoce)

Conclusions

Les conclusions émises en 1990, restent totalement d'actualité, rappelons-les :

- 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 productibilité 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. SEGUY *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** correspondant de **relations eau-sols-plantes**, préfigureront des évolutions de comportement qui nécessitent des périodes beaucoup plus longues pour s'accomplir dans des 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. SEGUY 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. SEGUY 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.
3. SEGUY 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.
4. SEGUY L., BOUZINAC S., 1990. Gestion des sols et des cultures dans la zone des frontières agricoles des cerrados humides du centre-ouest brésilien. Synthèse actualisée 1986-1990 et highlights 1990.
5. SEGUY L. (1), BOUZINAC S. (1), YOKOYAMA L. (2), 1990. Evaluation de l'adoption par les agriculteurs du centre-ouest brésilien des technologies mises au point par la recherche franco-brésilienne. Seconde phase 1989-1990.

(1) Chercheurs de l'IRAT/CIRAD

(2) Chercheur du CNPAF/EMBRAPA

La Goutte d'Encre .

ATELIER DE REPROGRAPHIE

67.65.30.96

34000 MONTPELLIER