

**□ La construction des systèmes de semis direct (\*)  
préservateurs de l'environnement  
dans les zones tropicales chaudes  
et humides de basse altitude du Brésil :**

**• *L'exemple des fronts pionniers du Centre Nord  
du Mato Grosso : écologies des cerrados et forêts du sud du  
bassin amazonien -***

- *Sols ferrallitiques vides chimiquement*
- *Pluviométrie = 2 500 à 3 200 mm sur 7 1/2 mois*
- *12 - 14° latitude Sud ; 300 - 400 m altitude*

(\*) Extraits du dossier 1996, L. Séguy, S. Bouzinac :  
- Du transfert de technologies Nord-Sud  
aux systèmes en semis direct dans les zones  
tropicales humides - 195 pages



**Première étape :  
le diagnostic initial  
sur le milieu  
et ses relations  
avec les systèmes  
de culture conventionnels  
(\* Résumé**



***Une gestion désastreuse  
des sols et des cultures  
dès l'ouverture des fronts pionniers  
de l'Ouest brésilien***

# Les fronts pionniers de la région Centre Nord du Mato Grosso

⇨ (\*) Ouverture des fronts pionniers ⇨ 1976  
Intervention de la recherche ⇨ 1986 - Fazenda Progresso

— Situation de la production en 1988 (1) —

□ Surfaces plantées et productivités des cultures principales, en 1988 ⇨ Municipales de Nova Mutum, Tapurah, Lucas do Rio Verde, Sorriso, Sinop.

	Surface (ha)	Productivité (Kg/ha)
• Soja	319 878	2 232
• Riz pluvial	53 627	1 680
• Maïs	6 045	< 3 500

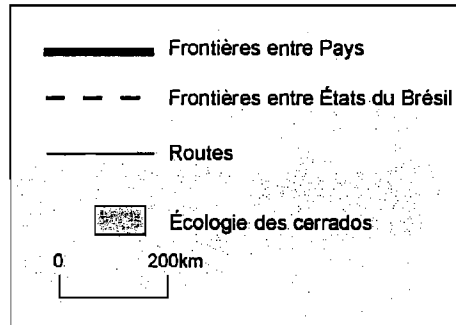
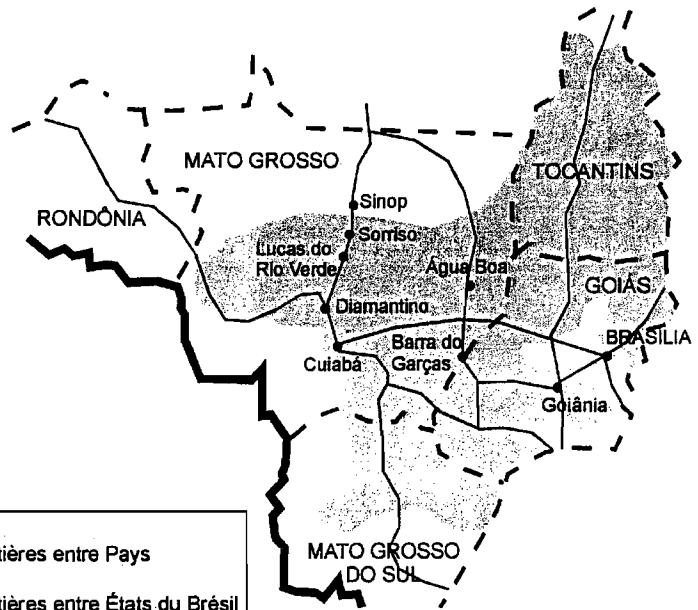
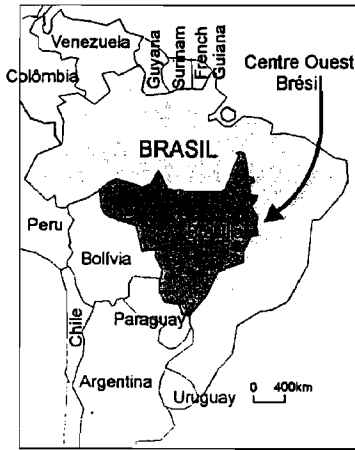
□ Caractéristiques de la colonisation.

- Vient des états du Sud (Rio Grande do Sul, Paraná), fin des années 1970.
- Colonisation privée ⇨ Spéculation sur la terre, au départ.
- Suivant système de colonisation ⇨ Surface exploitation varie de 200 à plusieurs milliers d'hectares.

- Système de culture initial ⇨
  - Défrichage au câble d'acier
  - Riz pluvial ⇨ 2-3 ans avec minimums intrants (2 t chaux Mg + 40 N - 60 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 40 K<sub>2</sub>O/ha)
  - Puis ⇨
    - ou soja (2 à 3 t/ha chaux Mg)
    - ou pâturage extensif

□ Agriculture fortement pénalisée économiquement ⇨ Très éloignée des grands centres de consommation, routes en états précaires (surcoûts de production), prix payés aux agriculteurs 15 à 40% moins élevés que dans le Sud développé (états de São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul).

(1) Estimations - Source : EMATER, IBGE, Coopératives.



⇒ L'EXEMPLE

LA RÉGION CENTRE-NORD DU MATO GROSSO

⇒

QUI PEUT LE PLUS  
PEUT LE MOINS

■ UN CLIMAT D'UNE AGRESSIVITÉ EXCEPTIONNELLE

- Pluviométrie 2 000 à 3 000 mm en 7 1/2 mois
- Intensités pluviométriques > 100 mm/heures, fréquentes
- Fréquence élevée de pluies > 100 mm/semaine
- Fort drainage profond

⇒

- Forts risques d'érosion
- Fort drainage profond d'éléments minéraux
- Forts risques d'asphyxie racinaire

■ SOLS

⇒ SOLS FERRALITIQUES

• OXYDÉS → Unités de paysage = colline en demi-orange (rouges)

• HYDRATÉS → Unités de paysage = planes, en rapport avec nappe phréatique (caractéristiques hydromorphiques) (jaunes, gris)

⇒ FERTILITÉ NATURELLE

- SAVANE
- FORÊT

Propriétés physiques biologiques **excellentes**

Chimiquement vide : Carences Ca, Mg, Zn

pH acide  
Al élevé, toxique

⇒ **SPÉCIFICITÉS DU PROFIL CULTURAL SUR SOLS FERRALLITIQUES**

- EN CONDITIONS NATURELLES — Chimiquement vide (Ca, Mg, K, Zn), Al ↗  
Bien structurés (sauf textures sableuses)

- SOUS CULTURE + MODES DE GESTIONS INADÉQUATS (Offset x monocultures)

⇒ **À COURT TERME = FRAGILITÉ STRUCTURALE**

- Avec pluies de forte intensité et mode de gestion inadéquat (offset x monoculture)

- ⇒ Au début de la saison des pluies —
- Variation rapide des états de surface :
  - \* perte de rugosité
  - \* formation de croûte superficielle
  - \* effondrement de la structure interne du profil cultural
  - \* érosion
  - \* prolifération des adventices

- ⇒ Au milieu de la saison des pluies — Lessivage profond des éléments minéraux (Ca, K, Mg, NO<sub>3</sub>)

■ **CONSÉQUENCES SUR**

L'enracinement des cultures  
(flux d'alimentation hydrique et minéral)  
Les relations de concurrence entre adventices et cultures  
Les coûts

- ⇒ Durant saison sèche

Cimentation du profil cultural  
Multiplication des adventices de cycle court résistantes à la sécheresse

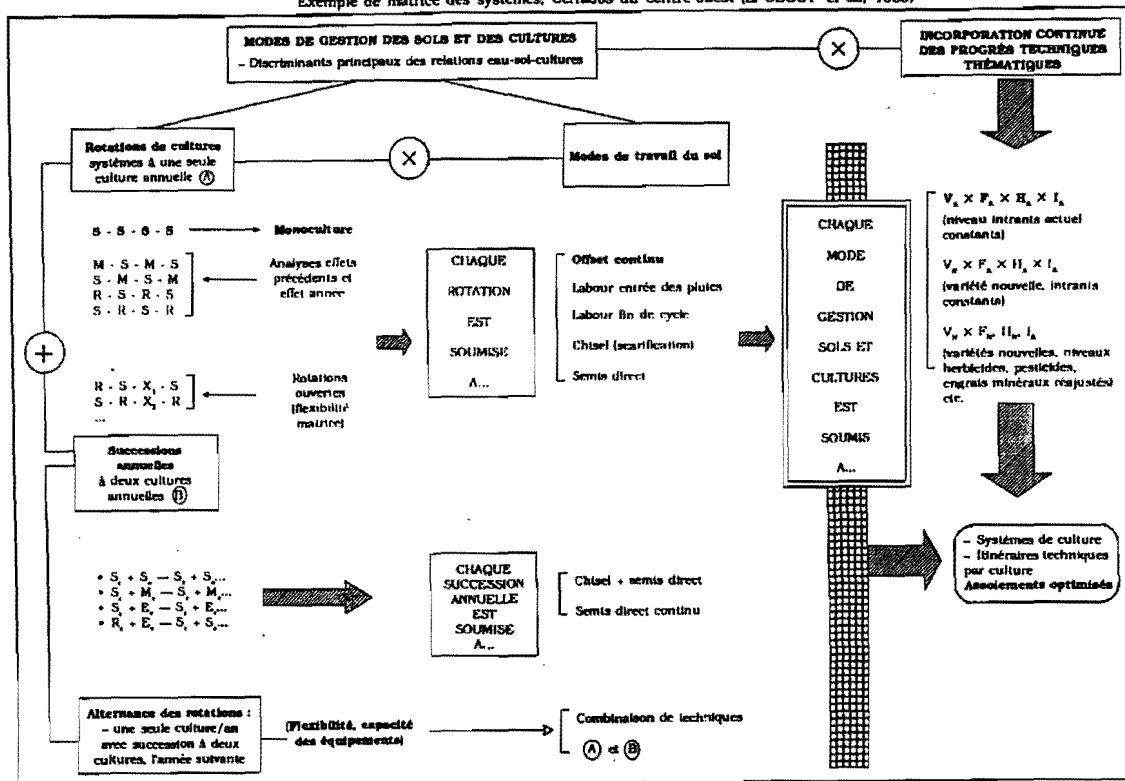
■ **CONSÉQUENCES**

Nécessité de restructuration mécanique du profil cultural, chaque année  
Contrôle des adventices à coût croissant

**Caractéristiques chimiques des sols ferrallitiques rouge-jaunes des fronts pionniers en fonction de leur utilisation**

Localisation des profils	Horizons (cms)	pH eau	M.O. %	P (ppm) (1)	K (ppm)	meq/100ml			V %
						Ca + Mg	Al	CEC	
Sous savane	0-10	5,0	3,0	0,5	27	0,4	2,1	7,2	9,4
	10-20	5,3	2,3	0,4	25	0,6	1,2	6,4	7,2
	20-30	5,3	2,3	0,3	20	0,6	1,0	7,1	6,9
Sous pâturage extensif	0-10	4,8	3,6	2,0	25	0,9	0,9	8,7	8,0
	10-20	4,7	3,4	1,0	22	1,0	1,0	9,4	6,2
	20-30	4,7	3,3	1,0	22	1,0	1,0	9,6	8,2
Sous culture après 11 ans de culture continue	0-10	5,9	2,2	6,2	63	3,9	0,1	7,4	54
	10-20	4,9	1,8	2,1	27	1,1	0,6	6,2	27
	20-30	4,8	1,8	1,8	24	0,6	0,9	6,1	26

(1) Méthode Caroline du Nord (double acide) - Mehlich  
 Source : Séguy L., Bouzinac S., Fazenda Progresso - MT - 1986



V : variété, H : herbicide, I : insecticide, A : actuel, N : nouveau, S : soja, S<sub>c</sub> : soja cycle court, M : maïs, M<sub>c</sub> : maïs cycle court, S<sub>s</sub> : sorgho, R : riz, E<sub>v</sub> : engrais vert, X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub> : autres espèces système traditionnel.  
 → surface cultivée de la matrice, sur l'étendue de la toposéquence représentative : 160 hectares. Aménagement contre l'érosion : terrasses d'absorption totale de l'eau (basses larges). Toute la surface est semée.



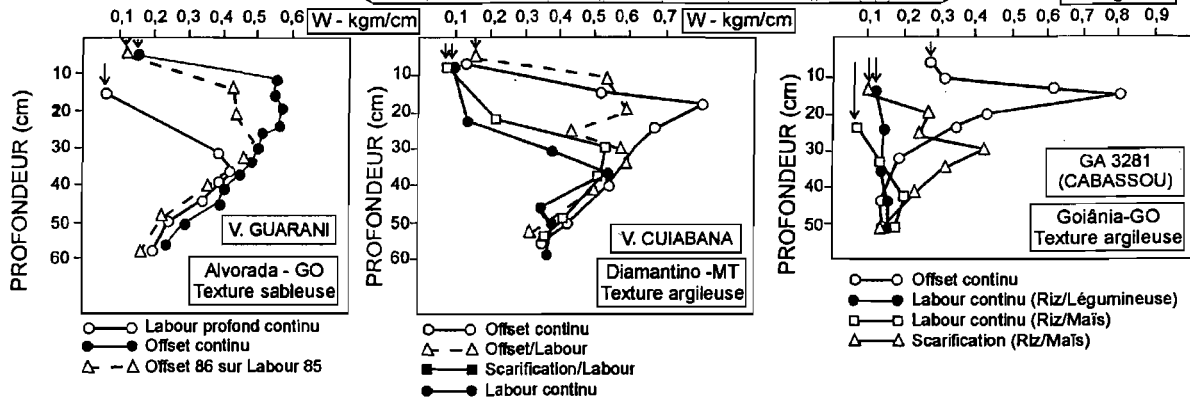
**2<sup>ème</sup>. étape de l'intervention  
de la recherche-action :**

**La restauration rapide des propriétés  
physico-chimiques et biologiques  
du  
profil culturel**

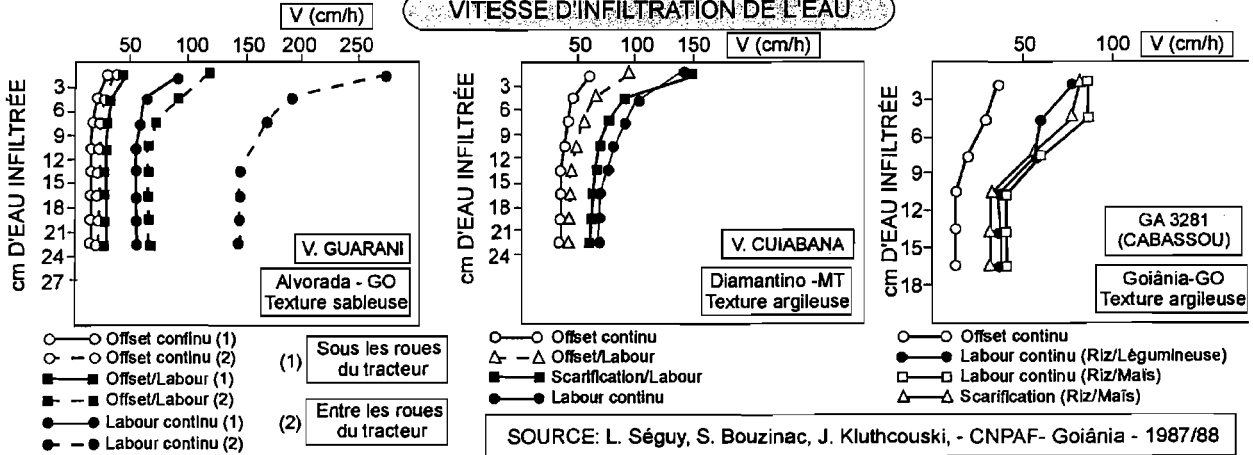
**1986/1992 ⇒ *Fazenda Progresso -  
Lucas do Rio Verde - Mato Grosso***

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DE SOLS FERRALLITIQUES DU CENTRE-OUEST BRÉSILIEN  
SOUS DIVERS MODES DE GESTION DU SOL

RÉSISTANCE MÉCANIQUE À LA PÉNÉTRATION

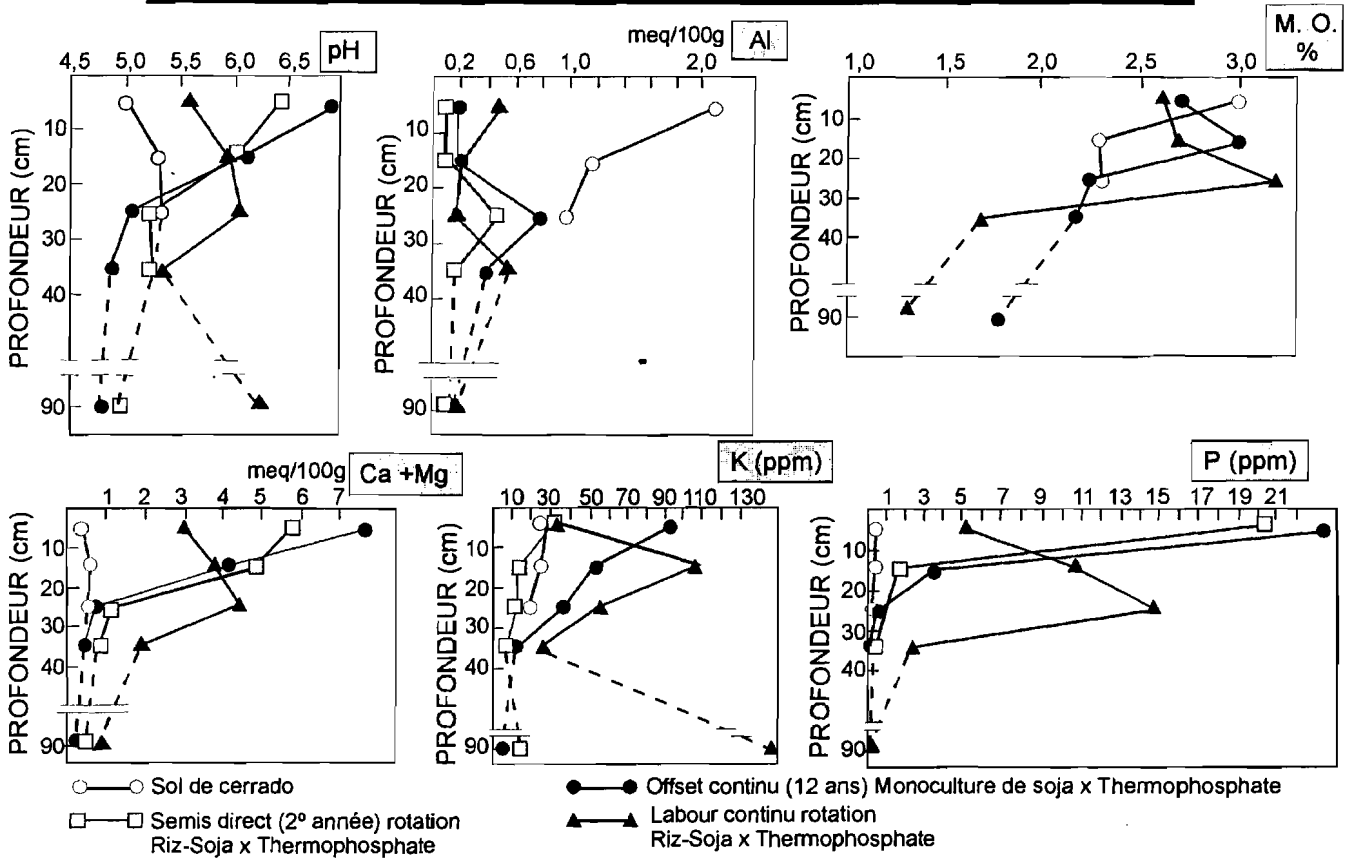


VITESSE D'INFILTRATION DE L'EAU



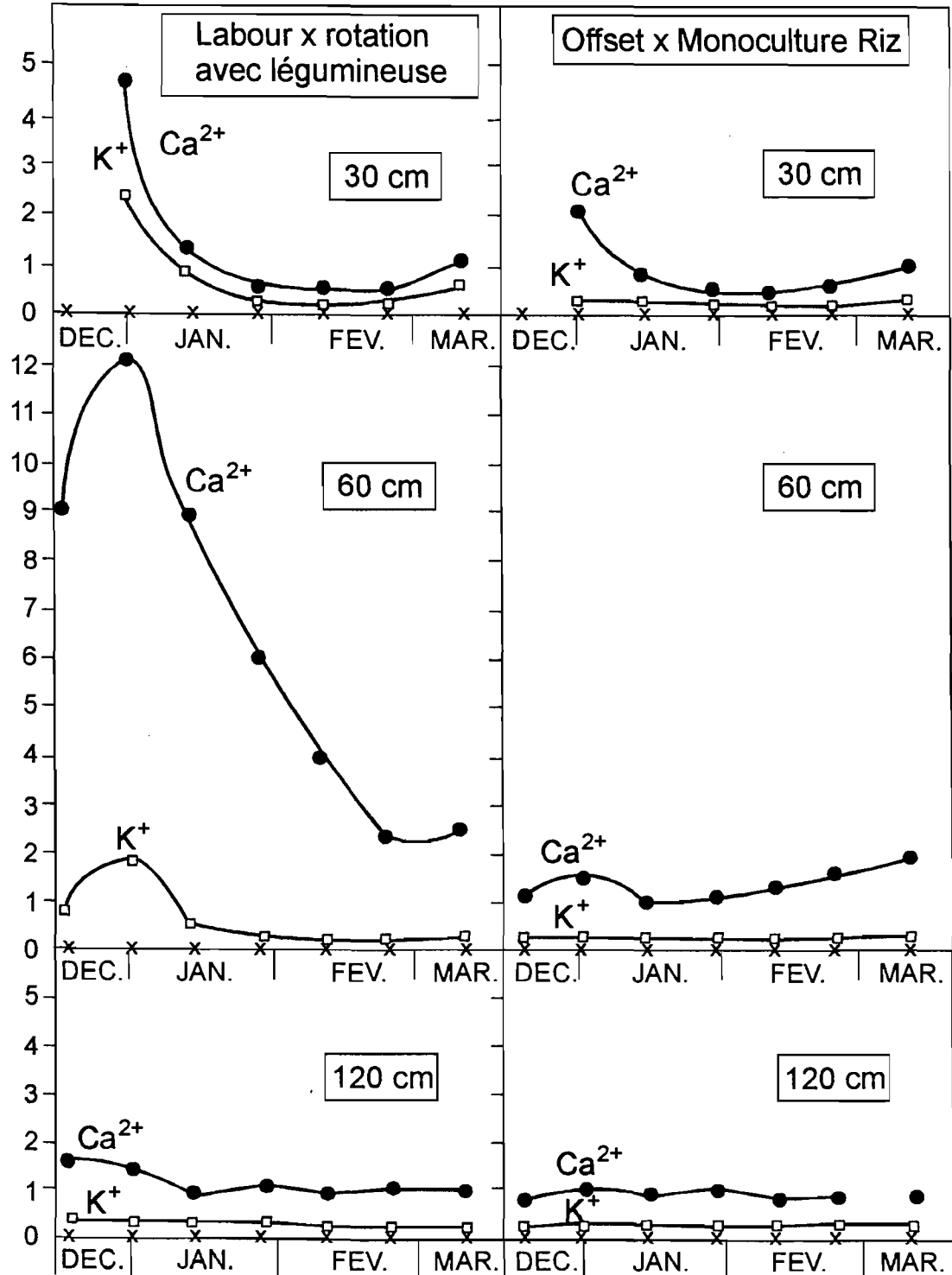
SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, J. Kluthcouski, - CNPAF- Goiânia - 1987/88

EVOLUTION DES PROPRIETES CHIMICO-PHYSICOLOGIQUES DES  
**CERRADOS HUMIDES DU CENTRE NORD MATO GROSSO (BRÉSIL), SOUS  
 DIVERS MODES DE GESTION DES SOLS ET DES CULTURES**



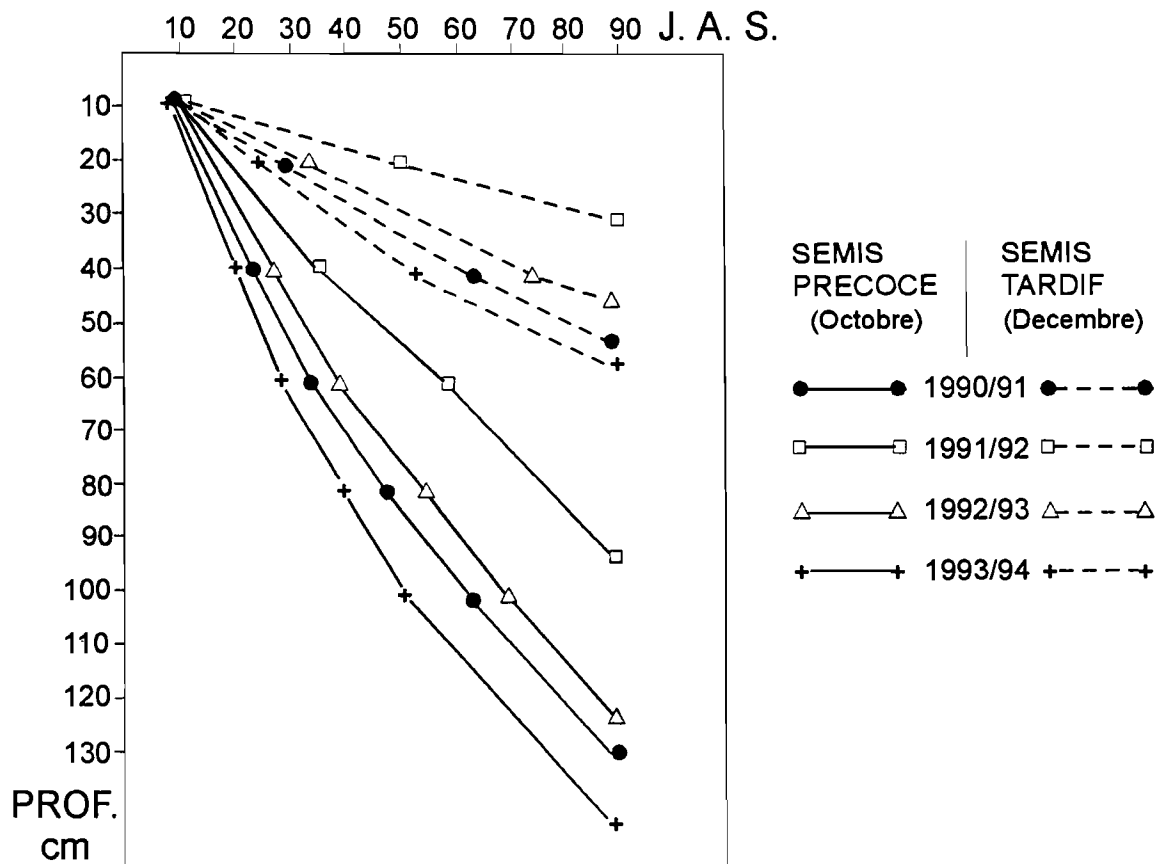
SOURCE: L. S. Séguy, S. Bouzinac, et al., - CNPAF/EMBRAPA- Goiânia-GO, 1989

g/dm<sup>3</sup>



ÉVOLUTION DANS LE TEMPS DES CONCENTRATIONS DANS LA SOLUTION DU SOL DE Ca ET K À TROIS PROFONDEURS SOUS 2 MODES DE GESTION - SOL FERRALLITIQUE ROUGE FONCÉ.

• SOURCE: M. de Raissac., A. Moreira., - CNPAF - Goiânia - 1985/86



■ **Descente du front racinaire riz pluvial  
(Cv. CIAT 20), sur ouverture terre neuve**

- Correction phosphatée de fort niveau

SOURCE: L. Ségué, S. Bouzinac., et al., -Fazenda Progresso  
Lucas do Rio Verde MT 1990/94

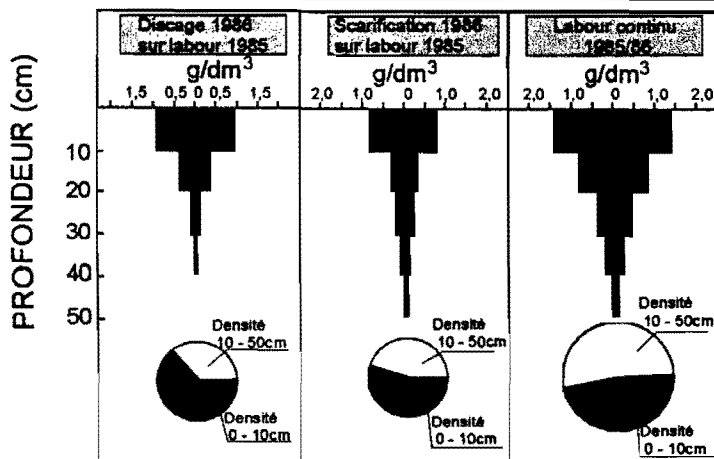
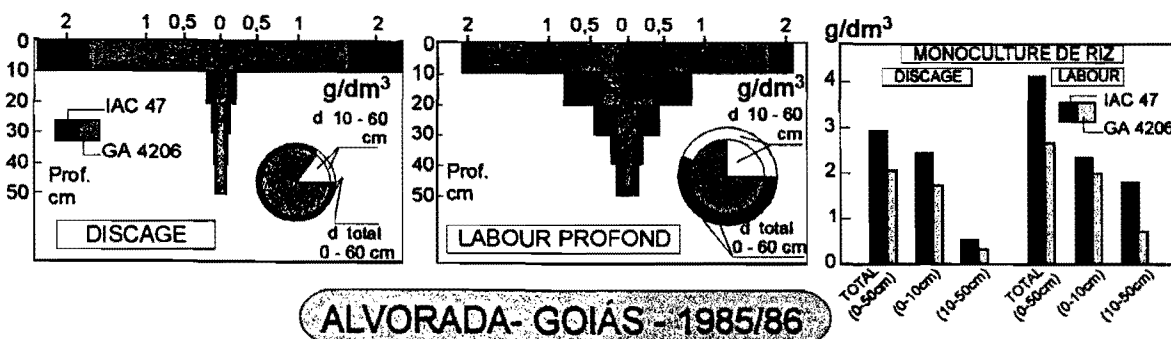
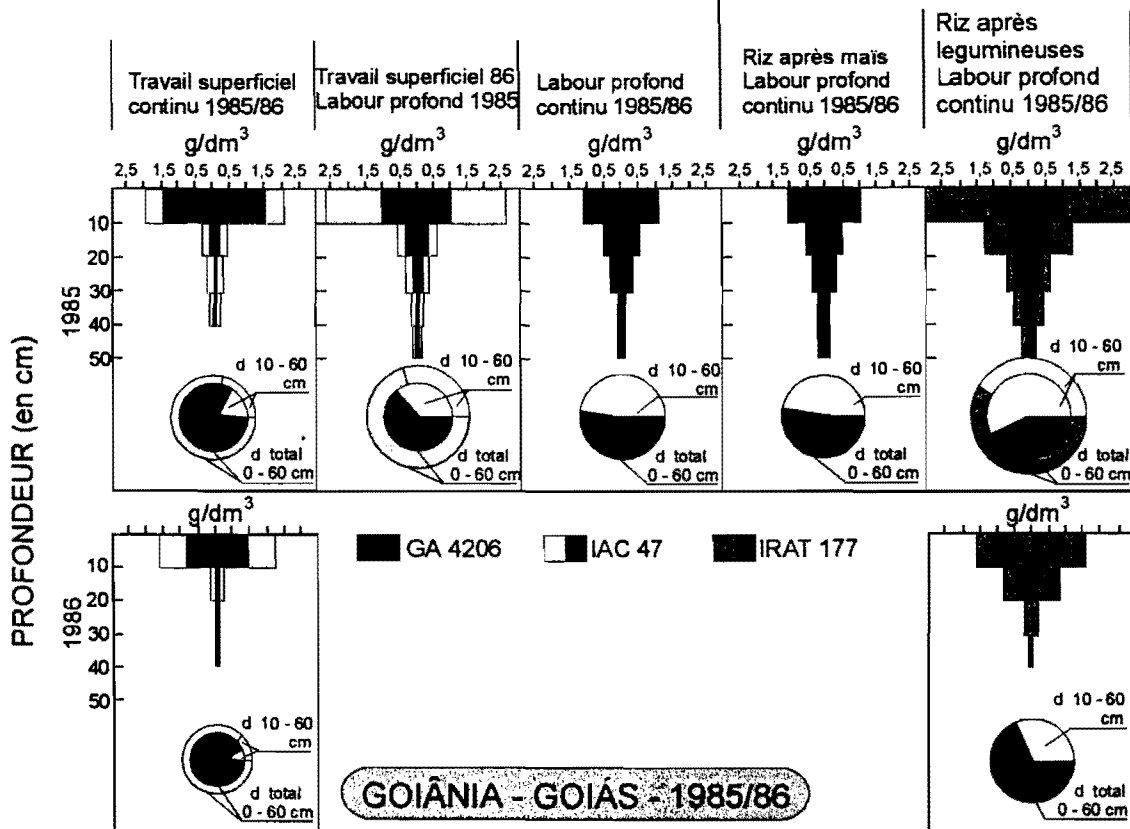
# DENSITÉS RACINAIRES DU RIZ PLUVIAL SOUS DIVERS MODES DE GESTION DE SOLS FERRALLITIQUES DU CENTRE-OUEST BRÉSILIEN, EN ÉCOLOGIES=

- A fort risque climatique → ALVORADA - GOIÁS
- A risque climatique modéré → GOIÂNIA - GOIÁS
- Favorable, sans risque climatique → DIAMANTINO - MATO GROSSO

1984-87 SOURCE = L. Ségué, S. Bouzinac - CIRAD-CA  
CNPAP/EMBRAPA - FAZ. Progresso

## MONOCULTURE DE RIZ

## RIZ EN ROTATIONS

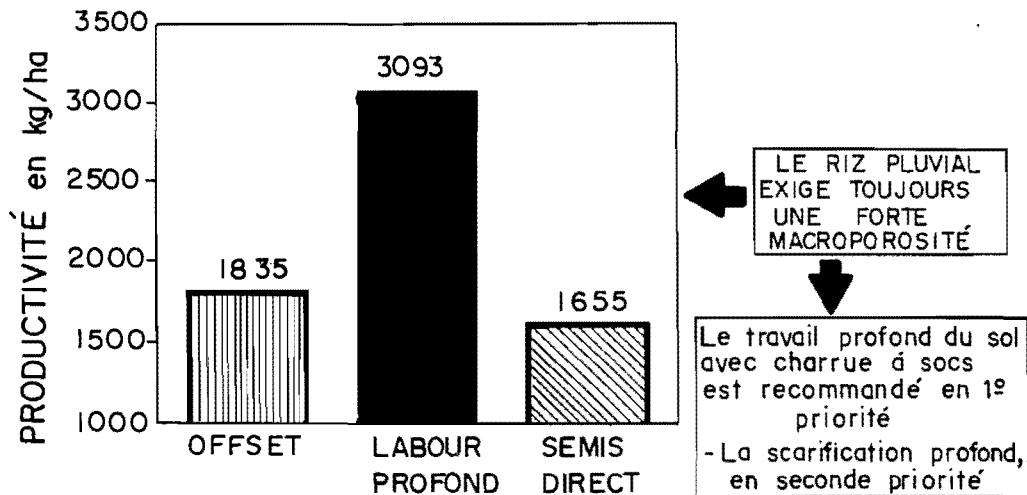


**Classement interannuel des modes de travail du sol sur la productivité des cultures de soja et riz - 1987-1991**

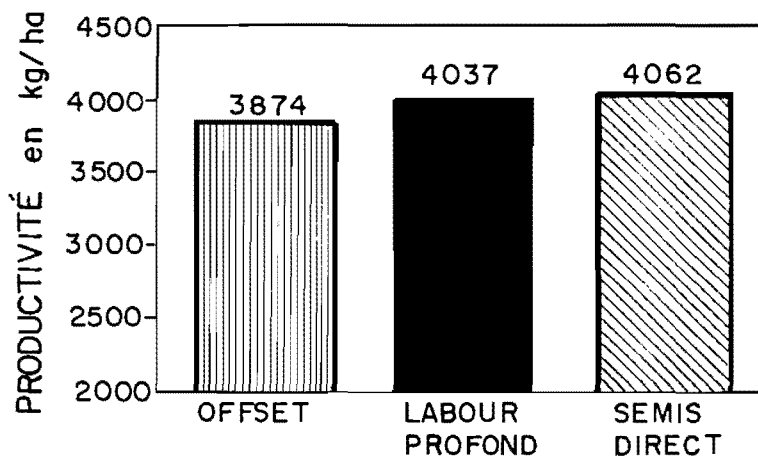
	SOJA				RIZ PLUVIAL	
	Monoculture		En rotation avec riz		En rotation avec soja	
	Classement décroissant	Productivité relative (1)	Classement décroissant	Productivité relative (1)	Classement décroissant	Productivité relative (1)
1987/88	1 <sup>er</sup> Labour	173	1 <sup>er</sup> Labour	129	1 <sup>er</sup> Labour	175
	2 <sup>es</sup> Scarification	155	2 <sup>es</sup> Scarification	120	2 <sup>es</sup> Scarification	149
	3 <sup>es</sup> Semis direct	139	3 <sup>es</sup> Semis direct	117	3 <sup>es</sup> Offset	100
	4 <sup>es</sup> Offset	100	4 <sup>es</sup> Offset	100	4 <sup>es</sup> Semis direct	94
1988/89	1 <sup>er</sup> Labour	141	1 <sup>er</sup> Labour	126	1 <sup>er</sup> Labour	172
	2 <sup>es</sup> Scarification	132	2 <sup>es</sup> Scarification	109	2 <sup>es</sup> Scarification	155
	3 <sup>es</sup> Semis direct	115	3 <sup>es</sup> Offset	100	3 <sup>es</sup> Semis direct	102
	4 <sup>es</sup> Offset	100	4 <sup>es</sup> Semis direct	92	4 <sup>es</sup> Offset	100
1989/90	1 <sup>er</sup> Labour	119	1 <sup>er</sup> Semis direct	142	1 <sup>er</sup> Labour	402
	2 <sup>es</sup> Scarification	116	2 <sup>es</sup> Labour	141	2 <sup>es</sup> Scarification	372
	3 <sup>es</sup> Semis direct	111	3 <sup>es</sup> Scarification	131	3 <sup>es</sup> Semis direct	124
	4 <sup>es</sup> Offset	100	4 <sup>es</sup> Offset	100	4 <sup>es</sup> Offset	100
1990/91	1 <sup>er</sup> Labour	132	1 <sup>er</sup> Semis direct	165	1 <sup>er</sup> Labour	163
	2 <sup>es</sup> Scarification	125	2 <sup>es</sup> Labour	156	2 <sup>es</sup> Scarification	152
	3 <sup>es</sup> Semis direct	104	3 <sup>es</sup> Scarification	152	3 <sup>es</sup> Semis direct	119
	4 <sup>es</sup> Offset	100	4 <sup>es</sup> Offset	100	4 <sup>es</sup> Offset	100

(1) Par rapport au témoin offset = 100 (Résultats des grandes parcelles)  
 Source : Séguy L., Bouzinac S., 1991

PRODUCTIVITÉ MOYENNE, SUR 5 ANS, DU RIZ PLUVIAL EN ROTATION AVEC SOJA - FAZ. PROGRESSO - SORRISO/MT - 1986/91



PRODUCTIVITÉ MOYENNE, SUR 6 ANS, DU MAÏS EN ROTATION AVEC SOJA, SUR 3 MODES DE PRÉPARATION DU SOL. FAZ. PROGRESSO - SORRISO/MT - 1986/92

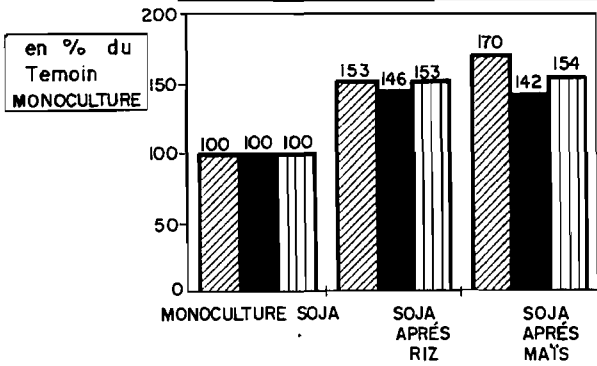


• SOURCE = CIRAD - CA  
(L. Seguy, S. Bouzinac - 1986/1992)

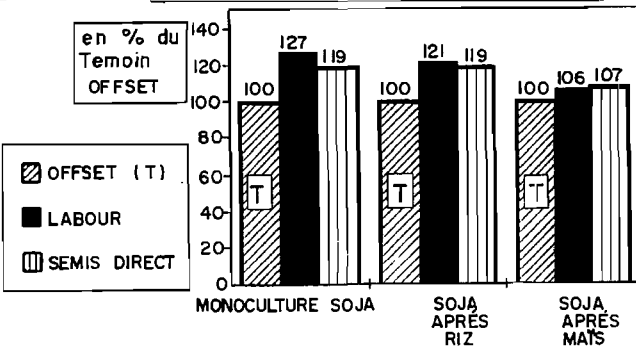


EFFET MOYEN, SUR 6 ANS, DES MODES DE GESTION DES SOLS ET DES CULTURES, SUR LA PRODUCTIVITÉ DU SOJA (1) 1986/1992-FAZ. PROGRESSO-MT

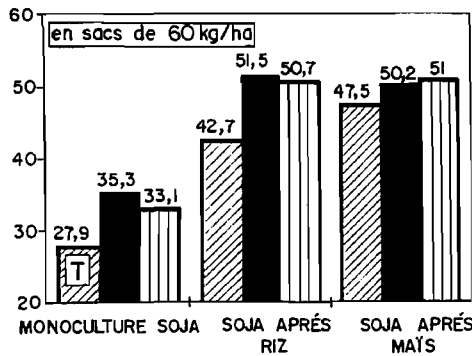
EFFET MOYEN, SUR 6 ANS, DU FACTEUR ROTATION SUR LA PRODUCTIVITÉ RELATIVE DU SOJA -FAZ. PROGRESSO/MT 1986/1992



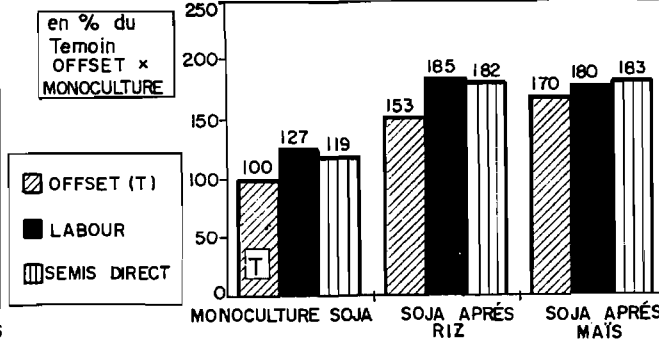
EFFET MOYEN, SUR 6 ANS, DU FACTEUR TRAVAIL DU SOL SUR LA PRODUCTIVITÉ RELATIVE DU SOJA FAZ. PROGRESSO/MT - 1986/1992



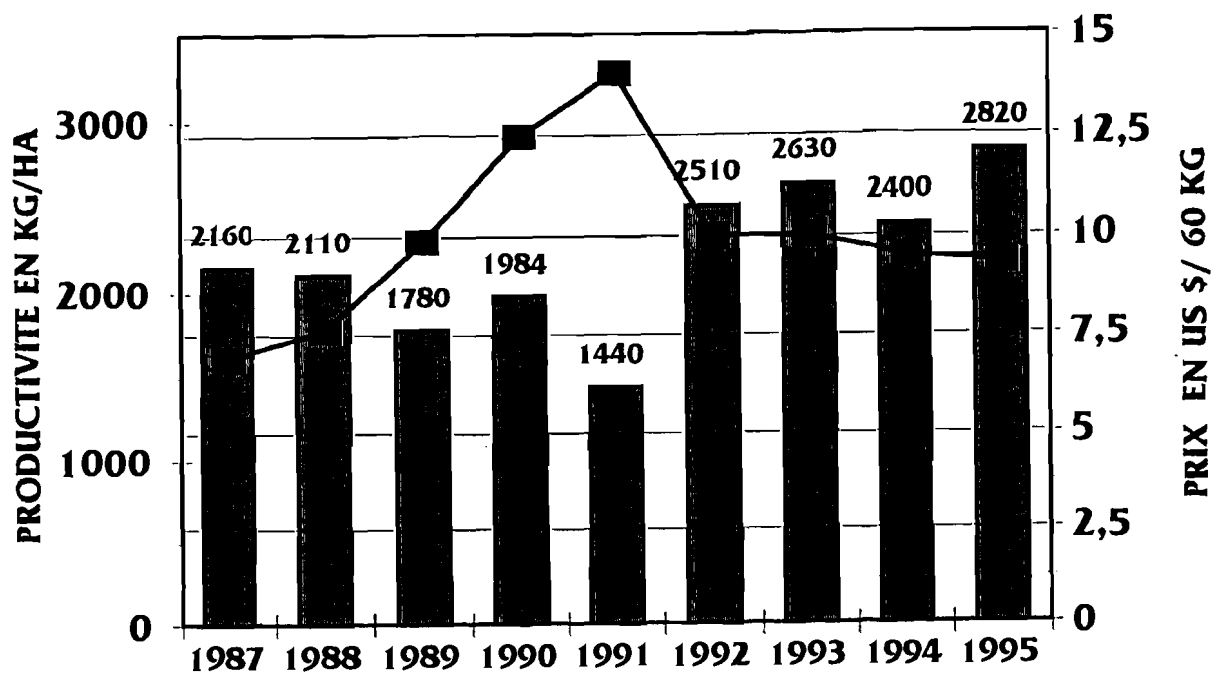
PRODUCTIVITÉ MOYENNE, SUR 6 ANS, DU SOJA DANS DIVERS SYSTEMES DE CULTURE - FAZ PROGRESSO/MT 1986/1992



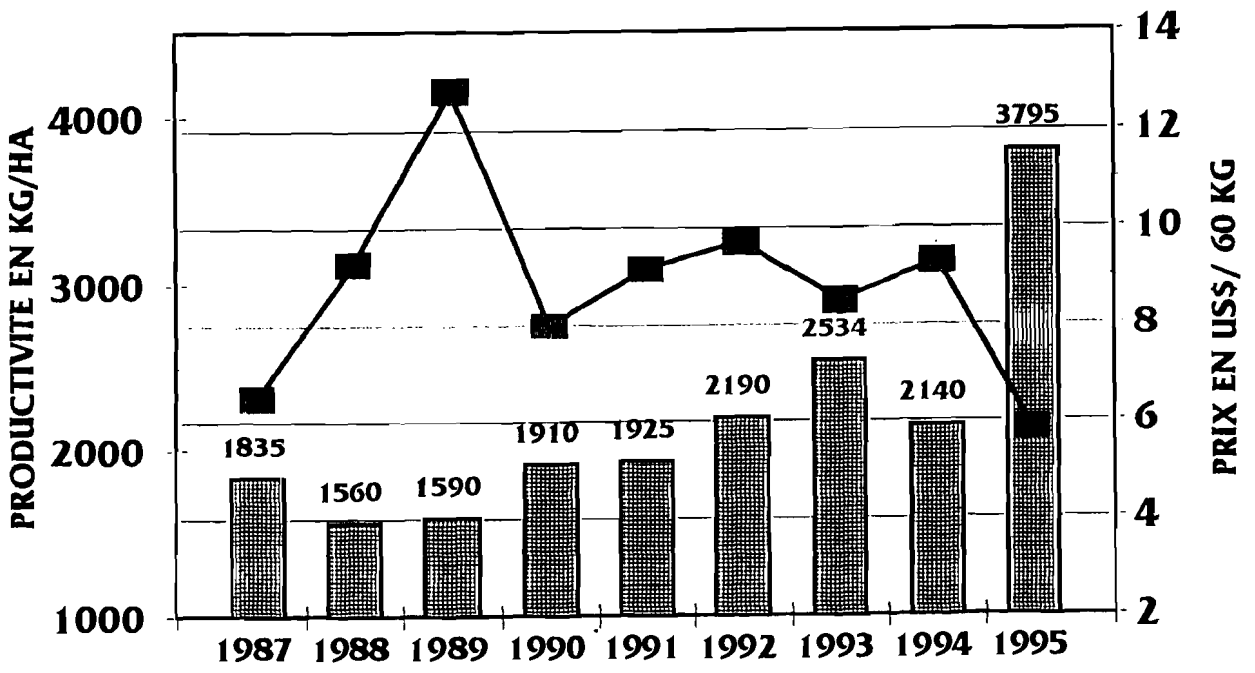
EFFET MOYEN, SUR 6 ANS, DES FACTEURS TRAVAIL DU SOL x ROTATIONS, SUR LA PRODUCTIVITÉ RELATIVE DU SOJA FAZ. PROGRESSO/MT 1986/1992



- (1) AVEC NIVEAU DE FERTILISATION PROGRESSIVE = 400kg/ha 02-20-20+ Sous la ligne de semis+ correction calcaire dolomitique (2 à 3t/ha) Tous les 3 ans
- SOURCE: CIRAD- CA ( L. Seguy, S. Bouzinac.)



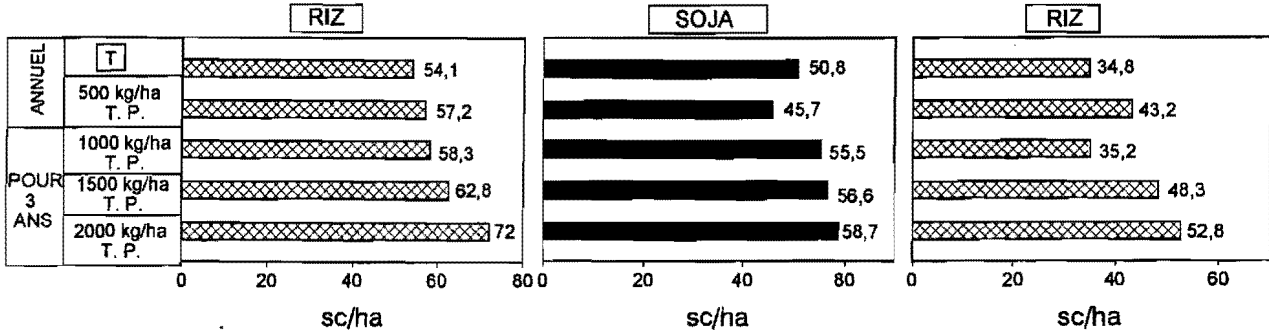
PRODUCTION POUR COUVRIR LES COUTS  
 PRIX PAYE POUR LE RIZ



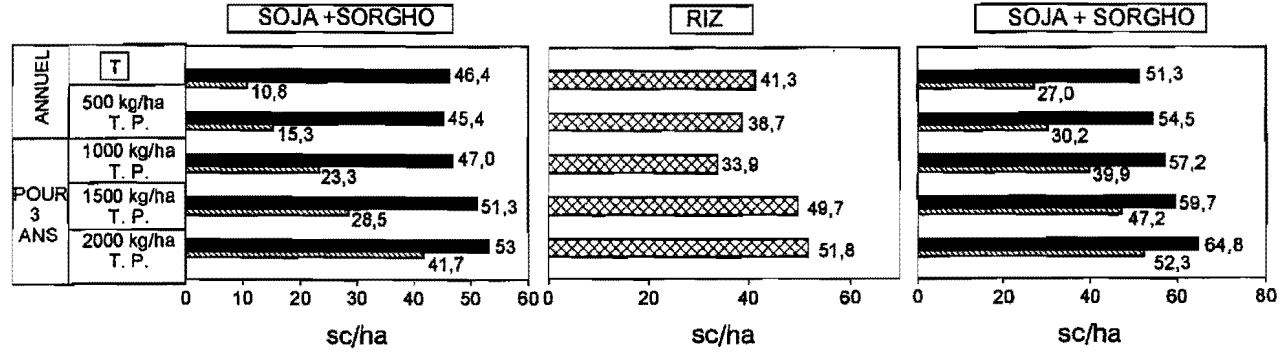
PRODUCTION POUR COUVRIR LES COUTS  
 PRIX PAYE POUR LE SOJA

1<sup>a</sup> PHASE ⇒ PRODUCTIVITÉS DES ROTATIONS, EN SACS DE 60 kg/ha - 1987/90

■ RIZ/SOJA/RIZ ⇒ UNE SEULE CULTURE/AN



■ SOJA + SORGHO/RIZ/SOJA + SORGHO ⇒ 2 Cultures en succession/an, alternées avec une seule culture/an



T = Témoin  
 • NPK 300 kg/ha 04-20-20 - Céréales + calcaire dolomitique → V<sub>z</sub> ≥ 40%  
 • NPK 300 kg/ha 00-20-20 - Soja  
 • 65 N/ha couverture sur riz  
 • Sorgho sans engrais  
 T. P. = Thermophosphate Yoorin + NK idem T

SOURCE: L. séguy., S. Bouzinac., Cooperlucas - Fazenda Progresso - MT - 1987/90



Performances des technologies adoptées par les producteurs dans les "municipios" de Sorriso (Mato Grosso), Água Boa (Mato Grosso), Paracatu (Minas Gerais) Maracaju (Mato Grosso do Sul) : 42 664 hectares, 116 producteurs, Centre-Ouest brésilien - 1989-90.

Modes de gestion des sols et de cultures	Soja ( 32 531 ha)			Riz pluvial ( 7 121 ha)			Maïs ( 3 012 ha)		
	Surface (%)	Productivité (Kg/ha)			Surface (%)	Productivité (Kg/ha)		Surface (%)	Productivité (Kg/ha)
		CR	D	A*		Variétés anciennes	Variétés nouvelles		
Travail profond x tous précédents	46,5	2 551	2 283	2 641	14,6	2 100	2 145	81	4 656
Offset x défriche	7,4	1 650	1 476	1 560	67,0	1 704	1 428	-	-
Travail profond x rotation légumineuse-céréale	19,0	2 625	2 347	3 673	10,8	2 100	2 512	-	-
Monoculture x offset	27,1	2 025	1 827	2 132	7,6	1 537	1 451	3	3 360
Offset → tous précédents	-	-	-	-	-	-	-	16	3 507

\* Variétés : CR : Cristalina, D : Doko, A : autres.

Source : Séguy L., Bouzinac S. et al, 1989 (10)

Performances des technologies adoptées par les producteurs dans les "municipios" de Sorriso (Mato Grosso), Água Boa (Mato Grosso), Paracatu (Minas Gerais) : 17 123 hectares, 57 producteurs - 1990-91

Modes de gestion des sols et de cultures	Soja ( 13 904 ha)		Riz pluvial ( 1 678 ha)	
	Surface (%)	Productivité (Kg/ha)	Surface (%)	Productivité (Kg/ha)
Monoculture x offset	40	1 410	28	1 050
Sur défriche x offset	1,5	1 110	37	1 470
Monoculture x labour profond	52	1 875	-	-
Rotation x offset	1,5	2 480	17	1 905
Rotation x labour profond	5	2 560	18	2 890

Source : Séguy L., Bouzinac S. et al, 1990 (14)

**ANALYSES CHIMIQUES DU PROFIL CULTURAL APRÈS  
RESTAURATION DE LA FERTILITÉ - 1986-1992**

Modes de gestion des sols et des cultures	Profondeur des échantillons (cm)	pH		M.O. %	meq./100 ml						
		CaCl <sub>2</sub>	Eau		Ca	Mg	Al	K	CEC	V %	P (ppm)
Monoculture Soja x Offset (T) (1)	0-10	4,9	5,5	1,0	2,9	1,1	0,1	0,21	8,4	50,1	8,3
	10-20	5,0	5,6	1,0	2,0	0,8	0,1	0,12	6,3	46,2	2,6
	20-30	5,2	5,6	1,0	0,5	0,3	0,4	0,09	4,3	20,7	5,3
Monoculture Soja x Labour prof.	0-10	4,5	5,1	1,1	2,7	0,9	0,1	0,17	9	42,0	2,6
	10-20	4,4	5,0	0,9	2,7	1,0	0,1	0,08	10,2	37,1	5,3
	20-30	4,5	5,1	0,7	2,5	0,8	0,1	0,10	9,8	34,7	5,3
Rotation Soja-Maïs Labour prof.	0-10	5,1	5,7	1,5	1,9	0,5	0,1	0,15	5,3	47,6	3,0
	10-20	5,5	6,1	1,3	2,1	0,7	0,1	0,16	4,5	64,2	7,6
	20-30	5,0	5,6	1,3	1,8	0,8	0,1	0,14	6,4	41,0	5,0
Systèmes alternant 1 seule culture avec 2 en succession x Semis direct	0-10	4,7	5,3	2,4	2,0	0,9	0,1	0,21	7,8	39,8	6,6
	10-20	5,1	5,7	2,2	2,8	2,0	0,1	0,17	6,8	58,6	10,0
	20-30	5,2	5,8	2,0	1,2	0,9	0,1	0,12	4,8	58,5	7,6
Rotation Soja-Riz Labour prof.	0-10	4,6	5,2	1,7	2,5	1,0	0,1	0,24	8,3	49,6	9,6
	10-20	4,7	5,3	1,3	2,8	0,9	0,1	0,10	8,5	44,7	4,0
	20-30	5,0	5,6	1,3	2,5	0,7	0,1	0,10	6,1	53,9	7,8
Système Soja-Maïs 5 ans de semis direct (*)	0-10	4,3	4,9	2,0	3,4	0,8	0,1	0,20	10,2	43,2	9,5
	10-20	3,6	5,2	3,4	2,5	1,0	0,1	0,14	8,3	43,7	2,3
	20-30	4,9	5,5	3,8	0,8	0,4	0,1	0,12	7,1	18,6	1,2

(\*) Plus de 20 galeries de 2-3 cm de diamètre, verticales, sur 1,20 m de profondeur/m<sup>2</sup> creusées par des larves de bousiers.

(1) Référence négative (système traditionnel).

- Source : CIRAD-CA - Fazenda Progresso - Lucas do Rio Verde - 1991 - L. Seguy, S. Bouzina
- Laboratoire - Lagro - Campinas

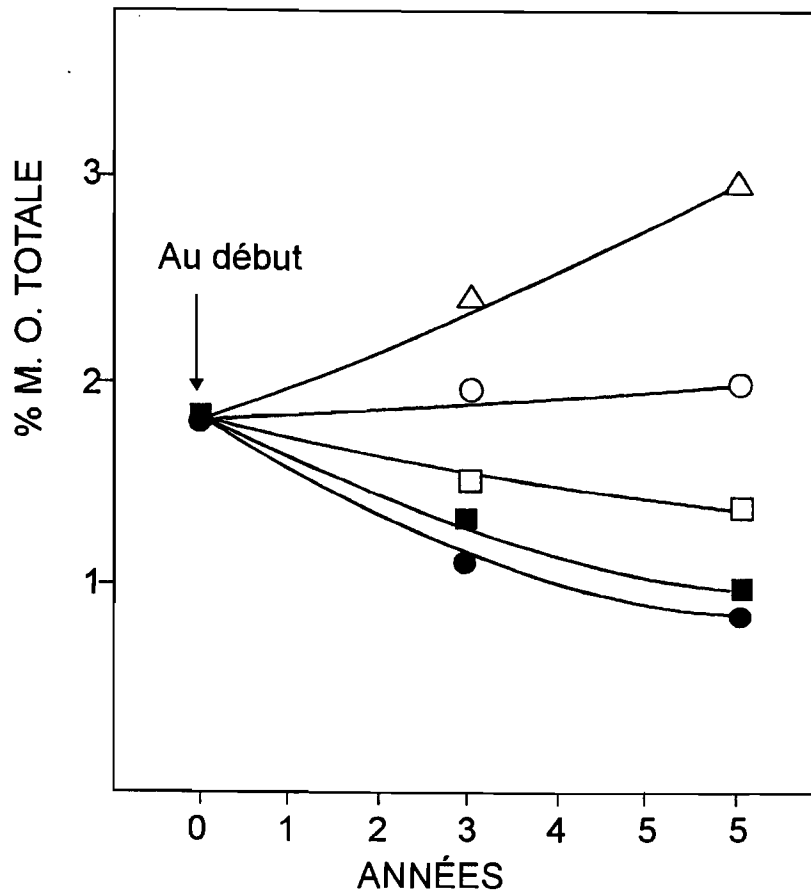
Intervalles de recommandations pour les analyses chimiques (1) sur l'horizon 0-30 cm										
CaCl <sub>2</sub>	pH		M.O. %	meq./100 ml					P (ppm)	V % Saturation de bases
	Eau			Ca	Mg	Al	K	CEC		
	entre	entre	entre	entre	entre	entre	entre	entre	entre	entre
	5,0	5,6	1,7	2,0	0,8	<0,2	0,15	6,5	5	40
	et	et	et	et	et		et	et	et	et
	5,4	6,0	3,0	3,5	1,3		0,24	10	10	60

(1) - Dans la mesure où les modes de gestion des sols et des cultures sont respectés.

(2) - Méthode Mehlich (Caroline du Nord).

(\*) Source : Séguy L., Bouzinac S., 1993 - Fazenda Progresso et Cooperlucas - MT

ÉVOLUTION DU TAUX DE MATIÈRE ORGANIQUE TOTALE (M. O. %) SUR 6 ANS, DANS L'HORIZON 0-30cm, EN FONCTION DES MODES DE GESTION DU SOL ET DES CULTURES - MILIEU CONTROLÉ -  
- ÉCOLOGIE DES CERRADOS HUMIDES - MT -



- Labour x Monoculture soja
- Offset x Monoculture soja
- Labour x Rotations [ Maïs-Soja  
Riz-Soja
- Alternance [ Labour x 1 culture/an,  
Semis direct x 2 cultures  
en succession/an
- △—△ Semis direct continu x [ Rotation Riz-Maïs  
sur calopogonium

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac., Fazenda Progresso,  
Lucas do Rio Verde - MT 1986/92



⇒ **LE TRAVAIL DU SOL PROFOND DE FIN DE SAISON DES PLUIES**  
⇒ **UNE TECHNOLOGIE DE GRANDE CAPACITÉ = ACCÈS AU SEMIS DIRECT ET AUX SUCCESSIONS DE CULTURES**

**AVEC  
LE MODE  
DE TRAVAIL  
DU SOL**

- Formation d'une structure grossière en surface
  - Retarder la formation de croûte
  - Contenir les adventices
- Profiter du pic de minéralisation initial de la M.O.
- Conserver la macroporosité pour le plus long temps possible
- Emmagasinier toute l'eau de pluie (où elle tombe, elle s'infiltré) et la redistribuer rapidement en profondeur
- Ré-oxygéner rapidement le profil cultural après les périodes très pluvieuses

**AVEC  
LES ROTATIONS  
ET LES  
SUCCESSIONS**

- Incorporer un maximum de matière organique à turn-over rapide
- Assainir la rhizosphère, réactiver la vie biologique
- Maximiser la surface d'interception d'eau et d'éléments minéraux, et l'efficacité du système racinaire
- Minimiser les pertes d'éléments minéraux dans le système "sol-culture"



**Troisième étape de l'intervention  
de la recherche-action**



**Modes de gestion agrobiologique  
durable de la ressource sol**  
⇒ **Le semis direct en régions tropicales  
chaudes et humides**  
**1992-1995 - Coopérative Cooperlucas  
Lucas do Rio Verde - MT**

**Concepts et fonctionnement global**

**Plusieurs voies  
technico-  
agronomiques  
complémentaires**

**Un seul modèle :**

**Le fonctionnement de l'écosystème  
forestier ⇒ Reconstitution des meilleures  
équilibres naturels, les plus stables sous  
culture continue, en zone tropicale humide**

☛ Ce qu'il faut retenir ⇒ Résultats les plus significatifs, reproductibles

(\*) *L'essentiel de ce chapitre est exposé sous forme de tableaux, dessins explicatifs détaillés.*

**— Sur l'évolution de la matrice des systèmes —**

☐ D'une seule culture par an, au départ, les systèmes sont passés progressivement à l'alternance d'une culture par an avec 2 cultures en succession annuelle l'année suivante.

☐ À partir de 1990, dans le cadre de la création des systèmes de semis direct continus, ont été incorporés à la matrice :

- Les systèmes à deux cultures annuelles en succession, de production de grains.
- Les systèmes intégrant production de grains et élevage, en rotation, sur 3 ou 4 ans (capitalisation de l'agriculteur, moindre dépendance économique).

**— Les concepts de base du semis direct, en zone tropicale, chaude et humide —**

☐ L'expérimentation sur 6 ans de la restauration des propriétés physiques de profils culturaux compactés, destructurés, a montré la nécessité de cultiver autrement, pour conserver la matière organique de manière durable et ouvrir la possibilité de produire plus, au moindre coût, à moyen et long termes.



☐ La mise en culture doit permettre, dans une pratique durable, de créer un nouvel équilibre dominé par la gestion biologique de la ressource sol ⇒ Des biomasses renouvelables, chaque année, au moindre coût, protectrices, recycleuses, substituent le travail mécanique du sol et protègent totalement le sol contre l'érosion avant et/ou après les cultures commerciales (soja, riz, maïs).



☐ C'est la reproduction du fonctionnement de l'écosystème forestier ⇒ il faut l'adapter aux systèmes de production de grains, à l'élevage, aux deux systèmes intégrés en rotation.

**— Le semis direct appliqué aux successions annuelles de production de grains et aux successions annuelles de production de grains en rotation sur 3-4 ans avec les pâturages (élevage) —**

☐ **La notion de pompe biologique**

• Le premier principe de base de la gestion de la matière organique (M.O.), c'est de ne pas l'enfouir, mais de la laisser sur le sol.

• Mais les résidus de récolte, même lignifiés, de la culture annuelle, ne suffisent pas à maintenir une couverture permanente de la surface du sol en conditions climatiques chaudes et humides.

• Il faut donc, en plus de la culture commerciale, dans la même saison de pluies, produire de fortes biomasses additionnelles [base cellulose, lignine (1)], au moindre coût ⇒ au plus égal ou

(1) Composés de la matière sèche, les plus lents à se décomposer.

inférieur à celui de la préparation mécanisée des sols.

• Ces biomasses additionnelles renouvelables, doivent être produites à des moments importants du cycle climatique annuel, où elles ont des fonctions essentielles :

- **en tout début des pluies**, préparer biologiquement le sol (*substitution de l'outil mécanisé*) avant l'installation de la culture commerciale (*par semis direct sur la biomasse*), protéger totalement la surface du sol (*contre l'érosion*), recycler les éléments minéraux (*ne rien laisser perdre des produits minéraux issus du pic initial de minéralisation de la M.O. aux premières pluies*), contrôler les adventices ; sous la culture commerciale, la biomasse a ensuite une fonction alimentaire par minéralisation progressive  $\Rightarrow$  alimentation organo-biologique de la culture (*de la matière organique morte à la matière organique vivante*).

- **en fin de cycle des pluies**, recycler les éléments minéraux et organiques qui ont échappé, en profondeur, à la culture commerciale (*fermer le système annuel sol-plante*), restructurer le profil cultural en voie d'assèchement (*systèmes racinaires fasciculés*) et puissamment, en profondeur, laisser une forte biomasse au dessus du sol, à un moment où elle ne peut se décomposer (saison sèche) et protéger efficacement la surface du sol en saison sèche (*température, humidité  $\Rightarrow$  développement de la faune*), produire ou des grains (*résidus laissés sur le sol*) ou du fourrage ou de l'ensilage (*une partie étant laissée sur le sol  $\Rightarrow$  couverture*).

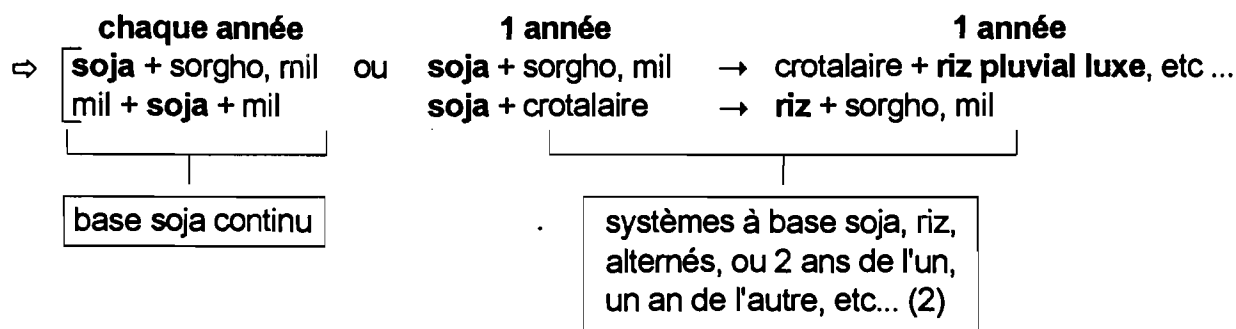
• Dans la pratique, si la saison de pluies, à une durée de 7 à 8 mois, ces biomasses peuvent être cultivées avant et après la culture commerciale ; si la saison des pluies est plus courte :

- 1/2 surface  $\Rightarrow$  semis précoce biomasse + semis direct tardif de la culture commerciale,
- 1/2 surface  $\Rightarrow$  semis direct précoce de la culture commerciale + semis direct tardif biomasse.

• Les espèces qui peuvent mobiliser de très fortes biomasses, en un temps très court et en conditions pluviométriques marginales  $\Rightarrow$  sorghos (*race guinea*), mils africains à fort développement végétatif (1) qui sont adaptés à ces conditions (*retenir également variétés de mils à cycle long peu sensibles au photopériodisme pour la production de fourrage, ensilage en saison sèche tout en laissant aussi une quantité de matière sèche suffisante pour assurer la couverture complète du sol*).

□ Les systèmes qui peuvent être implantés en semis direct continu avec ces pompes biologiques -

• **Systèmes de production continue de grains :**



(1) Le *Brachiararia ruziziensis* peut également, comme 2<sup>ème</sup> culture  $\Rightarrow$  biomasse installée en semis direct, après la culture commerciale, constituer une option très intéressante pour les producteurs de grains-éleveurs.

(2) Exemple de la Fazenda Progresso de Mr. Munefume Matsubara - Lucas do Rio Verde-Mato Grosso



⇒ Leurs systèmes racinaires, descendent vers la profondeur, à la vitesse de 3 à 5 cm/jour, leur conférant ainsi, un pouvoir recycleur exceptionnel, avant le semis direct de la culture commerciale, et/ou après la culture commerciale, en fin de cycle des pluies (*fermeture du système sol-plante, à l'image de la forêt*).

• **Leur puissance alimentaire**, pour les cultures commerciales qui sont implantées sur leur matière sèche en semis direct.

⇒ Vitesse de minéralisation, donc la fonction alimentaire, dépend de la nature de l'espèce, de son rapport C/N au moment de la dessiccation avant semis direct de la culture commerciale.

⇒ À cet égard, plus la plante est âgée, plus la minéralisation est lente ; le sorgho se minéralise plus lentement que le mil, au même stade de développement ; les légumineuses se minéralisent très vite ⇒ fonctions alimentaire et de couverture du sol, fugaces.

• **Leur coût d'implantation est peu coûteux**, voisin de 50 US\$/ha, aussi bien en début de cycle (*avant la culture commerciale*) qu'en fin de cycle des pluies, en succession de la culture commerciale. Ce coût est au plus égal (plutôt inférieur) à celui de n'importe quel mode de préparation mécanisée des sols.

• **Leur productivité** ⇒ en grains, pour les sorghos et mils en succession de la culture principale (*sans engrais*), va de 1 200 à plus de 2 000 Kg/ha (jusqu'à plus de 3 000 Kg/ha pour certains sorghos).

⇒ Avec une bonne valorisation commerciale, à la hauteur de leur qualité alimentaire, les marges dégagées (*en plus des fonctions agronomiques*) peuvent être supérieures à celles de la culture commerciale, avec un risque économique pratiquement nul.

⇒ Comme ensilage, certains cultivars de sorghos et mils, à cycle plus long et haute productivité instantanée, peuvent produire plus de 50-60 tonnes/ha de matière verte, en pleine saison sèche.

□ **Les économies de carburant, l'amélioration de la capacité des équipements, de leur flexibilité d'utilisation** (⇒ Vers la baisse des coûts de production)

• Jusqu'au semis inclû, par rapport à n'importe quel mode de préparation mécanisée, le semis direct permet d'économiser, environ la moitié des temps de travaux.

• Le semis direct permet l'application des engrais minéraux, fumures minérales d'entretien, des amendements, à la volée, sur la paille, en saison sèche (*période de non travail*) ; par rapport au semis conventionnel, où l'engrais est appliqué sous la ligne de semis, l'économie de temps en faveur du semis direct est d'environ 20%, de même que l'économie du prix de revient/ha, de l'opération semis.

• Le semis direct permet de maintenir l'humidité en surface, après les premières pluies, donc de semer plus tôt, en prenant un risque minimum.

• Lorsque le profil cultural est saturé d'eau, ce qui est fréquent dans ces écologies, une heure sans pluie, permet de reprendre le semis direct, sans incidence négative sur la productivité finale, alors qu'en semis sur sol préparé, la capacité de semis devient rapidement nulle (*trafic des machines de semis, impossible*), et un semis forcé dans ces conditions, conduit à une forte chute de la productivité des cultures.

□ **Performances agronomiques essentielles des successions annuelles, de production de grains, en semis direct**

• **Maintien de la productivité sur 40 à 60 jours d'étalement des semis -**

Cette règle est valable pour le soja, le riz pluvial, aussi bien en écologies de savanes (cerrados) que des forêts tropicales ⇒ le rôle protecteur et mainteneur de la fertilité initiale (aux

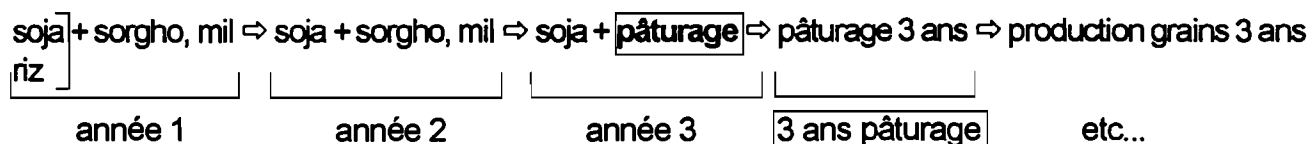
premières pluies) dû à la pompe recycleuse qui précède le semis direct de la culture principale, est clairement démontré : productivités de soja, riz, se maintiennent pratiquement stables sur près de 60 jours d'étalement des semis (avec la fumure corrective de fort niveau qui donne toute sa puissance à la pompe biologique), alors que les productivités chutent de 20 à 60% entre la première date précoce possible de semis et 60 jours après, sur préparation mécanisée du sol conventionnelle, où le sol est exposé à l'action des pluies et maintenu propre par discages répétés jusqu'au semis (3-4 passages d'offsets sur 60 jours, en sol humide).

Au-delà de la protection totale du sol contre l'érosion, ces systèmes de semis direct continu, permettent, d'augmenter de 20 à 50% les productivités moyennes de soja et de riz obtenues sur les systèmes conventionnels, et de pouvoir gérer des objectifs de production stables, avec un minimum d'équipements (⇒ baisse des coûts de production).

- Pour la culture de riz pluvial de qualité (grain long fin, équivalent ou supérieur au riz irrigué), dans la succession annuelle crotalaire + riz pluvial en semis direct tardif, la pompe biologique *Crotalaria spectabilis*, permet d'obtenir des rendements de 4 000 Kg/ha, même en semis tardif (décembre ⇒ 60-80 jours après les premières pluies utiles), à condition que la crotalaire soit desséchée sur pied et le semis direct réalisé également dans la crotalaire, sur pied.

#### □ Performances agronomiques principales du pâturage dans les systèmes intégrés de semis direct "production de grains-élevage" en rotation tous les 3-4 ans -

- Dans les systèmes de production de grains, en semis direct, la troisième ou la quatrième année, au lieu de poursuivre le cycle de production de grains, le pâturage est installé en semis direct après la culture de soja, pour être exploité pendant 3-4 ans, sans engrais :



- Au cours de la saison sèche qui suit sont implantation en semis direct après soja, le pâturage (espèces *Brachiaria brizantha*, *Panicum maximum*) peut supporter 1,8 à 2 taurillons de 27 mois/ha, avec un gain de poids journalier de 0,423 Kg/tête ⇒ soit une marge nette par tête de 75,6 US\$.

- Au cours de la saison des pluies suivante, la charge animale passe à 4-5 têtes/ha.

- Ces rendements peuvent se maintenir, au moins 4 ans, sans apports d'engrais minéraux ⇒ performance remarquable. Après 2 ans, l'enracinement du pâturage descend à plus de 2,50 m de profondeur (1) ⇒ très forte activité biologique (collemboles, acariens).

- Les performances zootechniques du troupeau implanté sur ce système intégré, montrent, par rapport à celles de l'élevage traditionnel extensif :

- un taux de naissance de 50% supérieur, un taux de mortalité réduit de moitié,

- l'âge à l'abattage est de 2 à 2,5 ans contre 4 ans, avec un poids égal de viande de 250

Kg,

- l'intervalle entre vêlages est réduit de 22 à 14 mois.

- Enfin, ces systèmes intégrés en rotation, permettent à l'agriculteur de se capitaliser, de se libérer davantage de la politique agricole, extrêmement instable d'un plan économique de restructuration à l'autre.

(1) Développement d'une structure grumeleuse remarquable, dans les 100 premiers cm.

Capacités recycleuse, restructurante, très élevées, important pourvoyeur en matière organique dans le profil cultural sur 2,50 m d'épaisseur.

**— Le semis direct contruit sur les systèmes de production continue de céréales (sorghos, mils, maïs, riz) sur légumineuses pérennes (1) —**

Dans ces systèmes, les céréales sont cultivées sur légumineuses volubiles ou prostrées, qui leur sont associées ⇒ *Calopogonium mucunoïdes*, *coeruleum* - *Pueraria phaseoloïdes*, *Stizolobium aterninum* - *Dolichos lab lab* - *Tephrosia pedicellata* - *Arachis pintoï* - *Lotus uliginosus* - *Trifolium semipilosum*, etc...

• Ces systèmes sont faciles à pratiquer avec maïs, sorghos, mils, céréales à grand développement, plus difficiles avec riz puvial - (à l'implantation ⇒ herbicides sélectifs des 2 cultures associées : Alachlore sur maïs, Pendimethaline sur riz).

• Les légumineuses associées sont contrôlées, en pré-semis par herbicides totaux :  
⇒ Triclopyr, fluoroxypr, mélanges : Diquat + 2-4 D, Glyphosate + 2-4 D.

• Elles peuvent être également contrôlées dans la céréale, en post semis, si nécessaire (cas du riz pluvial à cycle court) avec 2-4 D amine, Triclopyr, Fluoroxypr, en localisé, ou en plein suivant la céréale.

**□ Interêts agronomique et économique de ces systèmes -**

• Agronomique :

- Substitution de la flore adventice diversifiée, par une seule espèce à contrôler.
- Couverture permanente du sol (lutte contre l'érosion).
- Régénération efficace de la fertilité, + fixation N + forte activité de la faune (2).
- Productivité élevée, stable avec minimums engrais minéraux.

• Économique ⇒ Diminution importante des coûts de production en pratiquant des systèmes alternant :

- 1 an ⇒ sorgho, mil (haute valeur grains) + légumineuse, sans engrais.
- année suivante ⇒ culture commerciale de maïs, riz à cycle court, en semis direct et minimums intrants.

Dans de tels systèmes, par rapport aux systèmes conventionnels, sur deux ans, les coûts de production sont diminués de près de 50% (meilleure gestion du risque) et les marges/ha, multipliées environ par deux.

**— Le systèmes de production continue de grains sur tapis vivants pérennes : la succession annuelle soja, haricot, cultures maraichères + pâturage —**

Le tapis vivant est constitué de graminées pérennes à rhizomes et stolons, de haute valeur fourragère : *Pennisetum clandestinum*, *Paspalum n.* (pensacola), *Cynodon dactylon* (hybrides *Tifton 68, 85*) ; ces tapis pérennes sont installés dans une culture type maïs à large espacement entre lignes (120 cm) ou par semis de graines, ou par boutures. Après la récolte du maïs, le tapis domine rapidement toutes les adventices et peut être pâturé (ou foin).

Légumineuses, telles que soja, haricot, cultures maraichères comme les tomates, aubergines etc, peuvent ensuite être cultivées sur ces tapis tous les ans ; à la récolte, le tapis se reconstitue et peut être pâturé en succession.

- Le tapis vivant est contrôlé chaque année, en pré semis des légumineuses ou cultures maraichères, par herbicides totaux de contact : Paraquat, Paraquat + Diuron.

---

(1) Pérennes par leur graines.

(2) Cas de larves de bousiers qui peuvent creuser plus de 15 galeries verticales au m<sup>2</sup> sur plus de 80 cm de profondeur, sous systèmes maïs/riz + *Calopogonium* - Fazenda Progresso-1987/91 - Mato Grosso.



- Dans la culture, la compétition du tapis est contrôlée jusqu'à ce que la culture couvre totalement la surface du sol ( $\Rightarrow$  30 à 40 jours après semis) par des graminicides sélectifs des légumineuses, solanacées, à très faibles doses (1) (Fluazifop P butyl, Phenoxaprop P ethyl, Quizalofop ethyl, etc...), pour ne pas détruire les organes de réserve (rhizomes). Des régulateurs de croissance peuvent être également utilisés qui stoppent la croissance du tapis, en pré semis jusqu'à ce que la culture recouvre totalement le sol : méfluidude (2) par exemple sur *Pennisetum c.* .

#### □ Intérêts agronomique et économique de ces systèmes -

- Agronomique :

- Substitution d'une flore adventice diversifiée, par une seule espèce à contrôler.
- Couverture parfaite du sol contre l'érosion.
- Forte régénération de la fertilité (M.O.), par forte activité de la faune associée, en particulier vers de terre.

- Contrôle total de *Pseudomonas solanacearum* sur solanées.

- Productivités élevées: grains+ viande ou lait, avec minimums intrants.

- Économique  $\Rightarrow$  Facile gestion durable de la ressource sol, au moindre coût.

(\*) Par exemple, la production de soja sur tapis vivant de *Paspalum c.*, cv. Pensacola, est voisine de 3 000 Kg/ha avec des coûts de production de 265 US\$/ha, soit de 20 à 40% inférieurs à ceux des systèmes mécanisés conventionnels, pour une productivité comparable  $\Rightarrow$  Augmentation des marges nettes/ha, meilleure gestion du risque économique et meilleure stabilité.

---

(1) Par exemple sur tapis de *Pennisetum clandestinum*, des doses de 0,25 l/ha sont suffisantes pour stopper sa croissance sur 20 jours - (Île de la Réunion - R. Michellon - Cirad-Ca - 1990-95).

(2) 100 g/ha de matière active sont suffisants pour stopper sa croissance plus d'un mois.

(• Source : Travaux R. Michellon - CIRAD-CA, Île de la Réunion).

1 **EVOLUTION DES SYSTÈMES DE PRODUCTION SUR LES CERRADOS HUMIDES DU CENTRE NORD DU MATO GROSSO 1986-1992 - CIRAD-CA**

Qu'a fait la recherche ?

ETAPES → Partant de

1986

1

**MONOCULTURE DE SOJA**

Produit = Soja  
Monoculture  
x Offset

2

**Systèmes à une seule culture annuelle**

Soja    Riz ou Maïs    Soja    Riz ou Maïs

Création et évaluation { agronomiques, techniques, économiques

- Restaurer la fertilité
- Installer le semis direct

Produits : Soja, maïs, riz, mil et guar

3

**Systèmes alternant une seule culture annuelle avec 2 cultures en succession l'année suivante**

Produits de qualité et diversification

Modes de gestion du sol

- Labour { Fin de saison de pluies, Début de saison de pluies
- Scarification { Fin de saison de pluies, Début de saison de pluies
- Discage
- Semis Direct

Rotations et Successions

4

**Systèmes à 2 cultures annuelles en succession = 1 culture principale + cultures en succession**

soja + sorgho et/ou mil

X Niveaux de correction du sol

- Correction progressive
- Correction élevée

sur 6 ans

5

1992

**Systèmes - "Production de grains-pâturage"**

Succession annuelle Grains + pâturage en succession

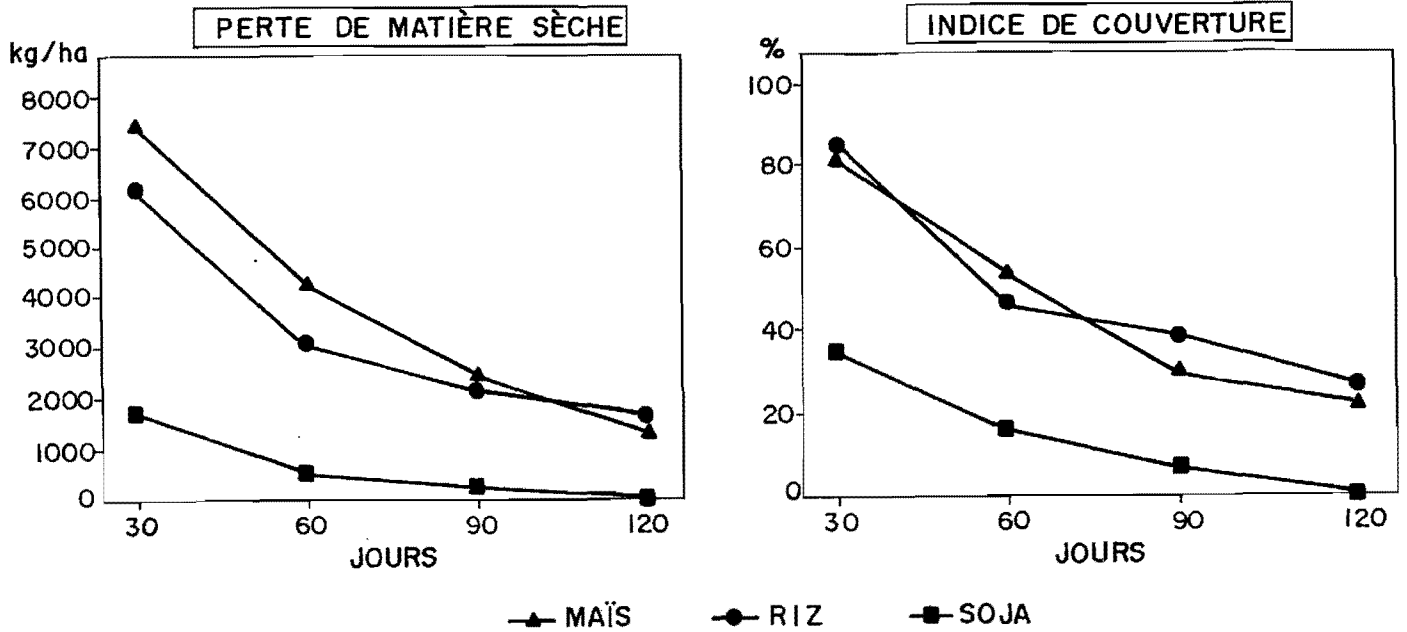
Rotation = 3 ans-grains 3 ans-pâturages

Meilleure gestion des ressources naturelles

- Diminuer les coûts de production : - moins d'intrants chimiques (pesticides, engrais minéraux)
- augmenter les productivités et leur stabilité
- augmenter revenus nets/ha
- Capitaliser l'agriculteur avec des systèmes "production de grains-élevage" de moindre risque économique.

■ ÉVOLUTIONS

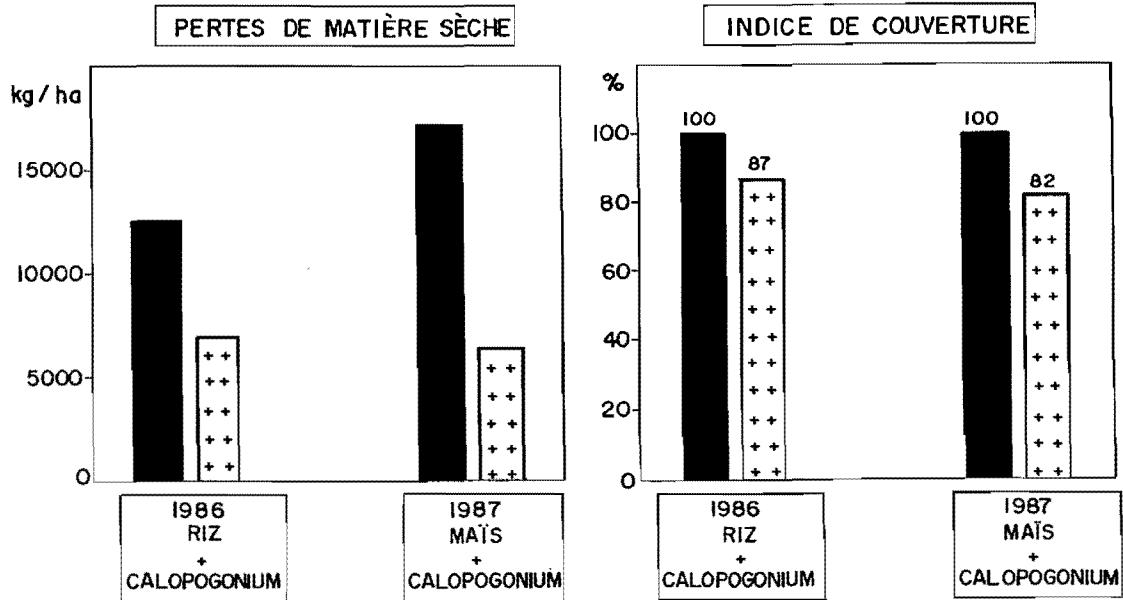
- De la perte de matière sèche des résidus de récolte,
  - De l'indice de couverture du sol,
- ⇨ Résidus de récolte de maïs, riz, soja, en semis direct.



(\*) Écologie des cerrados humides. Fazenda Progresso- Lucas do Rio Verde- MT. 1985-89

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac., (CIRAD-CA), M. Matsubara - 1985-89

■ ÉVOLUTIONS:  
 • Des pertes de matière sèche du mélange = Calopogonium + Pailles,  
 • De l'indice de couverture du sol,  
 ⇨ Sous cultures de riz et maïs

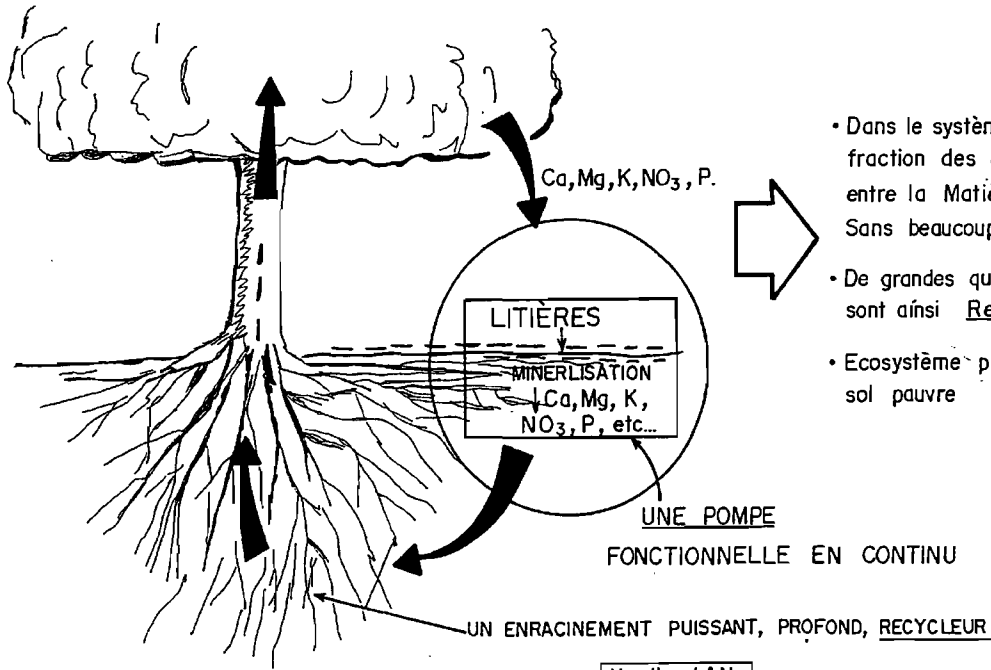


■ FIN DE SAISON SÈCHE - 1986  
 ▨ FIN DE SAISON DES PLUIES - 1987

(\*) Écologie des cerrados humides - Fazenda Progresso - Lucas do Rio Verde - MT - 1985-89

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, (CIRAD-CA) et M. Matsubara - 1985-1989

LA FORÊT ÉQUATORIALE OMBROPHILE → UN MODELE DE FONCTIONNEMENT A REPRODUIRE POUR L'AGRICULTURE



- Dans le système " SOL-PLANTE", une grande fraction des éléments fertilisants est recyclée entre la Matière Organique vivante et morte, Sans beaucoup d'échanges avec le sol minéral-
- De grandes quantités d'éléments fertilisants sont ainsi Retenus dans le système:
- Ecosystème productif et stable, même sur sol pauvre

Kg /ha / AN

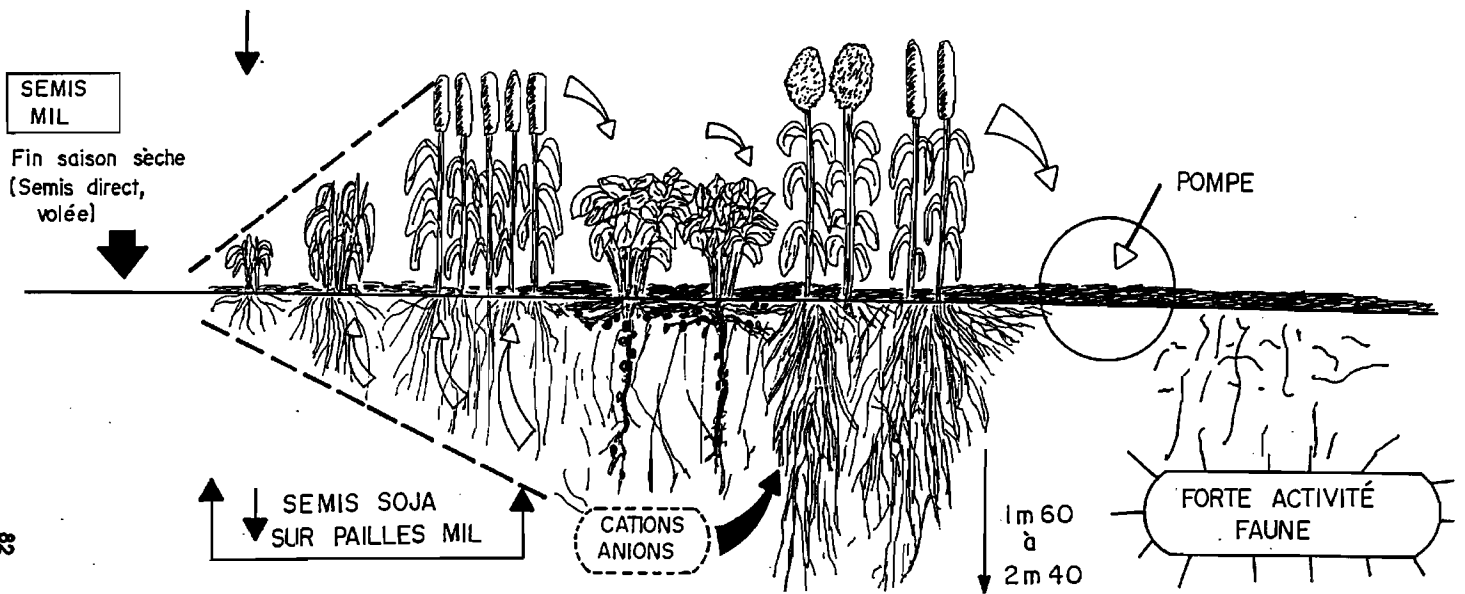
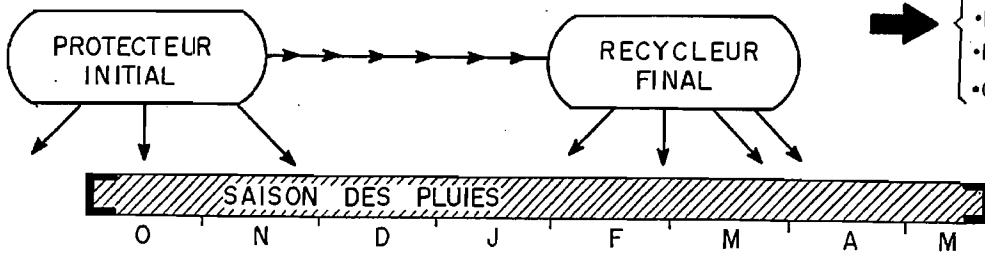
	Matière sèche	N	P	K	Ca	Mg
• Matériaux dus à érosion pluviale	—	12	3,7	220	29	18
• Litière	10528	199	7,3	68	206	45
• Bois tombé	11 200	36	2,9	6	82	8
• Décomposition racines	2576	21	1,1	9	15	4
■ Total apporté	<b>24304</b>	<b>268</b>	<b>15</b>	<b>303</b>	<b>332</b>	<b>75</b>
↳ % Biomasse totale	⑦	⑬	⑪	③③	⑫	⑰

SOURCE = NYE (1961)

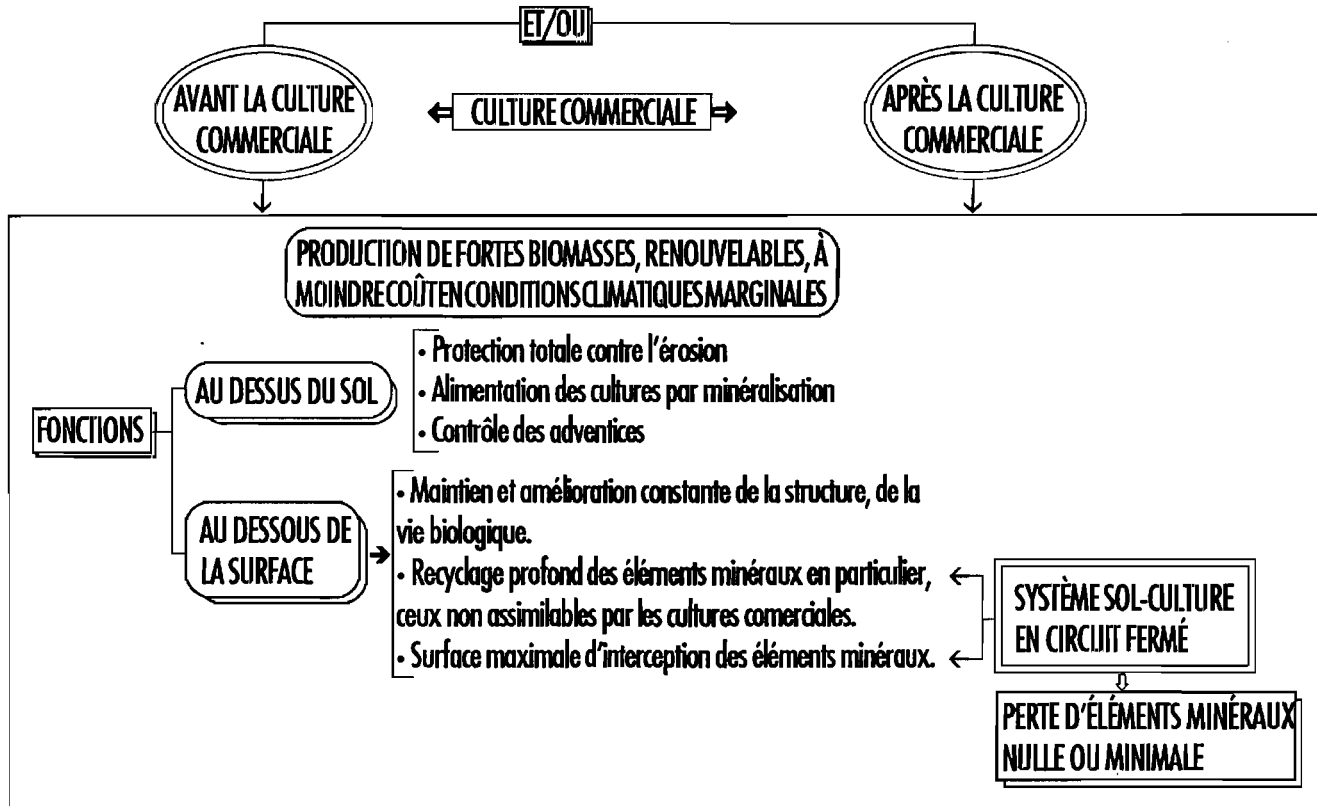
# "SYSTEME "MAINTENEUR DE FERTILITE"

SUR CULTURE SOJA (\*) - L. SEGUY, S. BOUZINAC - MT/1993.

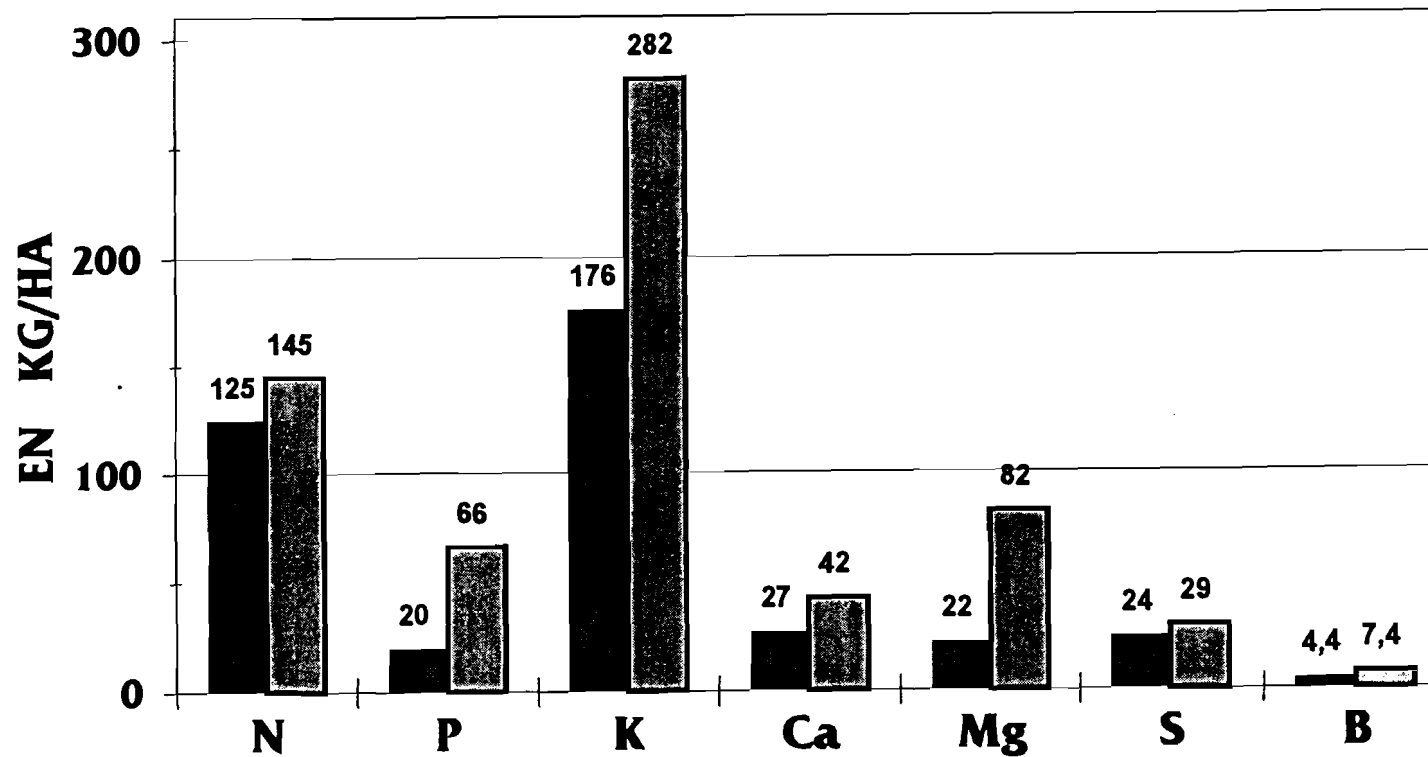
- Etallement semis direct soja sur 50-60 jours
- Facilité
- Rendements Stables
- Capital-sol, totalement protégé



⇒ LA NOTION DE **POMPE BIOLOGIQUE** • PROTECTRICE ET RESTRUCTURATRICE DU PROFIL DE SOL  
 • NOURRICIÈRE POUR LES CULTURES, RECYCLEUSE D'ÉLÉMENTS MINÉRAUX



## RESTITUTION MINÉRALE DE 2 VARIÉTÉS DE MIL - COOPERLUCAS - MT - 1993/94

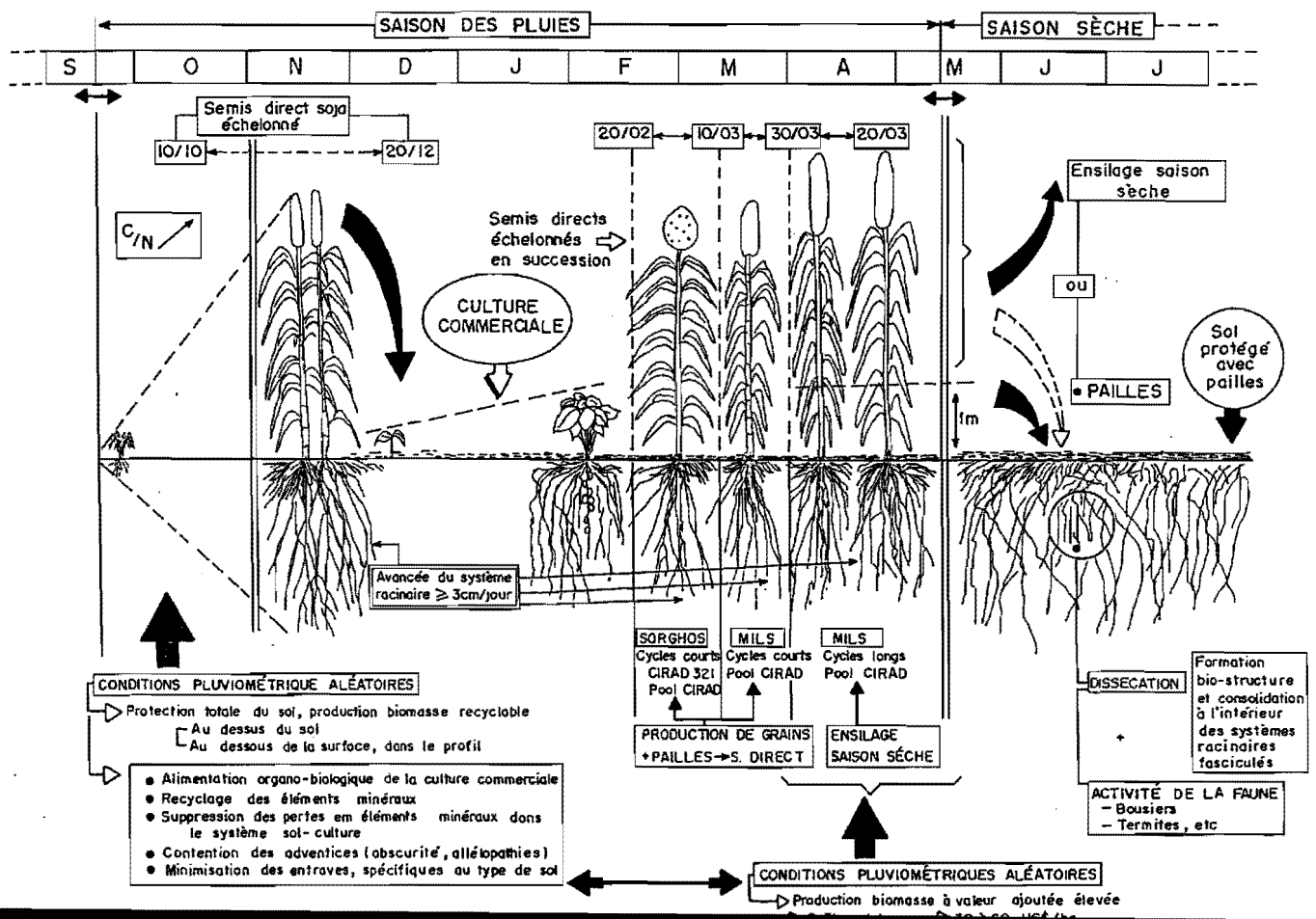


■ MIL FOURRAGER (10 T M.S./HA)  
▨ MIL SANYO (16 T M.S./HA)



COMMENT FONCTIONNE LE SEMIS DIRECT / LES CULTURES = UNE MINI-FORÊT

S. Bouzinac  
A. Trenini  
CIRAD-1986/1994

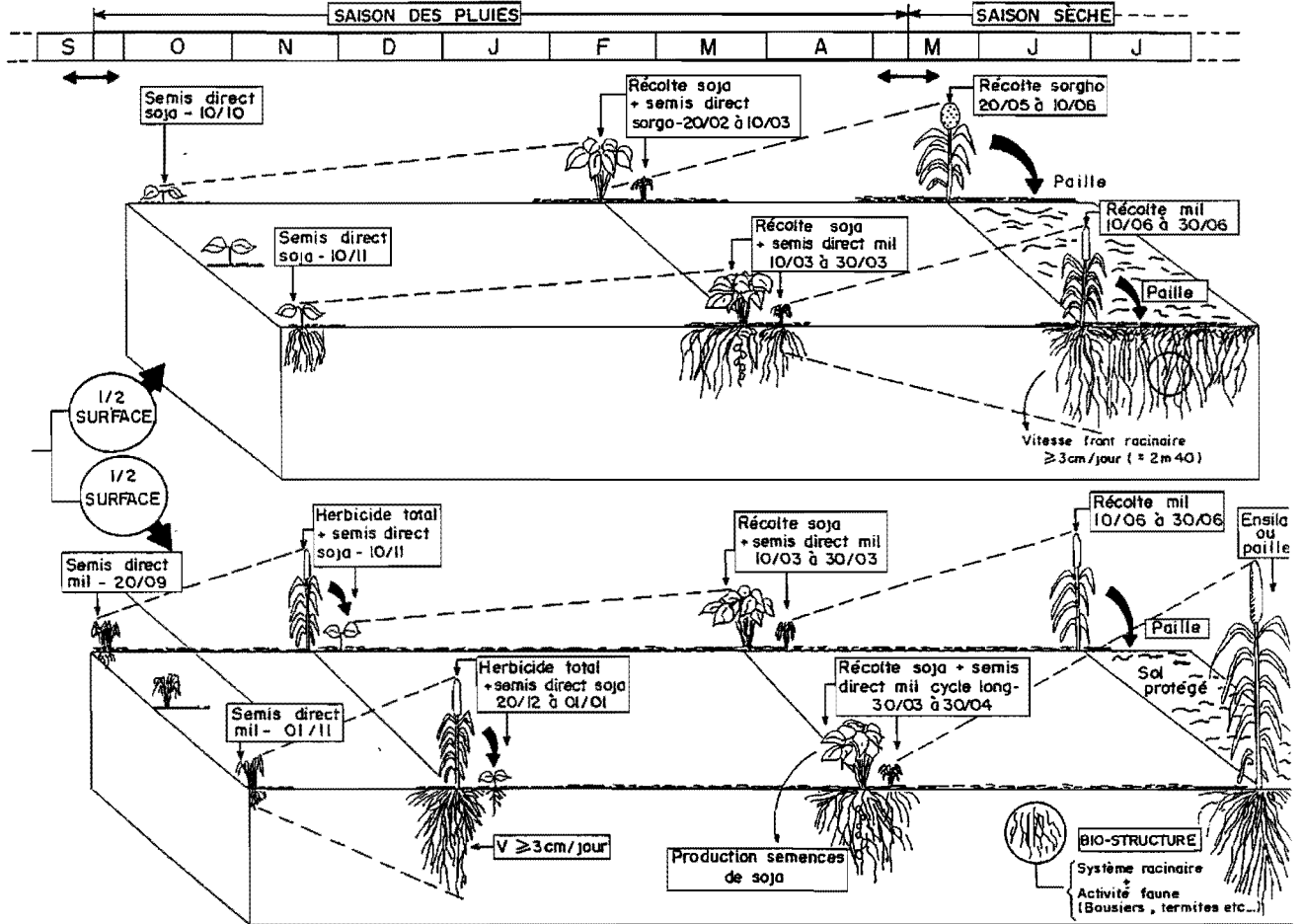




# MAXIMISER LA CAPACITÉ DES ÉQUIPEMENTS MÉCANISÉS ET LEUR SOUPLESSE D'UTILISATION - LE DOUBLE SYSTEME

• SOURCE: L. Seguy, S. Bouzinac, A. Trentini - CIRAD - 1986/1994

Soja semis précoce + Cultures en succession  
Mil + Soja semis + Mil  
Plus tardif { Ensilage  
paillage



a

fdo  
inia)

o

s en  
ssion

Handwritten scribble

ct  
in  
12

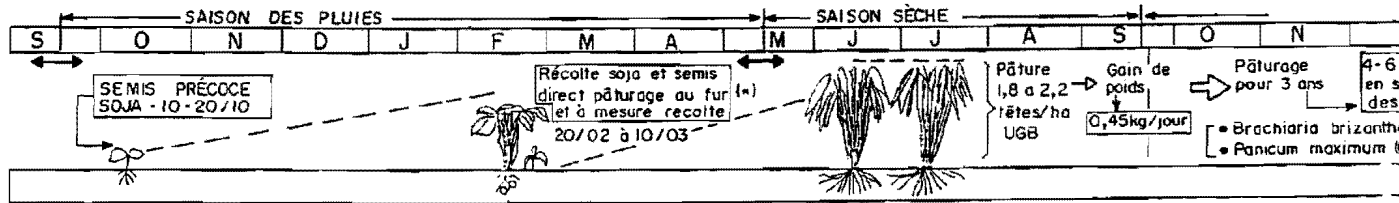
o

# LES SYSTÈMES "PRODUCTION DE GRAINS-ELEVAGE" EN ROTATION, TOUS LES 3-4 ANS

• SOURCE: L. Seguy, S. A. Trentin, CIRAD - 1986

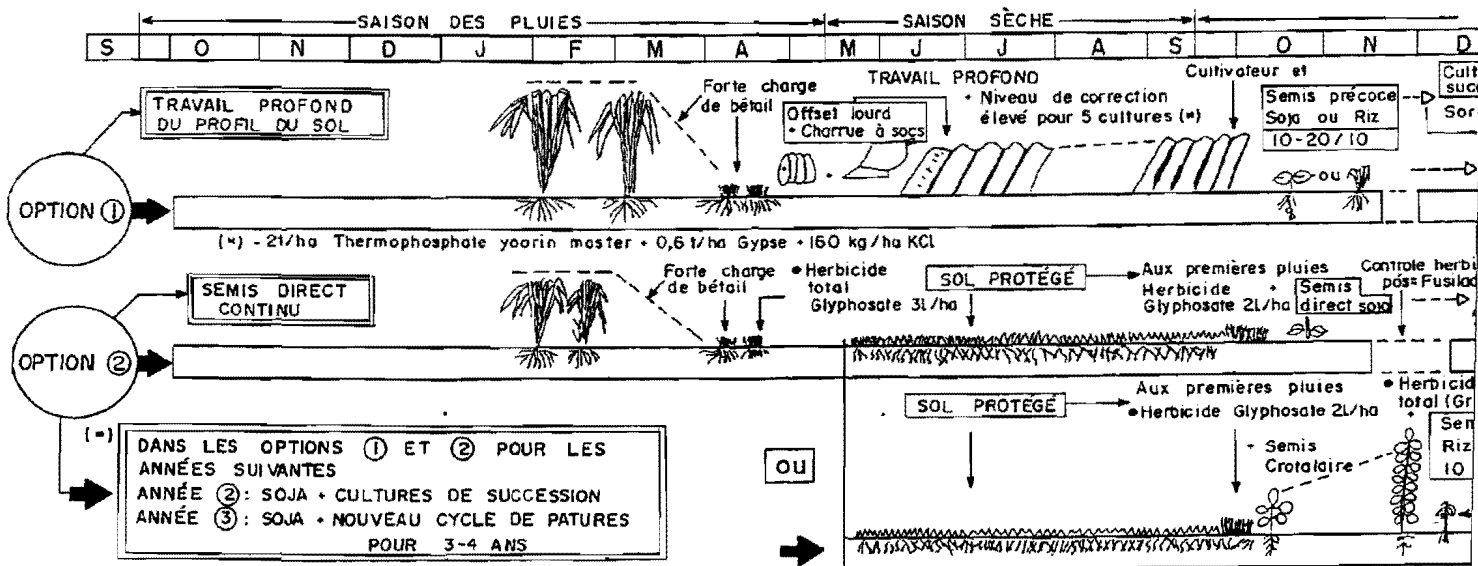
Profil de sol biologiquement plus actif, plus sain → Diminution des intrants chimiques → Meilleure valorisation des ressources naturelles  
 ↓  
 Création d'une bio-structure grumeleuse stable • Nutrition des plantes par voie Organo-Biologique de préférence

## ① - COMMENT PASSER DE LA CULTURE AU PÂTURAGE DANS LA MÊME ANNÉE AGRICOLE ?



(\*) - L'implantation de Brachiaria brizantha est facile et excellente sur semis direct. Pour Tanzānia, préférence semer à la volée et passer offset léger (Semences de fourrages traitées au Thiabendazole+Thirom).

## ② - COMMENT PASSER DU PÂTURAGE À LA CULTURE ?



06

**TEMPS DE TRAVAUX(H/HA), COMPARÉS POUR LES DIVERS MODES DE TRAVAIL DU SOL ET SEMIS  
FAZENDA PROGRESSO - 1989**

DISCAGE		LABOUR		SCARIFICATION		SEMIS DIRECT	
Opération	Temps H/ha	Opération	Temps H/ha	Opération	Temps H/ha	Opération	Temps H/ha
2 offset lourds	1,8	1 offset lourd	0,9	1 offset lourd	0,9	Herbicideage	(1) 0,6 ou (2) .....1,2
2 pulvérisages	1,2	labour	2,2	1 scarification	1,0		
		1 pulvérisage	0,6	1 pulvérisage	0,6		
Semis	0,6	Semis	0,6	Semis	0,6	Semis	0,8
<b>Total</b>	<b>3,6</b>	<b>Total</b>	<b>4,3</b>	<b>Total</b>	<b>3,1</b>	<b>Total</b>	<b>1,4 ou 2,0</b>

\* Source = CIRAD-CA (L. Seguy - S. Bouzinac)

(1) Une seule application de pré-semis.

(2) 2 applications de pré-semis, à une semaine d'intervalle.

**Coûts de l'installation de la pompe biologique mil avant semis direct du soja, comparés à ceux des modes de préparation des sols**

	Installation des pompes biologiques		Modes de preparation des sols	
	1 <sup>re</sup> technique	2 <sup>e</sup> technique	Labour	Offset traditionnel
<b>Opérations</b>	Semis à la volée du mil + incorporation à l'offset + dessication du mil	Semis direct du mil  + dessication du mil	Offset lourd + labour + speed tiller	2 offsets lourds  2 offsets léger
<b>Coûts de production (en US\$/ha)</b>	47,55	46,55	51,40	48,90

Source : Séguy L., Bouzinac S. et al, 1994 - Fazenda Progresso - Lucas do Rio Verde - Mato Grosso

**Performances agro-économiques des pompes biologiques pratiqués avec semis direct, en succession annuelle de soja ou riz**

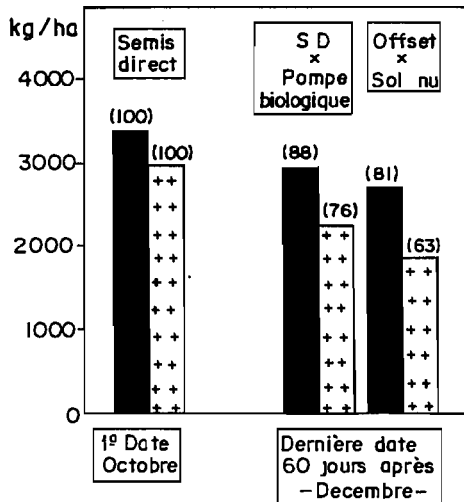
Opération - Coûts de production (\$/ha)	2 Hypothèses de productivité (kg/ha)		Recette (\$/ha)	Marge nette (\$/ha)
Dessication (Paraquat) 14,65	Ⓐ	1 200	80,00	29,75
Semis (1) 20,6				
Récolte 15,00	Ⓑ	2 000	133,3	83,00
Total 50,25				

(1) Semences de la fazenda traitées aux fongicides (Thiabendazole + Thiram)

Source : Séguy L., Bouzinac S. et al, 1994 - Fazenda Progresso - Lucas do Rio Verde - Mato Grosso

PRODUCTIVITÉ DU SOJA, EN FONCTION:

- De la date de semis
- De niveau de correction du sol
- Du mode de travail du sol

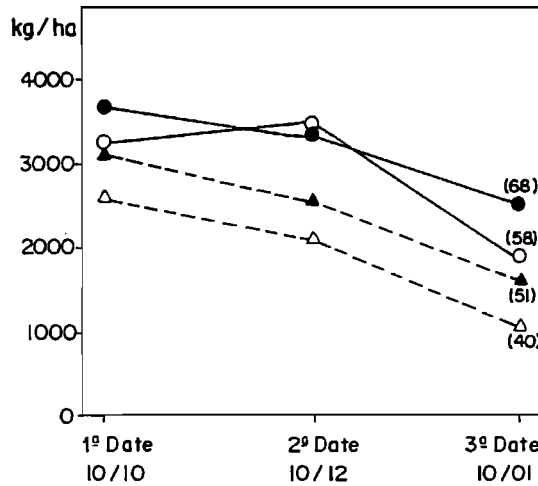


- Niveau fort de correction
- ⊕ Niveau progressif de correction
- ( ) Productivités relatives
- Écologies des forêts et cerrados humides
- (\*) Moyenne de 4 essais conduits en conditions d'exploitation réelles → 70ha Sinop et Lucas do Rio Verde - MT - 1994

SOURCE: [L. Séguy, S. Bouzinac, (CIRAD-CA), A. Trentini, (COOPERLUCAS) - 1994.

PRODUCTIVITÉ DU SOJA, EN FONCTION:

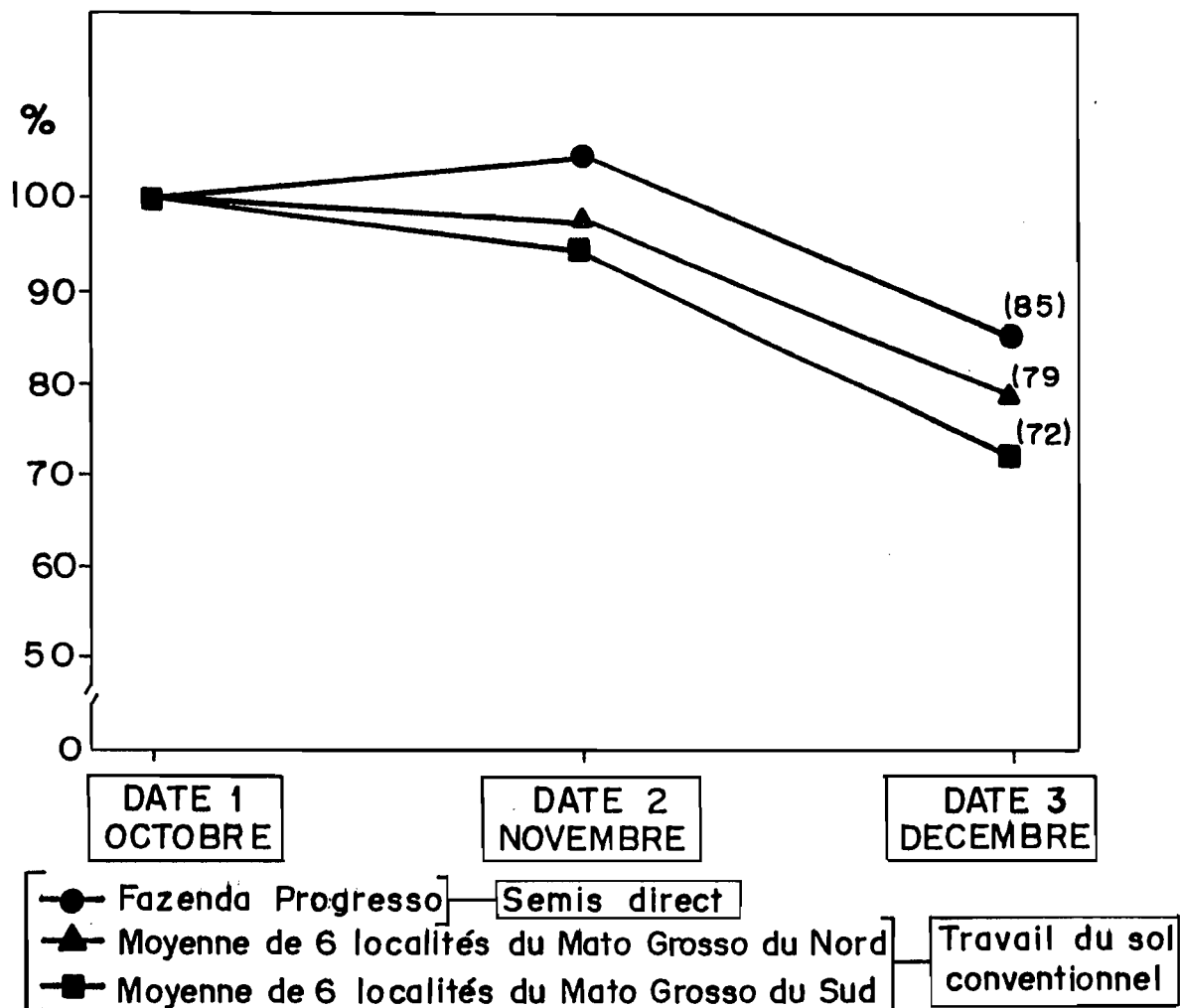
- De la date de semis
- De niveau de correction du sol
- Du mode de travail du sol



- Niveau de correction fort
- Niveau progressif de correction
- ▲ Niveau fort de correction
- △ Niveau progressif de correction
- ( ) Productivités relatives
- Écologies des forêts tropicales humides
- (\*) Essais sur 20 ha, conduits en conditions d'exploitation réelles. Sinop-MT- 1994

SOURCE: [L. Séguy, S. Bouzinac, (CIRAD-CA), A. Trentini - (COOPERLUCAS) - 1994

**PRODUCTIVITÉ MOYENNE RELATIVE DU SOJA  
EN FONCTION DE 3 DATES DE SEMIS  
ET DU MODE DE GESTION DU SOL - MT-1995**



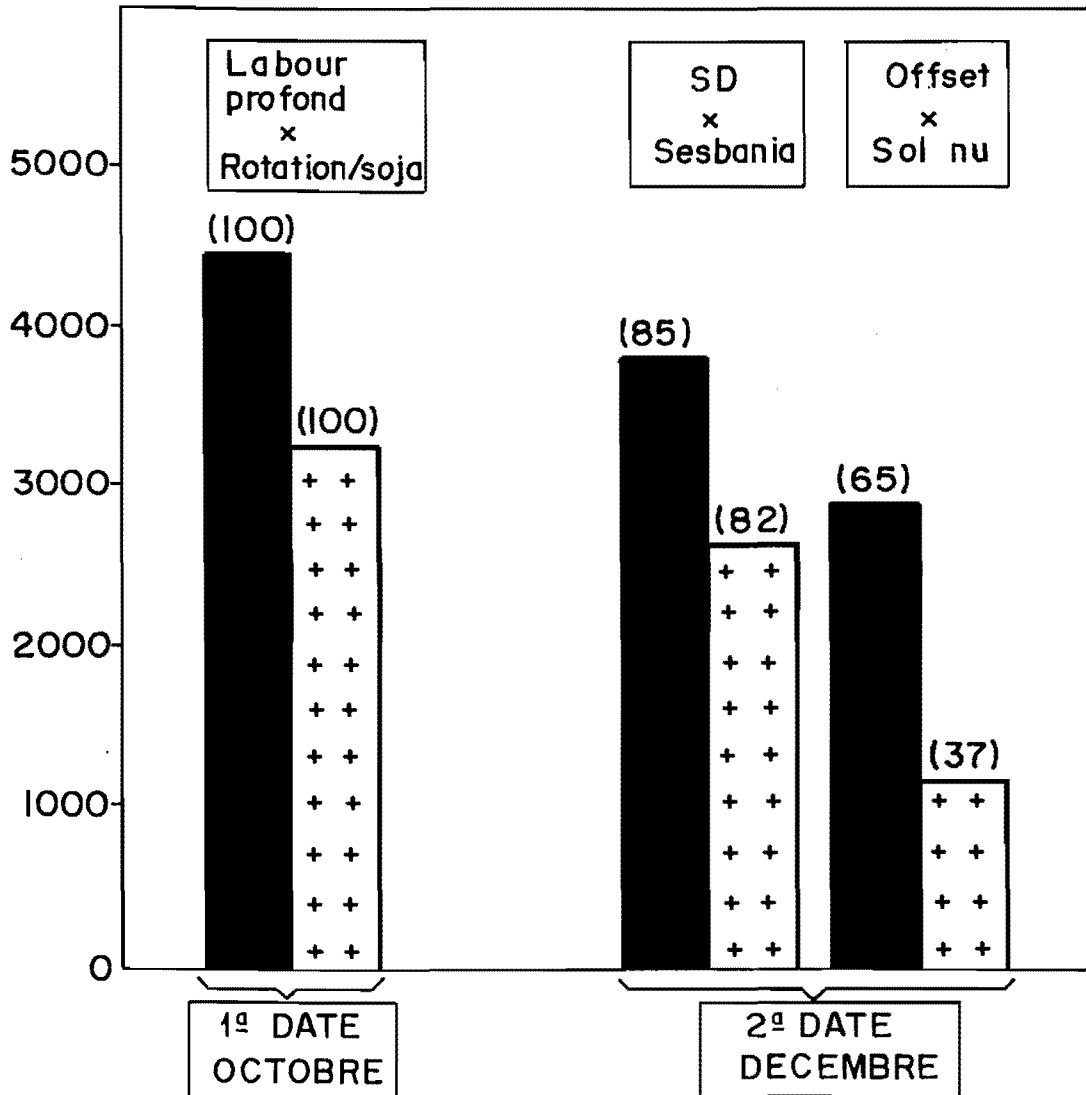
(\*) Tous les essais → Compétition de cultivars (33 cultivars/local), conduits en conditions d'exploitation réelles.

**SOURCE:** Fundação MT - Rondonópolis - 1995



## PRODUCTIVITÉ DU RIZ PLUVIAL EN FONCTION:

- De la date de semis
- Du niveau de correction du sol
- Du mode de travail du sol



Niveau fort de correction      ( ) Productivités relatives  
 Niveau progressif de correction      SD - Semis direct

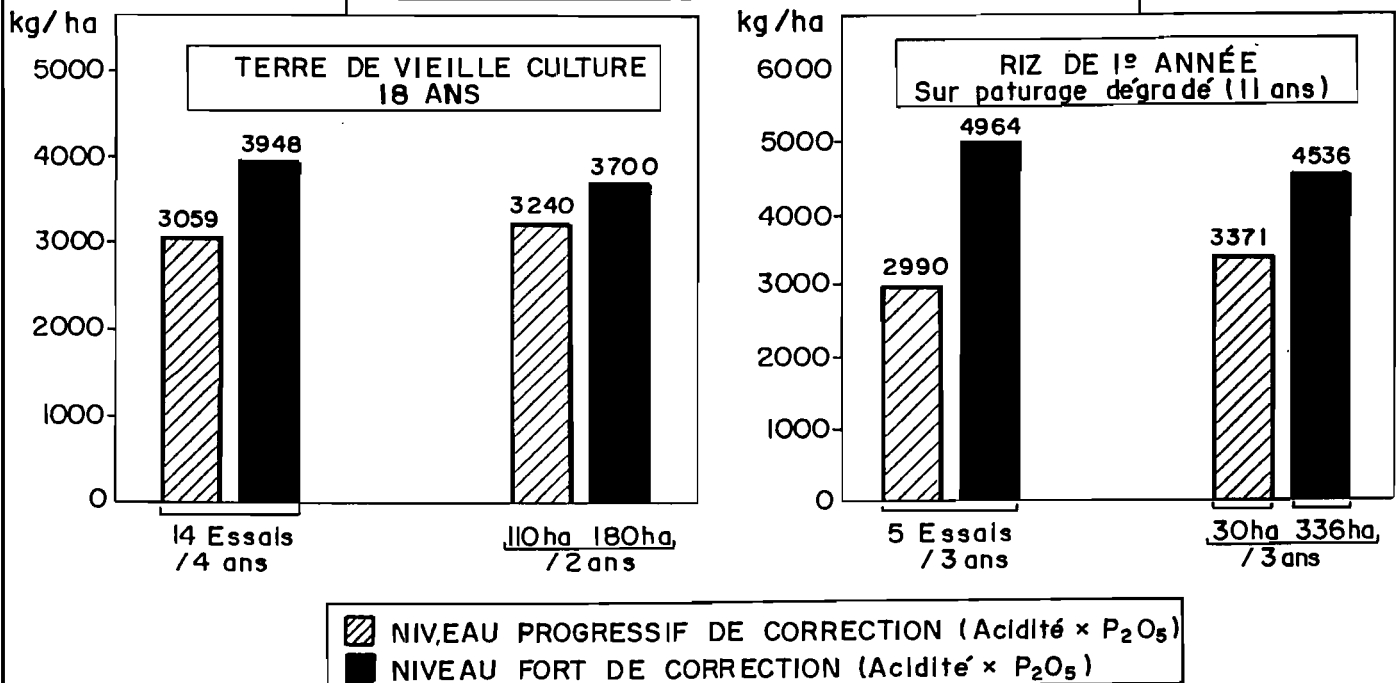
• Écologies des forêts et cerrados humides  
 (\*) Moyenne de 4 essais conduits en conditions d'exploitation réelles → 100 ha

– Sinop et Lucas do Rio Verde MT - 1994

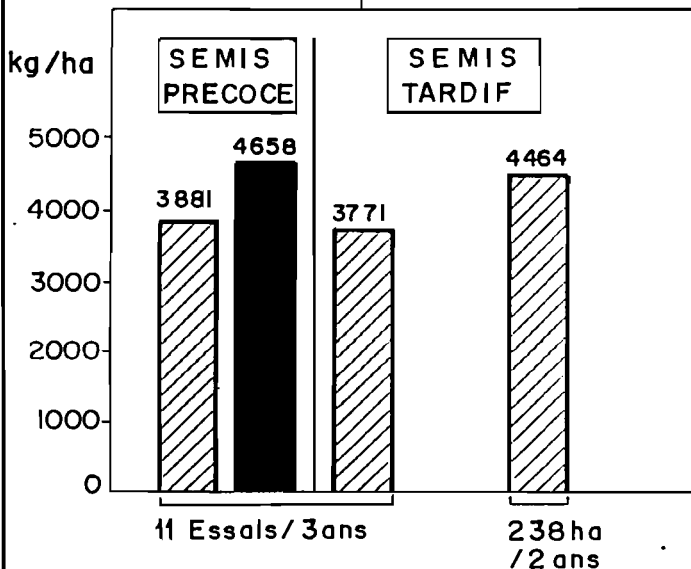
SOURCE: [ L. Séguy, S. Bouzinac et al., 1994  
CIRAD - CA + COOPERLUCAS ]

PERFORMANCES MOYENNES DE NOUVEAUX CULTIVARS DE RIZ PLUVIAL DE QUALITÉ DE GAIN SUPERIEURE (long à très long fin), EN ESSAIS ET EN GRANDE CULTURE - MT-1991-1994

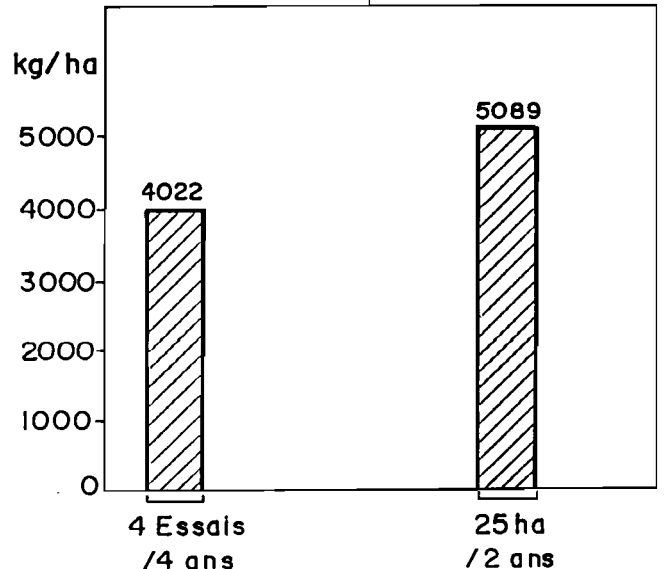
CERRADOS HUMIDES DE L'OUEST BRESIL



Défriche récente sous forêt - Ouest Brésil



Défriche récente sous forêt secondaire d' palmiers babaçus - Nord Brésil



SOURCE: L. Ségué, S. Bouzinac et al., 1990-1995  
CIRAD-CA + COOPERLUCAS

Indices zootechniques comparatifs entre élevage traditionnel et élevage en rotation avec les cultures		
	Système traditionnel	Système intégré (Fazenda Progresso)
Naissance (%)	55	85
Mortalité (%)	10	5
Âge à l'abattage (années)	4	2 à 2,5
Poids à l'abattage (Kg)	255	245
Intervalle entre velages (mois)	22	14
Source : Nelson de Angelis Cortês (EMPAER) - Fazenda Progresso - 1995		

# LES SYSTÈMES DE PRODUCTION CONTINUE DE CÉRÉALES (Sorghos, Mills, Maïs, Riz) SUR LÉGUMINEUSES PÉRENNES

Utilisables aussi bien en agriculture mécanisée qu'en agriculture manuelle

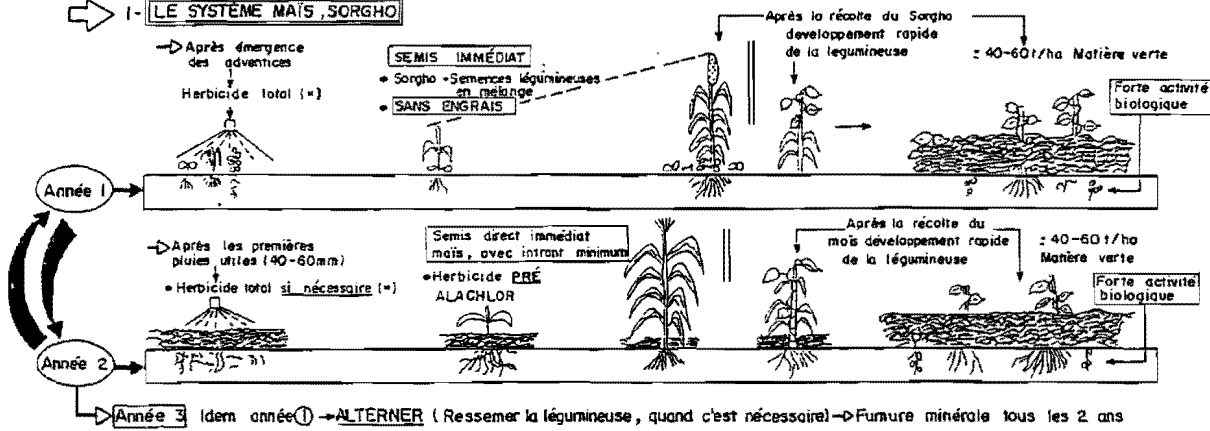
SOURCE: L. Seguy, S. Bouzinac, A. Trentini  
CIRAD - 1986/1994

Légumineuses volubiles ou non, reproduction par semences

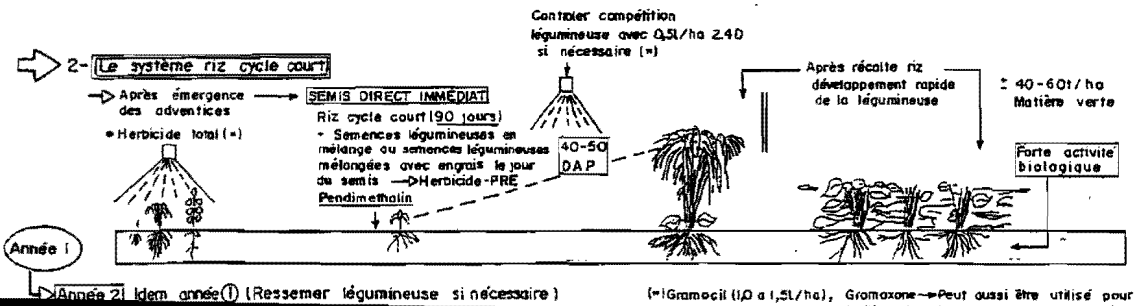
- Calopogonium mucunoides
- Pueraria phaseoloides
- Macroptilium atropurpureum
- Cassia rotundifolia
- Tephrosia pedicelata
- Stizolobium aerrinum (=)

Valorisation des ressources naturelles au profit des cultures commerciales  
Gestion à intrants minimums

## 1- LE SYSTÈME MAÏS, SORGHO



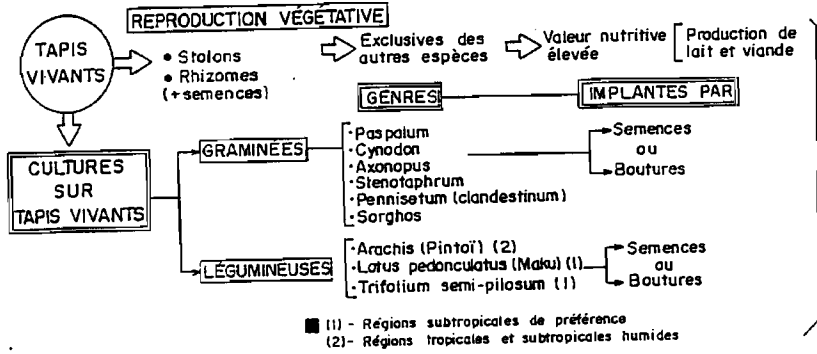
## 2- Le système riz cycle court



<b>Performances agro-économiques de la rotation maïs/sorgho sur <i>Calopogonium</i>, en semis direct</b>					
<b>Productivités (Kg/ha)</b>		<b>Coûts de production (US\$/ha)</b>		<b>Marges nettes (US\$/ha)</b>	
<b>Maïs (a)</b> Avec intrants	<b>Sorgho (b)</b> Sans intrants	<b>Maïs</b>	<b>Sorgho</b>	<b>Maïs</b>	<b>Sorgho</b>
5 526	4 100	413	64	102	230
<b>Source : Séguy L., Bouzinac S. et al., 1992 - Fazenda Agripec - état du Maranhão</b>					
(a) - Hybride Pioneer 3210					
(b) - Hybride AG 2005					

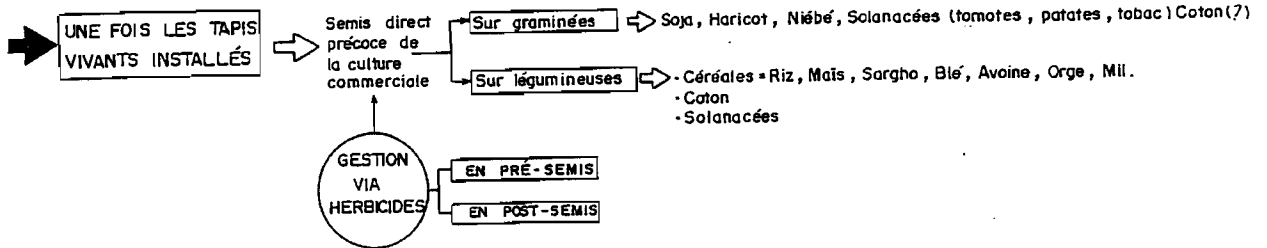
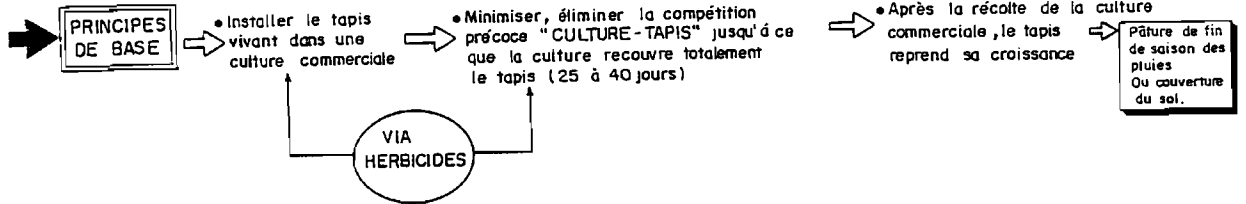
**PRODUCTION CONTINUE DE GRAINS SUR TAPIS VIVANTS PÉRENNES**  
 • LA SUCCESSION ANNUELLE • GRAINS + PÂTURAGE

• SOURCE: L. Seguy, S. Bouzinac, A. Trentini  
 CIRAD - 1986/1994



⇒ **SYSTÈMES UTILISABLES**  
 AUSSI BIEN EN AGRICULTURE  
 MOTORISÉE QU'EN  
 AGRICULTURE MANUELLE

■ (1) - Régions subtropicales de préférence  
 (2) - Régions tropicales et subtropicales humides



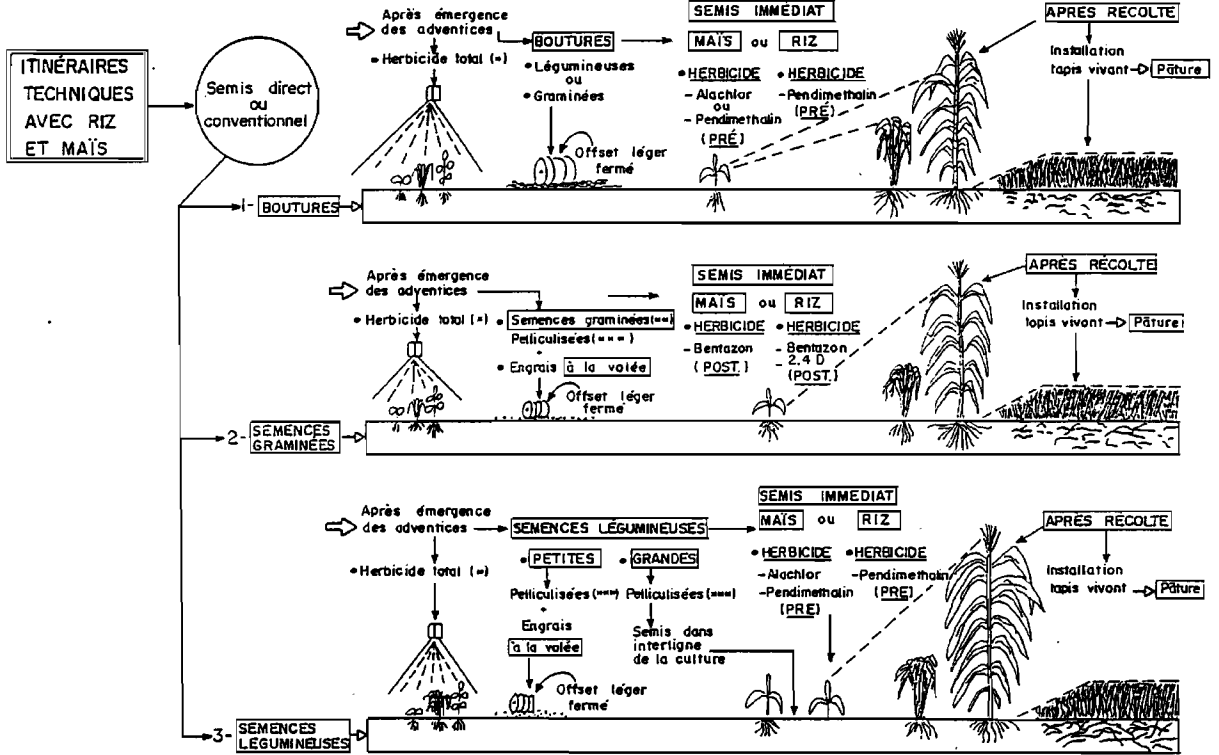


**PRODUCTION CONTINUE DE GRAINS SUR TAPIS VIVANTS PÉRENNES**  
 • LA SUCCESSION ANNUELLE • GRAINS • PÂTURAGE

• SOURCE: L. Seguy, S. Bouzinac, A. Trentini  
 CIRAD - 1986/1994

■ Systèmes utilisables aussi bien en agriculture motorisée qu'en agriculture manuelle

⇒ INSTALLATION DES TAPIS VIVANTS SANS IMMOBILISER DE SURFACE PRODUCTIVE — ANNÉE 1



(=) - Paraquat, Paraquat + Diuron, Glyphosate

(=) - Les semences de graminées peuvent aussi être mélangées à l'engrais dans le semoir, le jour du semis

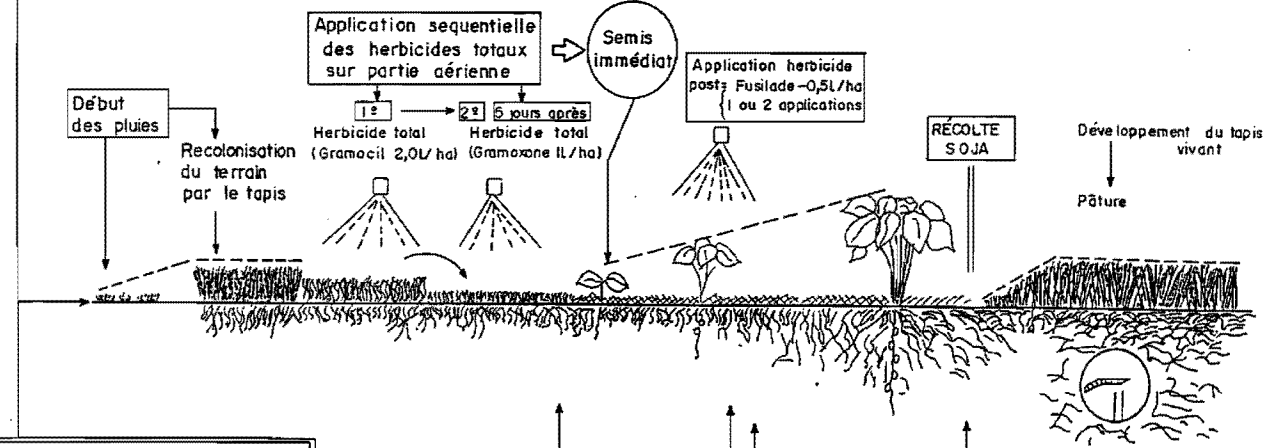
(=) - Pelliculisation avec: Thermophosphate yorin master en poudre (200g/kg)

ou Phosphate naturel GFSA en poudre (200 à 400 g/kg) • Fongicides (Thiabendazole - Thiram) → avec gomme arabique

UNE FOIS INSTALLÉS LES TAPIS VIVANTS → SUCCESSION ANNUELLE CONTINUE → PRODUCTION CONTINUE DE GRAINS → PÂTURE / COUVERTURE SOL

SEMIS DIRECT PRÉCOCE DE LA CULTURE COMMERCIALE

- SUR GRAMINÉES → Soja, Haricot, Niébé, Solanacées (tomates, tabac etc...), Coton (?), Crucifères (?)
- SUR LÉGUMINEUSES → Céréales = Riz, Maïs, Sorgho, Blé, Orge, Mil, Solanacées, Crucifères



EXEMPLE = Soja sur tapis vivant de Paspalum notatum Cv. Pensacola

● SOURCE: L. Seguy, S. Bouzinac, A. Trentini CIRAD-1986/ 1994

Éliminer la compétition précoce "culture-tapis" (25-30 jours)

Après couverture totale du sol par la culture (obscurité) la compétition est nulle

• Sol protégé  
• La colonisation du profil par les rhizomes facilite le développement des vers de terre



**Performances agro-économiques de la culture de soja en semis direct sur tapis vivant de *Paspalum notatum*, et sur pailles de riz**

Productivités (Kg/ha)		Coûts de production (US\$/ha)		Marges nettes (US\$/ha)	
Sur <i>Paspalum</i>	Sur pailles riz	Sur <i>Paspalum</i>	Sur pailles riz	Sur <i>Paspalum</i>	Sur pailles riz
2 686	3 027	265	329	116	93

(\*) Sur la même expérimentation en conditions d'exploitation réelles (2 hectares/itinéraire), le système de monoculture de soja, pratiqué à l'offset a entraîné des marges nettes négatives de, - 114 US\$/ha, et le système soja en semis direct après la succession annuelle riz + sorgho, a permis d'obtenir une marge nette de + 142 US\$/ha.

Source : Séguy L., Bouzinac S. et al., 1992 - Fazenda Progresso - Mato Grosso

**Teneurs en matière organique comparée, après 2 ans, entre système de semis direct sur tapis de *Paspalum* et semis direct sur pailles**

Horizon (cm)	% matière organique	
	Sous résidus (pailles)	Sous tapis ( <i>Paspalum</i> )
0-10	2,5	3,1
10-20	2,7	3,3
20-30	2,6	3,2

Source : Séguy L., Bouzinac S. et al., 1992 - Fazenda Progresso - Mato Grosso

□ **GESTION DE LA FERTILITÉ EN CONDITIONS ÉCONOMIQUES LIMITANTES, PAR LE SEMIS DIRECT  
OU  
COMMENT MIEUX MAINTENIR, UTILISER, VALORISER LES RESSOURCES NATURELLES.**

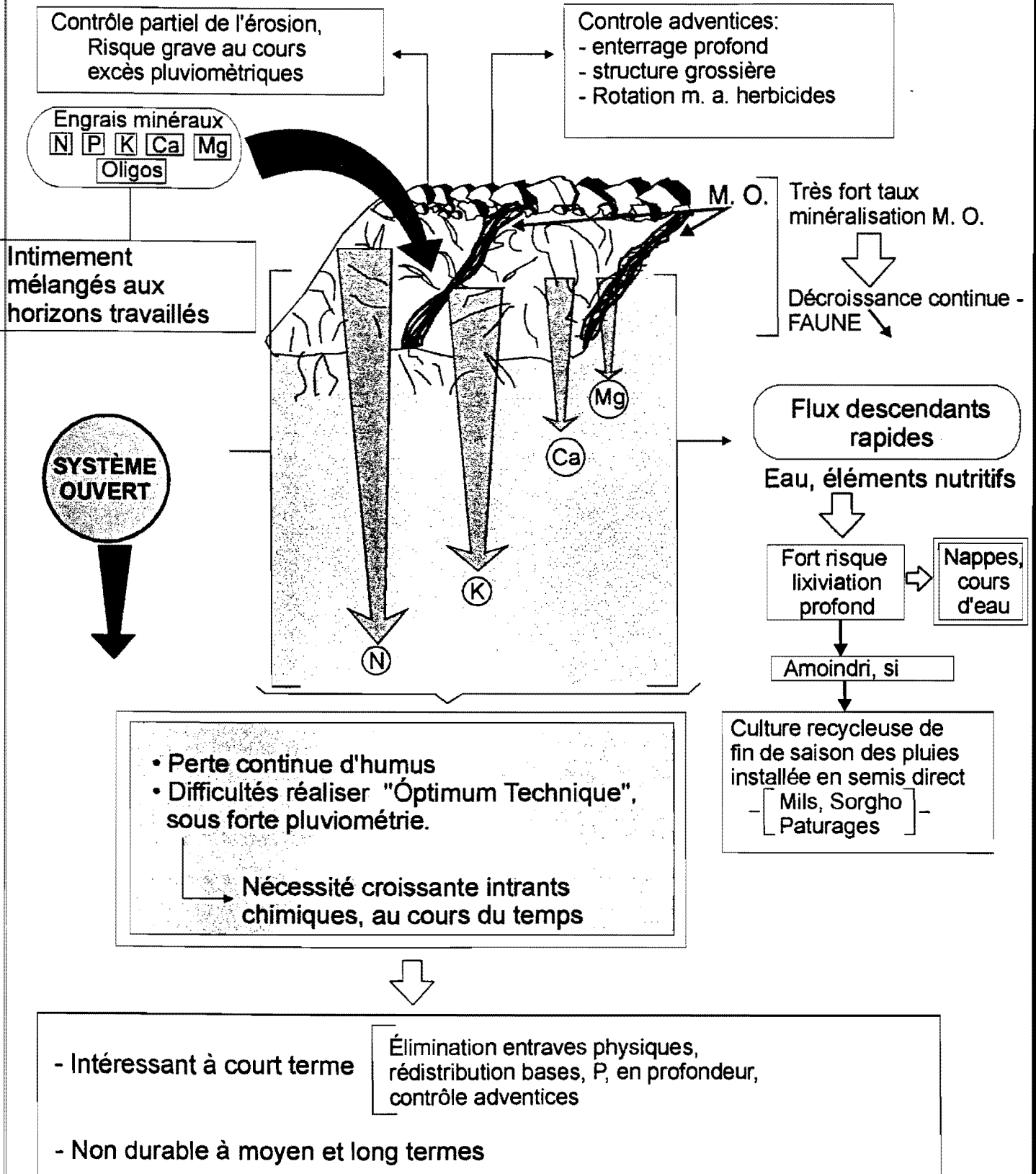
1. **En ne laissant rien perdre dans le système sol-plante** ⇒ **Modèle de fonctionnement = L'écosystème forestier**  
**En récupérant les éléments nutritifs lixiviés en profondeur**, hors de portée des cultures en système conventionnel.  
⇒ **Fonctions assurées par le semis direct**
  - Protection totale contre l'érosion ⇒ Couvertures mortes, vives.
  - Recyclage profond chaque année ⇒ Avant et/ou après chaque culture.
  - Interception des éléments nutritifs ⇒ Plantes à stolons et rhizomes.
  
2. **En extrayant du complexe absorbant des éléments nutritifs inassimilables pour les cultures commerciales**,  
En régénérant la fertilité par plantes capables de produire des biomasses, sans engrais, en conditions de fertilité  
totalement limitantes pour les cultures commerciales (→ excrétiens racinaires).  
⇒ (ex.) **Le mil** pour sa capacité à extraire et recycler K, B en sol ferrallitique du Brésil (**Source** : CIRAD-CA Brésil)  
**Cassia rotundifolia** pour sa capacité à régénérer la fertilité des sols ferrallitiques sur socle acide des hauts plateaux  
de Madagascar (**Source** : CIRAD-CA, FAFIALA, TAFA).
  
3. **En créant des conditions de production rentables et reproductibles, en présence de pestes végétales très**  
**préjudiciables aux cultures commerciales** : *Striga*, *Cyperus rotundus*, *esculentus*.  
⇒ Semis direct sur couvertures 

ombrage allélopathies
--------------------------

 (ex.) → *Pueraria*, *Calopogonium m.*, sur *Striga h.*, en Côte d'Ivoire  
(**Source** : H. Charpentier - CIRAD-CA).

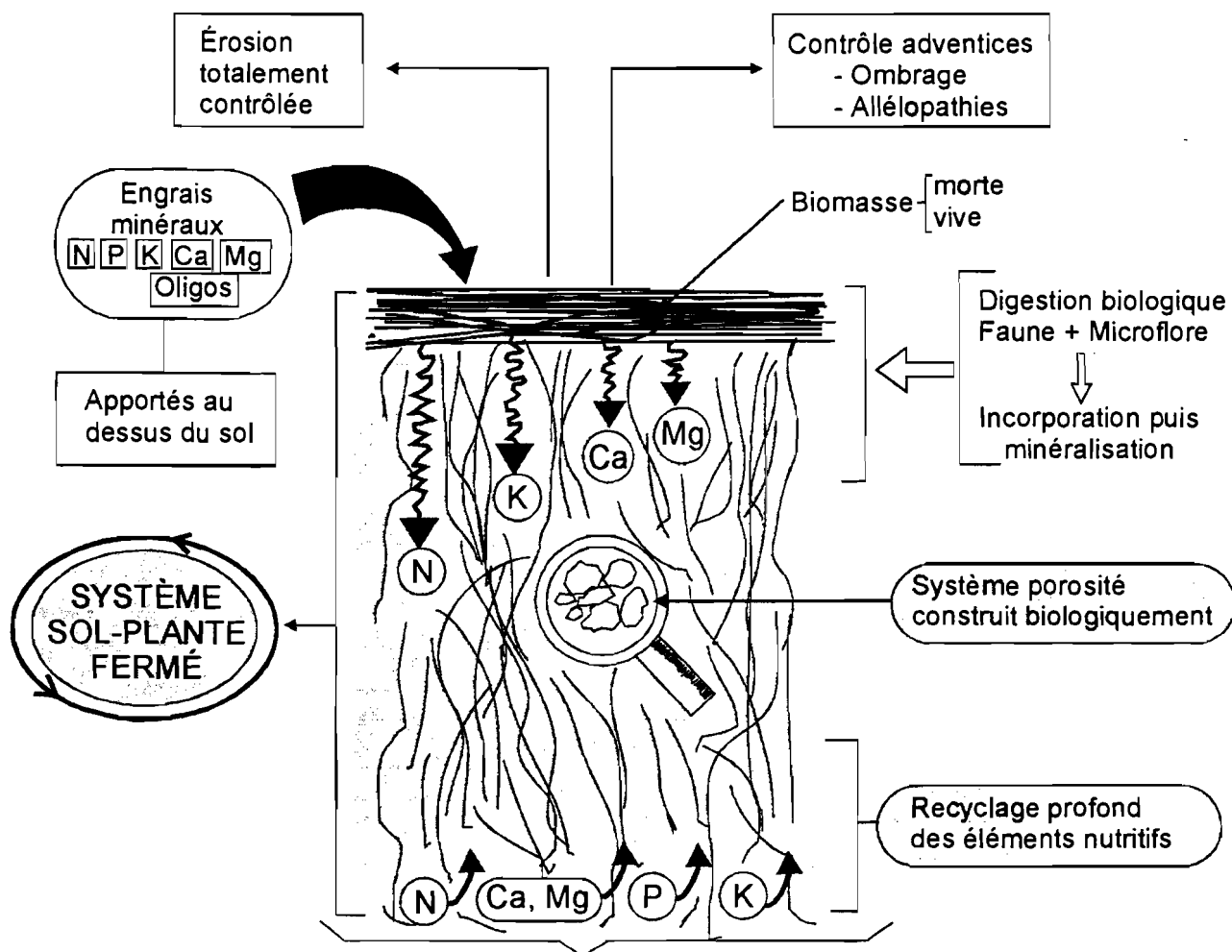
# FONCTIONNEMENT DU PROFIL CULTURAL, SOUS TRAVAIL PROFOND DU SOL, EN ZONE TROPICALE HUMIDE.

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac - Mato Grosso - Brésil



# FONCTIONNEMENT DU PROFIL CULTURAL, SOUS SYSTÈMES DE SEMIS DIRECT, EN ZONE TROPICALE HUMIDE.

• SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac., - Mato Grosso - Brésil



■ Systèmes construits sur successions annuelles à 2 cultures, ou sur couvertures vivantes

→ Fonctionnent comme écosystème forestier=

+ **Recycleurs** et/ou **intercepteurs** efficaces, **régénérateurs** de la fertilité

• Soja, Riz, Mais + Mil, Sorghos, Graminées fourragères, légumineuses

• Soja sur graminées pérennes (TIFTON)

● RISQUE, LIMITÉ → Immobilisation temporaire minéralisation sous conditions climatiques excessives, prolongées

LE SOL N'EST QU'UN SUPPORT

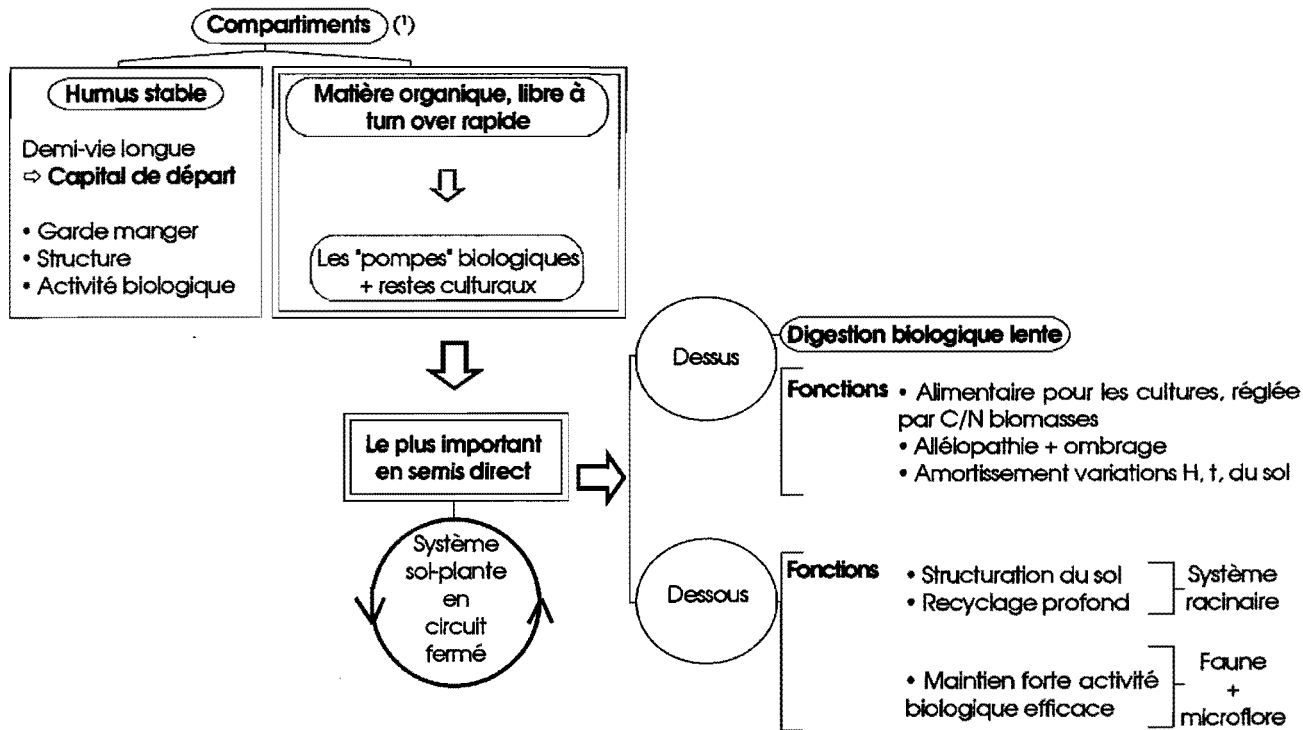
→ Alimentation cultures → De M. O. morte à M. O. vivante avec peu d'échanges avec sol minéral

• Système dépendant de capacité à produire et reproduire

**Biomasses** à moindre coût, chaque année.

M. O. à Turn Over rapide, moteur de la durabilité, humus, rôle secondaire, excepté capital de départ

⇒ **RÔLE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL, DANS LES SYSTÈMES DE SEMIS DIRECT EN RÉGIONS TROPICALES CHAUDES ET HUMIDES**

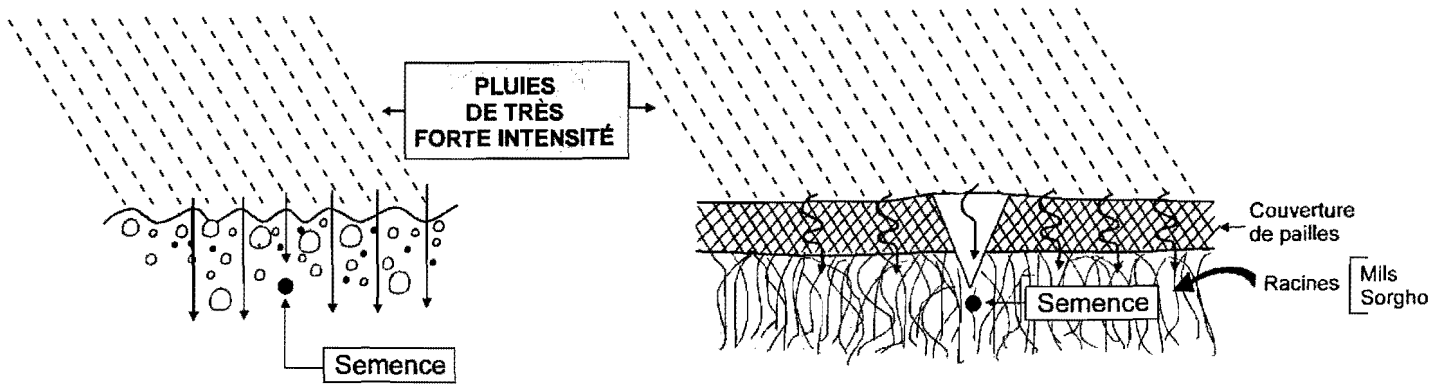


(1) Simplifiés

Source : L. Séguy, S. Bouzinac et al., Fronts pionniers du Mato Grosso - 1990-96

**→ MODES DE GESTION DES SOLS ET FLUX D'EAU DANS LE PREMIERS cm DU SOL**

SOURCE: Séguy L. Bouzinac S., (CIRAD-CA) - 1995  
Groupe Maeda



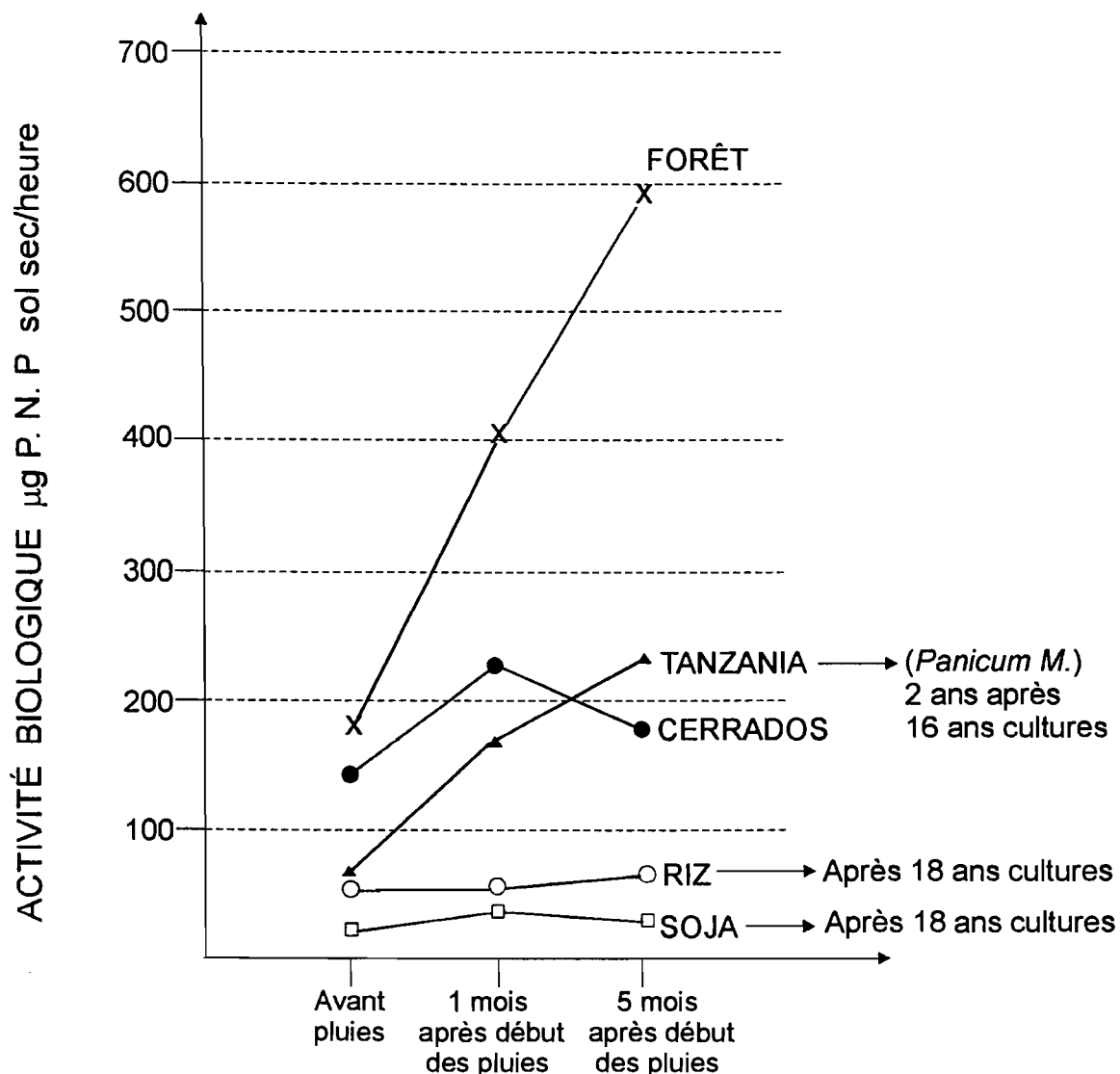
■ **TRAVAIL DU SOL CONVENTIONNEL OU PROFOND**

- Flux d'eau arrive rapidement au niveau de la semence
- Fort risque d'entraîner les herbicides de préémergence et pesticides
- Fort risque de Phytotoxicité

■ **SEMIS DIRECT DANS LA PAILLE**

- Flux d'eau amorti par la paille + racines Mils Sorghos
- L'eau s'infiltré lentement
- Risque minimum de forte Phytotoxicité

Sur la culture en Germination



■ Activité biologique, mesurée en  $\mu\text{g}$  de P. N. P./g. de sol sec/heure (Phosphatase acide), sous différents écosystèmes, en fonction du régime pluviométrique - Sols Ferrallitiques du centre nord Mato Grosso

● SOURCE: C. Bourguignon, LAMS - MAREY-SUR-TILLE - 21120 IS-SUR-TILLE - 1994

⇒ **MINÉRALISATION DES BIOMASSES PROTECTRICES, RECYCLEUSES ET ALIMENTAIRES, DANS LES SYSTÈMES DE SEMIS DIRECT**

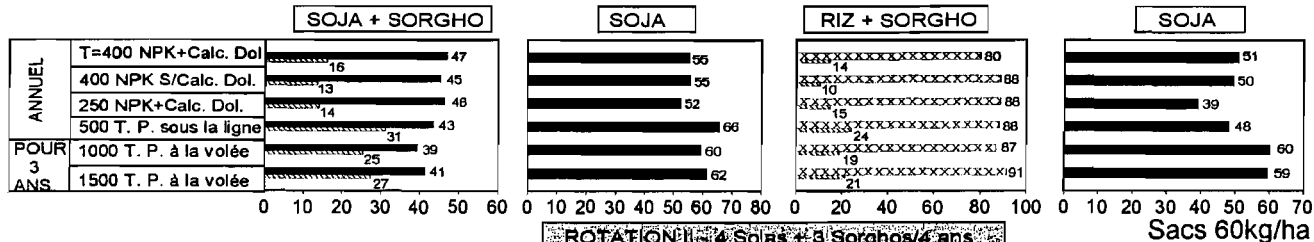
Nature de la biomasse	Stade de développement (jours après semis)	Taux de minéralisation sous la culture (1)	Conséquence sur conduite de la culture commerciale (Coton, soja)
<b>Mil</b>	40-50 jours	1. > 60%	<p>- Apport N minéral au semis, à la volée ou sous la ligne de semis.</p> <p>• Quantité, d'autant plus importante que biomasse plus lignifiée :</p> <p>- De 20 N/ha (1, 2, 4) à 30-40 N/ha (3, 5, 6)</p> <p>• <b>Renforcer N</b>, dans les 30 premiers jours de croissance, systématiquement.</p>
	± 60 jours	2. 40 à 60%	
	± 90 jours	3. < 40%	
<b>Sorgho</b>	40-50 jours	4. 40 à 50%	
	± 60 jours	5. 30 à 50%	
	± 90 jours	6. < 30%	

(1) Estimations par mesure des différences de biomasse entre semis et récolte, seulement sur la biomasse au dessus du sol (non compris le système racinaire → 3-6 t/ha sur 1,50 m).

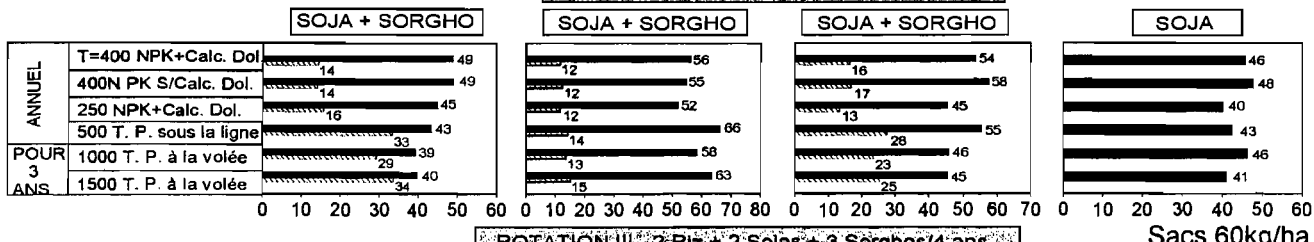
Source : L. Ségué, S. Bouzinac et al., - Cooperlucas - MT, 1994 et Groupe Maeda - GO, 1995/96.



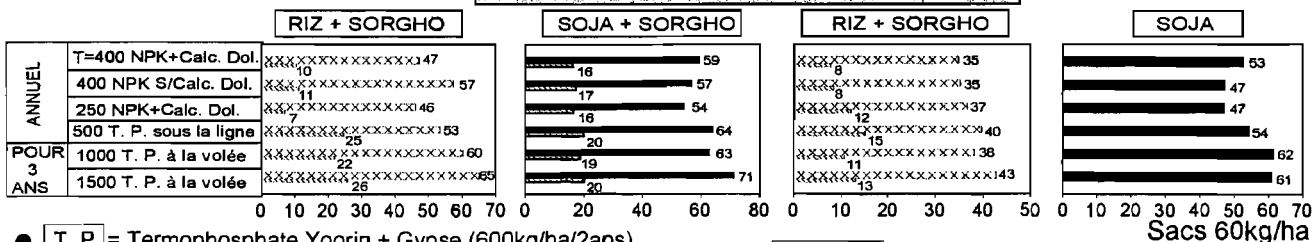
ROTATION I - 2 cultures en succession/an alternées avec une seule culture/an



ROTATION II - 4 Sojas + 3 Sorghos/4 ans



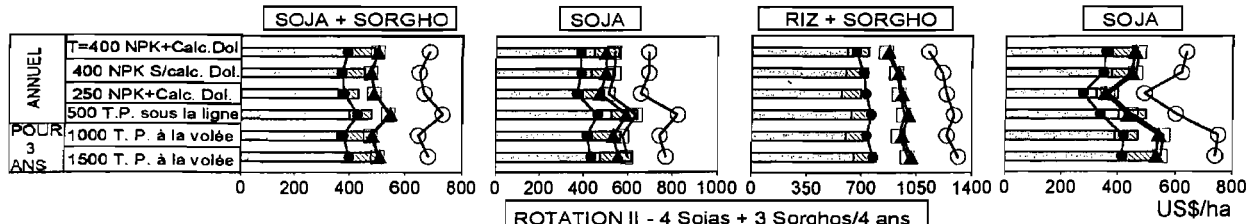
ROTATION III - 2 Riz + 2 Sojas + 3 Sorghos/4 ans



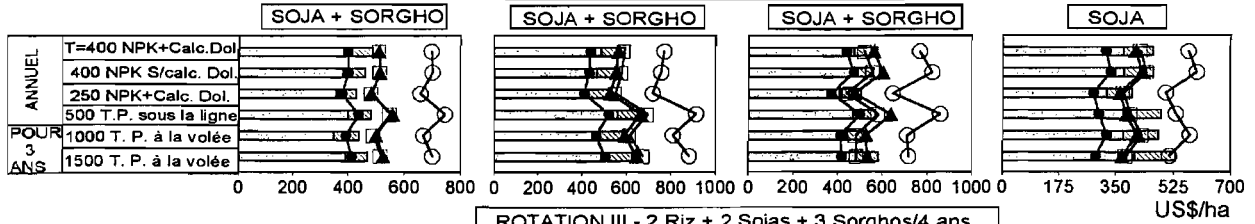
- T. P. = Termophosphate Yoorin + Gypse (600kg/ha/2ans)
- Calc. Dol. = Calcaire Dolomitique → V ≥ 40%
- NPK [ Soja - 02-20-20  
Riz - 04-20-20
- N couverture - 65 a 85 N/ha sur riz
- Sorgho - sans engrais

SOURCE: L. séguy., S. Bouzinac., Cooperlucas - Fazenda Progresso - MT - 1990/95

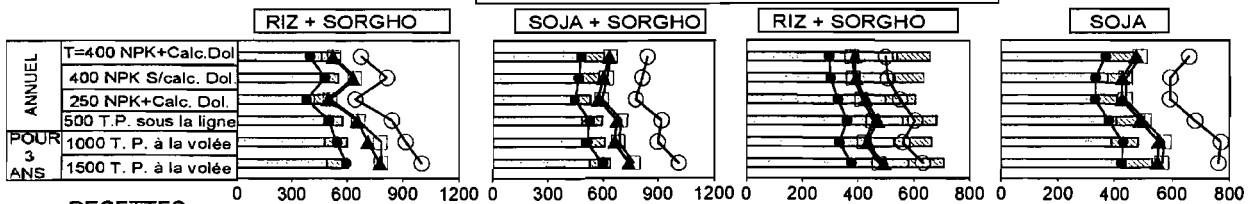
ROTATION I - 2 Cultures en succession/an alternées avec une seule culture/ an



ROTATION II - 4 Sojas + 3 Sorghos/4 ans



ROTATION III - 2 Riz + 2 Sojas + 3 Sorghos/4 ans



RECETTES  
US\$/sac

● Prix minimum = 7,6    □ Prix réel = 7,6    ▲ Prix moyen = 10    ○ Prix élevé = 13    US\$/ha

▨ Coûts de production de la culture + 20% - intérêts 12%/an

▩ Coûts de production de la culture + 48% - intérêts 52%/an

● T. P. = Termophosphate Yoorin + Gypse (600kg/ha/2ans)

● N couverture - 65 à 85 N/ha sur riz

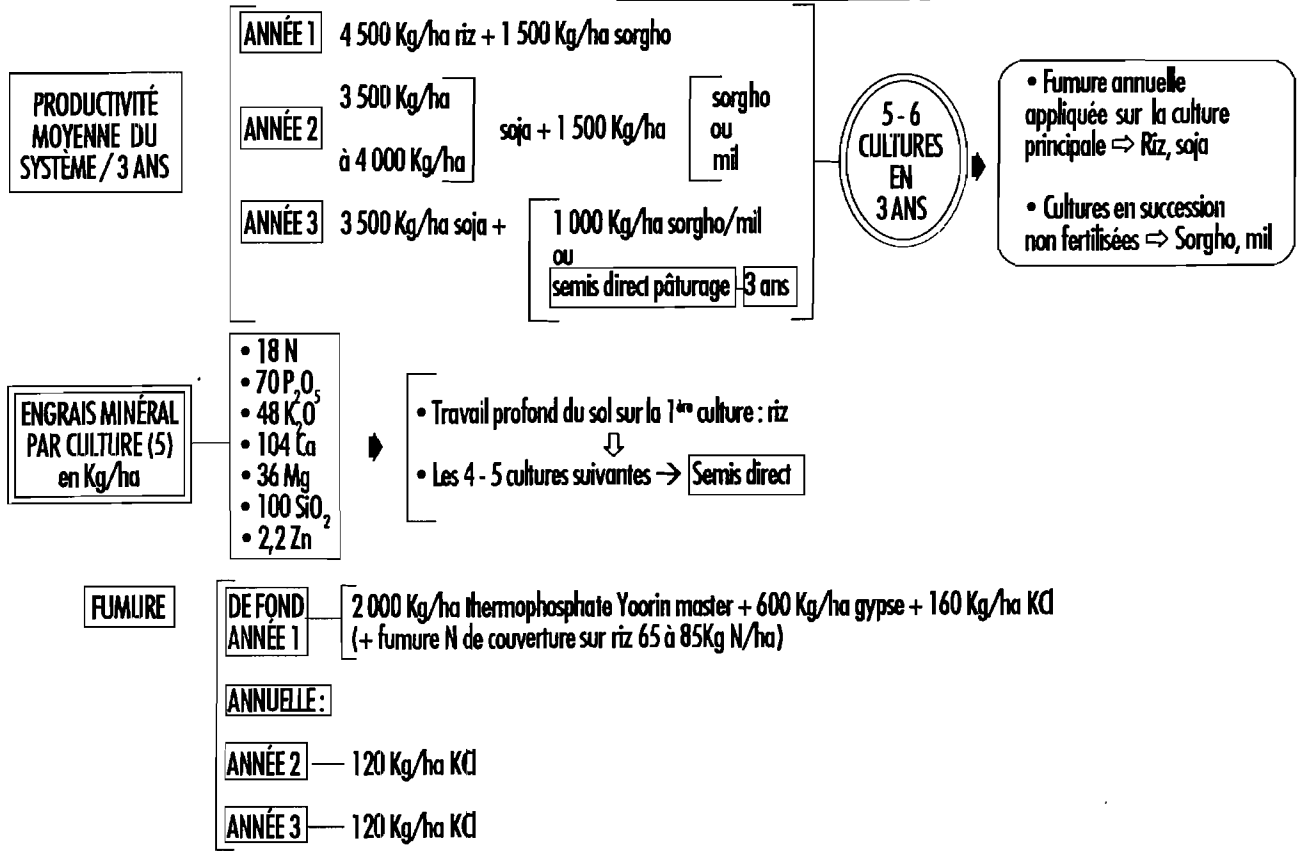
● Calc. Dol. = Calcaire Dolomitique → V ≥ 40%

● NPK [ Soja - 02-20-20  
Riz - 04-20-20

● Sorgho - sans engrais

SOURCE: L. séguy., S. Bouzinac., Cooperlucas - Fazenda Progresso - MT - 1990/95

→ **FERTILISATION CORRECTIVE DE NIVEAU ÉLEVÉ** → **ÉCOLOGIES DES FORÊT ET SAVANES HUMIDES DU CENTRE NORD DU MATO GROSSO 1994**



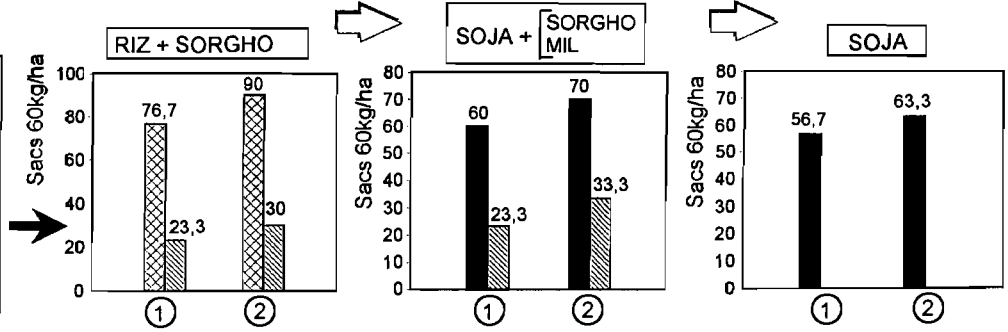
SOURCE : L. Séguy, S. Bouzinac, M. Matsubara et A. Trentini - 1987-1995

PHASE 3

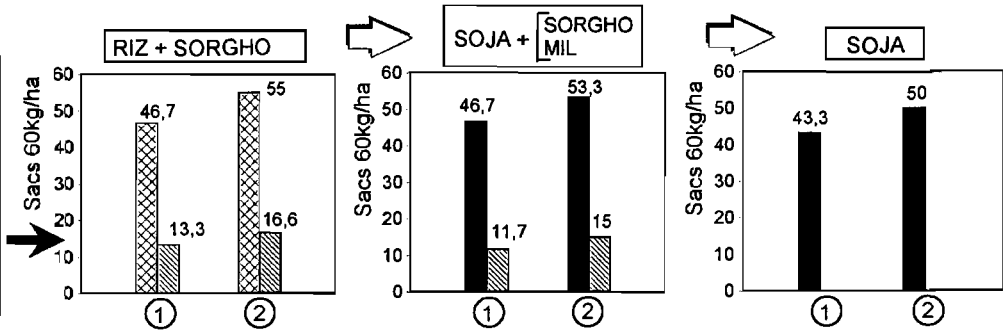
PRODUCTIVITÉS DES ROTATIONS

1992/95

■ 2000 kg/ha thermophosphate + 600 kg/ha gypse + 160 kg/ha KCl  
 en fond /3 ans  
 • SOJA = 60 K<sub>2</sub>O/ha  
 • RIZ = 60 K<sub>2</sub>O+85N  
 • SORGHO, MIL = 0  
 Travail profond année 1 + 4 semis direct en suivant



■ NPK annuel + calcaire dolomitique (V ≥ 40%)  
 • SOJA = 250 kg/ha 02-20-20  
 • RIZ = 250 kg/ha 04-20-20 + 100 kg/ha urée  
 • SORGHO, MIL = 0  
 Travail profond année 1 + 4 semis direct en suivant



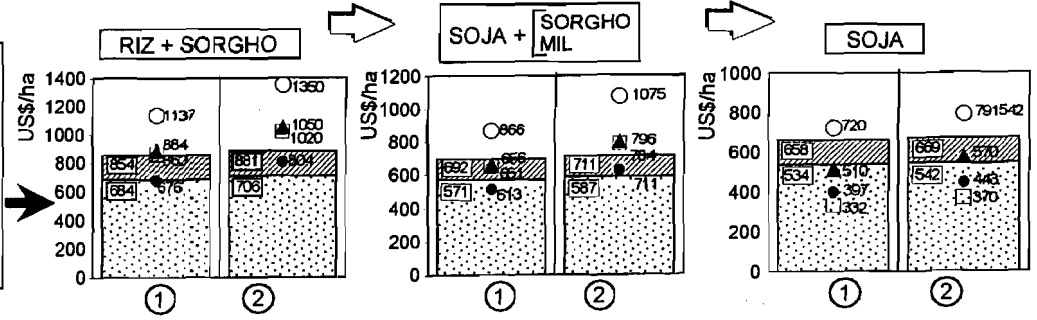
① — ② Intervalle de productivité possible → Hypothèse basse ① - Hypothèse haute ②

▨ RIZ      ■ SOJA      ▨ SORGHO OU MIL

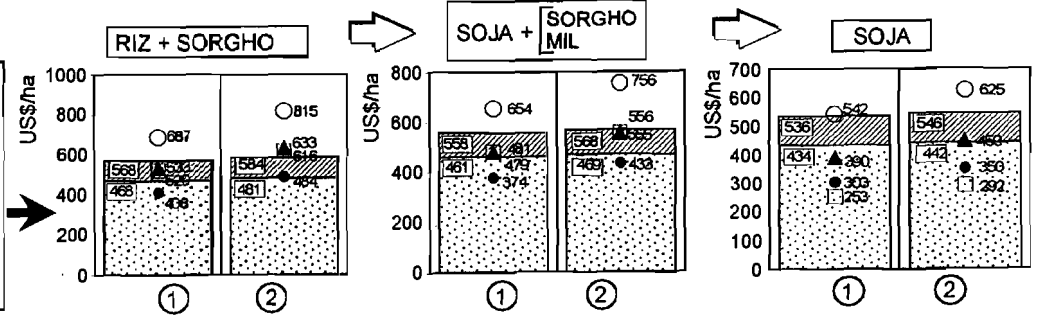
SOURCE: L. séguy., S. Bouzinac., Cooperlucas - Fazenda Progresso - MT - 1990/95

PHASE 3 → PERFORMANCES ÉCONOMIQUES RÉELLES ET SIMULÉES → 1992/95

■ 2000 kg/ha thermophosphate + 600 kg/ha gypse + 160 kg/ha KCl/ en fond/ 3 ans  
 • SOJA = 60 K<sub>2</sub>O/ha  
 • RIZ = 60 K<sub>2</sub>O+85N  
 • SORGHO, MIL = 0  
 Travail profond année 1 + 4 semis direct en suivant



■ NPK annuel + calcaire dolomitique (V ≥ 40%)  
 • SOJA = 250 kg/ha 02-20-20  
 • RIZ = 250 kg/ha 04-20-20 + 100 kg/ha urée  
 • SORGHO, MIL = 0  
 Travail profond année 1 + 4 semis direct en suivant



RECETTES US\$/sac → ● Prix minimum - Riz = 7,6 - Soja = 7,0 - Sorgho = 4,0  
 ▲ Prix moyen - Riz = 10 - Soja = 9,0 - Sorgho = 5,0  
 □ Prix réel - Riz = 10 - Soja [année 2 = 9,3 / année 3 = 5,85] - Sorgho = 4,0  
 ○ Prix élevé Riz = 13 - Soja = 12,5 - Sorgho = 6,0

▨ Coûts de production de la culture + 20% - intérêts 12%/an  
 ▩ Coûts de production de la culture + 48% - intérêts 52%/an

① — ② Intervalle de productivité possible → Hypothèse basse ① - Hypothèse haute ②

SOURCE: L. séguy, S. Bouzinac, Cooperlucas - Fazenda Progresso - MT - 1990/95

**Surfaces plantées et productivités des cultures principales soja et riz pluvial - Région centre nord du Mato Grosso - 1993-94**

**Culture da soja**

Municipes	Surface planté (ha)						Productivité (Kg/ha)					
	1988/89	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1988/89	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94(*)
Nova Mutum	75 000	65 808	55 000	79 875	115 000	130 000	2 222	1 920	2 280	2 520	2 460	2 640
Tapurah	35 800	21 590	15 288	24 500	(1)	(1)	2 100	2 040	2 050	2 100	(1)	(1)
Lucas do Rio Verde	68 668	63 467	36 565	68 750	90 000	120 000	2 104	1 800	2 250	2 240	2 400	2 700
Somiso	129 910	132 350	94 708	124 530	165 000	200 000	2 530	1 860	2 350	2 580	2 546	2 400
Sinop	10 500	5 776	1 500	2 000	4 500	7 000	2 110	1 575	2 100	2 100	2 100	2 400
Au niveau régional	319 878	288 981	203 061	299 655	(374 500)	(457 000)	2 232	1 868	2 288	(2 443)	(2 490)	(2 547)
Total x moyenne régionale												

**Culture de riz pluvial**

Municipes	1988/89	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1988/89	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94
Nova Mutum	7 792	1 065	6 044	12 177	22 000	25 000	1 500	1 000	1 775	1 800	1 620	1 800
Tapurah	5 258	2 280	2 485	5 000	(1)	(1)	2 100	1 200	1 616	2 100	(1)	(1)
Lucas do Rio Verde	10 604	4 091	8 778	9 563	15 000	25 000	1 426	1 200	1 616	1 835	1 800	2 100
Somiso	14 773	7 700	20 149	35 935	25 000	30 000	-	1 000	2 081	1 560	1 342	2 100
Sinop	5 200	5 000	2 000	5 524	6 000	6 000	1 700	1 400	1 800	2 000	2 100	2 400
Au niveau régional	53 627	20 136	39 456	68 199	(68 000)	(86 000)	1 680	1 162	1 902	1 717	(1 600)	(2 034)
Total x moyenne régionale												

(\*) Estimations

(1) - Données manquantes

- Source - Empaer, IBGE, Cooperatives

**Surfaces plantées (ha) et productivités des cultures de diversification - Région centre nord Mato Grosso - 1994**

**■ Maïs comme culture principale**

Municípios	Surfaces plantées (ha)				Productivité (Kg/ha)			
	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94(*)	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94(*)
Lucas do Rio Verde	4 245	2 500	5 000	5 000	-(1)	-(1)	3 000	4 200
Sorriso	-(1)	-(1)	5 000	4 000	-(1)	-(1)	4 496	3 600
Sinop	1 800	1 800	2 100	2 500	2 000	2 200	2 400	3 000
<b>Total</b>	<b>6 045</b>	<b>4 300</b>	<b>12 100</b>	<b>11 500</b>	$\bar{X} \Rightarrow$ -	-	<b>3 514</b>	<b>3 730</b>

(\*) Estimations 1993/94

1 - Données manquantes

**■ Les cultures de succession annuelles - maïs, sorgho et mil  $\Rightarrow$  Estimations 1993/94**

Municípios	Surfaces plantées (ha)			Productivité (Kg/ha)		
	Maïs	Sorgho	Mil	Maïs	Sorgho	Mil
Lucas do Rio Verde	28 000	-(1)	-(1)	1 200	-(1)	-(1)
Sorriso	20 000	12 000	110 000	1 600	900	500
Sinop	2 000	500	1 500	1 800	1 200	500
<b>Total</b>	<b>50 000</b>	<b>12 500</b>	<b>111 500</b>	$\bar{X} \Rightarrow$ 1 384	912	500

\* Source = Empaer, IBGE, Coopératives

Évolution des surfaces plantées et de la productivité des cultures de riz et soja, en écologies de cerrados et forêts humides du Sud du Bassin Amazonien - Centre Nord du Mato Grosso - Sinop et Lucas do Rio Verde - MT - 1988 - 1994

Écologie (1) et municipe		Riz pluvial			Soja		
		1988/89	1991/92	1993/94	1988/89	1991/92	1993/94
■ Cerrados humides • Lucas do Rio Verde ( <sup>2</sup> )	Surface (ha)	10 604	9 563	25 000	68 668	68 750	120 000
	Productivité (Kg/ha)	1 426	1 835	2 100	2 104	2 240	2 700
■ Forêts humides • Sinop ( <sup>2</sup> )	Surface (ha)	5 200	5 524	6 000 496 ( <sup>3</sup> )	10 500	2 000	7 000 624 ( <sup>3</sup> )
	Productivité (Kg/ha)	1 700	2 000	2 400 4 183 ( <sup>3</sup> )	2 110	2 100	2 400 2 873 ( <sup>3</sup> )

(1) Écologies et municipes sur lesquels la recherche-action, intervient directement.

(2) Sols ferrallitiques acides

(3) Résultats mesurés par la recherche, chez les agriculteurs qui utilisent les technologies recommandées [Séguy L., Bouzinac S. et al., 1994 (21)].

Source : Services de vulgarisation publics (EMATER), et privés de l'État du Mato Grosso - 1988/94



□ Performances des systèmes de culture en milieu réel, chez quelques agriculteurs pilotes -1993/1996  
 Résultats d'enquêtes en écologies des cerrados et forêts humides du Centre Nord du Mato Grosso  
 • Source : COOPERLUCAS, EMATER, CIRAD-CA - 1993/96

Écologie et année	Surfaces en hectares		Productivités en Kg/ha	
	Soja	Riz pluvial	Soja	Riz pluvial
<b>Cerrados</b>				
• Coopérative Cooperlucas (*) 1993/94	90 000	12 000	2 820	2 400
• Fazenda Progresso (1) 1993/94	1 800	300	3 420	4 680
1994/95	1 800	-	3 360	-
<b>Forêts</b>				
• Propriétaire Jorge Kamitani 1993/94	30	120	2 520	3 240
• Propriétaire (2) Taffarel 1993/94	170	Maïs = 170	3 420	Maïs = 4 200
1995/96	-	60	-	3 700
• 14 producteurs	624	496	2 873	4 183

(1) Soja en semis direct, avec les succession ⇒ soja + sorgho, mil et mil + soja + mil - Pic de productivité sur 170 ha **4 320 Kg/ha**

(2) Semis direct continu, avec la succession soja + maïs - En 1996, riz en semis direct sur crotalaire - Pic de productivité sur 10 ha ⇒ 5 400 Kg/ha = Semis direct sur *Brachiarua ruziziensis*.

(\*) - Partenaire du CIRAD-CA entre 1992 et 1994 ⇒ Unité expérimentale centrale + réseau de fazendas de références ⇒ 500 hectares (cerrados + forêts)

• Le dossier présenté, retrace la construction, par la recherche, oeuvrant avec, pour et chez les agriculteurs dans leur milieu, de nouveaux concepts et pratiques agricoles réellement adaptés aux contraintes pédoclimatiques des fronts pionniers de la zone tropicale humide de l'Ouest du Brésil. Les nouveaux concepts de gestion agrobiologiques des sols et leur mise en pratique sont basés sur le fonctionnement de la forêt ombrophile, adaptés à l'activité agricole : le sol est totalement protégé contre l'érosion par une forte biomasse en surface, pour éviter sa minéralisation rapide ; cette biomasse, véritable pompe biologique, est renouvelable, à moindre coût, avant et/ou après chaque culture, en conditions climatiques marginales et a pour fonctions agronomiques essentielles, à la fois, de protéger complètement le sol contre l'érosion, d'alimenter la culture par voie biologique, de minimiser, voire supprimer les pertes en éléments nutritifs dans le système sol-plante par un puissant système racinaire recycleur, de maintenir une biostructure stable dans le profil cultural, et de permettre un meilleur contrôle, des adventices et du complexe parasitaire des cultures, en général.

Trois grands types de systèmes de culture ont été construits à partir de ce concept de base, à l'image de la forêt : les systèmes de production continue de grains, bâtis sur des successions à 2 cultures annuelles (1 culture principale + 1 culture "pompe biologique") pratiquées en semis direct; ce sont : - les successions : mil + soja + sorgho-mil, soja + sorgho-mil, riz + sorgho-mil, crotalaire + riz, qui peuvent être organisées en diverses rotations et assolements en fonction de la conjoncture économique.

- Les systèmes intégrant les activités de production de grains, en semis direct, en rotation avec l'élevage, tous les 3 à 4 ans.

- Les successions annuelles sur tapis vivants pérennes, de production de grains en semis direct, suivie de pâturage.

Les résultats agro-économiques obtenus sur les systèmes à 2 cultures annuelles en succession, pratiquées en semis direct, en conditions d'exploitation réelles, aussi bien en terres neuves de savanes et de forêts qu'en terre de vieille culture (18 ans de culture continue) montrent que ce sont bien les facteurs biologiques, à travers la gestion du statut organique du sol qui sont prépondérants pour l'obtention de hautes productivités, stables, à moindre coût, sous une pluviométrie de 2 000 à 3 000 mm. Ces systèmes, en semis direct, sont plus productifs et lucratifs que les mêmes systèmes avec travail du sol et leur productivité peut se maintenir, sur une période d'étalement des semis de 60 jours à partir des premières pluies, à condition que les sols soient bien drainés et qu'une fumure de fond à base de thermophosphate + gypse soit utilisée (pour 5 à 6 cultures) pour que les pompes biologiques placées avant et/ou après les cultures principales, puissent exercer leurs fonctions avec un maximum d'efficacité : volume de biomasse nourricière au dessus du sol, profondeur et puissance restructurante de l'enracinement recycleur, contrôle des adventices, et protection totale contre l'érosion.

Le niveau de fumure minérale est secondaire (dès lors qu'il n'est pas limitant), devant l'importance du mode de gestion de la matière organique (semis direct x pompes biologiques). En particulier, la correction de l'acidité (toxicité Al) et son entretien peuvent se faire, à moindre coût, dès lors que le système de culture utilisé permet de minimiser les pertes en Ca, Mg, K, NO<sub>3</sub> dans les systèmes sol-plante. La résolution de ce problème d'acidité par le fonctionnement recycleur et organo-biologique du système de culture, constitue sans aucun doute, la solution la plus efficace pour l'exploitation durable de la ressource sol acide, sous forte pluviométrie, à moindre coût ; ne rien perdre dans le système sol-plante constitue la règle d'or de la stratégie de fertilisation, et passe d'abord par le choix du système de culture. Une bonne gestion agrobiologique du profil grâce à ces systèmes recycleurs permet d'obtenir des productivités lucratives et stables, avec des niveaux d'engrais minéraux inférieurs à ceux qui sont actuellement recommandés (Séguy L., Bouzinac S. et al., 1993, 1994).

La consommation d'éléments fertilisants (engrais) dans les systèmes les plus productifs, lucratifs et stables, est dérisoire, en regard des productivités obtenues par unité de surface, si comparée à celle des pays tempérés pour des niveaux de production similaires, ce qui traduit bien,

la formidable capacité photosynthétique de la zone tropicale humide qui peut être convertie, à moindre coût(1), en production agricoles. Ces nouveaux modes de gestion plus écologiques des sols par les biomasse renouvelables à turn-over rapide, permettent de mieux gérer, canaliser les ressources naturelles au profit de l'activité agricole. La capacité de production du sol (augmentations conjuguées de la surface annuelle cultivée x productivité) est plus que doublée par rapport à celle des systèmes actuellement dominants à une seule culture annuelle, avec des coûts de production sensiblement équivalents, voire inférieurs ; l'état sanitaire des cultures est nettement amélioré (diminution nette de la pression du complexe parasitaire : champignons, insectes, nématodes).

La capacité des équipements est multipliée par 1,5 à 1,8 sur ces systèmes à 2 cultures annuelles en semis direct, avec une flexibilité d'utilisation nettement accrue, due aux techniques de semis direct et d'une meilleure organisation des calendriers culturaux (échelonnement des semis, des récoltes).

Ces systèmes à deux cultures annuelles en semis direct et principalement les successions soja + mil, soja + sorgho, soja + maïs, ont la faveur des agriculteurs et se diffusent très rapidement, puisque après 4-5 ans de divulgation, ils couvrent aujourd'hui environ 1,5 millions d'hectares dans le Centre-Ouest (Landers J. et al., 1995 ; Monsanto et APDC, 1996).

Les autres systèmes intégrant les activités production de grains et d'élevage n'en sont pour l'instant, qu'à un niveau modeste d'adoption par les agriculteurs ; cependant, ils contiennent sans aucun doute tous les atouts à la fois agronomiques (sommant les effets organo-biologiques des deux activités) techniques, et économiques (capitalisation, moindre dépendance au système économique actuel) pour exploiter, à moindre coût, tous les potentiels, hydrique et photosynthétique de ces zones tropicales des fronts pionniers.

Les solutions techniques et agronomiques existent maintenant pour exploiter ce vaste réservoir des sols acides de la zone tropicale humide. Les systèmes de culture créés et, déjà en voie de diffusion active doivent permettre la fixation d'une agriculture durable, diversifiée, lucrative à moindre coût, capable de protéger et d'augmenter le potentiel de son bien le plus précieux, le capital sol.

Les succès de la mise en pratique de ces nouvelles techniques dépend aujourd'hui bien davantage de mesures de politique agricole brésilienne locale, que de nouvelles solutions techniques.

Ces mesures doivent assurer : l'entretien du réseau routier, l'organisation d'une politique incitative et cohérente du crédit pour financer les investissements en amendements, en machines de semis direct performantes, en industries locales de transformation, en moyens de recherche, une offre constante de prix incitatifs et stables aux agriculteurs pour des produits de qualité.

Ces mesures doivent être prises rapidement pour exploiter au profit de l'économie brésilienne, ce formidable grenier à grains que constituent les savanes humides de l'Ouest du Brésil. Elles sont d'autant plus urgentes, que les fronts pionniers sont arrivés au bord de la forêt amazonienne. Ce soutien à la fixation d'une agriculture durable en zones de savanes est donc prioritaire pour épargner la forêt.

Enfin, ces nouveaux systèmes de gestion agrobiologiques des sols, créés sur les frontières agricoles du Brésil, et déjà pratiqués sur de vastes surfaces, sont la concrétisation de

---

(1) Les systèmes recycleurs à 2 cultures annuelles, en rotation tels que "riz + sorgho/soja + mil/soja, sur 3 ans, permettent des productivités respectives en rotation : an 1 = 4 500 à 5 500 Kg/ha de riz + 1 500 Kg/ha sorgho ; an 2 = 3 500 à 4 000 Kg/ha de soja + 1 500 Kg/ha mil ; an 3 = 3 500 Kg/ha soja.

La part de fumure (engrais) qui revient à chaque culture, n'est que de (en Kg/ha) : 18 N, 70 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 48 K<sub>2</sub>O, 104 Ca, 36 Mg, 100 SiO<sub>2</sub>, 2,2 Zn.

Résultats reproductibles, obtenus avec la fumure de fond de 2 000 Kg/ha de thermophosphate + 600 Kg/ha de gypse, appliquée pour 5 à 6 cultures sur 3 ans.

nouveaux concepts décisifs aussi bien pour l'avenir de l'agriculture tropicale que pour jeter les bases d'une agronomie tropicale capable de mieux valoriser les ressources naturelles, d'économiser intrants chimiques et de protéger totalement le capital sol.

Ces concepts et pratiques agricoles, sont, sans aucun doute, à diffuser avec les méthodes de recherche en milieu réel qui les ont fait naître, dans les régions similaires du monde tropical et équatorial et à adapter dans des écologies moins humides ; le CIRAD est en train de le faire activement en Afrique, en Amérique Latine, en Asie, à Madagascar et à la Réunion. La révolution doublement verte a depuis longtemps déjà, largement dépassé le stade des idées ; elle est déjà une réalité praticable, en zone tropicale humide d'Amérique du Sud.