

# **OPTIMISATION DES SYSTÈMES DE CULTURE ET DES RESSOURCES GÉNÉTIQUES**

**RÉSULTATS DE RECHERCHE - 2001/2002**

**L. Séguy, S. Bouzinac, J. Tallebois - CIRAD-CA**

**A. C. Maronezzi, G. O. Lucas, L. Saucedo, F. G. Rodrigues - AGRONORTE**

**Matrice systèmes de culture - Sinop**



**AGRONORTE/CIRAD**

**PROJETS SYSTÈMES DE CULTURE DURABLES  
EN SEMIS DIRECT , INTÉGRANT PRODUCTION  
DE GRAINS ET ÉLEVAGE EN ZTH,  
AU SUD DE L'AMAZONIE  
ANNÉE 2001/2002**

**Écologies des Forêts et Cerrados humides sur sols  
ferrallitiques du Centre-Nord Mato Grosso**

**L. Séguy, S. Bouzinac, J. Taillebois / CIRAD-CA  
A.C. Maronezzi, L. Saucedo / AGRO NORTE**

## 1.1 FICHE RÉSUMÉE DU PROJET

**Titre : Systèmes de culture en semis direct, intégrant production de grains et élevage en ZTH , au sud du bassin amazonien**

### 1. Présentation

**Région :** Ecosystèmes des Cerrados et forêts humides du centre nord du Mato Grosso (*Fronts pionniers du centre nord du Mato Grosso, avec antenne dans sud et ouest du Mato Grosso*).

**Sols :** ferrallitiques sur roches acides, sous forte pluviométrie (*1800 à 3000 mm/an*).

**Contexte agro-socio-économique :** Agriculture mécanisée commerciale ayant initié le défrichement au début des années 80, et ayant créé un pôle de véritable développement agricole sur plus de 1,5 millions d' hectares (*infrastructures, crédits, industries de transformation, circuits et filières commerciales*). Les principales productions sont soja, riz pluvial, maïs et coton, et bien sûr l'élevage bovin extensif (*au départ du projet, séparé de la production de grains*).

### 2. Partenaires

Entreprise privé AGRONORTE , et agriculteurs leaders dans diverses régions du Mato Grosso (MT).

**3. Chercheurs :** Lucien Séguy et Serge Bouzinac – CIRAD-CA Programme GEC

### 4. Financements :

- **CIRAD :** Salaire des 2 chercheurs + voyages Brésil-France.
- **AGRONORTE :** Finance les unités de recherche à Sinop (150 ha) et dans les 3 grandes régions du MT ( $\pm$  150 ha) environ 300 000 US\$/an , plus un appui de 36 000 \$US/ an au fonctionnement local de l'équipe CIRAD - CA.

### 5 et 6 . Thématique et situation du projet :

Initié en 1983 , en collaboration avec l'EMBRAPA/CNPAF et le producteur privé Munefume Matsubara (Fazenda Progresso) jusqu'en 1992, puis avec la COOPERLUCAS entre 1992 et 1995, et à partir de 1996 avec la Préfecture de Sinop et l'entreprise privée de recherches AGRONORTE, nous avons élaboré et appliqué une méthode participative de création-diffusion de nouveaux systèmes de culture en travaillant chez les producteurs, pour eux et avec eux (*voir nombreux documents sur méthodologie produits par l'équipe*). Après avoir diagnostiqué les facteurs limitants de cette agriculture pionnière (travail du sol permanent à l'offset combiné aux monocultures de soja ou de riz qui ont entraîné des érosions catastrophiques et des failles rapides), nous avons créé de nouveaux systèmes de cultures à base de rotations (riz-soja) et de travail profond du sol. Mais à partir de 1990, au vu des baisses importantes de matière organique, sur tous les systèmes utilisant les modes de préparation mécanisée des sols, nous avons réorienté toute la création-diffusion vers des systèmes de culture en semis direct, sans travail du sol. Les nouveaux systèmes de semis direct, préservent l'environnement et intègrent production de grains et élevage, et sont de plus en plus performants : optimisation de la relation coût/bénéfice par réduction drastique des coûts de production, pour des productivités de plus en plus élevées, facilité d'exécution et flexibilité accrues des équipements.

Ces systèmes, tous en semis direct, peuvent intégrer l'élevage par rotation de 3 ou 4 ans de cultures (*riz, soja, coton + cultures de succession sorgho, mil, Eleusine...*) tournant avec 3 ou 4 ans de pâturages (*type Brachiarias ou Panicum*), ou par systèmes sur couvertures vivantes fourragères sur lesquelles on produit en semis direct des grains comme par exemple soja ou coton sur Tifton 85, ou riz, maïs ou coton sur Arachis pintoï.

La formation des acteurs du développement et la création de matériel génétique de pointe dans les systèmes de semis direct (*optimisation des relations génotypes x modes de gestion du sol préservateurs*) sont aussi les 2 priorités essentielles de ce projet ( *principalement pour riz, coton, soja et nouvelles introductions d'espèces pour biomasse de couverture*).

### Principaux résultats

Ce projet a conçu les techniques de semis direct adaptées aux zones tropicales chaudes, les a mises en pratique, et a très fortement contribué à leur diffusion et les a transférées et adaptées à d'autres conditions pédoclimatiques et socio-économiques tropicales et subtropicales (*le semis direct couvre aujourd'hui 14 000 000 ha au Brésil dont plus de 4 000 000 dans les Cerrados et se développe à Madagascar , La Réunion, l'Afrique et l'Asie* ).

Ce projet a créé du matériel génétique performant, comme la variété de riz pluvial CIRAD 141 qui a couvert plus de 300 000 ha en 1998/99 dans le Mato Grosso.

Ce projet a également créé des méthodes de travail efficaces pour, à la fois :

- donner des solutions immédiates et durables aux agriculteurs (*systèmes, variétés, indicateurs de fertilité, ...*),
- promouvoir, construire une véritable révolution agricole tropicale durable,
- produire des connaissances scientifiques décisives pour la gestion durable des sols de la planète au moindre coût (*fonctionnement, modélisation du fonctionnement des systèmes de culture, évaluation des impacts sur le milieu et les hommes qui le cultivent, etc...*)
- Ce projet a fait l'objet de deux numéros complets de « **Agriculture et développement** » en langues française et anglaise :
  - + **Agriculture au Brésil : l'avancée des fronts pionniers, monoculture de soja ou rotation ?, semis direct la solution durable** – N° 12 – Décembre 1996 ;
  - + **Brazilian frontier agriculture – Special issue** – November 1998 ;
  - + **et de nombreuses publications internes CIRAD, dans des revues spécialisées brésiliennes et dans la presse brésilienne de grande vulgarisation.**

## 7 . Perspectives

Continuation des avancées en semis direct, avec diversification des cultures de succession (safrinhas) du riz et du soja : *Eleusine coracana*, *Echinochloa sp.*, *Coix lacryma jobi*, nouveaux cultivars de sorghos et de mils. En 2000, l' AGRONORTE a lancé l' *Eleusine coracana*, qui devient une nouvelle option de « safrinha » permettant un labour biologique par son puissant système racinaire et autorisant l'intégration agriculture-élevage. Et en 2001, a été lancée sur plus de 40 000 ha une nouvelle variété de riz pluvial de haute technologie et d'excellente qualité de grain : Sucupira.

Une convention CIRAD-GEC / AGRONORTE a été signée en juin 2000 pour 6 ans et, de même qu' une autre convention a été signée par l'AGRONORTE avec le programme CALIM sur les riz hybrides renforçant notre coopération (*James Taillebois est affecté à ce projet*).

L'antenne CIRAD-CA de Goiânia transfère et adapte ces modes de gestion durable des sols tropicaux à Madagascar , l'île de la Réunion, puis plus récemment l'Afrique ( *Tunisie , Cameroun , Mali* ) et l'Asie ( *Laos , Vietnam* ) dans le cadre d'un ample accord national de coopération réunissant l'AFD , le MAE , le FFEM et le CIRAD qui en est l'opérateur principal ( *L. Séguay est l'animateur scientifique de ce vaste projet tropical sur la gestion durable du patrimoine sol* ) .

Au début janvier 2001, nous sommes passés sous statut de chercheurs en coopération avec l'Université de São Paulo (*USP/ Laboratório de Biogeoquímica CENA de Piracicaba-SP*), qui étudiera la séquestration du carbone dans nos unités de recherche sur les systèmes de culture durables.

Enfin, en juin 2002, d'un commun accord, le volet du projet relatif aux systèmes de culture durables en Semis Direct s'arrête après 5 ans de coopération effective et très fructueuse entre l' AGRONORTE et le CIRAD-CA. AGRONORTE dispose maintenant d'une équipe de diffusion des systèmes de Semis Direct diversifiés qui doit pouvoir pleinement remplir sa mission de diffusion, transfert, formation à très grande échelle, sur l'agriculture durable en ZTH.

Le CIRAD-CA et l' AGRONORTE poursuivent leur coopération sur la création d' hybrides de riz pluvial.

## 1.2 SYNTHÈSE DES PRINCIPAUX RÉSULTATS 1997/2001

### SYSTÈMES DURABLES DE CULTURE ET DE PRODUCTION

#### Gestion organo-biologique des sols ferrallitiques en régions tropicales humides et chaudes (Cerrados et Forêts) - Lucien SEGUY, Serge BOUZINAC

Conventions de recherche MAEDA / CIRAD-CA (1995-2002) et AGRONORTE / CIRAD-CA (1997-2006)

Lucien Séguy et Serge Bouzinac (CIRAD-CA gec), James Taillebois (CIRAD-CA calim),

Edson et Adélcio Maeda et Milton Akio Ide (MAEDA), Angelo Carlos Maronezzi (AGRONORTE)

Au Brésil, dans les zones agricoles traditionnelles ainsi que sur les fronts pionniers du sud de l' Amazonie, l'utilisation indiscriminée d'équipement à disques et la monoculture du coton et du soja, ont complètement déstructuré les sols et alourdi les coûts de production en raison de l'augmentation de l'érosion des sols, des adventices, des maladies et ravageurs. Depuis 1985, l'équipe du CIRAD, avec divers partenaires brésiliens, s'est fortement investie sur le Semis Direct (SD) dans les régions des Cerrados, de forêts humides du sud du bassin amazonien et de forêts tropicales du Brésil central. Ce projet a conçu des systèmes de culture très diversifiés, en Semis Direct (SD), adaptés aux zones tropicales chaudes (*en particulier pour des cultures réputées difficiles comme le riz pluvial et le coton*), et a très fortement contribué à leur diffusion et les a adaptées à d'autres conditions pédoclimatiques et socio-économiques tropicales et subtropicales. Actuellement ce travail se réalise au travers de conventions de recherche avec le Groupe MAEDA (*premier producteur de coton du Brésil dans les états de SP, GO et MT*) et avec AGRONORTE (*entreprise de recherche au MT*) et en collaboration avec des agriculteurs leaders. L'objectif du projet est 1) la mise au point des systèmes novateurs en SD et l'amélioration de leurs performances agro-économiques, en particulier par la réduction des coûts de production et leur capacité à séquestrer le carbone, 2) la création de matériel génétique dans les systèmes de SD et 3) la formation des acteurs du développement. Les travaux sont essentiellement orientés vers les culture de riz, coton, soja et les nouvelles introductions d'espèces pour la production de biomasse en safrinhas, qui sont les cultures de succession du riz, du soja, du maïs, pratiquées avec un minimum d'intrants ou sans intrants . Les systèmes testés, tous en semis direct, peuvent intégrer l'élevage tous les ans, ou avec des rotations comportant 3 ou 4 ans de cultures en semis direct sur biomasse de couverture, et 3 ou 4 ans de pâturages, ou avec des systèmes sur couvertures vivantes fourragères sur lesquelles des grains sont produits en semis direct (*riz, soja, maïs, coton*).

**La productivité des systèmes de culture est corrélée à l'importance de la biomasse de couverture : le soja et le riz pluvial long fin pratiqués avec le minimum d'intrants produisent entre 3 000 et 3 600 kg/ha, pour des coûts de production compris respectivement entre 310 et 340 US\$/ha. En présence de davantage d'intrants (plus d'engraiss, fongicides sur riz), le soja produit plus de 4 200 kg/ha (maximum de productivité enregistré de 7 000 kg/ha) et le riz pluvial oscille entre 6 000 et 7 000 kg/ha (rendement maximal de 9 000 kg/ha) dans les meilleurs systèmes en Semis Direct, avec des coûts de production respectifs de 370 à 530 US\$/ha.**

Avec le lancement en 2000 par AGRONORTE, de l'*Eleusine coracana* ("pé de galinha") comme biomasse de couverture, un nouveau pas a été franchi dans l'amélioration du Semis Direct. Cette plante constitue la machine la plus puissante connue aujourd'hui pour, dans un espace de temps court, restructurer le sol et injecter des quantités expressives de carbone dans le profil cultural, participant ainsi à la séquestration active de cet élément. Avec de nouveaux cultivars de mil et sorgho, peu sensibles au photopériodisme et capables d'utiliser l'eau en profondeur, l'éleusine est une option pour la diversification des cultures de succession et sera en particulier une nouvelle option de «safrinha», même en semis direct tardif, doublée d'une excellente vocation fourragère.

En ce qui concerne le coton, le projet s'est concentré à partir de 2000 sur le Mato Grosso qui produit 50% du coton brésilien et où le groupe MAEDA plante plus de 10.000 ha en semis direct. Les meilleures variétés de riz et de coton ont été triées en fonction de leurs performances en semis direct. La productivité de coton graine en Semis Direct est comprise entre 3 300 et 5 200 kg/ha en fonction du niveau d'intrants, avec des coûts de production variant entre 1 200 et 1 600 US\$/ha. La variété de coton Coodetec 402 (**création CIRAD-CODETEC**) confirme sa forte productivité (*jusqu'à 3 t/ha de coton graine*) et bonne stabilité en semis direct de "safrinha à faible niveau d'intrants" (*avec des coûts de production environ 50% inférieurs à ceux pratiqués par les agriculteurs*).

Plus de 200 nouveaux cultivars de riz à aptitudes pluviales et irriguées, à qualité de grain exceptionnelle et à très haute productivité (*de 6 à 9 t/ha*) ont été identifiés sur semis direct. Une nouvelle variété de riz pluvial de haute technologie (*Sucupira*), a été lancée en 2001 sur plus de 40 000 ha.

Enfin, les chercheurs du CIRAD-CA de Goiânia ont contribué fortement au transfert et à l'adaptation de ces modes de gestion durable des sols tropicaux à Madagascar, l'île de la Réunion, puis plus récemment la Tunisie,

le Cameroun et le Mali en Afrique, le Laos et le Vietnam en Asie, dans le cadre d'un ample accord international de coopération réunissant l'AFD, le MAE, le FFEM et le CIRAD qui en est l'opérateur principal ; L. Séguy est l'animateur scientifique de ce réseau CIRAD sur le semis direct (*projet SCV*).

Un nouveau partenariat vient d'être mis en oeuvre, à partir de 2001, avec le laboratoire de biogéochimie CENA de l'USP de Piracicaba (*Dr Carlos Cerri, en coopération C. Feller et V. Eschenbrenner de l'IRD*), pour l'étude de la dynamique du carbone dans les systèmes de culture. Le dispositif de terrain du CIRAD en matière de création de systèmes novateurs en SD doit servir de support pour l'étude commune de la dynamique du carbone dans ces systèmes.

## FORMATION

*Très nombreuses visites de producteurs et agronomes brésiliens tous les ans.*

### VISITES :

- 1) **en janvier 2000 : visite de 15 agriculteurs français et d'une mission de l'AFD (5 responsables)** pour connaître l'étendue et les progrès du Semis Direct au Brésil (*Paraná et Mato Grosso*), ainsi que les méthodes et les avancées de la Recherche - Action menée au Mato Grosso.
- 2) **En Mai 2000 : Visite de A. Capillon, directeur du CIRAD-CA et de P. Fabre, chef de CALIM** pour signatures des conventions avec AGRO NORTE et visite des expérimentations en milieux contrôlé et réel.
- 3) **En Février 2001 : Visite d'agriculteurs français en quête de nouvelles technologies de gestion des sols.** Visite conduite essentiellement au Mato Grosso sur les performances technico-économiques du Semis Direct.

### Sigles

<b>AGRO NORTE</b>	Empresa privada de pesquisa, Brasil Entreprise privée de recherche, Brésil
<b>AFD</b>	Agência Francesa para o Desenvolvimento, França Agence Française pour le Développement, France
<b>IRD</b>	Instituto Francês para o Desenvolvimento, França Institut de Recherche pour le Développement, France
<b>MAE</b>	Ministério das Relações Exteriores, França Ministère des Affaires Etrangères, France
<b>MAEDA</b>	Grupo privado, 1° produtor de algodão no Brasil Groupe privé, 1° producteur de coton au Brésil
<b>FFEM</b>	Fonds Français pour Environnement Mondial, France Fundo Francês para o Meio ambiente Mundial
<b>CENA-USP</b>	“Centro de Energia Nuclear para Agricultura” -Universidade de São Paulo, SP, Brasil «Centre d'énergie nucléaire pour l'agriculture » -Université de São Paulo, SP, Brésil

### 1.3

## HIGHLIGHTS 2002 ET PUBLICATIONS

### 1.3.1 CONDITIONS CLIMATIQUES ET CULTURALES TRÈS PÉNALISANTES POUR LA CULTURE DU RIZ PLUVIAL:

- 14 jours sans pluies et 73 mm sur 24 jours à la montaison - épiaison de la plupart des variétés [Cf. Fig. 1], soit en pleine phase de sensibilité maximale au déficit hydrique (*ETP du riz de 7 à 9 mm/jour*).
- Cette période de sécheresse sévère exceptionnelle a été précédée par une phase de très forte phytotoxicité occasionnée par l'herbicide graminicide PANTHER (*Quizalofop - P. Tefuril*), encore non métabolisé au début de la sécheresse.
- Au total, des conditions générales de culture fortement limitantes pour des objectifs visant de très hauts rendements, supérieurs à 6-8 tonnes/ha.

### 1.3.2 ÉVOLUTION DE LA FERTILITÉ DES SOLS EN FONCTION DES SYSTÈMES DE CULTURE:

- Les suivis, sur 10 ans, de l'évolution des propriétés physico-chimiques des sols sous les systèmes de culture les plus différenciés, met en évidence:
  - a) **Une confirmation: les dynamiques de C, de la CEC, de V%** évaluées sur les 5 dernières années sont conformes à celles enregistrées au cours des 3 premières années à savoir:
    - Gain de C sur tous les systèmes en Semis Direct (SD) dans l'horizon 0-10 cm, et même dans le niveau 10-20 cm lorsqu'une graminée pérenne est utilisée comme couverture vivante [*Cynodon Tifton*, Fig. 2 et 3]; les gains de C vont de 8% à plus de 35% en fonction de la nature des systèmes dans l'horizon 0-10 cm et les plus performants sont ceux où dominent les graminées fortement restructurantes (*annuelles comme Eleusine cor., pérennes comme le Tifton*). [Fig. 3].
  - b) **Les Variations de la CEC accompagnent celles de C:** avec les systèmes en SD, augmente la capacité de rétention des bases; ces dernières (*Ca, Mg, K*) et les oligo-éléments tels que Cu et surtout Mn et Zn s'accumulent significativement en surface dans les systèmes en SD dans lesquels les légumineuses vivantes et très puissantes interviennent sur au moins 2 ans (*Arachis pintoï, Stylosanthes guyanensis*) [Fig. 4, 5, 6, 7 et 8]; ces légumineuses montrent une capacité exceptionnelle à recycler les bases et ces oligo-éléments, dispensant l'application d'amendements calco-magnésiens (*économie d'engrais minéraux*).
  - c) **l'analyse des agrégats dans les horizons 0-5 cm, 5-10 cm et 10-20 cm,** montrent qu'après 5 ans, sous tous les systèmes en SD, le profil cultural retrouve un état structural proche de celui des milieux naturels originels (*Forêt, Cerrados*), avec des MWD (*indices qui caractérisent l'état et la stabilité de l'agrégation*) compris entre 4 et 5 pour les meilleurs systèmes qui sont ceux qui utilisent les graminées fortement restructurantes pérennes (*type Tifton*) ou annuelles (*Eleusine cor.*) [Fig. 9, L. Séguay, S. Bouzinac, 2001].

(\*)Il est important de prendre en compte dans l'analyse de l'état d'agrégation du sol que le traitement discage a toujours été minimum, peu intense (un passage d'offset lourd et un léger).

### **1.3.3 AVANCÉES DES SYSTÈMES DE CULTURE:**

Avec le temps, la pratique du Semis Direct (*SD*) sur forte biomasse, se traduit par des gains de rendements en progression constante, sur les cultures en rotation (*excepté évènement climatique adverse majeur*).

#### **a) Sur culture de soja**

- En présence d'une faible fumure minérale (*voisine des exportations par les grains en P, K, oligos*), et de variétés de soja à cycle intermédiaire ou moyen, l'écart de productivité entre les meilleurs systèmes en SD et le système "Discages x monoculture" s'accroît tous les ans; à partir de la 4<sup>e</sup> année, il atteint plus de 35% en faveur du SD et plus de 40% en 5<sup>e</sup> année: le rendement de soja de cycle intermédiaire dépasse 3.200 kg/ha en SD contre 2.150 kg/ha sur travail conventionnel; celui du soja de cycle moyen, dans les mêmes conditions, est de 3.980 kg/ha contre 2.730 kg/ha [Fig. 10 et 11 ].
- L'analyse de l'évolution de la productivité du soja, démontre l'économie importante d'engrais minéral fournie par la gestion organo-biologique du sol en SD:
  - Quelles que soient les variétés, la productivité de soja est toujours plus élevée sur "SD x niveau de fumure faible" que sur travail conventionnel avec fumure minérale double [Fig. 10, 11, 12 et 13 ].
- Les gains de productivité de soja en faveur des systèmes en SD sont cependant modulés en fonction du cycle variétal et du niveau de fumure:
  - Avec du matériel génétique de cycle court à intermédiaire, potentiellement limité, les gains de productivité sont toujours beaucoup plus importants en présence du niveau bas de fumure minérale; plus la fumure minérale est élevée et plus la différence de productivité diminue [Fig. 14 et 16 ].
  - Avec du matériel génétique de cycle moyen, de potentiel plus élevé, les gains de productivité en SD sont très importants et de même ampleur aussi bien en présence de la fumure faible que de la fumure double de niveau moyen, la plus utilisée par les agriculteurs (*ON + 80 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 80 K<sub>2</sub>O + oligos*) [Fig. 15 et 16 ]; des pointes de rendements au-dessus de 5.000 kg/ha ont déjà été atteintes, avec un maximum à 7.020 kg/ha (*variété R3*) enregistré en saison sèche 2.000 sous irrigation.

#### **b) Sur culture de riz pluvial**

- . La productivité a été limitée cette année, d'abord par la forte phytotoxicité causée par l'herbicide graminicide Panther, de post-émergence, et en suivant par une période de sécheresse sévère en pleine phase de reproduction du riz, la plus sensible, comme le montrent les résultats du Tableau 1, ci-après:

**Tableau 1 Productivité du riz pluvial cv. Sucupira (en kg/ha) - 2001-2002.**

<b>Précédent cultural</b>	<b>Basse Technologie</b>	<b>Technologie Moyenne</b>	<b>Haute Technologie</b>
. Soja cycle court + Sorgho	1.524	3.164	2.993
. Soja cycle long (R3) + mil ou Sorgho (moyenne de 2 répétitions)	2.911	4.394	4.376

Les précédents sorghos en culture pure, sont souvent les moins performants pour la production de riz (*allélopathie du sorgho*), confirmant les résultats des années antérieures.

- **Parmi les cultivars les plus productifs** dans les systèmes de culture, on retiendra:

- **en semis précoce:** Cedro et J Pinheiro avec des productivités qui varient de 3.200 à plus de 5.700 kg/ha en fonction du système et du niveau technologique [Fig. 17] ; la variété Sucupira est toujours la moins productive [Fig. 17].
  - **en semis tardif:** ANF 79 toujours supérieur aux meilleurs témoins (*Maravilha et CIRAD 141*), avec des rendements qui vont d'un minimum de 3.900 kg/ha en basse technologie à plus de 6.400 kg/ha avec haute technologie [Fig. 18, 19 et 20] ; les variétés ANF 20, BEST 2000 sont également en moyenne, supérieures aux témoins; les cultivars Sucupira et Amarelão sont toujours classés comme les moins performants [Fig. 18 et 19].
- **La maîtrise des itinéraires techniques riz pluvial en Semis Direct** est maintenant plus facile, avec un contrôle plus efficace des adventices, grâce, simultanément:
    - à l'utilisation de 2-4 D amine, à faible dose (*300 à 400 g/ha d'équivalent acide*) en post-émergence précoce (*15 à 25 JAS*) en cas de forte infestation des adventices dicotylédones en début de cycle.
    - à la possibilité d'utiliser un graminicide efficace et sélectif du riz pluvial, à partir du stade 5 feuilles du riz : le produit Cyhalofop-butyl, 0,8 l/ha du produit commercial **Clincher** (*de la DOW*) est suffisant pour assurer un très bon contrôle de toutes les graminées (*genres Digitaria, Eleusine, Cenchrus, Echinochloa*).

\* *L'herbicide pré-émergent graminicide Pendimethaline reste recommandé lorsque la biomasse de couverture est peu importante au semis.*

- **Parmi les fongicides et mélanges de fongicides** [Cf. Fig. 21 à 24], qui permettent de contrôler efficacement le complexe fongique pathogène des panicules et grains en fin de cycle : le mélange Priori + Score (*Azoxystrobin + Difenoconazole*) à la dose de 200 ml + 200 ml/ha de produit commercial appliquée à la différenciation florale et lorsque 5% de panicules ont émergé, est recommandé pour les variétés les plus sensibles telles que Sucupira et J. Pinheiro [Fig. 21 et 22].

Ce même mélange peut être appliqué aux stades: 5% épiaison et 100% floraison, pour le matériel génétique peu ou très peu sensible, lorsque nécessaire, en année climatique qui favorise le plus les attaques fongiques (*très forte humidité, très faible insolation : cas des variétés BEST 2000 et CIRAD 141*).

En moyenne, toutes variétés confondues, les meilleurs fongicides permettent des gains de rendement de 25 à 30%, par rapport au témoin non traité, soit entre 900 et 1000 kg/ha, qui représentent entre 105 et 115 US\$/ha, contre un coût de fongicides de 77,0 US\$/ha.

Pour les variétés les plus sensibles au complexe fongique de fin de cycle (*Sucupira, J. Pinheiro*), les gains de rendement sont supérieurs à 100% et imposent l'utilisation des meilleurs fongicides [Fig. 21 et 22].

(\*)*Le rendement à l'usinage et la qualité du riz usiné est également étroitement dépendante de la qualité du grain à la récolte.*

### c) Au plan économique

- **Les coûts de production** du riz et du soja en "terre de vieille" culture, dans les systèmes de culture en Semis Direct:

- **en basse technologie** de 300 à 320 US\$/ha pour le riz, et de 260 à 280 US\$/ha pour le soja [Fig. 25, 26, 27 et 28];
- **en technologie moyenne**, de 500 US\$/ha pour le riz, et 330 US\$/ha pour le soja (*sans application de fongicides sur soja*) [Fig. 25, 26, 27 et 28].

- **Les marges nettes**, en fonction de la variation annuelle des prix payés au producteur, dans la région :

- **en basse technologie** de 50 à 125 US\$/ha pour le riz, et de 125 à 198 US\$/ha en fonction de la variété pour le soja [Fig. 25, 26, 27 et 28];
- **en technologie moyenne**, de 90 à 220 US\$/ha pour le riz, et de 90 à 200 US\$/ha en fonction de la variété pour le soja [Fig. 25, 26, 27 et 28];.

### d) Les meilleures cultures de succession du riz et soja ("Safrinhas") dans les systèmes de Semis Direct

- **Dans une stratégie d'intégration "grains-élevage"** :

- Sorghos CIRAD 202, 203, 440, 406 associés à *Brachiaria ruziziensis* ou *Stylosanthes guyanensis*;
- Maïs variétés (CIRAD 200, 340) associés aux mêmes espèces fourragères;
- *Coix Lacryma-jobi* = 1 variété originaire du Vietnam.

- **Dans une stratégie de production exclusive de grains:**

- les mêmes variétés de maïs et sorgho;
- *Eleusine coracana* : cultivars PG 94, PG 5333, PG 6236, PG 6272, PG 6315;
- Diverses variétés de mil du CIRAD et de l'ICRISAT.

(\*)*À noter que tout ce matériel génétique s'intègre également dans les systèmes "grains + élevage"*:

- Sarrazin = 1 variété française,
- Sésame = 2 variétés asiatiques,
- Blé = cv. Florence Aurore.

(\*)*Les cultivars d'Eleusine coracana, représentent un intérêt majeur dans les systèmes de Semis Direct, car, au delà de leur pouvoir restructurant exceptionnel, leur capacité à recharger le profil cultural en C, leur aptitude fourragère, elles fixent l'azote de l'air (bactéries libres de la Rhizosphère des genres Azotobacter, Beijerinckia, etc...) (L. Séguay et al., 2001).*

### e) Les systèmes de culture en Semis Direct sans herbicides Post-semis des cultures

- Alternatives aux OGM, construites par la voie agronomique, elles permettent d'incorporer le matériel génétique de meilleure qualité, très diversifié, créé par les voies de la sélection classique qui sont beaucoup plus prolifiques que les « transgéniques ».

- Le contrôle des adventices dans ces système se fait par la couverture permanente du sol, qui doit, à la fois:
  - être totale, importante ( $12 \text{ à } 18 \text{ t/ha MS}$ ), et à décomposition lente,
  - posséder des propriétés allélopathiques efficaces pour le contrôle de la flore locale.
- Les meilleures biomasses de couverture qui permettent de s'affranchir de l'utilisation d'herbicides post-semis sont décrites dans la Figure 35.

(\*) *À noter que nous maîtrisons également de nombreux systèmes en SD, qui dispensent, non seulement d'herbicides post-semis des cultures, mais également d'herbicides totaux pour dessécher les biomasses avant semis. Ces dernières sont des espèces annuelles qui sont roulées à la floraison, au lieu d'être desséchées chimiquement. Cette voie devrait être utilisée dans l'agriculture biologique sensu stricto. C'est aussi une voie très porteuse pour les petites agricultures familiales qui produisent peu et ont cruellement besoin de valoriser leurs productions.*

### 1.3.4 FORMATION

- De nombreuses visites d'agriculteurs brésiliens ont eu lieu, au cours du cycle de culture.
- Formation de l'équipe AGRONORTE, surtout aux techniques de création et sélection variétale.
- Visite, en début février (6-10/02/2002) d'un groupe d'agriculteurs français, pilotée par la firme SEMEATO; visite à plusieurs grandes régions et unités expérimentales du CIRAD pour apprécier les fondements, le fonctionnement des techniques de Semis Direct, leurs perspectives futures et possibilités d'application en France.

(\*) *Ces visites d'agriculteurs français sont maintenant annuelles; les compétences du CIRAD en matière de gestion durable des sols sont très appréciées et connues des agriculteurs français.*

### 1.3.5 MONTAGE D'UN PÔLE DE RECHERCHE SUR L'AGRICULTURE DURABLE DANS LE BRESIL CENTRAL

L'arrêt de notre convention avec AGRONORTE sur les SCV, nous conduit à réorganiser notre dispositif d'intervention, au sein d'un pôle «d'agriculture durable», qui doit permettre au CIRAD-CA :

- De regrouper ses forces avec ses divers partenaires [Cf. carte, Fig.29],
- De compléter et d'utiliser des dispositifs de terrain et des méthodologies de Recherche-Action communes [Voir Fig. 30, 31, 32, 33 et 34] qui permettent :
  - de produire des solutions techniques pour l'agriculture durable, appropriables par les agriculteurs (*systèmes de culture en semis direct, préservateurs de l'environnement x matériel génétique performant adapté à ces systèmes*).

- de produire des connaissances scientifiques:
  - \* Fonctionnement des agrosystèmes cultivés, et évaluation de leurs impacts sur l'environnement ;
  - \* Méthodologie de la Recherche-Action [ *Fig. 30* ];
  - \* Interactions génotypes x modes de gestion des sols et des cultures .
- de contribuer à la formation de nos partenaires brésiliens, du CIRAD et des pays partenaires du Sud.

Si l'amélioration variétale Riz, Soja et autres espèces doit se poursuivre activement (*source de revenus importante*), les efforts de la Recherche-Action doivent maintenant se porter, pour les chercheurs du CIRAD-CA Goiânia :

- Sur l'amélioration continue des performances des systèmes de culture en SD, et notamment sur la conversion la plus efficace possible de l'engrais minéral (*exogène et acheté*) en engrais organique qui restituera les nutriments par voie de minéralisation (*meilleure régulation des flux nutritionnels dans la plante, en particulier pour l'azote soluble et les sucres réducteurs qui sont les aliments de choix des pucerons et des champignons pathogènes*) ;
- Sur l'adaptation et la diffusion à très grande échelle (*conseil de gestion*) du Semis Direct du riz pluvial et des systèmes intégrant production de grains + élevage dans le Brésil et chez nos partenaires du Sud (*Afrique, Asie*) ;
- Sur l'animation du « pôle » et la formation de tous les acteurs de la Recherche et du Développement.

En outre, ce pôle «d'agriculture durable», grâce à son dispositif d'intervention pluridisciplinaire, ancré dans les réalités agricoles en milieux contrôlé et réel, qui le positionne comme constructeur et promoteur du progrès technologique durable et de la connaissance qui l'explique, doit servir de support à la réalisation de thèses sur des sujets scientifiques majeurs, mis en évidence par la méthodologie de Recherche-Action participative, utilisée sur les systèmes de culture ; parmi ces sujets qui pourraient faire l'objet de thèses, nous citerons :

- 1) **La dynamique des systèmes racinaires** des cultures dans les systèmes de culture en Semis Direct, comme outil, à la fois :
  - de diagnostic prévisionnel, simple et accessible à tous, en particulier aux agriculteurs en temps réel, de l'état du profil cultural et de ses conséquences sur la prévision des récoltes ;
  - de mise en évidence et caractérisation de la réelle importance de la toxicité aluminique en sols acides ferrallitiques ;
  - de la modélisation du fonctionnement des systèmes de culture.
- 2) **Le pouvoir restructurant des plantes de couverture et des systèmes de culture en Semis Direct, à l'échelle du cycle cultural :**
  - Comparaison des espèces ou associations d'espèces les plus performantes pour cette fonction et sa caractérisation (*analyses d'agrégats*)

- Rôle des substances agrégantes telles que les polysaccharides, les poly phénols, les endo-mycorhizes, dans les mécanismes d'agrégation ;
- Conséquences sur la productivité des systèmes de culture.

**3) La nutrition azotée des céréales** dans les systèmes de culture en Semis Direct :

- Mise au point d'indicateurs simples au champ, pour le pilotage de la fumure azotée ;
- Fixation de l'azote de l'air, par voie symbiotique et par les bactéries libres de la rhizosphère dans les systèmes de culture les plus performants déjà mis en évidence, à base de soja suivi en succession, de plantes ou mélanges d'espèces de couverture telles que : *Eleusine coracana* (ou mélanges d'espèces comme: *Eleusine cor.* + *Cajanus cajan*, *Eleusine cor.* + *Crotalaria spectabilis*, *Eleusine cor.* + *Brachiaria ruziziensis*) [**Fixation N par bactéries libres de la rhizosphère**] ; Maïs, sorgho, mil associés à *Brachiaria ruziziensis* ou à *Stylosanthes guyanensis*. Quantification de la fixation de N, impact sur la nutrition azotée des cultures ; Conséquences sur l'incidence des maladies cryptogamiques (*N soluble, sucres réducteurs, dans l'appareil foliaire*).

**4) Biorémédiation et plantes de couverture** ; mécanismes et applications pratiques.

**5) Contrôle des populations de nématodes phytophages par les plantes de couverture** ; mécanismes et applications pratiques.

Enfin, le pôle « d'agriculture durable » doit constituer à la fois pour nos partenaires du Sud :

- Une vitrine exemplaire de l'offre technologique et méthodologique,
- Une source prolifique de systèmes durables, transférables et adaptables [**notamment les systèmes mis au point sur les sols sableux de l'état de Bahia, en zone à fort risque climatique voisine de la zone soudano-sahélienne africaine**].

## PRINCIPALES PUBLICATIONS RECENTES ( 1996 – 2000)

**SEGUY L. ; BOUZINAC S. ; TRENTINI A. ; CORTES N.A. - 1996.** L'agriculture brésilienne des fronts pionniers. *In : Agriculture et développement n° 12, décembre 1996. pp;2-61.*

**SEGUY L. ; BOUZINAC S. ; TRENTINI A. 1996.** Os homens que descobriram a bomba. *In : Revista Plantio Direto*, n. 6, p. 8-10.

**SEGUY L. ; BOUZINAC S. ; TRENTINI A. ; CORTES N.A. – 1997** Gestão da fertilidade nos sistemas de cultura mecanizados nos trópicos úmidos : o caso das frentes pioneiros dos Cerrados e florestas umidas no centro norte do Mato Grosso. *In : Peixoto R.T. dos G. (ed.), Ahrens D.C. (ed.), Samaha M.J. (ed.), Plantio direto : o caminho para uma agricultura sustentável. , Brésil, Instituto Agronômico do Paraná, p. 124-157.*

**SEGUY L. ; BOUZINAC S. ; TRENTINI A. 1997.** Une révolution technologique : la culture du riz pluvial au Brésil.. *In : International Rice Commission Newsletter*, vol. 46, p. 45-61.

**SEGUY L. ; BOUZINAC S. ; TRENTINI A. ; CORTES N.A. - 1998.** Brazilian frontier agriculture. *In : Agriculture et Développement, spécial issue, november 1998*, 63 pages.

**SEGUY L. ; BOUZINAC S. - 1998.** Le semis direct du riz pluvial de haute technologie dans la zone tropicale humide du centre nord du Mato Grosso au Brésil. *Doc CIRAD, Août 1998, 38 p. Projet de publication.*

**SEGUY L. ; BOUZINAC S. - 1998.** Concepts et mise en pratique de modes de gestion agrobiologique adaptés aux sols acides de la zone tropicale humide. *In : OCL, vol.5, n°2, mars/avril 1998. pp.126-129.*

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.; MAEDA E.; MAEDA N. 1998 .** Brésil : semis direct du cotonnier en grande culture motorisée. *In : Agriculture et développement n°17, Mars 1998. pp.3-23. - 34398 Montpellier cedex 5 – France*

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.; MAEDA E.; MAEDA N. 1998.** Large scale mechanized direct drilling of cotton in Brazil . *In : The ICAC Recorder. Technical Information Section, vol. XVI, n°1, march 1998, pp.11-17.*

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.; MAEDA E.; MAEDA N. 1998.** Semis Direct du cotonnier en grande culture motorisée au Brésil . *In : The ICAC Recorder. Technical Information Section, vol. XVI, n°1, march 1998, pp.29-36.*

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.; MAEDA E.; MAEDA N. 1998.** Perforación directa mecanizada en gran escala para el cultivo del algodón en Brasil . *In : The ICAC Recorder. Technical Information Section, vol. XVI, n°1, march 1998, pp.48-54.*

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.; MARONEZZI A.C. 1998.** Semis direct et résistance des cultures aux maladies. *Doc. CIRAD-CA, 1998, 4p. -34398 Montpellier cedex 5 – France.*

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.; MARONEZZI A.C. 1998 . -** Les plus récents progrès technologiques réalisés sur la culture du riz pluvial de haute productivité et à qualité de grain supérieure, en systèmes de semis direct. Ecologies des forêts et cerrados du Centre Nord de l'Etat du Mato Grosso. Agronorte - Sinop-MT, 4 p. *Doc. CIRAD-CA- 34398 Montpellier cedex 5 - France.*

**SÉGUY L.; BOUZINAC S. 1998 .** - Cultiver durablement et proprement les sols de la planète, en Semis direct. *Doc. interne CIRAD-CA, 1998, 45p. - 34398 Montpellier cedex 5 – France.*

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.; MAEDA E.; IDE M.A.; TRENTINI A. 1999.** La maîtrise de Cyperus rotundus par le semis direct en culture cotonnière au Brésil. *In :Agriculture et développement n° 21, mars 1999. p.87-97 - 34398 Montpellier cedex 5 – France*

**SEGUY L. ; BOUZINAC S. - 1999.** Concepts et mise en pratique de modes de gestion agrobiologique, adaptés aux sols acides de la zone tropicale humide. *In : Gestion agrobiologique des sols et des systèmes de culture. Montpellier, France, CIRAD, p.225-230. Atelier International sur la Gestion Agrobiologique des Sols et des Systèmes de Culture, 1998/03/23-28, Antsirabé, Madagascar. Colloques / CIRAD*

**SEGUY L. ; BOUZINAC S. - 1999.** Quelles recherches thématiques pour aborder la modélisation du fonctionnement comparé entre systèmes de culture avec un travail mécanique du sol et des systèmes en semis direct sur couvertures mortes et vivantes? *In : Gestion agrobiologique des sols et des systèmes de culture. Montpellier, France, CIRAD, p.495-502. Atelier International sur la Gestion Agrobiologique des Sols et Systèmes de Culture, 1998/03/23-28, Antsirabé, Madagascar. Colloques / CIRAD*

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.; MAEDA N. ; MAEDA E.; OISHI W.K. ; IKEDA A.M. ; AKIO IDE M.; 1999** Construção dos sistemas de cultura à base de algodão, preservadores do meio ambiente do Brasil Central. *In : Cia E (ed.), Freire E. C. (ed.), Santos W. J. dos (ed.) Cultura do algodeiro. Piracicaba, France, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.199-278*

**SEGUY L.; BOUZINAC S.; MARONEZZI A.C. 1999** Plantio direto e resistência das culturas as doenças *In : Informações agronômicas Dez/99 n. 88 p.1-3*

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.; TAFFAREL W.; TAFFAREL J. 2000** - Méthode de défrichement préservant la fertilité du sol. *In: Bois et forêts des tropiques - n° 263 – 1<sup>o</sup> trimestre 2000 - p.75-79. CIRAD - 34398 Montpellier cedex 5 – France*

**SÉGUY L. 2000.** Les techniques de semis direct sur couvertures végétales dans la région des Hauts Plateaux de Madagascar. *Doc. CIRAD-CA provisoire, 100 p., Partie d'un document collectif sur Madagascar à paraître pendant l'année 2001 - 34398 Montpellier cedex 5 - France.*

## PUBLICATIONS 2001

**SEGUY L.; BOUZINAC S.** O Pé de Galinha, uma nova opção para o plantio direto no cerrado - *In : Direto no Cerrado n° 19 Janeiro/Fevereiro 2001.*

**SEGUY L.; BOUZINAC S.; Un dossier du semis direct** : Systèmes de culture sur couvertures végétales : Stratégies et méthodologie de la Recherche – Action ; Concepts novateurs de gestion durable de la ressource sol ; Suivi-évaluation et analyse d’impacts. *Doc. CIRAD-CA / GEC 63 p. - 34398 Montpellier cedex 5 - France \**

**SEGUY L.; BOUZINAC S.; MARONEZZI A.C. 2001** Un dossier du semis direct : Systèmes de culture et dynamique de la matière organique - *Doc. CIRAD-CA / GEC 203 p. - 34398 Montpellier cedex 5 - France. (Traduit en portugais)\**

**SEGUY L.; BOUZINAC S.; MARONEZZI A.C. 2001** Un article du semis direct : Systèmes de culture et dynamique de la matière organique - *Doc. CIRAD CA / GEC, 54 p. - 34398 Montpellier cedex 5 - France. (Traduit en portugais)\**

**SEGUY L.; BOUZINAC S.; MARONEZZI A.C., BELOT J.L. ; MARTIN J. 2001** La « safrinha » de coton = option de culture à risque ou alternative lucrative des systèmes de semis direct en zone tropicale humide? *Doc. CIRAD CA / GEC 23 p. ( sera publié au congrès coton) - 34398 Montpellier cedex 5 - France - 2001.*

**MARONEZZI A.C., BELOT J.L. , MARTIN J. , SÉGUY L. , BOUZINAC S. 2001** A safrinha de algodão : opção de cultura arriscada ou alternativa lucrativa dos sistemas de Plantio Direto nos Trópicos Úmidos ? (36 p., graphiques) *In : COODETEC – Boletim técnico n° 37 –2001 Cascavel – PR.*

**SÉGUY L. , BOUZINAC S. , BELOT J.L. , MARTIN J. , MARONEZZI A.C. 2001** A safrinha de algodão : opção de cultura arriscada ou alternativa lucrativa dos sistemas de Plantio Direto nos Trópicos Úmidos ? (2 pages) *In : Direto no Cerrado Setembro/Outubro 2001 – APDC Ano 6 n° 22 p. 8-9 - Brasília – DF/ Brésil*

**SEGUY L.; BOUZINAC S.; MARONEZZI A.C. 2001** Sistemas de cultivo e dinâmica da matéria orgânica Encarte de 32 pages *In : Informações agronômicas n° 96, dezembro 2001 ; Potafos CP 400 CEP 13400-970 Piracicaba – SP /Brésil*

(\*) Un CD-Rom réunit ces 3 publications en français et les deux sur la dynamique en portugais et est disponible au Programme GEC/ CIRAD-CA à Montpellier –France.

## PUBLICATIONS DEVANT SORTIR EN 2002

**SEGUY L.; BOUZINAC S.** Sistema de cultivo e dinâmica da matéria orgânica *In : 8° ENDPD – Águas de Lindoia – SP (Conférence du 20/06/02) 3 pages + 3 figures*

**SEGUY L.; BOUZINAC S.** Alternativas para coberturas do solo viáveis para o Cerrado *In : 2° Encontro de Plantio Direto no Oeste Baiano (EPDOB) à Luiz Eduardo Magalhães –BA (Conférence du 07/06/02) 8 pages + 6 figures*

## RAPPORTS D' ACTIVITÉS 2000 – 2001

**SEGUY L.; BOUZINAC S.; MAEDA N.; MAEDA E.; IDE M.A.; TRENTINI A.** Otimização dos sistemas de cultivo do algodoeiro em plantio direto – Resultados do 6º ano do convênio MAEDA/CIRAD  
Julho 2000 – 64 pages

**SEGUY L.; BOUZINAC S.; TAILLEBOIS J.; MARONEZZI A.C.; LUCAS G.L.; RODRIGUES F.G.; BIANCHI M.** Otimização dos sistemas de cultivo em plantio direto e dos recursos genéticos ; Convênio AGRONORTE /CIRAD ano agrícola 1999/2000 – 113 pages + annexes.

**SEGUY L.; BOUZINAC S.; MARTIN J. ; BELOT J.L. (CIRAD-CA)**

**MAEDA E.; IDE M.A.; OKABE W. ; MORITA M. (GRUPO MAEDA).**

Otimização dos sistemas de cultivo do algodoeiro em plantio direto e conselho de gestão – Resultados do 7º ano do convênio MAEDA/CIRAD Julho 2001 – 102 pages + annexes Doc. CIRAD/ Goiânia CP 504 Agência central CEP 74001-970 – Goiânia –GO / Brasil

**SEGUY L.; BOUZINAC S.; TAILLEBOIS J. (CIRAD-CA)**

**MARONEZZI A.C.; LUCAS G.L.; SAUCEDO L. ; RODRIGUES F.G. (AGRONORTE)**

Otimização dos sistemas de cultivo em plantio direto e dos recursos genéticos - Julho 2001 – 116 pages Doc. CIRAD/ Goiânia CP 504 Agência central CEP 74001-970 – Goiânia –GO / Brasil.

**SEGUY L.; BOUZINAC S** Rapport annuel 2000/2001 51 pages Doc. CIRAD-CA

MONTPELLIER 34398-Montpellier cedex 5 France

## MISSIONS ET RAPPORTS DE MISSION

SEGUY, L. (CIRAD-CA gec) - 14/03 au 04/04 - Madagascar - Appui au réseau Semis Direct du programme gec du Cirad-CA.

**Réf :** SEGUY L. - 2000. Systèmes de culture durables en semis direct et avec minimum d'intrants, protecteurs de l'environnement. Création-diffusion de ces systèmes, en petit paysannat, dans différentes régions écologiques de Madagascar. Rapport de mission du 13 mars au 4 avril 2000. Document CIRAD, 31 pages + annexes.

SEGUY, L. (CIRAD-CA gec) - 04/04 au 10/04 - La Réunion - Appui au réseau Semis Direct du programme gec du Cirad-CA.

**Réf :** SEGUY L. - 2000. Notes techniques sur le programme de recherche-action des Hauts de l'Ouest de l'Île de la Réunion. Document CIRAD, avril 2000, 7 pages.

SEGUY, L. (CIRAD-CA gec) - 17/09 au 29/09 - Laos, Vietnam - Appui au réseau Semis Direct du programme gec du Cirad-CA.

**Réf :** SEGUY L. - 2000. Semis direct sur couverture végétale en Asie. Rapport de mission au Laos et au Vietnam 16/09 au 27/09/00, 41 pages avec la participation de D. Rollin et P. Julien. Document CIRAD, octobre 2000.

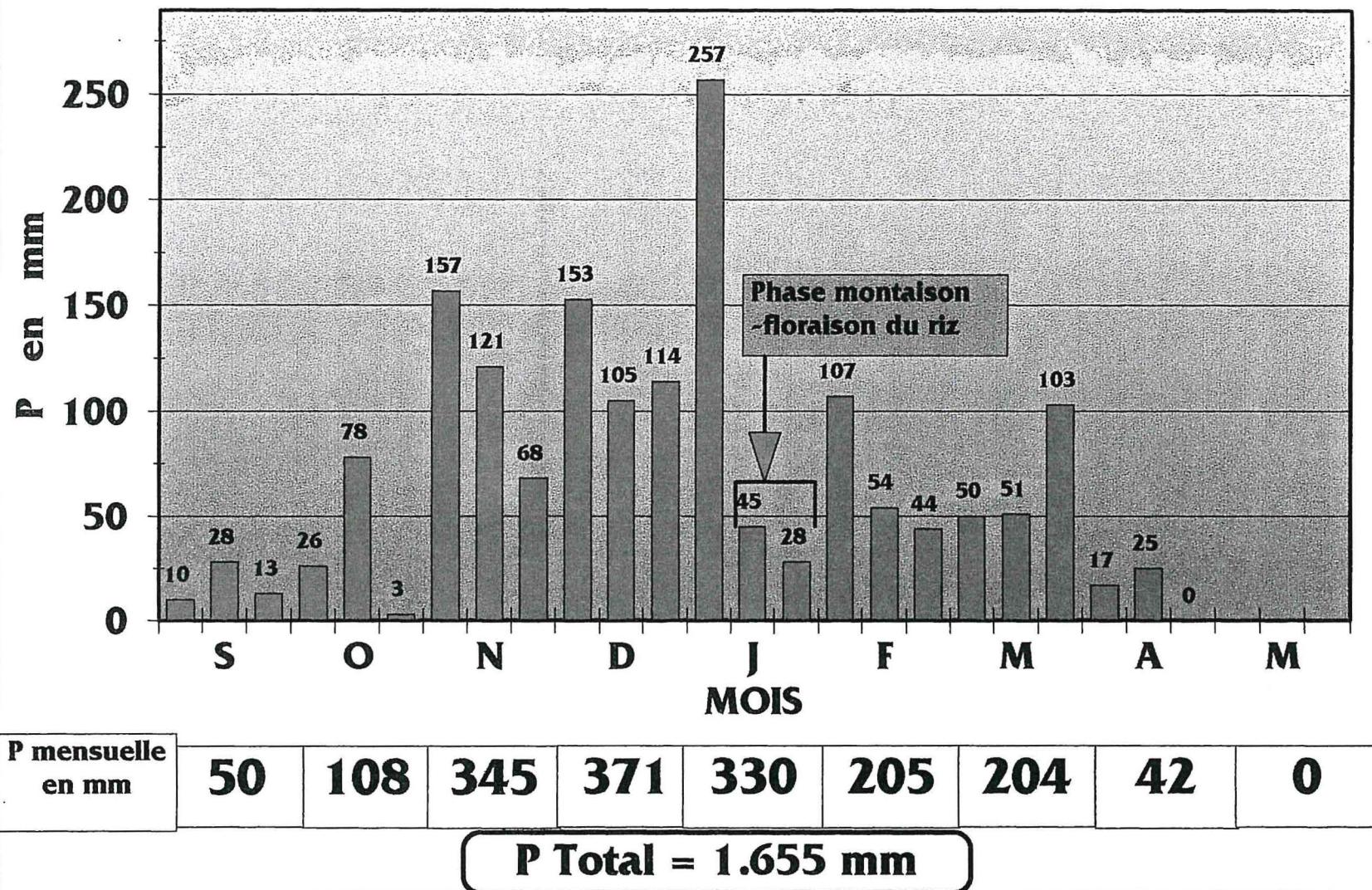
SEGUY, L. (CIRAD-CA gec) - 01/10 au 07/10 – Tunisie

**Réf :** SEGUY L. - 2000. Projet Tunisie-Le Kef : conseils pour le montage des systèmes en semis direct. Document CIRAD, Montpellier, mai 2000, 8 pages. Et SEGUY L. - 2000. Rapport de mission en Tunisie. Complément d'information pour le montage des systèmes de semis direct. CIRAD-CA/SCV, 1-7 octobre 2000, 3 pages.

SEGUY, L. (CIRAD-CA gec) 2000 et 2001- 27/11 au 08/12 - Mexique - Appui au réseau Semis Direct du programme gec du CIRAD-CA .

**Réf :** SEGUY L. - 2000. Rapport résumé de mission au Mexique du 29/11 au 7/12/2000. Appui au projet SCV Mexique. Document CIRAD, 4 pages.

**FIG.1 PLUVIOMETRIES DECADAISES ET MENSUELLES  
AGRONORTE (MATRICE)- SINOP - MT - 2001/02**

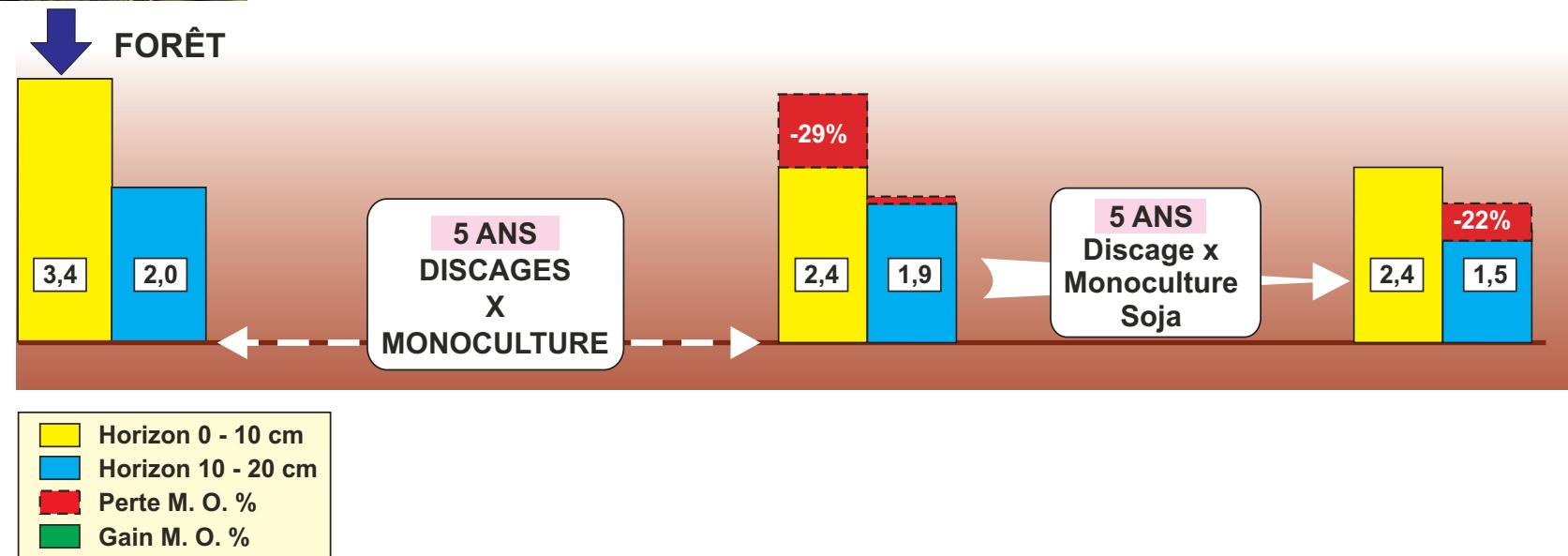


**FIG. 2 : TENDANCES D'ÉVOLUTION DU TAUX DE MATIÈRE ORGANIQUE (en %), EN FONCTION DE LA NATURE DES SYSTÈMES DE CULTURE PRATIQUÉS DANS DIVERS AGROSYSTÈMES CONTRASTÉS, TROPICAUX ET SUBTROPICAUX - 2002**



**Agrosystèmes des forêts tropicales humides du Sud de l'Amazonie**

**1 - Chronoséquence: 10 ans Discages x Monoculture Soja**



- Sols ferrallitiques jaunes hydratés sur roche acide
- Situation = Sinop/MT - Lat. 11°40' Sud - Long. 55°30' W
- Topographie = Plane - Altitude = 3 à 400 m
- Pluviométrie - 2000 à 3000 mm sur 7-7,5 mois

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA/SCV; A. C. Maronezzi, AGRONORTE - Sinop/MT - 2002

**FIG. 3 : TENDANCES D'ÉVOLUTION DU TAUX DE MATIÈRE ORGANIQUE (en %),  
FONCTION DE LA NATURE DES SYSTÈMES DE CULTURE PRATIQUÉS DANS  
DIVERS AGROSYSTÈMES CONTRASTÉS, TROPICAUX ET SUBTROPICAUX - 2002**

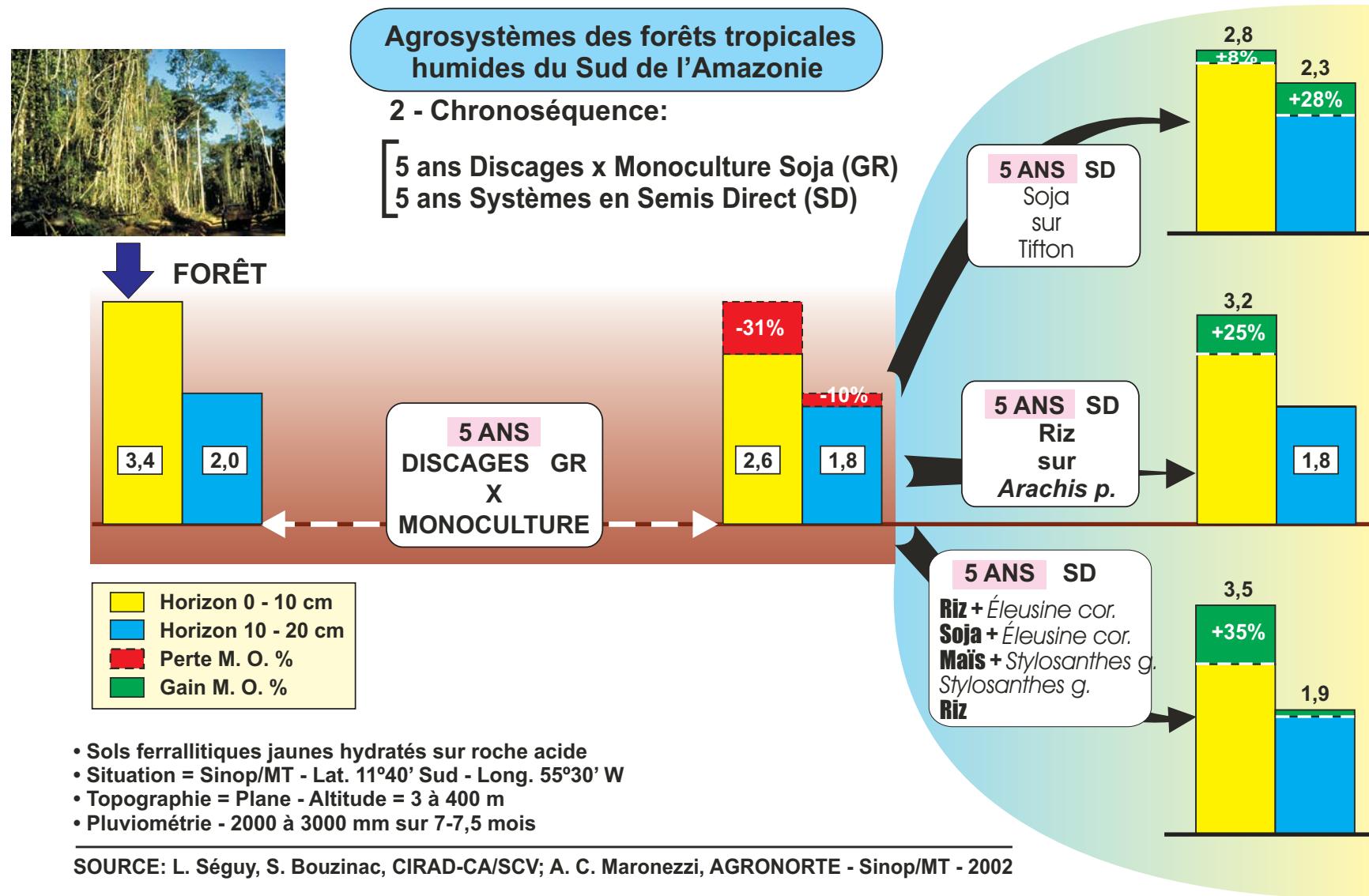
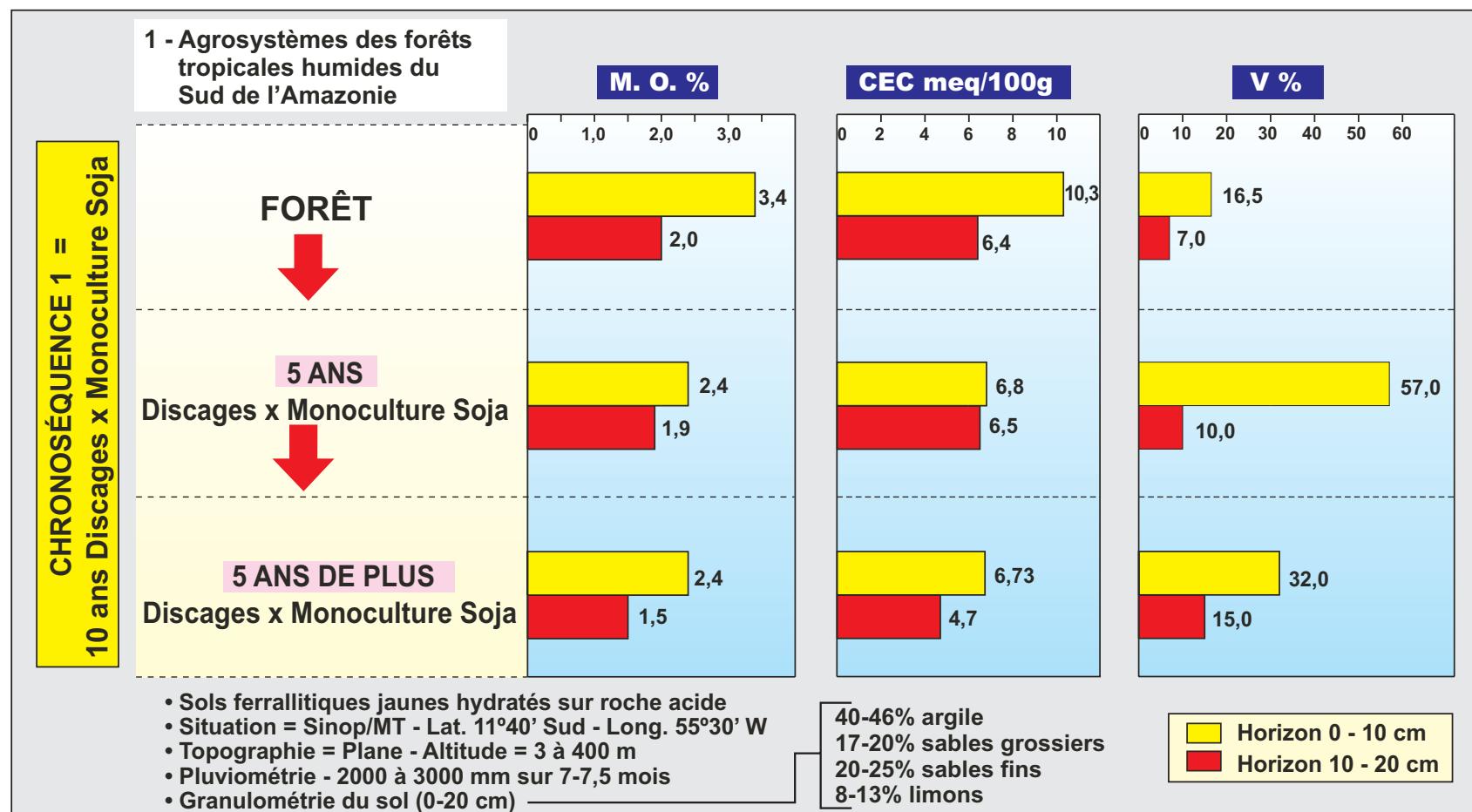
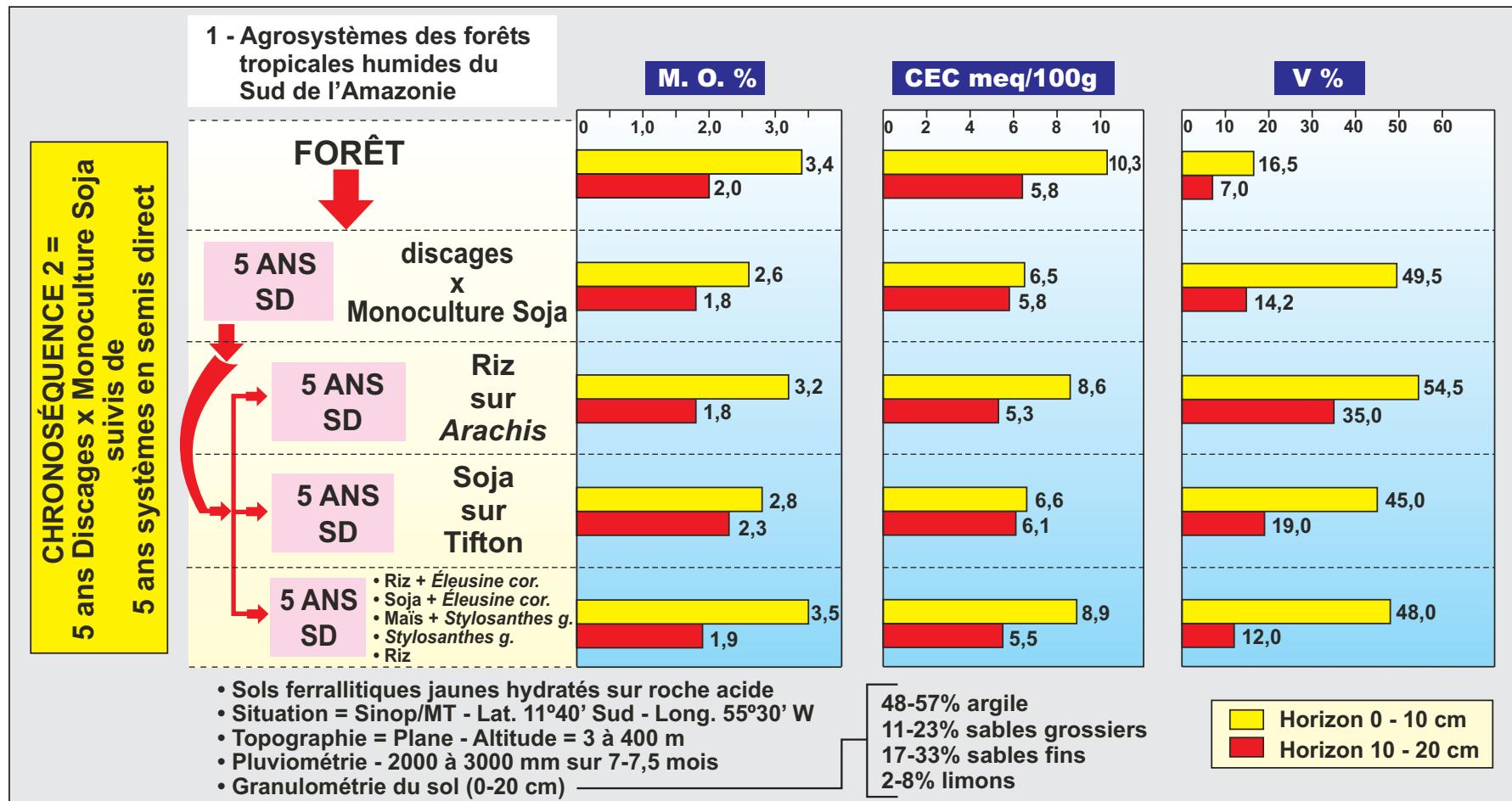


FIG. 4 : TENDANCES D'ÉVOLUTION DU TAUX DE MATIÈRE ORGANIQUE (M. O. en %), DE LA CEC (en meq/100g) ET DU TAUX DE SATURATION (V en %), EN FONCTION DE LA NATURE DES SYSTÈMES DE CULTURE PRATIQUÉS DANS DIVERS AGROSYSTÈMES CONTRASTÉS, TROPICAUX ET SUBTROPICAUX -



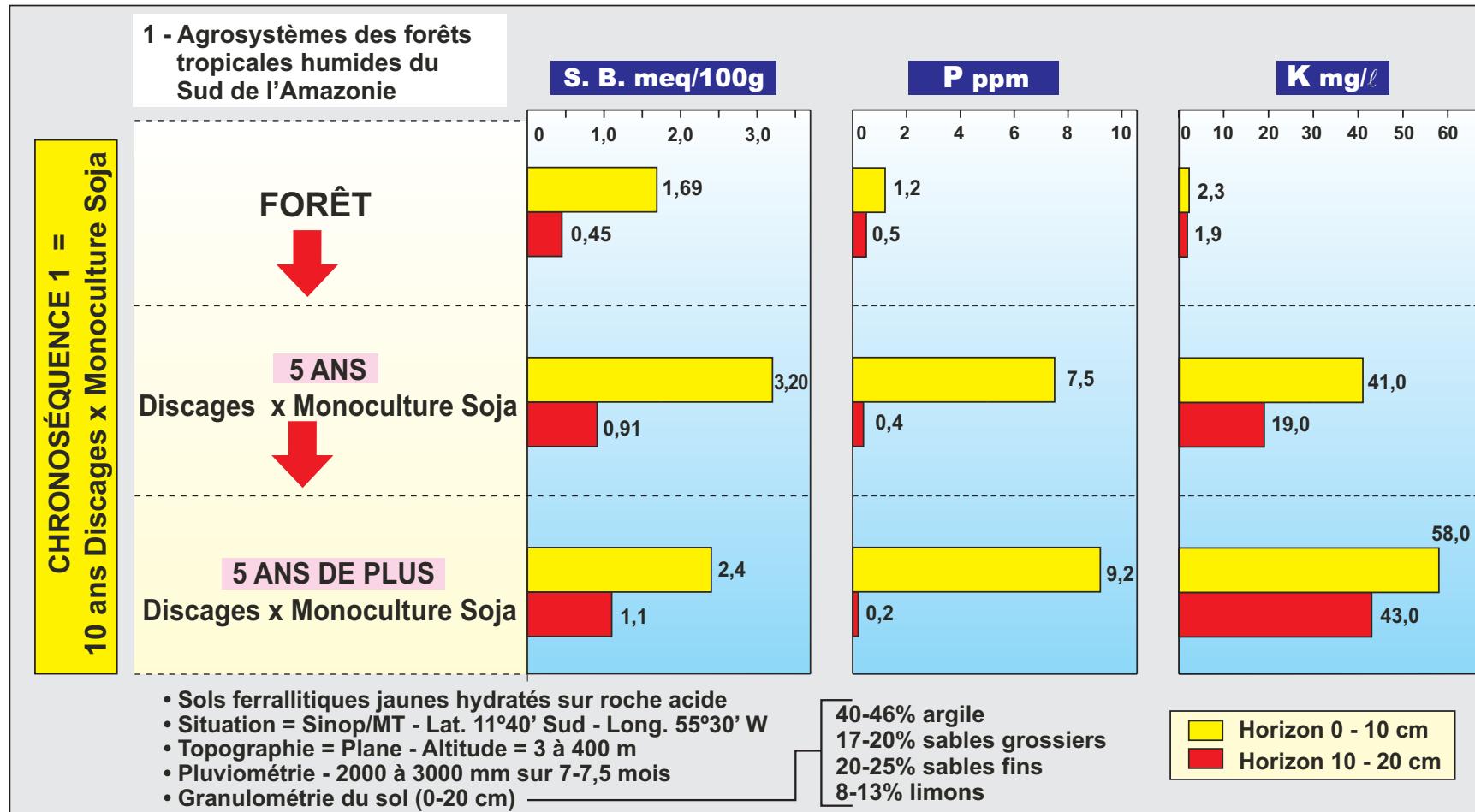
SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA/SCV; A. C. Maronezzi, Agronorte - Sinop/MT - 2002

FIG. 5 : TENDANCES D'ÉVOLUTION DU TAUX DE MATIÈRE ORGANIQUE (M. O. en %), DE LA CEC (en meq/100g) ET DU TAUX DE SATURATION (V en %), EN FONCTION DE LA NATURE DES SYSTÈMES DE CULTURE PRATIQUÉS DANS DIVERS AGROSYSTÈMES CONTRASTÉS, TROPICAUX ET SUBTROPICAUX -



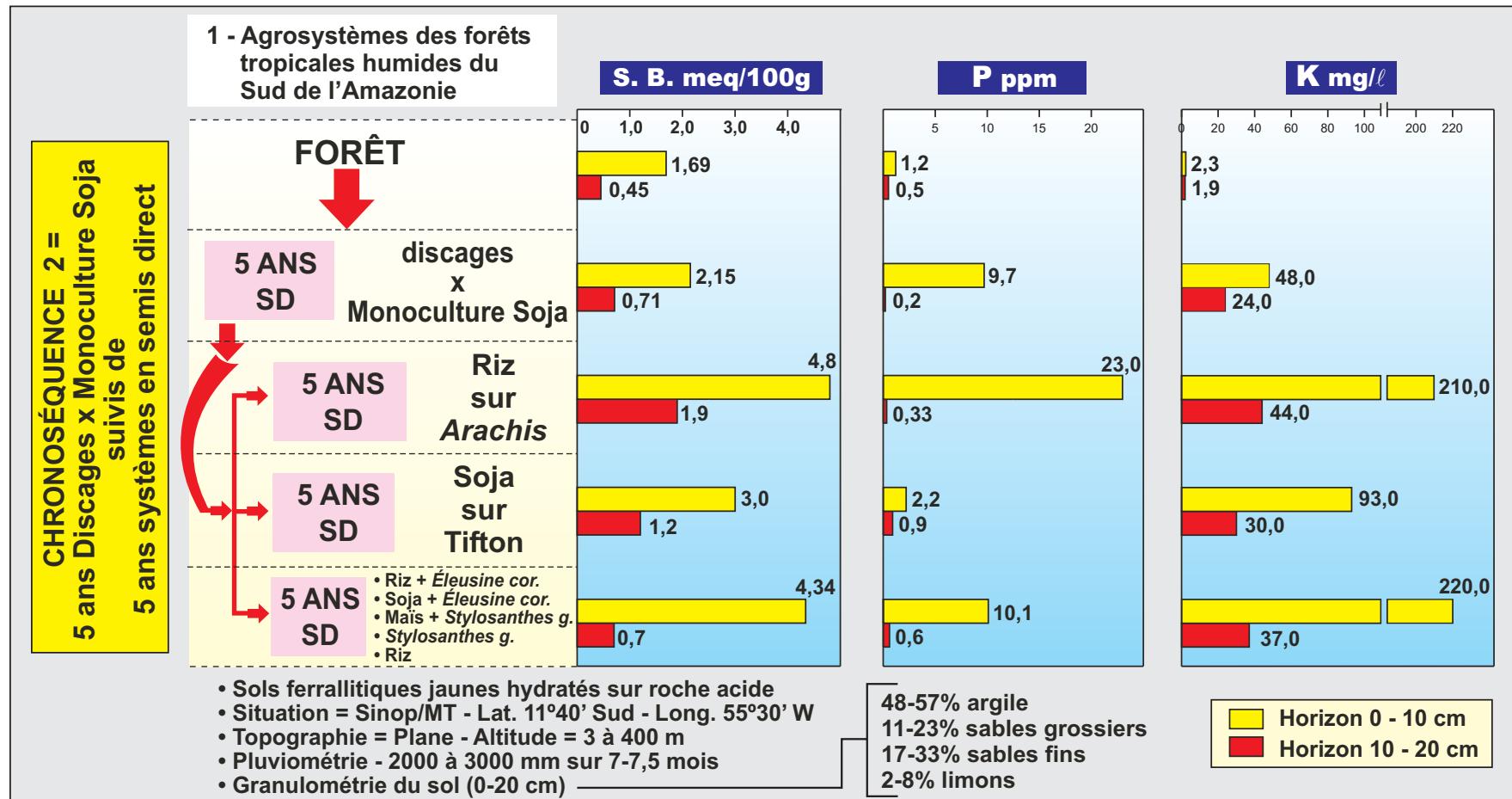
SOURCE: L. Séguay, S. Bouzinac, CIRAD-CA/SCV; A. C. Maronezzi, Agronorte - Sinop/MT - 2002

FIG. 6 : TENDANCES D'ÉVOLUTION, DE LA SOMME DES BASES ÉCHANGEABLES (en meq/100g), DES TENEURS EN P mehlich (ppm), ET EN K (mg/l), EN FONCTION DE LA NATURE DES SYSTÈMES DE CULTURE PRATIQUÉS DANS DIVERS AGROSYSTÈMES CONTRASTÉS, TROPICAUX ET SUBTROPICAUX -



SOURCE: L. Séguay, S. Bouzinac, CIRAD-CA/SCV; A. C. Maronezzi, Agronorte - Sinop/MT - 2002

FIG. 7 : TENDANCES D'ÉVOLUTION, DE LA SOMME DES BASES ÉCHANGEABLES (en meq/100g), DES TENEURS EN P mehlich (ppm), ET EN K (mg/ℓ), EN FONCTION DE LA NATURE DES SYSTÈMES DE CULTURE PRATIQUÉS DANS DIVERS AGROSYSTÈMES CONTRASTÉS, TROPICAUX ET SUBTROPICAUX -



SOURCE: L. Séguay, S. Bouzinac, CIRAD-CA/SCV; A. C. Maronezzi, Agronorte - Sinop/MT - 2002

**FIG. 8 TENEURS DES SOLS<sup>(\*)</sup> EN MANGANÈSE (Mn), CUIVRE (Cu) ET ZINC (Zn),  
EN FONCTION DES SYSTÈMES DE CULTURE**

Écologie des forêts humides et sols ferrallitiques du centre nord du Mato Grosso - Sinop/MT - 2002

Laboratoire du CPAC/EMBRAPA - Brasilia

SYSTÈMES DE CULTURE		Manganèse mg/ℓ	Cuivre mg/ℓ	Zinc mg/ℓ
5 ANS (GR) Discages x Monoculture Soja	0-5 cm	9,70	0,80	6,00
	5-10 cm	7,80	0,40	3,70
	10-20 cm	2,90	0,10	3,00
5 ANS (SD) Riz sur <i>Arachis p.</i>	0-5 cm	22,60	1,60	20,80
	5-10 cm	10,00	0,70	5,70
	10-20 cm	2,60	0,20	0,40
5 ANS (SD) Soja sur Tifton <sup>1</sup>	0-5 cm	8,60	0,50	4,20
	5-10 cm	4,60	0,60	1,10
	10-20 cm	2,10	0,30	0,30
5 ANS (SD) • Riz + Éleusine • Soja + Éleusine • Maïs + <i>Stylosanthes g.</i> • <i>Stylosanthes g.</i> • Riz	0-5 cm	16,00	0,90	9,40
	5-10 cm	13,20	0,50	4,20
	10-20 cm	1,40	0,20	0,40

1 - Tifton = *Cynodon d.* - Hybride (Nº 85)

(\*) - 1 Échantillon moyen est composé de 20 sous-échantillons

SOURCE: L. Séguay, S. Bouzinac, J. Taillebois, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, L. Saucedo, AGRONORTE - Sinop/MT, 2002

**FIG. 9 : PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES SOLS<sup>(\*)</sup> EN FONCTION DES SYSTÈMES DE CULTURE**  
 Écologie des forêts humides et sols ferrallitiques du centre nord du Mato Grosso - Sinop/MT - 2002

Laboratoire du CPAC/EMBRAPA - Brasilia

SYSTÈMES DE CULTURE		Granulométrie					M. O. <sup>1</sup> (%)	Agrégats > 2 mm (%)	Agrégats > 2 mm (mm)	MWD <sup>2</sup>
		Argile (%)	Limons (%)	Sables grossiers (%)	Sables fins (%)					
5 ANS (GR) Discages x Monoculture Soja	0-5 cm	57	4	12	27	2,52	69	3,44	3,69	
	5-10 cm	57	4	11	28	2,36	56	2,80	3,11	
	10-20 cm	60	6	11	23	1,49	-	Données manquantes	-	
5 ANS (SD) Riz sur Arachis p.	0-5 cm	48	8	21	23	3,95	79	3,94	4,00	
	5-10 cm	48	7	12	33	2,41	64	3,19	3,35	
	10-20 cm	61	3	11	25	1,80	64	3,22	3,40	
5 ANS (SD) Soja sur Tifton <sup>3</sup>	0-5 cm	53	3	23	21	3,08	90	4,52	4,57	
	5-10 cm	53	2	13	32	2,41	79	3,95	4,04	
	10-20 cm	56	3	13	28	2,31	84	4,21	4,30	
5 ANS (SD) • Riz + Éleusine • Soja + Éleusine • Maïs + Stylosanthes g. • Stylosanthes g. • Riz	0-5 cm	50	7	19	24	3,95	87	4,35	4,38	
	5-10 cm	53	4	15	28	3,08	79	3,94	4,05	
	10-20 cm	55	6	22	17	1,90	70	3,49	3,68	

1 - M. O. = Matière organique

2 - MWD = Indice de stabilité des agrégats - Les milieux naturels = forêt, cerrado, présentent un indice compris entre 4 et 5

3 - Tifton = *Cynodon d.* - Hybride (N° 85)

(\*) - 1 Échantillon moyen est composé de 20 sous-échantillons

SOURCE: L. Séguay, S. Bouzinac, J. Taillebois, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, L. Saucedo, AGRONORTE - Sinop/MT, 2002

**FIG. 10 : ÉVOLUTION SUR 5 ANS DE LA PRODUCTIVITÉ DE SOJA,  
EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE**

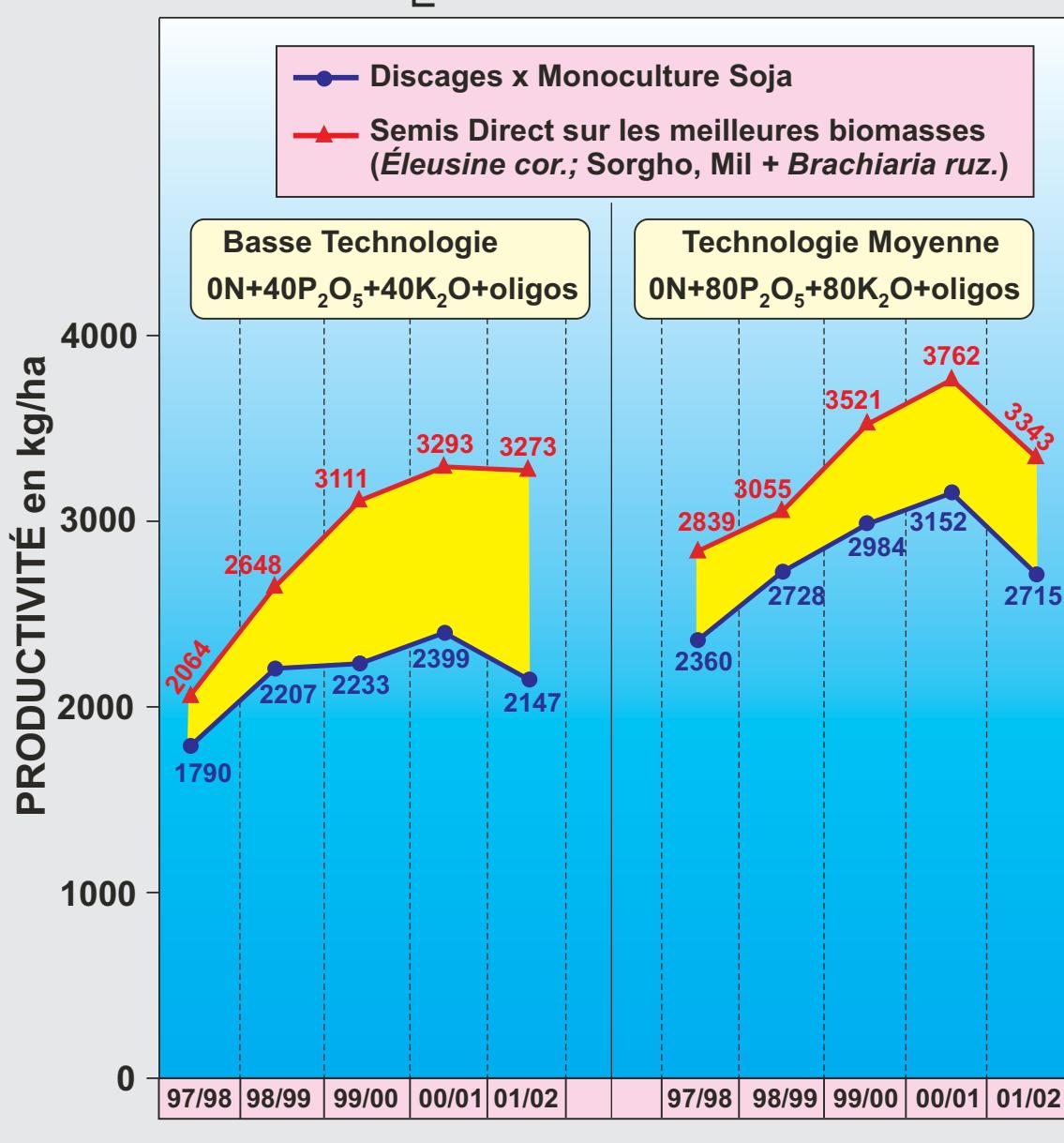
Sols ferrallitiques de l'écologie des forêts humides  
du Centre Nord Mato Grosso - Sinop/MT - 1997/2002

**SOJA DE CYCLE INTERMÉDIAIRE: 110-115 jours**

Années 1, 2, 3, = Conquista

Année 4 = R1

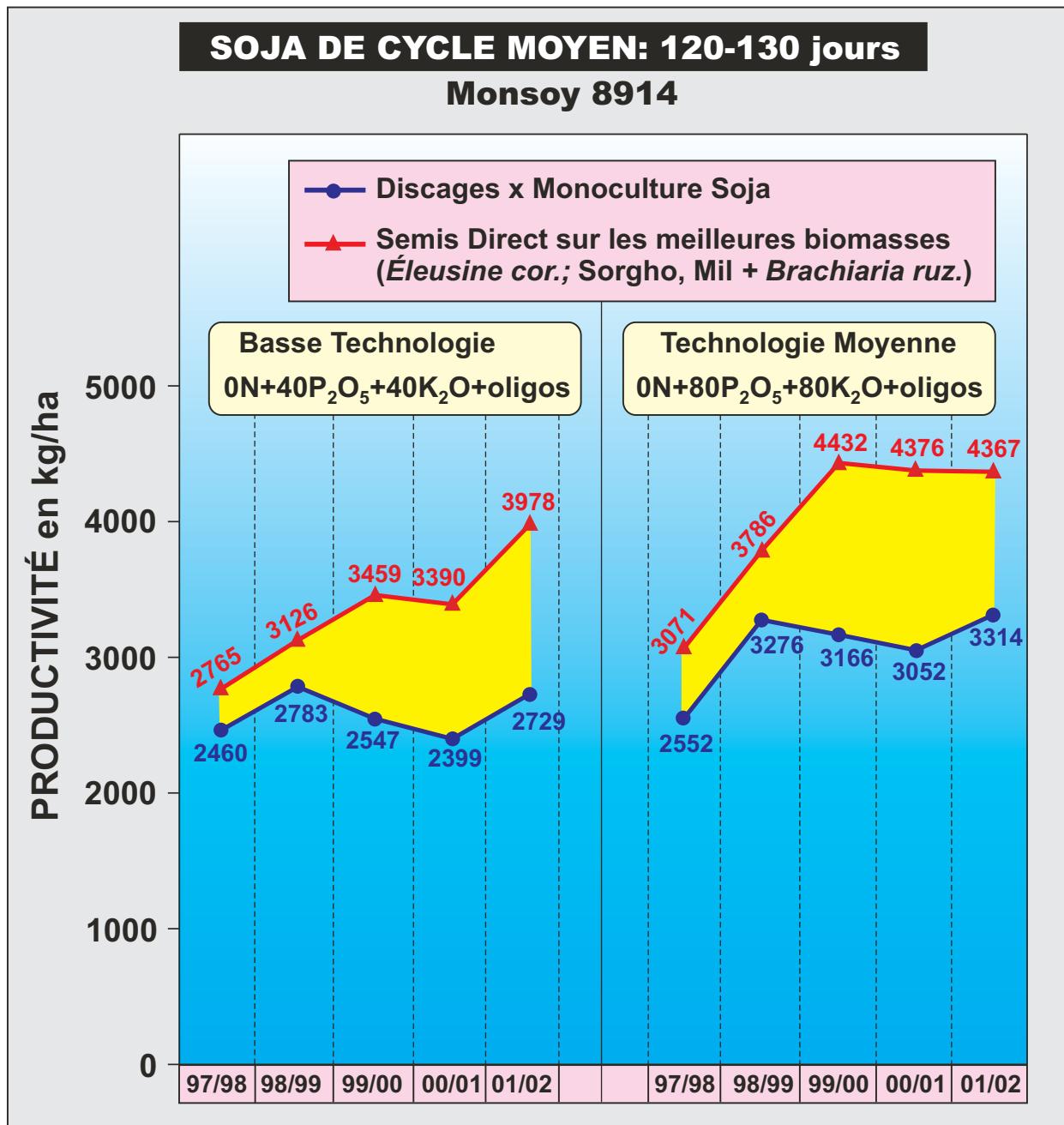
Année 5 = Esplendor



SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, J. Tallebois, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, L. Saucedo, Agronorte, Sinop/MT, 2002

**FIG. 11 : ÉVOLUTION SUR 5 ANS DE LA PRODUCTIVITÉ DE SOJA,  
EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE**

Sols ferrallitiques de l'écologie des forêts humides  
du Centre Nord Mato Grosso - Sinop/MT - 1997/2002



SOURCE: L. Séguay, S. Bouzinac, J. Tallebois, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, L. Saucedo, Agronorte, Sinop/MT, 2002

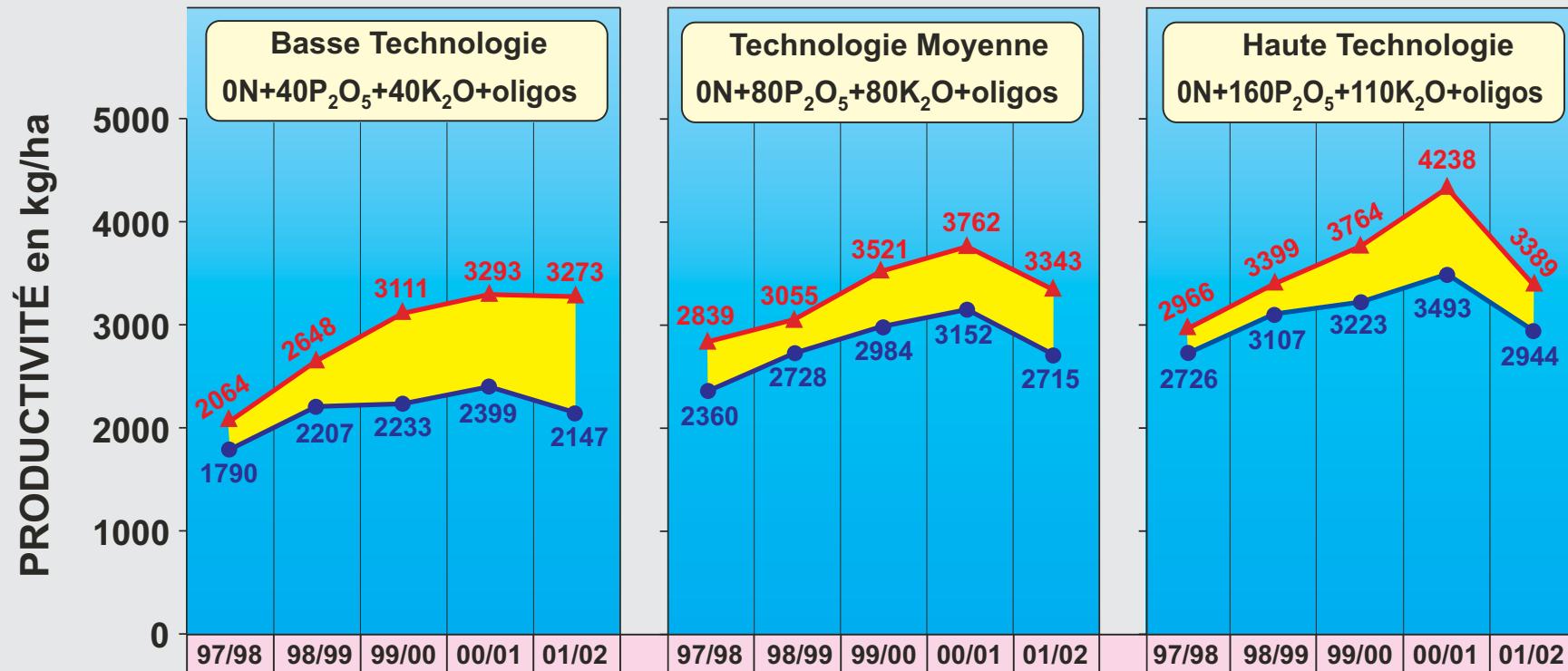
## FIG. 12 : ÉVOLUTION SUR 5 ANS DE LA PRODUCTIVITÉ DE SOJA, EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE

Sols ferrallitiques de l'écologie des forêts humides  
du Centre Nord Mato Grosso - Sinop/MT - 1997/2002

### SOJA DE CYCLE INTERMÉDIAIRE: 110-115 jours

Années 1, 2, 3, = Conquista ; Année 4 = R1 ; Année 5 = Esplendor

- Discages x Monoculture Soja
- ▲ Semis Direct sur les meilleures biomasses (*Eleusine cor.*; Sorgho, Mil + *Brachiaria ruz.*)



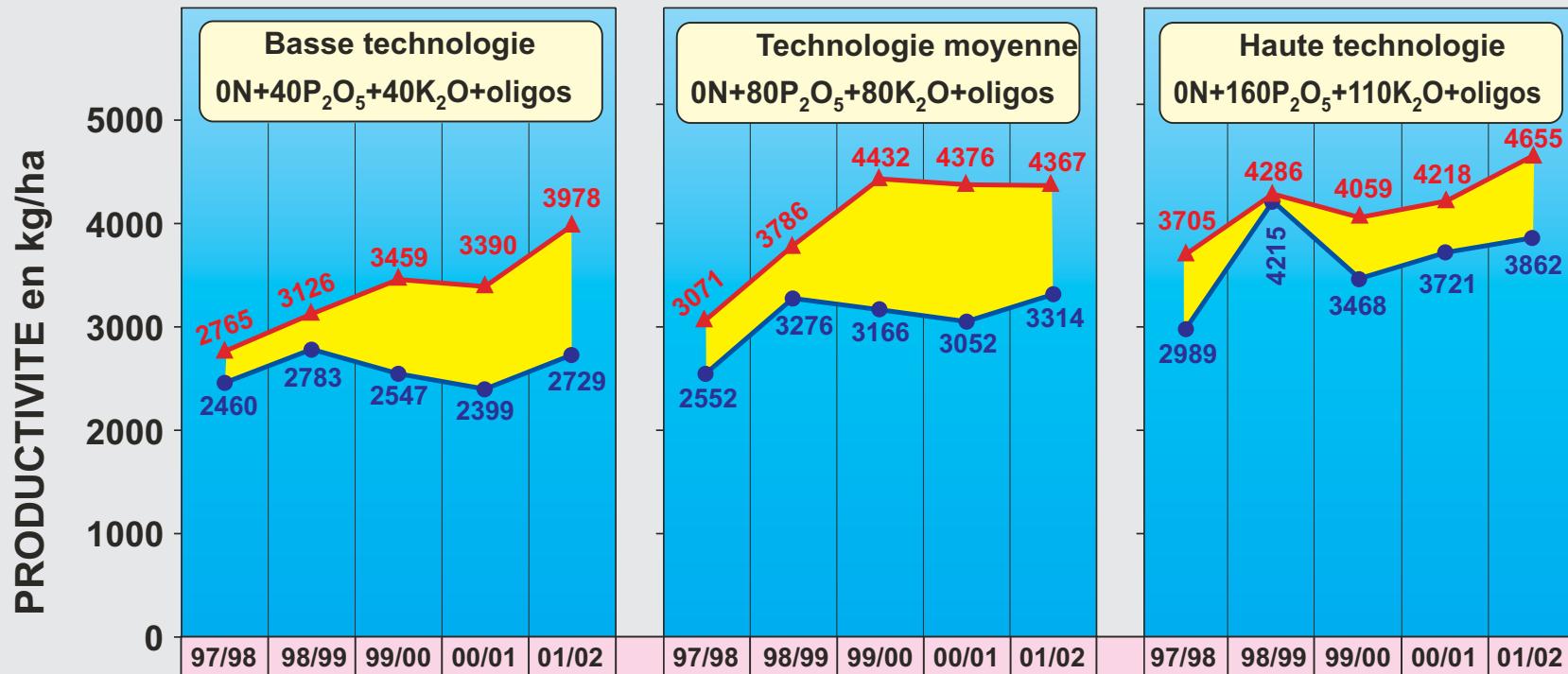
SOURCE: L. Séguay, S. Bouzinac, J. Tallebois, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, L. Saucedo, Agronorte, Sinop/MT, 2002

**FIG. 13 : EVOLUTION SUR 5 ANS DE LA PRODUCTIVITE DE SOJA,  
EN FONCTION DU SYSTEME DE CULTURE**  
**Sols ferrallitiques de l'écologie des forêts humides  
du Centre Nord Mato Grosso - Sinop/MT - 1997/2002**

**SOJA DE CYCLE MOYEN: 120-130 jours**

**Monsoy 8914**

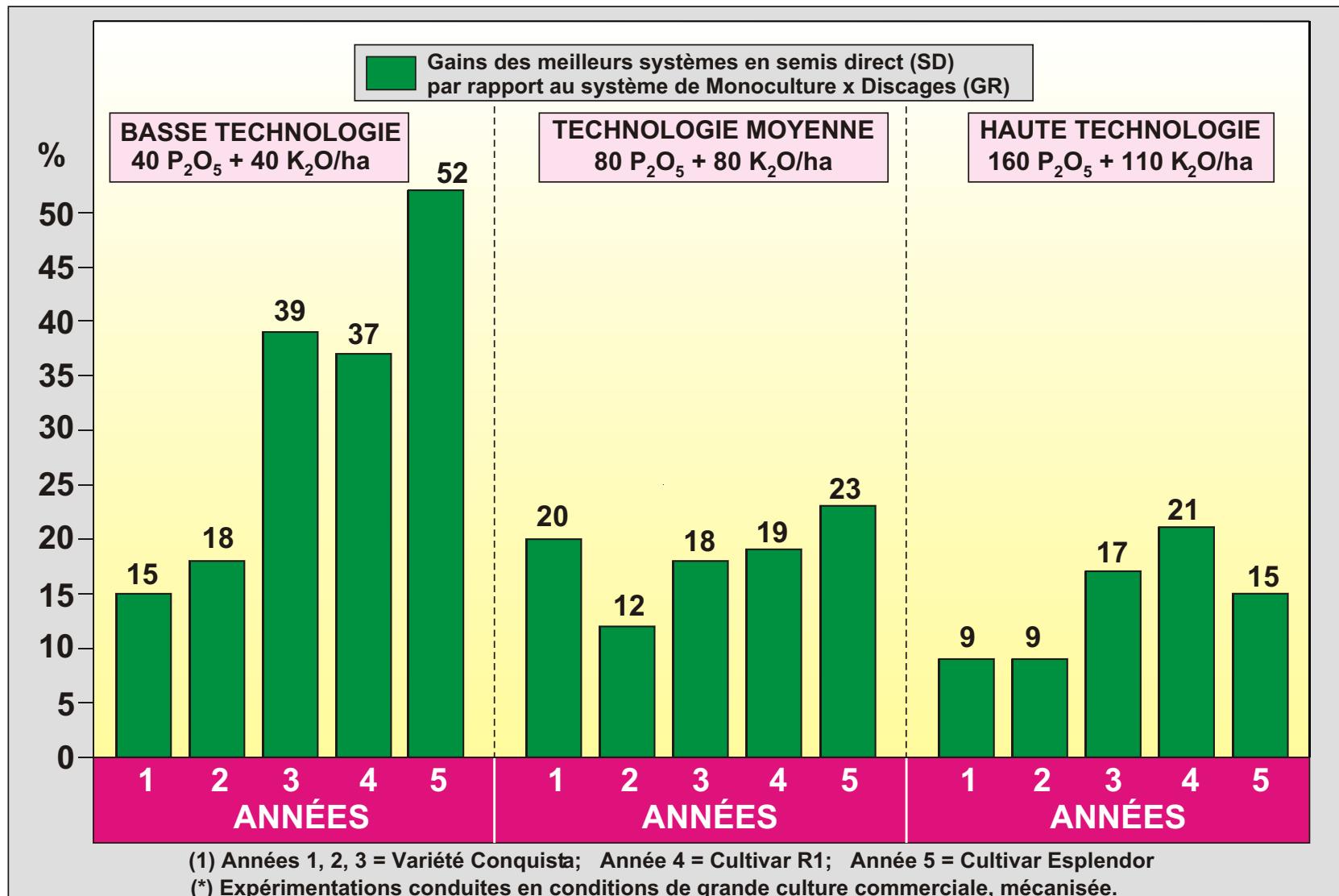
● Discages x Monoculture Soja  
▲ Semis direct sur les meilleures biomasses (*Eleusine cor.*; *Sorgho*, *Mil* + *Brachiaria ruz.*)



SOURCE: L. Séguay, S. Bouzinac, J. Tallebois, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, L. Saucedo, Agronorte, Sinop/MT, 2002

**FIG. 14 ÉVOLUTION DES GAINS DE PRODUCTIVITÉ DU SOJA<sup>(1)</sup> DE CYCLE INTERMÉDIAIRE (110-120 J.), EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE ET DU NIVEAU TECHNOLOGIQUE**  
 Sols ferrallitiques de l'écologie des forêts humides du sud de l'Amazonie - Sinop/MT - 2002

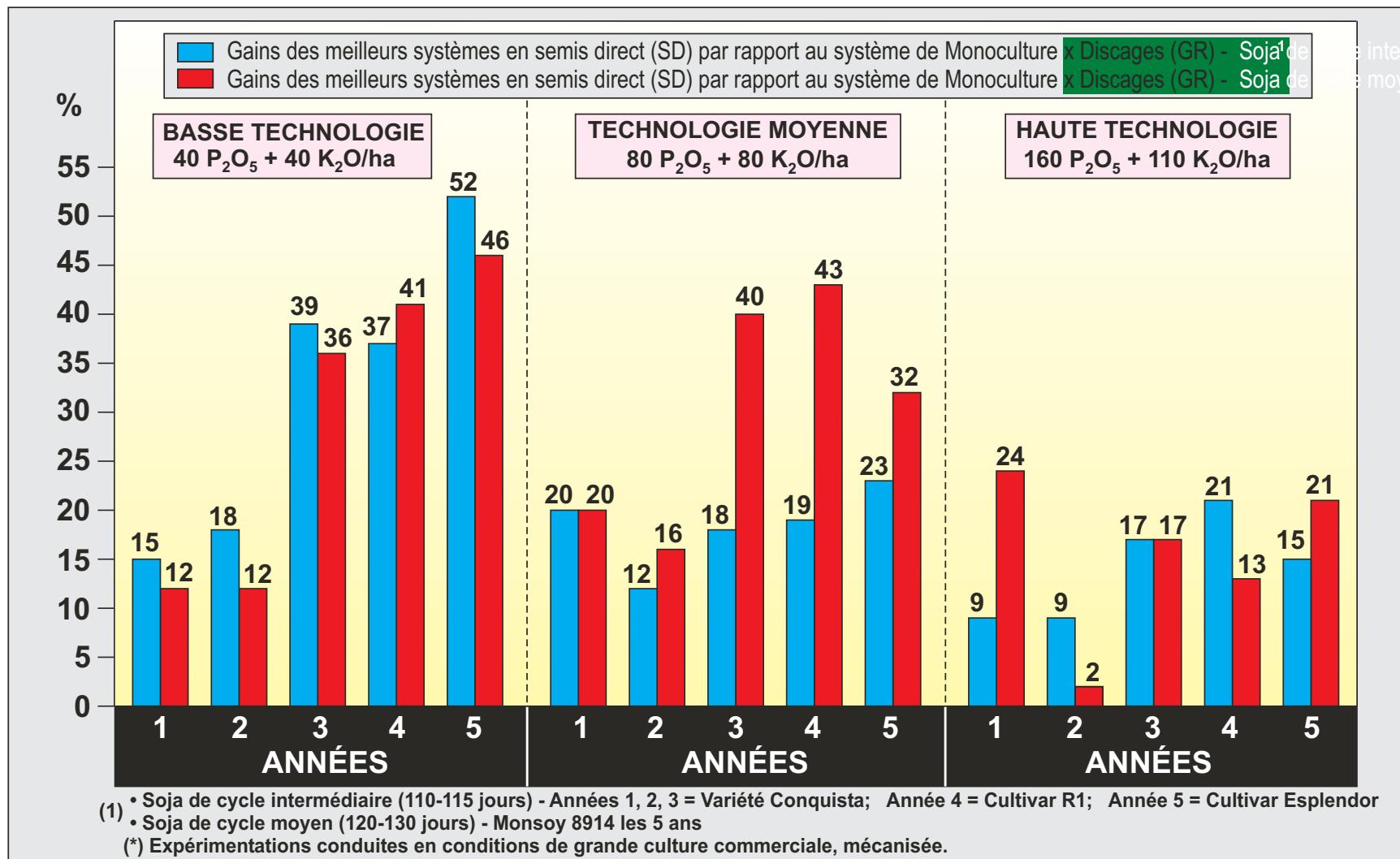
**AGRONORTE/CIRAD-GEC**



SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, J. Taillebois, CIRAD-CA/GEC; A. C. Maronezzi, L. Saucedo, F. G. Rodrigues, AGRONORTE - Sinop/MT, 2002

**FIG.15 : ÉVOLUTION DES GAINS DE PRODUCTIVITÉ DU SOJA<sup>(1)</sup>, EN FONCTION  
DU SYSTÈME DE CULTURE ET DU NIVEAU TECHNOLOGIQUE**  
Sols ferrallitiques de l'écologie des forêts humides du sud de l'Amazonie - Sinop/MT - 2002

AGRONORTE/CIRAD-GEC



SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, J. Taillebois, CIRAD-CA/GEC; A. C. Maronezzi, L. Saucedo, F. G. Rodrigues, AGRONORTE - Sinop/MT, 2002

**FIG. 16 : SUR 5 ANS: RENDEMENTS MOYENS, GAINS DE RENDEMENTS CUMULÉS ET MOYENS EN FAVEUR DU SEMIS DIRECT SUR SOJA DE CYCLES INTERMÉDIAIRE ET MOYEN**  
 Écologie des forêts humides et sols ferrallitiques du Centre Nord du Mato Grosso

**CIRAD-CA/AGRONORTE - Sinop/MT - 2000**

**SOJA DE CYCLE INTERMÉDIAIRE 110-115 jours**  
 Années 1, 2, 3, = Conquista; Année 4 = R1; Année 5 = Esplendor

**Semis Direct sur les meilleures biomasses  
*(Eleusine cor.; Sorgho, Mil + Brachiaria ruz.)***  
**Discages x Monoculture Soja**

SUR 5 ANS	Basse Technologie	Technologie Moyenne	Haute Technologie
Rendements moyens (kg/ha)	2878 2155	3304 2788	3551 3099
Gains cumulés de rendement en faveur du semis direct (kg/ha)	3613	2581	2263
Gain moyen annuel de rendement en faveur du semis direct (kg/ha)	723	516	453
Sacs 60 kg	12	8,6	7,6

**SOJA DE CYCLE MOYEN: 120-130 jours - MONSOY 8914**

**Semis Direct sur les meilleures biomasses  
*(Eleusine cor.; Sorgho, Mil + Brachiaria ruz.)***  
**Discages x Monoculture Soja**

SUR 5 ANS	Basse Technologie	Technologie Moyenne	Haute Technologie
Rendements moyens (kg/ha)	3344 2584	4006 3072	4185 3651
Gains cumulés de rendement en faveur du semis direct (kg/ha)	3800	4672	2668
Gain moyen annuel de rendement en faveur du semis direct (kg/ha)	760	934	534
Sacs 60 kg	12,7	15,6	8,9

SOURCE: L. Séguay, S. Bouzinac, CIRAD-CA/SCV; A. C. Maronezzi, AGRONORTE - Sinop/MT - 2002

# FIG. 17 : COMPÉTITION DE CULTIVARS DE RIZ DE HAUTE TECHNOLOGIE DANS LES SYSTÈMES DE CULTURE -

Écologie des forêts humides et sols ferrallitiques du centre nord du Mato Grosso - Sinop/MT - 2002

## SEMIS PRÉCOCE - 10/10/2001

		Travail du sol aux disques après 4 ans de semis direct dans la rotation Soja + Safrinhias				Semis direct (SD) 5 <sup>ème</sup> année dans la rotation Soja/Riz + Safrinhias			
		Meilleures variétés (kg/ha)	% Témoin Primavera	Pires variétés (kg/ha)	% Témoin Primavera	Meilleures variétés (kg/ha)	% Témoin Primavera	Pires variétés (kg/ha)	% Témoin Primavera
TECHNOLOGIE MOYENNE <sup>2</sup>		Cedro: 5706	128	Sucupira: 4253	95	J. Pinheiro: 4148	114	Cedro: 3414	95
		J. Pinheiro: 4862	109			Sucupira: 3911	110		
BASSE <sup>3</sup> TECHNOLOGIE		Primavera: 4890	100	Sucupira: 3873	77	J. Pinheiro: 3276	164	Cedro: 1785	88
								Sucupira: 1697	82

1. Cultivars évalués en collection testée mécanisée = Primavera, J. Pinheiro, Cedro, Sucupira

2. Technologie Moyenne =  $83N+80P_2O_5+100K_2O + \text{oligos}/\text{ha}$ , protection fongicide finale

3. Basse Technologie =  $40N+40P_2O_5+60K_2O + \text{oligos}/\text{ha}$ , sans protection fongicide finale

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, J. Taillebois, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, L. Saucedo, AGRONORTE - Sinop/MT, 2002

## FIG. 18 : COMPÉTITION DE CULTIVARS DE RIZ DE HAUTE TECHNOLOGIE DANS LES SYSTÈMES DE CULTURE -

- Écologie des forêts humides et sols ferrallitiques du centre nord du Mato Grosso - Sinop/MT - 2002

**SEMIS TARDIF - 10/12/2001**

Travail du sol aux disques après 4 ans de semis direct dans la rotation Soja + Safrinhas				
	Meilleures variétés (kg/ha)	% Témoin Bonança	Pires variétés (kg/ha)	% Témoin Bonança
TECHNOLOGIE MOYENNE <sup>2</sup>	ANF 79: 6406 BEST 2000: 5236	137 134	Amarelão: 3031 Maravilha: 3025	73 67
BASSE <sup>3</sup> TECHNOLOGIE	ANF 79: 5000 BEST 2000: 4131 ANF 20: 4219	126 118 110	Amarelão: 2828 Maravilha: 2297	80 64

1. Cultivars évalués en collection testée mécanisée = Bonança, ANF 79, ANF 20, BEST 2000, Amarelão, Maravilha

2. Technologie Moyenne= 83N+80P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+100K<sub>2</sub>O + oligos/ha, protection fongicide finale

3. Basse Technologie = 40N+40P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+60K<sub>2</sub>O + oligos/ha, sans protection fongicide finale

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, J. Taillebois, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, L. Saucedo, AGRONORTE - Sinop/MT, 2002

**FIG. 19 : COMPÉTITION DE CULTIVARS DE RIZ DE HAUTE TECHNOLOGIE  
DANS LES SYSTÈMES DE CULTURE -**

Écologie des forêts humides et sols ferrallitiques du centre nord du Mato Grosso - Sinop/MT - 2002

**SEMIS TARDIF - 10/12/2001**

	Système Semi-Direct <sup>2</sup> après 4 ans de semis direct dans la rotation Soja + Safrinhas				Semis direct (SD) 5 <sup>ème</sup> année dans la rotation Soja/Riz + Safrinhas			
	Meilleures variétés (kg/ha)	% Témoin Maravilha	Pires variétés (kg/ha)	% Témoin Maravilha	Meilleures variétés (kg/ha)	% Témoin Maravilha	Pires variétés (kg/ha)	% Témoin Maravilha
TECHNOLOGIE MOYENNE <sup>3</sup>	ANF 79: 4092 ANF 20: 4123 CIRAD 141: 3807 BEST 2000: 4185	155 153 138 131	Amarelão: 2911 Sucupira: 2891	96 101	ANF 79: 3713 CIRAD 141: 4325 ANF 20: 3711 BEST 2000: 3825	178 177 164 158	Maravilha: 2303 Sucupira: 2268	100 98
BASSE <sup>4</sup> TECHNOLOGIE	ANF 79: 4455 ANF 20: 3316 BEST 2000: 3033 CIRAD 141: 2803	180 137 131 119	Sucupira: 1195	61	ANF 79: 3880 BEST 2000: 3325 CIRAD 141: 3372 ANF 20: 2413	179 174 151 110	Amarelão: 1680 Sucupira: 1088	84 52

1. Cultivars évalués en collection testée mécanisée = Maravilha, Best 2000, Amarelão, Sucupira, CIRAD 141, ANF 20, ANF 79

2. Système Semi-Direct = Biomasse *Éleusine c.* installée en début des pluies sur discages - Dessication au Glyphosate  
10 jours avant semis direct du Riz -

3. Technologie Moyenne = 83N+80P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+100K<sub>2</sub>O + oligos/ha, protection fongicide finale

4. Basse Technologie = 40N+40P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+60K<sub>2</sub>O + oligos/ha, sans protection fongicide finale

SOURCE: L. Séguay, S. Bouzinac, J. Taillebois, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, L. Saucedo, AGRONORTE - Sinop/MT, 2002

**FIG. 20 : COMPÉTITION DE CULTIVARS DE RIZ DE HAUTE TECHNOLOGIE EN GRANDE CULTURE**

**5<sup>ème</sup> ANNÉE DE SEMIS DIRECT, ROTATION SOJA/RIZ + SAFRINHAS<sup>1</sup>**

**Écologie des forêts humides et sols ferrallitiques du centre nord du Mato Grosso - Sinop/MT - 2002**

**SEMIS DIRECT TARDIF = 7/12/2001**

Variétés	Productivité <sup>2</sup> en kg/ha	% CIRAD 141 (Référence)
CIRAD 141	4300	100
SUCUPIRA	4597	107
BEST 2000	5112	119
J. PINHEIRO	3075	72
CEDRO	3218	75
H1 HD 04	3647	85
H2 HD 06	3925	91
H3 HD 08	3070 <sup>3</sup>	71

1. Précédent biomasse = Sorgho + *Brachiaria ruziziensis*

2. Technologie Moyenne= 83N+80P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+100K<sub>2</sub>O + oligos/ha, protection fongicide finale

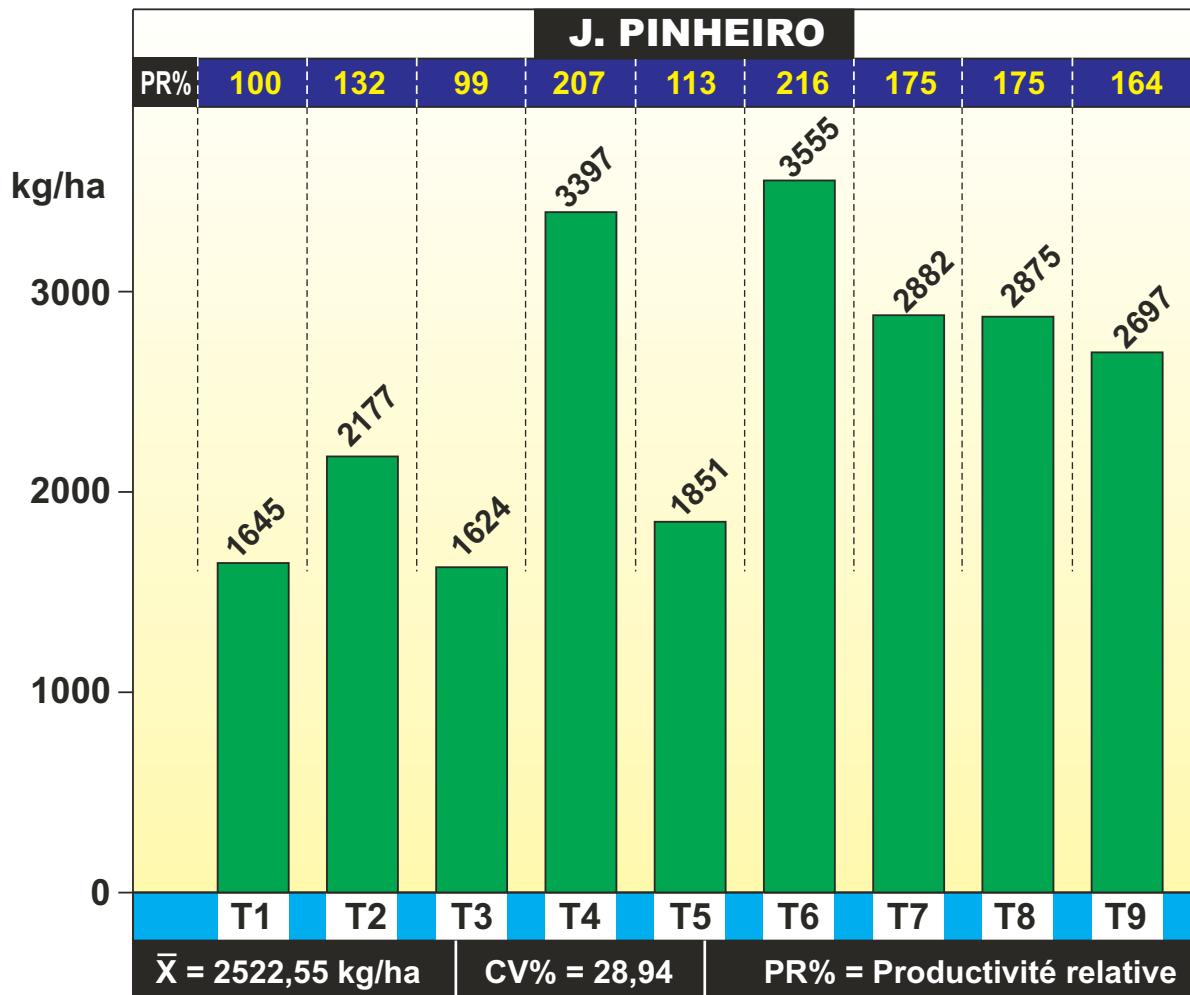
3. Verse finale

SOURCE: L. Séguay, S. Bouzinac, J. Taillebois, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, L. Saucedo, AGRONORTE - Sinop/MT, 2002

## FIG. 21 : TRAITEMENTS FONGICIDES x VARIÉTÉS DE RIZ DE HAUTE TECHNOLOGIE

**Écologie des forêts humides et sols ferrallitiques  
du Centre Nord du Mato Grosso - Sinop/MT**

**Semis direct tardif (5/12/2001) sur biomasse de Sorgho + *Brachiaria ruz.***



**T1** - Témoin sans fongicide

**T2** - 2,5 kg Dithiobin + 300 gr Bim/ha x 2 applications = 5% panicules sorties et 100% floraison

**T3** - 200 ml Priori + 200 ml Tilt/ha x 2 applications = 5% panicules sorties et 100% floraison

**T4** - 200 ml Priori + 200 ml Score /ha x 2 applications = 5% panicules sorties et 100% floraison

**T5** - 200 ml Priori + 200 ml Tilt/ha x 2 applications = Différenciation florale et 5% panicules sorties

**T6** - 200 ml Priori + 200 ml Score /ha x 2 applications = Différenciation florale et 5% panicules sorties

**T7** - 200 ml Priori + 500 ml Cerconil/ha x 2 applications = Différenciation florale et 5% panicules sorties

**T8** - 200 ml Priori/ha à la différenciation florale + 200 ml Tilt/ha à 5% panicules sorties

**T9** - 200 ml Priori/ha + 200 ml Tilt/ha à 5% panicules sorties et 200 ml Priori à 100% floraison

• **Priori** = Azoxystrobin **Dithiobin** = Thiophanate methyl + Mancozeb; **Bim** = Tricyclazole

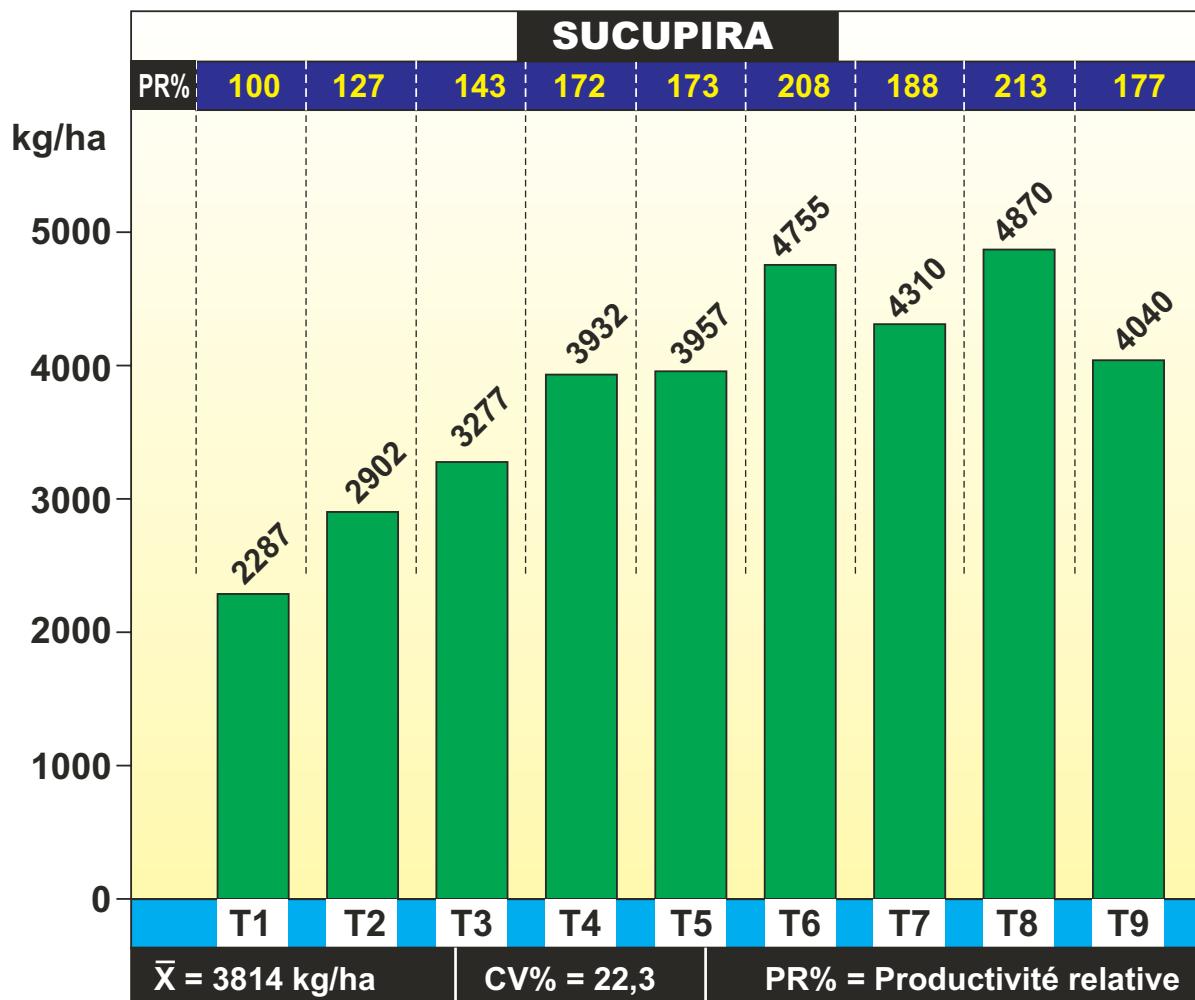
• **Score** = Difenoconazole; **Tilt** = Propiconazole; **Cerconil** = Thiophanate methyl + Chlorothalonil.

**SOURCE:** L. Séguy, S. Bouzinac, J. Tallebois, **CIRAD-CA**; A. C. Maronezzi, L. Saucedo, **Agronorte, Sinop/MT, 2002**

## FIG. 22 : TRAITEMENTS FONGICIDES x VARIÉTÉS DE RIZ DE HAUTE TECHNOLOGIE

**Écologie des forêts humides et sols ferrallitiques  
du Centre Nord du Mato Grosso - Sinop/MT**

**Semis direct tardif (5/12/2001) sur biomasse de Sorgho + *Brachiaria ruz.***



**T1** - Témoin sans fongicide

**T2** - 2,5 kg Dithiobin + 300 gr Bim/ha x 2 applications = 5% panicules sorties et 100% floraison

**T3** - 200 ml Priori + 200 ml Tilt/ha x 2 applications = 5% panicules sorties et 100% floraison

**T4** - 200 ml Priori + 200 ml Score /ha x 2 applications = 5% panicules sorties et 100% floraison

**T5** - 200 ml Priori + 200 ml Tilt/ha x 2 applications = Différenciation florale et 5% panicules sorties

**T6** - 200 ml Priori + 200 ml Score /ha x 2 applications = Différenciation florale et 5% panicules sorties

**T7** - 200 ml Priori + 500 ml Cerconil/ha x 2 applications = Différenciation florale et 5% panicules sorties

**T8** - 200 ml Priori/ha à la différenciation florale + 200 ml Tilt/ha à 5% panicules sorties

**T9** - 200 ml Priori/ha + 200 ml Tilt/ha à 5% panicules sorties et 200 ml Priori à 100% floraison

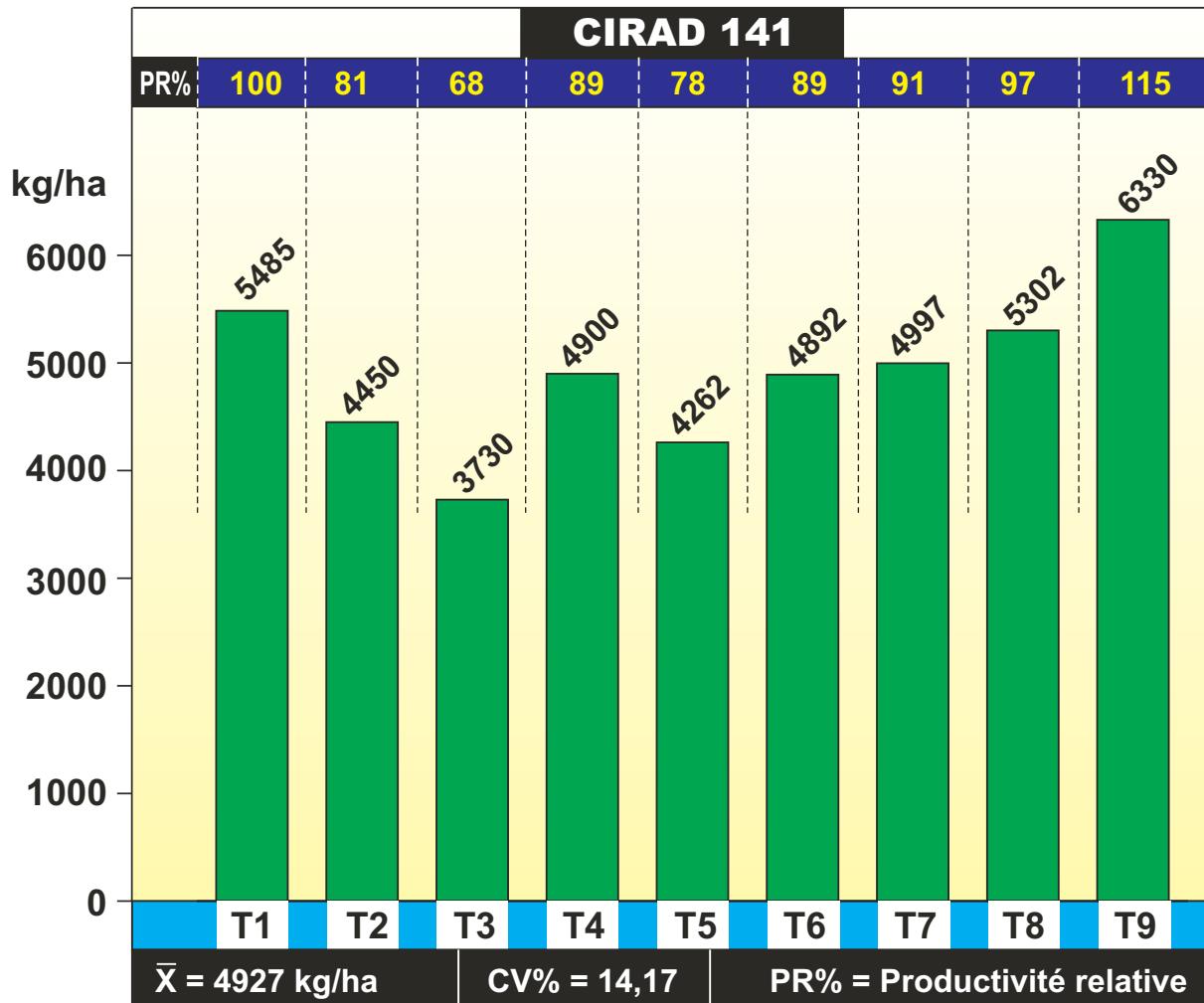
• **Priori** = Azoxystrobine **Dithiobin** = Thiophanate methyl + Mancozeb; **Bim** = Tricyclazole

• **Score** = Difenoconazole; **Tilt** = Propiconazole; **Cerconil** = Thiophanate methyl + Chlorothalonil

**SOURCE:** L. Séguy, S. Bouzinac, J. Tallebois, **CIRAD-CA**; A. C. Maronezzi, L. Saucedo, **Agronorte, Sinop/MT, 2002**

**FIG. 23 : TRAITEMENTS FONGICIDES x VARIÉTÉS DE RIZ DE HAUTE TECHNOLOGIE**  
**Écologie des forêts humides et sols ferrallitiques**  
**du Centre Nord du Mato Grosso - Sinop/MT**

Semis direct tardif (5/12/2001) sur biomasse de Sorgho + *Brachiaria ruz*.



T1 - Témoin sans fongicide

T2 - 2,5 kg Dithiobin + 300 gr Bim/ha x 2 applications = 5% panicules sorties et 100% floraison

T3 - 200 ml Priori + 200 ml Tilt/ha x 2 applications = 5% panicules sorties et 100% floraison

T4 - 200 ml Priori + 200 ml Score /ha x 2 applications = 5% panicules sorties et 100% floraison

T5 - 200 ml Priori + 200 ml Tilt/ha x 2 applications = Différenciation florale et 5% panicules sorties

T6 - 200 ml Priori + 200 ml Score /ha x 2 applications = Différenciation florale et 5% panicules sorties

T7 - 200 ml Priori + 500 ml Cerconil/ha x 2 applications = Différenciation florale et 5% panicules sorties

T8 - 200 ml Priori/ha à la différenciation florale + 200 ml Tilt/ha à 5% panicules sorties

T9 - 200 ml Priori/ha + 200 ml Tilt/ha à 5% panicules sorties et 200 ml Priori à 100% floraison

- Priori = Azoxystrobin   Dithiobin = Thiophanate methyl + Mancozeb; Bim = Tricyclazole

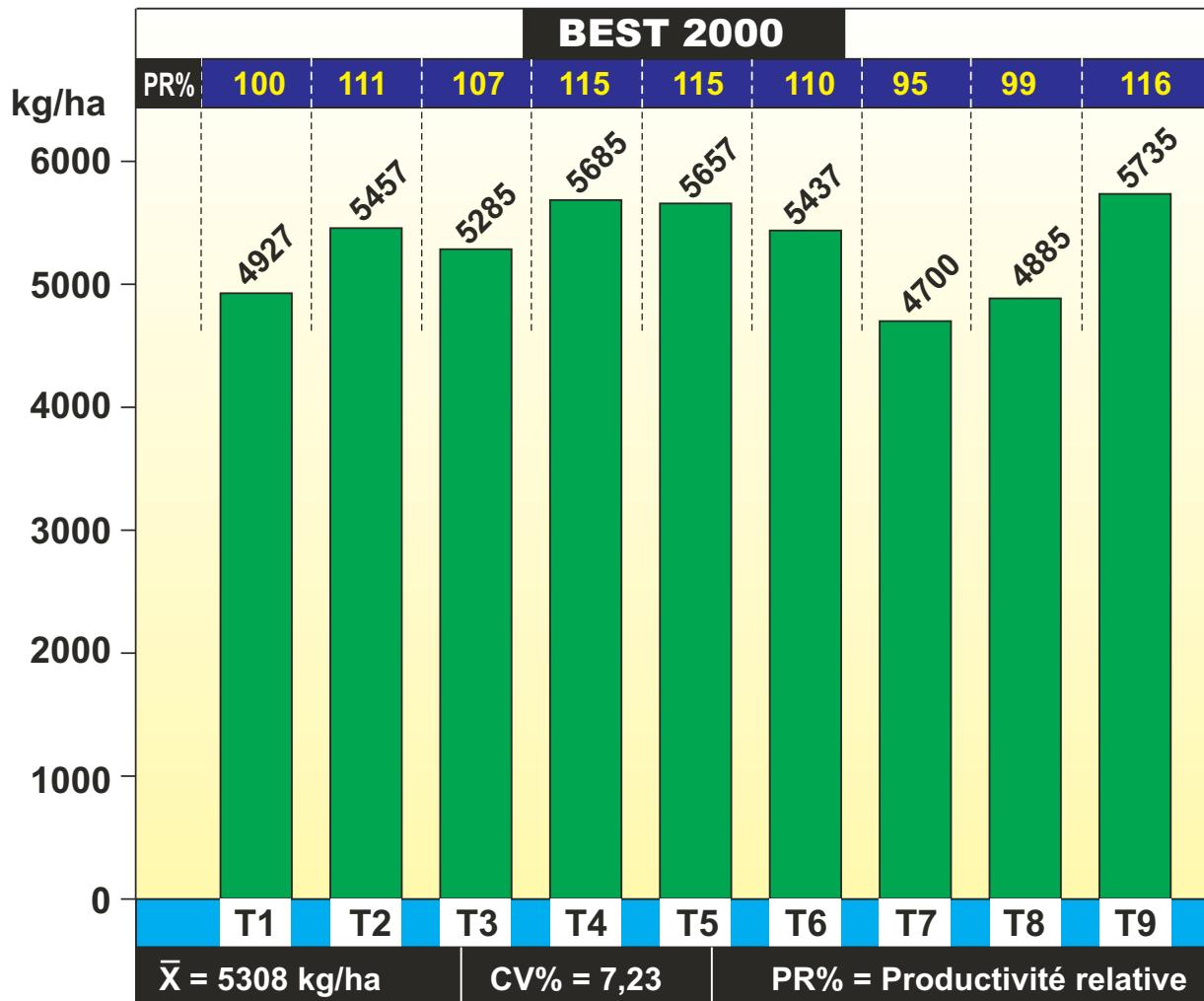
- Score = Difenoconazole; Tilt = Propiconazole; Cerconil = Thiophanate methyl + Chlorothalonil

SOURCE: L. Séguay, S. Bouzinac, J. Tallebois, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, L. Saucedo, Agronorte, Sinop/MT, 2002

## FIG. 24 : TRAITEMENTS FONGICIDES x VARIÉTÉS DE RIZ DE HAUTE TECHNOLOGIE

**Écologie des forêts humides et sols ferrallitiques  
du Centre Nord du Mato Grosso - Sinop/MT**

**Semis direct tardif (5/12/2001) sur biomasse de Sorgho + Brachiaria ruz.**



**T1** - Témoin sans fongicide

**T2** - 2,5 kg Dithiobin + 300 gr Bim/ha x 2 applications = 5% panicules sorties et 100% floraison

**T3** - 200 ml Priori + 200 ml Tilt/ha x 2 applications = 5% panicules sorties et 100% floraison

**T4** - 200 ml Priori + 200 ml Score /ha x 2 applications = 5% panicules sorties et 100% floraison

**T5** - 200 ml Priori + 200 ml Tilt/ha x 2 applications = Différenciation florale et 5% panicules sorties

**T6** - 200 ml Priori + 200 ml Score /ha x 2 applications = Différenciation florale et 5% panicules sorties

**T7** - 200 ml Priori + 500 ml Cerconil/ha x 2 applications = Différenciation florale et 5% panicules sorties

**T8** - 200 ml Priori/ha à la différenciation florale + 200 ml Tilt/ha à 5% panicules sorties

**T9** - 200 ml Priori/ha + 200 ml Tilt/ha à 5% panicules sorties et 200 ml Priori à 100% floraison

• **Priori** = Azoxystrobin **Dithiobin** = Thiophanate methyl + Mancozeb; **Bim** = Tricyclazole

• **Score** = Difenconazole; **Tilt** = Propiconazole; **Cerconil** = Thiophanate methyl + Chlorothalonil

**SOURCE:** L. Séguy, S. Bouzinac, J. Tallebois, **CIRAD-CA**; A. C. Maronezzi, L. Saucedo, **Agronorte**, Sinop/MT, 2002

**FIG. 25 : PERFORMANCES AGRO-ÉCONOMIQUES DU RIZ PLUVIAL  
EN SEMIS DIRECT SUR TERRE VIEILLE, EN FONCTION DE  
DIVERS NIVEAUX D'INTENSIFICATION ET AVEC VARIATION  
RÉELLE DU PRIX PAYÉ AU PRODUCTEUR**

**AGRONORTE/CIRAD - Sinop/MT - 2001/2002**

	BASSE TECHNOLOGIE 30N - 57P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - 70K <sub>2</sub> O Sans fongicide		TECHNOLOGIE MOYENNE 56N - 95P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - 120K <sub>2</sub> O Avec fongicide	
	Semences certifiées	Semences de ferme	Semences certifiées	Semences de ferme
PRÉ-SEMIS	23,4	23,4	23,4	23,4
SEMIS (Semences)	123,6 <span style="color:red">[25,8]</span>	108,3 <span style="color:red">[8,4]</span>	163,1 <span style="color:red">[25,8]</span>	147,8 <span style="color:red">[8,4]</span>
DÉVELOPPEMENT	64,1	64,1	166,3	166,3
RÉCOLTE + SÉCHAGE	63,0	57,8	101,5	113,4
COÛTS FIXES	45,0	45,0	45,0	45,0
COÛTS TOTAUX	319,1	298,6	499,3	495,9
PRODUCTIVITÉ ESTIMÉE	3.600	3.300	5.800	5.400
RECETTES	Janvier <sup>1</sup> Avril <sup>2</sup>	444,0 366,0	407,00 335,5	715,3 589,7
MARGES NETTES	Janvier <sup>1</sup> Avril <sup>2</sup>	+ 124,9 + 46,9	+ 108,4 + 36,9	+ 216,0 + 90,4
				+ 170,1 + 53,1

1) Prix du Riz en janvier = 7,4 US\$/60 kg

2) Prix du Riz en Avril = 6,1 US\$/60 kg

SOURCE: L. Séguay, S. Bouzinac, CIRAD-CA/SCV; A. C. Maronezzi, AGRONORTE - Sinop/MT - 2002

**FIG. 26 : COÛTS DE PRODUCTION DU RIZ PLUVIAL SUR TRAVAIL CONVENTIONNEL (*Défriche*) ET EN SEMIS DIRECT (*Sur terre vieille*), AVEC 2 NIVEAUX TECHNOLOGIQUES**

**AGRONORTE/CIRAD - Sinop/MT - 2001/2002**

	DISCAGES SUR DÉFRICHE				EN SEMIS DIRECT SUR TERRE VIEILLE				
	BASSE TECHNOLOGIE		TECHNOLOGIE MOYENNE		BASSE TECHNOLOGIE		TECHNOLOGIE MOYENNE		
	30N+57P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +70K <sub>2</sub> O Sans fongicide	56N+95P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +120K <sub>2</sub> O Avec fongicide	30N+57P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +70K <sub>2</sub> O Sans fongicide	56N+95P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +120K <sub>2</sub> O Avec fongicide	Unité	Quantité (US\$/ha)	Coûts (US\$/ha)	Quantité (US\$/ha)	Coûts (US\$/ha)
<b>1. PRÉ-SEMIS</b>									
• Travail du sol	(h)	3,1	42,2	3,1	42,2	-	-	-	-
• Herbicide total	(ℓ)	-	-	-	-	4,5	20,3	4,5	20,3
• Application	(h)	-	-	-	-	0,3	3,1	0,3	3,1
<b>Sous-total</b>			<b>42,2</b>		<b>42,2</b>		<b>23,4</b>		<b>23,4</b>
<b>2. SEMIS</b>									
• Semences	(kg)	7,0	8,4	70	23,7	70	8,4	70	23,7
• Traitement semences	(ℓ)	1,2	25,8	1,2	25,8	1,2	25,8	1,2	25,8
• Fumure NPK (4-20-20)	(kg)	290	60,7	480	100,2	250	60,7	480	100,2
• Opération	(h)	-	12,5	-	12,5	-	13,4	-	13,4
<b>Sous-total</b>			<b>107,4</b>		<b>162,2</b>		<b>108,3</b>		<b>163,1</b>
<b>3. DÉVELOPPEMENT</b>									
• Herbicides Pré et Post	(ℓ)	-	-	-	-	4	31,4	4	31,4
• Insecticides	(ℓ)	0,5	7,4	0,5	7,4	0,5	7,4	0,5	7,4
• Fongicides	(ℓ)	-	-	0,8	76,9	-	-	0,8	76,9
• Engrais Couvertures (20-0-20)	(kg)	100	25,3	200	50,6	100	25,3	200	50,6
<b>Sous-total</b>			<b>32,7</b>		<b>134,9</b>		<b>64,1</b>		<b>166,3</b>
<b>4. RÉCOLTE</b>	(US\$/ha)	<b>3000</b>	<b>26,2</b>	<b>5000</b>	<b>43,7</b>	<b>3300</b>	<b>28,9</b>	<b>5800</b>	<b>50,7</b>
<b>5. SÈCHAGE+STOCKAGE.</b>	(US\$/ha)	<b>3000</b>	<b>26,2</b>	<b>5000</b>	<b>43,7</b>	<b>3300</b>	<b>28,9</b>	<b>5800</b>	<b>50,7</b>
<b>6. COÛTS FIXES</b>	(US\$/ha)	-	45,0	-	45,0	-	45,0	-	45,0
<b>7. COÛTS TOTAUX</b>	(US\$/ha)	-	279,7	-	471,7	-	298,6	-	499,2
<b>8. RECETTES<sup>1</sup> (7US\$/sc)</b>	(US\$/ha)	<b>3000</b>	<b>350,0</b>	<b>5000</b>	<b>583,3</b>	<b>3300</b>	<b>385,0</b>	<b>5800</b>	<b>676,7</b>
<b>9. MARGES NETTES</b>	(US\$/sc)	-	+70,3	-	+111,6	-	+86,4	-	+177,5
<b>10. PRIX D'EQUILIBRE</b>	(US\$/sc)	-	<b>5,59</b>	-	<b>5,66</b>	-	<b>5,42</b>	-	<b>5,16</b>

1. Le prix du Riz entre janvier et avril 2002 a varié de : 7,4 à 6,1 US\$/sac de 60 kg      Productivité

SOURCE: L. Séguay, S. Bouzinac, CIRAD-CA/SCV; A. C. Maronezzi, AGRONORTE - Sinop/MT - 2002

**FIG. 27 : COÛTS DE PRODUCTION COMPARÉS DU SOJA CYCLE COURT (*ESPLendor*) SUR DISCAGE ET SUR SEMIS DIRECT, AVEC 2 NIVEAUX DE FUMURE**

**AGRONORTE/CIRAD - Sinop/MT - 2001/2002**

	MONOCULTURE X DISCAGES CONTINUS				MEILLEURES ROTATIONS EN SEMIS DIRECT			
	FUMURE FAIBLE 10N+50P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +50K <sub>2</sub> O		FUMURE MOYENNE 18N+90P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +90K <sub>2</sub> O		FUMURE FAIBLE 10N+90P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +90K <sub>2</sub> O		FUMURE MOYENNE 16N+90P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +90K <sub>2</sub> O	
	Unité	Quantité	Coûts (US\$/ha)	Unité	Quantité	Coûts (US\$/ha)	Unité	Quantité
<b>1. PRÉ-SEMIS</b>								
• Travail du sol	(h)	3,1	42,2	3,1	42,2	-	-	-
• Herbicide total	(ℓ)	-	-	-	-	4,5	20,3	4,5
• Application	(h)	-	-	-	-	0,6	6,3	0,6
<b>Sous-total</b>			<b>42,2</b>		<b>42,2</b>		<b>26,6</b>	<b>26,6</b>
<b>2. SEMIS</b>								
• Semences	(kg)	60	24,6	60	24,6	60	24,6	60
• Traitement de semences	(ℓ)	-	4,5	-	4,5	-	4,5	-
• Fumure NPK (4-20-20)	(kg)	250	53,0	450	95,4	250	53,0	450
• Opération	(h)	0,6	12,5	0,6	12,5	0,7	13,4	0,7
<b>Sous-total</b>			<b>94,6</b>		<b>137,0</b>		<b>95,5</b>	<b>137,9</b>
<b>3. DÉVELOPPEMENT</b>								
• Herbicides Post	(ℓ)	-	36,7	-	36,7	-	36,7	-
• Insecticides	(ℓ)	-	21,8	-	21,8	-	21,8	-
• Fongicides	(ℓ)	-	-	-	-	-	-	-
<b>Sous-total</b>			<b>58,5</b>		<b>58,5</b>		<b>58,5</b>	<b>58,5</b>
<b>4. RÉCOLTE+TRANSPORT</b>	(US\$/ha)	<b>2150</b>	25,8	<b>2715</b>	32,6	<b>3273</b>	39,3	<b>3343</b>
<b>5. COÛTS FIXES</b>	(US\$/ha)	-	45,0	-	45,0	-	45,0	-
<b>6. COÛTS TOTAUX</b>	(US\$/ha)	-	266,1	-	315,3	-	264,9	-
<b>7. RECETTES<sup>1</sup></b>	(US\$/ha)	<b>2150</b>	257,8	<b>2715</b>	325,8	<b>3273</b>	392,8	<b>3343</b>
<b>8. MARGES NETTES</b>	(US\$/ha)	-	-8,3	-	+10,5	-	+127,9	-
<b>9. PRIX D'EQUILIBRE</b>	(US\$/sc)	-	7,42	-	6,97	-	4,85	-

1. Prix = 7,2 US\$/60 kg (le prix a varié entre 6,5 et 7,8 US\$/60 kg)

Productivité

SOURCE: L. Séguay, S. Bouzinac, CIRAD-CA/SCV; A. C. Maronezzi, AGRONORTE - Sinop/MT - 2002

**FIG. 28 : COÛTS DE PRODUCTION COMPARÉS DU SOJA CYCLE MOYEN (M 8914) SUR DISCAGE ET SUR SEMIS DIRECT,  
AVEC 2 NIVEAUX DE FUMURE**

**AGRONORTE/CIRAD - Sinop/MT - 2001/2002**

	MONOCULTURE X DISCAGES CONTINUS				MEILLEURES ROTATIONS EN SEMIS DIRECT			
	FUMURE FAIBLE 10N+50P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +50K <sub>2</sub> O		FUMURE MOYENNE 18N+90P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +90K <sub>2</sub> O		FUMURE FAIBLE 10N+90P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +90K <sub>2</sub> O		FUMURE MOYENNE 16N+90P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +90K <sub>2</sub> O	
	Unité	Quantité	Coûts (US\$/ha)	Quantité	Coûts (US\$/ha)	Unité	Quantité	Coûts (US\$/ha)
<b>1. PRÉ-SEMIS</b>								
• Travail du sol	(h)	3,1	42,2	3,1	42,2	-	-	-
• Herbicide total	(ℓ)	-	-	-	-	4,5	20,3	4,5
• Application	(h)	-	-	-	-	0,6	6,3	0,6
<b>Sous-total</b>			<b>42,2</b>		<b>42,2</b>		<b>26,6</b>	<b>26,6</b>
<b>2. SEMIS</b>								
• Semences	(kg)	60	30,0	60	30,0	60	30,0	60
• Traitement de semences	(ℓ)	-	4,5	-	4,5	-	4,5	-
• Fumure NPK (4-20-20)	(kg)	250	53,0	450	95,4	250	53,0	450
• Opération	(h)	0,6	12,5	0,6	12,5	0,7	13,4	0,7
<b>Sous-total</b>			<b>100,0</b>		<b>142,4</b>		<b>100,9</b>	<b>143,3</b>
<b>3. DÉVELOPPEMENT</b>								
• Herbicides Post	(ℓ)	-	36,7	-	36,7	-	36,7	-
• Insecticides	(ℓ)	-	21,8	-	21,8	-	21,8	-
• Fongicides	(ℓ)	-	-	-	-	-	-	-
<b>Sous-total</b>			<b>58,5</b>		<b>58,5</b>		<b>58,5</b>	<b>58,5</b>
<b>4. RÉCOLTE+TRANSPORT</b>	(US\$/ha)	<b>2730</b>	32,8	<b>3315</b>	39,8	<b>3978</b>	47,7	<b>4367</b>
<b>5. COÛTS FIXES</b>	(US\$/ha)	-	45,0	-	45,0	-	45,0	-
<b>6. COÛTS TOTAUX</b>	(US\$/ha)	-	278,5	-	327,9	-	278,7	-
<b>7. RECETTES<sup>1</sup></b>	(US\$/ha)	<b>2730</b>	327,6	<b>3315</b>	397,8	<b>3978</b>	477,4	<b>4367</b>
<b>8. MARGES NETTES</b>	(US\$/ha)	-	+49,1	-	+69,9	-	+198,7	-
<b>9. PRIX D'EQUILIBRE</b>	(US\$/sc)	-	6,12	-	5,93	-	4,20	-

1. Prix = 7,2 US\$/60 kg (le prix a varié entre 6,5 et 7,8 US\$/60 kg)

Productivité

SOURCE: L. Séguay, S. Bouzinac, CIRAD-CA/SCV; A. C. Maronezzi, AGRONORTE - Sinop/MT - 2002

# FIG. 29 : PÔLE BRÉSIL AGRICULTURE DURABLE

## Lieux d'intervention et partenariats

**1. Sinop**   
 CIRAD SCV  
 AGRONORTE  
 CIRAD COTON  
 USP - CENA 

**2. Deciolândia**   
 CIRAD SCV  
 MAEDA  
 CIRAD COTON  
**USP - CENA**   
 EMBRAPA/CNPMA

**3. Campo Verde**   
 CIRAD COTON  
 CIRAD SCV  
 COODETEC  
 FAZ. MOURÃO  
**USP - CENA** 

**4. Primavera do Leste**   
 CIRAD COTON  
 COODETEC

**5. Montividiu**   
 CIRAD SCV  
 EMBRAPA/CNPMA  
 et CPAC  
 GAPES  
**(USP-CENA, UFG,  
 FESURV, UNB, INRA, IRD)** 

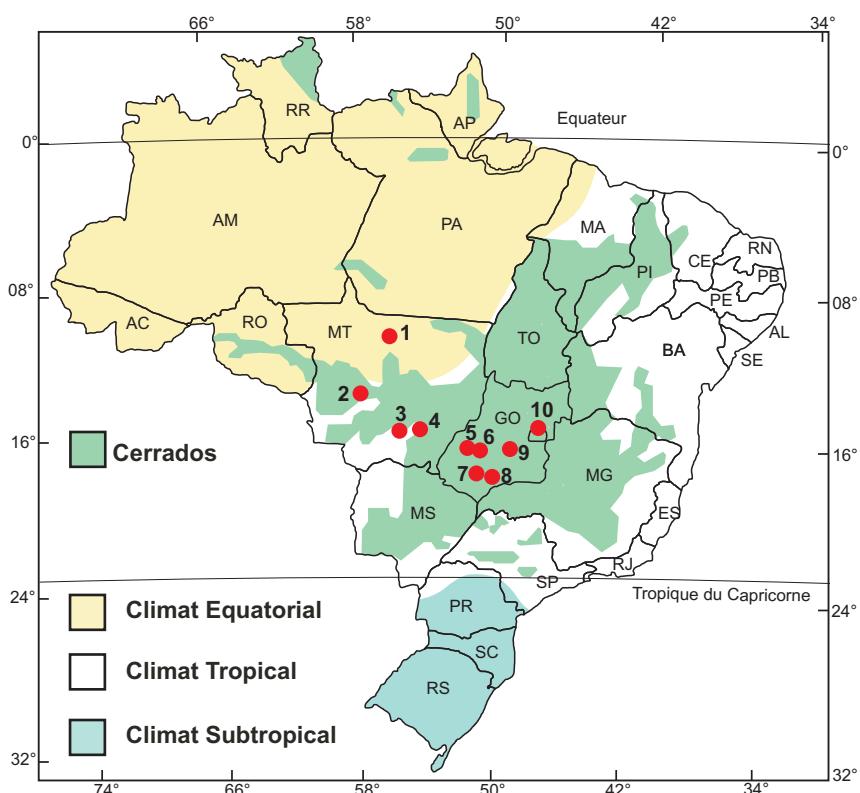
**6. Rio Verde**   
 CIRAD COTON  
 CIRAD SCV  
 COODETEC  
**USP - CENA** 

**7. Porteirão**   
 CIRAD SCV  
 MAEDA  
**USP - CENA**   
 EMBRAPA/CNPMA

**8. Bom Jesus**   
 CIRAD SCV  
 MAEDA  
**USP - CENA**   
 EMBRAPA/CNPMA

**9. Goiânia**   
 CIRAD SCV  
 EMBRAPA/CNPMA  
 et CPAC  
**(USP-CENA, UFG,  
 UNB, INRA, IRD)** 

**10. Brasília**   
 CIRAD SCV  
 EMBRAPA/CPAC  
**(UNB, INRA, IRD)**



### SYSTÈMES DE CULTURE DURABLES EN SEMIS DIRECT

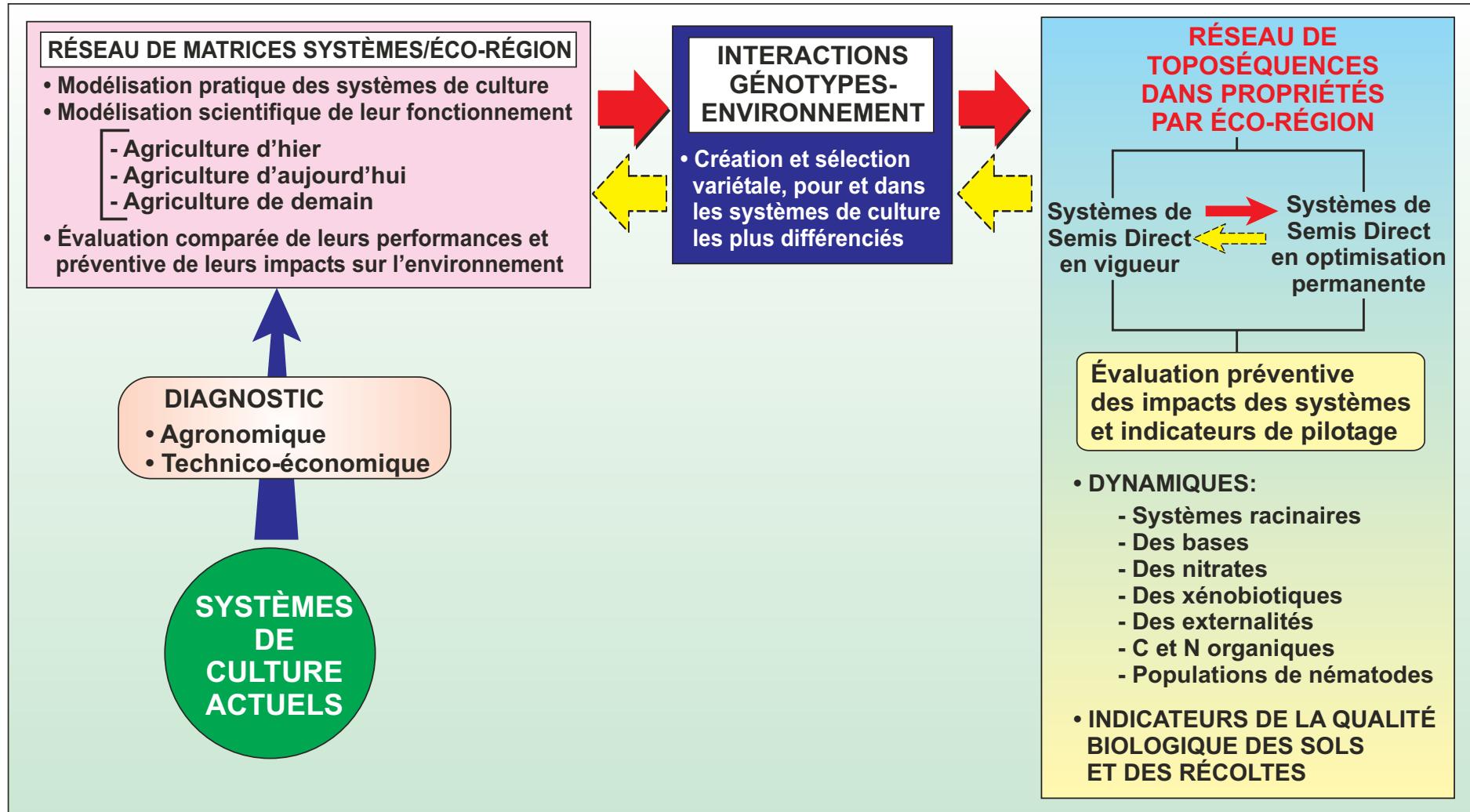
 À base de COTON, SOJA, Riz, Maïs, Safrinhas

 À base de SOJA, RIZ, MAÏS, Safrinhas, Élevage

 Matrices systèmes de culture en milieu contrôlé

 Conseil de gestion, animation; CIRAD/SCV

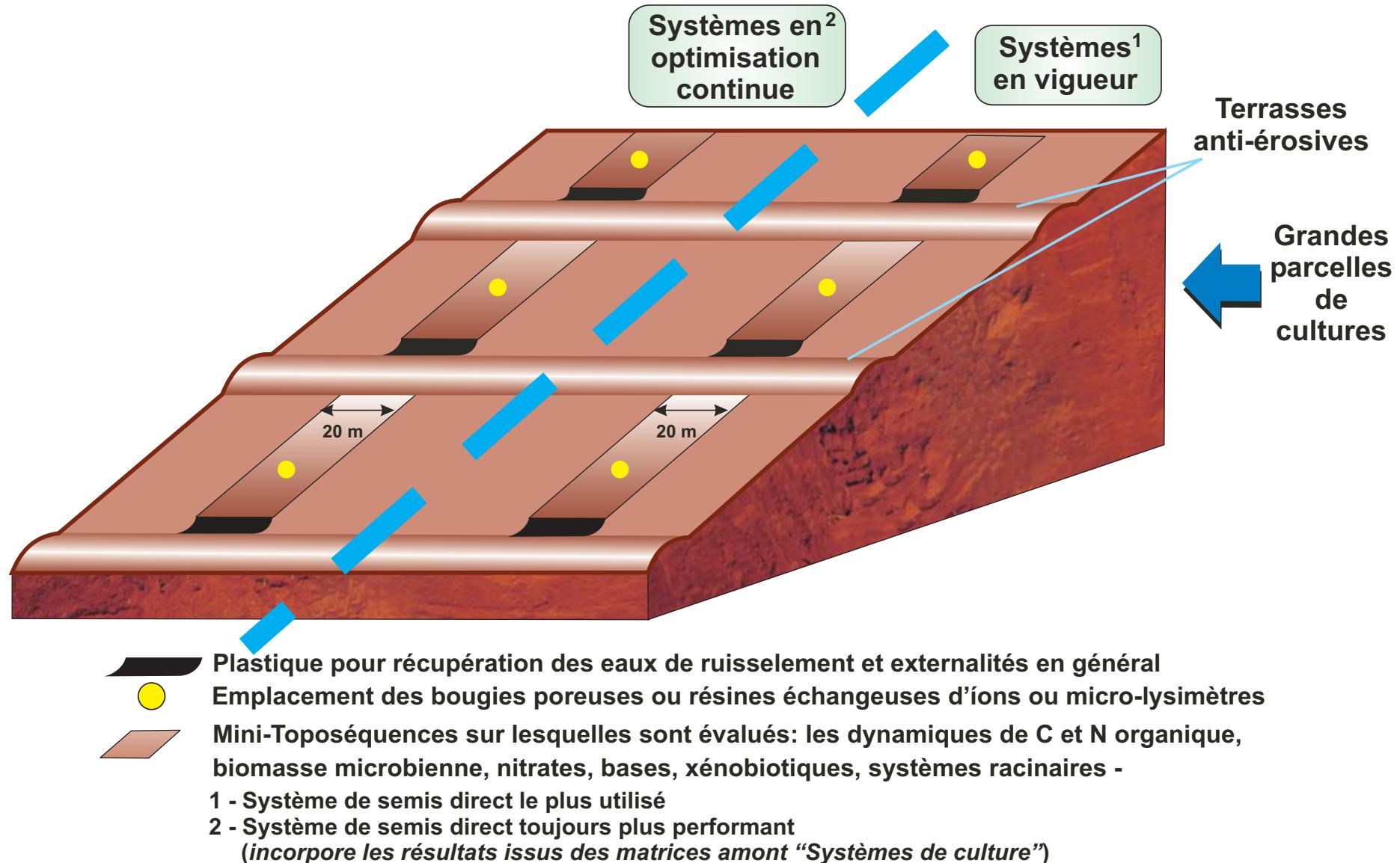
## FIG. 30 : MÉTHODOLOGIE D'INTERVENTION DE LA RECHERCHE-ACTION POUR, AVEC ET CHEZ LES AGRICULTEURS



SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, E. Scopel, J. M. Douzet, J. L. Belot, J. Martin, M. Corbeels, CIRAD-CA

## FIG. 31 : TOPOSÉQUENCES x SYSTÈMES DE CULTURE EN ÉVOLUTION

• Optimisation continue des systèmes et suivi de leurs impacts sur l'environnement



## **FIG. 32 DÉMARCHE DE RECHERCHE**



**LA RECHERCHE DOIT ÊTRE EN PRISE DIRECTE ET PERMANENTE AVEC LES RÉALITÉS**

- Synergie entre disciplines
- Synergie entre recherche et acteurs du développement (*Recherche-Action*)



**LA RECHERCHE DOIT ANTICIPER SUR LE PROCESSUS DE PRODUCTION =**

**"IL VAUT MIEUX PRÉVENIR QUE GUÉRIR"**



- Modélisation anticipée des systèmes de culture par rapport à leur adoption par les agriculteurs.



- Évaluation des performances des systèmes et de leurs impacts sur le milieu, avant leur adoption

**NÉCESSITÉ DE DÉVELOPPER UNE DÉMARCHE HOLISTIQUE ET HEURISTIQUE, POUR ORIENTER, PILOTER, OPTIMISER LES RECHERCHES THÉMATIQUES EN FAVEUR DU DÉVELOPPEMENT DURABLE**

## **FIG. 33 COMMENT ATTEINDRE CES OBJECTIFS?**

**DÉVELOPPER LES RELATIONS INTERINSTITUTIONNELLES  
ENTRE EMBRAPA, CNPq, UNIVERSITÉS ET INSTITUTIONS  
INTERNATIONALES, POUR:**

-  **ENTREPRENDRE DES RECHERCHES CONJOINTES DANS  
LES RÉALITÉS AGRICOLES ACTUELLES;**
-  **BÂTIR LES SYSTÈMES DE CULTURE DURABLES DU  
FUTUR, POUR, AVEC ET CHEZ LES AGRICULTEURS,  
VISANT ET RESPECTANT TOUJOURS LA QUALITÉ  
BIOLOGIQUE DES SOLS ET DES PRODUITS;**
-  **CONSTRUIRE DES BANQUES DE DONNÉES NATIONALES,  
RÉGIONALES ET PAR GRANDES ÉCO-RÉGIONS SUR  
L'ÉVOLUTION DES PERFORMANCES ET DES IMPACTS  
DES SYSTÈMES DE CULTURE.**
-  **DÉVELOPPER DES OUTILS DE DIAGNOSTIC ET  
D'ÉVALUATION DE ROUTINE POUR LA FERTILITÉ  
DU SOL, ACCESSIBLES À TOUS**
  - Au delà de la chimie,  
 **Propriétés physico-biologiques**



**REVALORISER LA BIOLOGIE  
PILIER DE SUSTENTATION  
DU SEMIS DIRECT**

# FIG. 34 LES GRANDES THÈMATIQUES

## 1. MIEUX MAÎTRISER LE SEMIS DIRECT SUR COUVERTURE PERMANENTE POUR UNE GESTION ORGANO-BIOLOGIQUE DU SOL, DURABLE, LUCRATIVE ET À MOINDRE COÛT.

La M. O. est le pilier de soutènement du Semis Direct avec minimum d'intrants chimiques

\* *Aujourd'hui prédomine dans le milieu réel le système Semi-Direct où les passages d'offset pour planter les cultures de succession consomment la M. O. de l'horizon 0-5 cm*

## 2. RECHERCHER LES INDICATEURS LES PLUS PERTINENTS POUR CARACTÉRISER LES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES, BIOLOGIQUES ET LA QUALITÉ DES SOLS:

- Suggestions:
- (+) Biomasse microbienne
  - (+) Faune, microflore
  - (+) Profil racinaire (*résultante de ces propriétés*)
  - (+) Evolution, dans les systèmes de DA, DR, IS, K, et leurs relations
  - (+) Typologie des agrégats et stabilité

## 3. ÉVALUATION DES IMPACTS DES SYSTÈMES DE CULTURE SUR LE SOL

DYNAMIQUES FONDAMENTALES À ÉTUDIER SIMULTANÉMENT:

- C, N organique
  - Bases, P
  - Nitrates
  - Xénobiotiques
- x [ ]
- À l'échelle de la parcelle
  - À l'échelle de l'unité de paysage
- Sur les systèmes dans les diverses régions

## 4. DÉVELOPPER DES AGRICULTURES ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE EN SEMIS DIRECT

Pour les cultures annuelles mais aussi les cultures pérennes, visant en priorité les agricultures familiales (*valorisation des produits pour ceux qui produisent peu*)

**FIG. 35 MEILLEURES BIOMASSES COMME PRÉCÉDENTS POUR TOUTES LES CULTURES EN SEMIS DIRECT: SOJA, RIZ, MAÏS, COTON, etc... IMPLANTÉS EN SEMIS DIRECT APRÈS SOJA DE CYCLE COURT (95-105 jours) OU INTERMÉDIAIRE (105-115 jours)**

	Maïs <sup>1</sup> + <i>Brachiaria r.</i>	Sorgho <sup>1</sup> + <i>Brachiaria r.</i>	Éleusine <sup>1</sup> <i>coracana</i>	Éleusine cor. <sup>1</sup> + <i>Cajanus c.</i>	Éleusine cor. <sup>1</sup> + <i>Crotalaria sp.</i>	<i>Brachiaria r.</i> + <i>Cajanus c.</i>
<b>PRINCIPAUX EFFETS<sup>2</sup></b>						
• Porosité	++	++	+++	+++	+++	+++
• Carbone	++	+++	+++	+++	+++	+++
• Contrôle adventices	++	+++	++	+	+	+++
• Fixation N	-	-	++	+++	+++	++
• Intégration Grains-Elevage	++	++	++	++	+	+++
• Activité de la biomasse durant la saison sèche	++	++	-	++	-	+++

1 - Variétés CIRAD

2 - + = bon; ++ = très bon; +++ = excellent

SOURCE: AGRONORTE - COODETEC - CIRAD/CA - Goiânia, 2002

**PROJETO SISTEMAS DE CULTIVO SUSTENTÁVEIS  
EM PLANTIO DIRETO, INTEGRANDO PRODUÇÃO  
DE GRÃOS E PECUÁRIA NOS TRÓPICOS ÚMIDOS  
NO SUL DA AMAZÔNIA**

**ANO 2001/2002**

**Ecologias de Florestas e de Cerrados Úmidos Sobre  
Latossolos do Centro-Norte do Mato Grosso**

**L. Séguy, S. Bouzinac, J. Taillebois / CIRAD-CA  
A.C. Maronezzi, L. Saucedo / AGRO NORTE**

## 1.1 FICHA RESUMIDA DO PROJETO

**Título : Sistemas de cultivo em Plantio Direto, integrando produção de grãos e pecuária nos Trópicos Úmidos (TU), no sul da bacia amazônica**

### 1. Apresentação

**Região :** Ecossistemas dos cerrados e das florestas úmidas do Centro-Norte do Mato Grosso (*Frente pioneira do Centro Norte MT, com testes no Sul e Oeste do MT*).

**Solos :** Latossolos vermelhos amarelos sobre rocha ácida, sob forte pluviometria (*1.800 até 3.000 mm por ano*).

**Contexto agro-sócio-econômico :** Agricultura mecanizada comercial que iniciou o desmatamento no início dos anos 80, e criou um polo de verdadeiro desenvolvimento agrícola sobre mais de 1,5 milhão de hectares (*infraestruturas, créditos, indústrias de transformação, verticalização*). As principais produções são soja, arroz de sequeiro, milho e algodão, e obviamente a pecuária extensiva (*no início do projeto, era separada da produção de grãos*).

### 2. Parceria

Empresa privada AGRONORTE, e produtores líderes em várias regiões do MT.

**3. Pesquisadores :** Lucien Séguy et Serge Bouzinac – CIRAD-CA Programa GEC

### 4. Financiamentos :

- **CIRAD :** Salário dos 2 pesquisadores + viagens Brasil-França.
- **AGRONORTE :** Financia as unidades de Sinop (150 ha) e em 5 grandes regiões do MT ( $\pm$  150 ha), quase 300.000 US\$/ano, incluindo um apoio de 36.000 US\$/ano para o funcionamento local da equipe CIRAD - CA.

### 5 e 6 . Temática e andamento do projeto :

Iniciado em 1983, em colaboração com EMBRAPA/CNPAF e o produtor privado Sr. Munefume Matsubara (*da Fazenda Progresso*) até 1992, em seguida com a COOPERTLUCAS entre 1992 e 1995, e a partir de 1996 com a Prefeitura de Sinop e a empresa privada de pesquisa AGRONORTE, elaboramos e aplicamos um método participativo de criação-difusão de novos sistemas de cultivo trabalhando com e para os agricultores nas suas fazendas (*vide numerosos documentos sobre metodologia produzido pela equipe*). Após ter diagnosticado os fatores limitantes desta agricultura pioneira (*preparo do solo contínuo com gradagens combinado com monoculturas de soja ou de arroz, acarretando erosões catastróficas e falências rápidas*), nos criamos novos sistemas de cultivo a base de rotações (*arroz, soja e milho*) e de preparo profundo do solo. Porém, a partir de 1990, tendo em visto as importantes perdas de Matéria orgânica do solo sobre todos os sistemas usando modos de preparo mecanizado dos solos, nos reorientamos toda a criação-difusão para sistemas em Plantio Direto (*SPD*), sem nenhum preparo de solo. Os novos SPD preservam o ambiente e integram produção de grãos e pecuária e são a cada ano mais performantes: otimização da relação custo/benefício através da redução drástica dos custos de produção, para alcançar produtividades maiores a cada ano, com facilidade de execução e flexibilidade dos equipamentos maiores. Estes sistemas, todos em Plantio Direto, podem integrar a pecuária por rotação de 3 ou 4 anos de culturas (*arroz, soja, algodão + safrinhas de milheto, sorgo, pé de galinha...*), ou por sistemas sobre coberturas vivas forrageiras nas quais se produz em Plantio Direto grãos como soja ou algodão em cima de *Cynodon Tifton 85*, ou como arroz, milho ou algodão em cima de *Arachis pintoii*.

A formação dos atores do desenvolvimento e a criação de material genético de ponta nos SPD (*otimização das relações genótipos x modos de gestão do solo preservadores*) também são as 2 prioridade essenciais deste projeto (*principalmente para o arroz, o algodão, a soja e novas espécies introduzidas para produção de biomassa de cobertura*).

### Principais resultados

Este projeto concebeu as técnicas de Plantio Direto adaptadas às regiões tropicais quentes e úmidas, as colocou em prática, contribui amplamente a sua difusão e transferiu-as, adaptou-as para outras condições pedoclimáticas e sócio-econômicas tropicais e subtropicais (*o Plantio Direto cobre hoje 14 000 000 ha no Brasil, dos quais mais*

*de 4 000 000 ha nos Cerrados, e está se desenvolvendo em Madagascar, na Ilha da Reunião, na África e na Ásia).*

Este projeto também criou métodos de trabalho eficientes tanto para :

- dar soluções imediatas e sustentáveis para os agricultores (*sistemas, variedades, indicadores de fertilidade, ...*),
- promover e construir uma verdadeira revolução agrícola tropical sustentável,
- produzir conhecimentos científicos decisivos para a gestão sustentável dos solos do planeta - ao menor custo (*funcionamento, modelagem do funcionamento dos sistemas de cultivo, avaliação dos impactos no ambiente e nos homens que o cultivam, etc...*),
- Este projeto foi descrito em 2 "números especiais" inteiros da revista "*Agriculture et Développement*" em línguas francesa e inglesa:
  - + **Agriculture au Brésil : l'avancée des fronts pionniers, monoculture de soja ou rotation ?, semis direct la solution durable** – N° 12 – Décembre 1996 ;
  - + **Brazilian frontier agriculture – Special issue** – November 1998 ;
  - + e numerosas publicações internas CIRAD, nas revistas brasileiras especializadas e na imprensa brasileira (*Vide publicações em anexo*).

## 7. Perspectivas

Continuação dos avanços em Plantio Direto com diversificação das safrinhas, culturas de sucessão atrás da soja e do arroz: *Eleusine coracana*, *Echinochloa sp.*, *Coix lacryma jobi*, novas cultivares de milhetos e de sorgos. No ano 2000, a AGRONORTE lançou a *Eleusine coracana*, que se torna uma nova opção de safrinha, permitindo uma aração biológica pelo seu potente sistema radicular e propiciando a integração agricultura-pecuária. E no ano 2001, foi lançado em mais de 40.000 ha uma nova cultivar de arroz de sequeiro de alta tecnologia e de excelente qualidade de grão : Sucupira.

Um convênio CIRAD-CA programa GEC / AGRONORTE foi assinado em junho 2000 para 6 anos, assim como outro convênio entre AGRONORTE e o programa CALIM do CIRAD-CA sobre o arroz híbrido, reforçando nossa cooperação (*James Taillebois está liderando este programa*).

Enfim, o CIRAD-CA de Goiânia transfere e adapta estes modos de gestão sustentável dos solos tropicais em Madagascar, na Ilha da Reunião, e mais recentemente na África (*Tunísia, Camarões, Mali*) e na Ásia (*Laos, Vietnam*), num amplo acordo internacional de cooperação reunindo a AFD o MAE, o FFEM e o CIRAD, que é a operadora principal (*L. Séguy é o animador científico deste vasto projeto tropical na gestão sustentável do patrimônio solo*).

No início de janeiro de 2001, passamos sob o estatuto de pesquisadores em cooperação com a Universidade de São Paulo (*USP- Laboratório de Biogeoquímica CENA de Piracicaba-SP*), que estudará a seqüestração do carbono nas nossas unidades de pesquisa sobre os sistemas de cultivo sustentáveis.

Enfim, em junho 2002, de comum acordo, a parte do projeto tratando dos sistemas de cultivo sustentáveis em Plantio Direto parou após 5 anos de cooperação efetiva e muita frutífera entre a AGRONORTE e o CIRAD-CA. AGRONORTE dispõe agora de uma equipe de difusão dos sistemas em PD diversificados que deve assumir plenamente sua missão de difusão, transferência, formação em grande escala, a respeito da agricultura sustentável nos trópicos úmidos.

O CIRAD-CA e a AGRONORTE prosseguem sua cooperação na criação de híbridos de arroz de sequeiro.

## 1.2 SÍNTESE DOS PRINCIPAIS RESULTADOS 1997/2001

### SISTEMAS SUSTENTÁVEIS DE CULTIVO E DE PRODUÇÃO

#### Gestão organo-biológica dos latossolos nos Trópicos Úmidos (*Cerrados e Florestas*) - Lucien SEGUY, Serge BOUZINAC

Convênio de pesquisa MAEDA / CIRAD (1995-2002) e AGRONORTE/CIRAD (1997-2006)

Lucien Séguy et Serge Bouzinac (*CIRAD-CA/Gec*), James Taillebois (*CIRAD-CA/Calim*),

Edson e Adélcio Maeda, Milton Akio Ide (*MAEDA*), Angelo Carlos Maronezzi (*AGRONORTE*)

No Brasil, nas regiões agrícolas tradicionais assim como nas frentes pioneiras do Sul da Amazônia, o uso indiscriminado de grades e as monoculturas de soja e de algodão desestruturaram totalmente os solos e encareceram os custos de produção por causa do aumento da erosão dos solos, da proliferação das invasoras, das pragas e das doenças. Desde 1985, a equipe do CIRAD, com diversos parceiros brasileiros, se focalizou no Plantio direto (*PD*) na região dos Cerrados, das florestas úmidas do sul da bacia amazônica e das florestas tropicais do Brasil Central. Este projeto concebeu sistemas de cultivo muito diversificados, em Plantio Direto (*PD*), adaptados aos trópicos úmidos (*e particularmente para culturas consideradas difíceis tais como algodão e arroz de sequeiro*), e contribuiu amplamente na sua difusão, adaptando-os para demais condições pedoclimáticas e socio-econômicas tropicais e subtropicais. Atualmente, este trabalho se realiza graças aos convênios de pesquisa com o grupo MAEDA (*primeiro produtor privado de algodão do Brasil nos estados de SP, GO e MT*) e com a AGRONORTE (*empresa privada de pesquisa no MT*), assim como colaborações com agricultores líderes. O objetivo deste projeto é : 1) a elaboração dos sistemas inovadores em PD, e a melhoria de suas performances agro-econômicas através da redução dos custos de produção e de sua capacidade em seqüestrar carbono; 2) a criação de material genético dentro dos sistemas em PD; 3) o treinamento dos atores do desenvolvimento. Os trabalhos estão principalmente focados para as culturas de arroz, algodão, soja e as novas espécies introduzidas para a produção de biomassas em safrinhas, culturas em sucessão do arroz, da soja ou do milho, praticadas com insumos mínimos ou até sem insumos. Os sistemas testados, todos em PD, podem integrar a pecuária a cada ano, seja com rotações combinando 3 ou 4 anos de culturas em PD sobre biomassas de cobertura com 3 ou 4 anos de pastagens, seja com sistemas sobre coberturas vivas forrageiras nas quais se produz grãos em PD (arroz, soja, milho, algodão).

A produtividade dos sistemas de cultivo está correlata com a importância da biomassa de cobertura: a soja e o arroz de sequeiro longo fino, praticados com insumos mínimos produzem entre 3.000 e 3.600 kg/ha com custos de produção variando entre 310 e 340 US\$/ha. Na presença de maiores insumos (*mais adubos, e fungicidas no arroz*), a soja produz mais de 4.200 kg/ha (*máximo de produtividade registrado de 7.000 kg/ha*) e o arroz de sequeiro oscila entre 6.000 e 7.000 kg/ha (*rendimento máximo de 9.000 kg/ha*) nos melhores sistemas em Plantio Direto, com custos de produção respectivos de 370 e 530 US\$/ha.

Com o lançamento, no ano 2000 pela AGRONORTE, da *Eleusine coracana* ("pé de galinha") como biomassa de cobertura, um novo avanço na melhoria do Plantio Direto foi realizado. Esta planta constitui a máquina mais potente conhecida hoje para, num período de tempo curto, reestruturar o solo e injetar quantias expressivas de carbono no perfil cultural, participando assim da seqüestração ativa deste elemento. Com novos cultivares de milheto e de sorgo, pouco sensíveis ao fotoperiodismo e capazes de utilizar a água profunda, a *Eleusine* é uma opção para a diversificação das safrinhas, até em plantio tardio, com excelente aptidão forrageira.

No que diz respeito ao algodão, o projeto se concentrou a partir do ano 2000 no Mato Grosso, o qual produz 50% do algodão brasileiro, e onde o grupo MAEDA planta mais de 10.000 ha em Plantio Direto. A produtividade do algodão caroço em PD varia entre 3.300 e 5.200 kg/ha (220 e 345 @/ha) em função do nível de insumos, com custos de produção de 1.200 para 1.600 US\$/ha. A cultivar CD 402 (*criação CIRAD-CODETEC*) confirma sua alta produtividade (*até 3 t/ha de algodão caroço*) e boa estabilidade em PD de safrinha com baixo nível de insumos (*com custos de produção aproximadamente 50% inferiores aos praticados pelos agricultores*).

Mais de 200 novas variedades de arroz, com aptidões irrigadas produtivas (*de 6 a 9 t/ha*) foram identificadas em Plantio Direto. Uma nova cultivar de arroz de sequeiro de alta tecnologia (*Sucupira*), foi lançada para mais de 40.000 ha.

Enfim, os pesquisadores do CIRAD-CA Goiânia contribuiram fortemente a transferência e à adaptação destes modos de gestão sustentáveis dos solos tropicais em Madagascar, na Ilha da Reunião, e mais recentemente na Tunísia, nos Camarões e no Mali (África), no Laos e no Vietnam (Ásia) graças a um amplo acordo internacional de cooperação reunindo a AFD, o MAE, o FFEM e o CIRAD que é a operadora principal; L. Séguy é o animador científico desta rede CIRAD no Plantio Direto (projeto SCV).

Uma nova parceria foi iniciada a partir de 2001 com o Laboratório de Biogeoquímica CENA da USP de Piracicaba (Dr. Carlos Cerri em cooperação com C. Feller e V. Eschenbrenner do IRD), para o estudo da dinâmica do carbono nos sistemas de cultivo. O dispositivo de campo do CIRAD que trata da criação de sistemas inovadores em PD, deverá servir de suporte para o estudo comum da dinâmica do carbono nestes sistemas.

## TREINAMENTO E FORMAÇÃO

*Numerosas visitas de produtores e de agrônomos brasileiros a cada ano.*

### VISITAS :

- 1) **janeiro 2000 : visita de 15 agricultores franceses e de uma missão da AFD (5 responsáveis)** para conhecer a abrangência e os progressos do Plantio Direto no Brasil (Paraná e Mato Grosso) assim como os métodos e os avanços da Pesquisa-Ação no MT.
- 2) **Em maio 2000 : Visita de A. Capillon, diretor do CIRAD-CA e de P. Fabre, chefe do programa CALIM** para assinar os convênios com AGRONORTE e visita das experimentações em meios real e controlado.
- 3) **Em fevereiro 2001 : Visita de agricultores franceses em busca de novas tecnologias de gestão do solo.** Visita principalmente no Mato Grosso sobre as performances técnico-econômicas do Plantio Direto.

### Siglas

<b>AGRO NORTE</b>	Empresa privada de pesquisa, Brasil Entreprise privée de recherche, Brésil
<b>AFD</b>	Agencia Francesa para o Desenvolvimento, França Agence Française pour le Développement, France
<b>IRD</b>	Instituto Francês para o Desenvolvimento, França Institut de Recherche pour le Développement, France
<b>MAE</b>	Ministério das Relações Exteriores, França Ministère des Affaires Etrangères, France
<b>MAEDA</b>	Grupo privado, 1º produtor de algodão no Brasil Groupe privé, 1º producteur de coton au Brésil
<b>FFEM</b>	Fonds Français pour Environnement Mondial, France Fundo Francês para o Meio ambiente Mundial
<b>CENA-USP</b>	“Centro de Energia Nuclear para Agricultura” -Universidade de São Paulo, SP, Brasil «Centre d'énergie nucléaire pour l'agriculture » -Université de São Paulo, SP, Brésil

## 1.3 DESTAQUES 2002 E PUBLICAÇÕES

### 1.3.1 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E CULTURAIS MUITO PENALIZADORAS PARA O CULTIVO DO ARROZ DE SEQUEIRO:

- 14 dias sem chuvas e 73mm em 24 dias no emborrachamento - floração da maioria das variedades, seja na fase de sensibilidade máxima ao déficit hídrico (*ETP do arroz entre 7 e 9 mm/dia*) [Vide Fig. 1].
- Este período de seca severa excepcional foi precedida por uma fase de fortíssima fitotoxicidade causada pelo herbicida graminicida Panther (*Quizalofop - P. Tefuril*), ainda não metabolizado no início da seca.
- Em resumo, condições gerais de cultivo muito limitantes para nossos objetivos de altíssima produtividade, superiores a 6-8 ton./ha.

### 1.3.2 EVOLUÇÃO DA FERTILIDADE DOS SOLOS EM FUNÇÃO DOS SISTEMAS DE CULTIVO :

- O acompanhamento, sobre 10 anos, da evolução das propriedades físico-químicas dos solos sob sistemas de cultivo mais diferenciados evidencia :

a) **Uma confirmação: as dinâmicas de C, da CTC, de V%,** avaliadas nos 5 últimos anos concordam com as registradas no decorrer dos 3 primeiros anos, seja :

- Ganhos de C sobre todos os sistemas em PD na camada 0-10 cm e até no nível 10-20 cm, quando uma gramínea perene for usada como cobertura viva [*Cynodon Tifton*, Fig 2 e3]; os ganhos de C variam de 8% a mais de 35% em função da natureza dos sistemas no horizonte 0-10 cm, e os mais performantes são aqueles onde predominam as gramíneas reestruturadores (*anuais como Eleusine cor.*, *perenes como Tifton*). [Fig 3 ].

b) **As variações da CTC acompanham as do Carbono:** com os sistemas em PD aumenta a capacidade de retenção das bases; essas (*Ca, Mg, K*) e os micronutrientes tais como *Cu* e sobretudo *Mn* e *Zn* se acumulam significativamente na superfície nos SPD, nos quais as leguminosas vivas e muito possantes permanecem pelo menos 2 anos (*Arachis pintoi*, *Stylosanthes guyanensis*) [Fig. 4, 5, 6, 7 e 8]; estas leguminosas mostram uma capacidade excepcional em reciclar as bases e esses micronutrientes, dispensando a aplicação de corretivos calcio-magnesiano (*economia de adubos minerais*).

c) **A análise dos agregados nas camadas 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm**, evidenciam que após 5 anos debaixo de todos os sistemas em PD, o perfil cultural reencontra um estado estrutural próximo ao dos ambientes naturais originais (*Floresta, Cerrado*), com MWD (*índices que caracterizam o estado e a estabilidade da agregação*) oscilando entre 4 e 5 para os melhores sistemas que são os que utilizam as gramíneas altamente reestruturadoras perenes (*tipo Tifton*) ou anuais (*Eleusine cor.*) [Fig. 9 , L. Séguay, S. Bouzinac, 2001].

\* *É importante de levar em conta na análise do estado de agregação do solo que o tratamento gradagem sempre foi mínimo, pouco intenso (uma gradagem pesada + uma leve).*

### **1.3.3 AVANÇOS DOS SISTEMAS DE CULTIVO:**

- . Com o passar do tempo, a prática do Plantio Direto sobre forte biomassa propicia ganhos de produtividade em constante progressão nas culturas em rotação (*exceto no caso de uma ocorrência climática adversa maior*).

#### **a) Na cultura da soja**

- Na presença de uma baixa adubação mineral (*vizinha das exportações pelos grãos em P, K e micronutrientes*) e de variedades de soja de ciclo intermediário ou médio, o diferencial de produtividade entre os melhores SPD e o sistema "gradagem x monocultura" cresce a cada ano; a partir do 4º ano, alcança mais de 35% a favor do SPD, e até mais de 40% no 5º ano: o rendimento de soja de ciclo intermediário ultrapassa 3.200 kg/ha em SPD contra 2.150 kg/ha no preparo convencional; o do ciclo médio, nas mesmas condições, é de 3.980 kg/ha contra 2.730 kg/ha [Fig. 10 e 11 ].
- A análise da evolução da produtividade da soja demonstra a economia marcante de adubo mineral decorrente da gestão organo-biológica do solo em PD:
  - quaisquer que sejam as variedades, a produtividade da soja é sempre maior no "PD x nível de adubação baixo" do que no preparo convencional com adubação mineral dupla [Fig. 10, 11, 12 e 13 ].
- Os ganhos de produtividade de soja entre sistemas em PD e convencional (*gradagem x monocultura*) estão comandados pelo ciclo da cultivar e pelo nível de adubação:
  - Com material genético de ciclo curto a intermediário, potencialmente limitado, os ganhos de produtividade são sempre bem maiores na presença do nível baixo de adubação mineral; quanto maior a adubação mineral, menor fica a diferença de produtividade [Fig. 14 e 16 ].
  - Com material genético de ciclo médio, de potencial produtivo maior, os ganhos de produtividade em PD estão muito importantes e de mesma amplitude tanto na presença de adubação baixa quanto na adubação dupla de nível médio, a mais usada pelos agricultores (*ON + 80 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 80 K<sub>2</sub>O + micros*) [Fig. 15 e 16 ]; recordes de produtividade acima de 5.000 kg/ha já foram obtidos com o máximo de 7.020 kg/ha (*cultivar R3*) registrado na estação seca 2000, debaixo de irrigação.

#### **b) Na cultura de arroz de sequeiro**

- . A produtividade foi limitada neste ano, em primeiro lugar por causa do herbicida graminicida Panther de pós-emergência, e em seguida por causa de um período de seca severa em plena fase reprodutiva do arroz, como evidenciam os resultados da Tabela 1 a seguir:

**Tabela 1 Produtividade do arroz de sequeiro cv. Sucupira - 2001-2002.**

<b>Precedente cultural</b>	<b>Tecnologia Baixa</b>	<b>Tecnologia Média</b>	<b>Tecnologia Alta</b>
. Soja ciclo curto + Sorgo	1.524	3.164	2.993
. Soja ciclo longo ( <i>R3</i> ) + milheto ou sorgo ( <i>média de 2 repetições</i> )	2.911	4.394	4.376

Os precedentes sorgos em cultura pura, são frequentemente menos performantes para a produção de arroz (*alelopatia do sorgo*), confirmando os resultados dos anos anteriores.

- **Dentro das cultivares mais produtivas** nos sistemas de cultivo, se destacam:

- **em plantio precoce:** Cedro e J Pinheiro com produtividades que variam de 3.200 até mais de 5.700 kg/ha, em função do sistema e do nível tecnológico [Fig. 17]; Sucupira sempre é a pior variedade [Fig. 17].
- **em plantio tardio:** ANF 79 sempre superior as melhores testemunhas (*Maravilha e CIRAD 141*) com rendimentos indo do mínimo de 3.900 kg/ha em tecnologia baixa, a mais de 6.400 kg/ha com alta tecnologia [Fig. 18 e 19]; as cultivares ANF 20, BEST 2000 também superam as testemunhas; as variedades Sucupira e Amarelão sempre estão classificadas como menos performantes [Fig. 18 e 19].

- **O domínio dos itinerários técnicos arroz de sequeiro e em PD** é agora mais fácil com um controle mais eficiente das invasoras, graças, simultaneamente:

- ao uso do 2-4D amina, com baixa dosagem (*300 a 400 g/ha de equivalente ácido*) em pós-emergência precoce (*15 a 25 DAP*) em caso de forte infestação das invasoras dicotiledôneas no início do ciclo;
- a possibilidade de utilizar um graminicida eficaz e seletivo do arroz de sequeiro, a partir do estágio 5 folhas do arroz: o produto Cyhalofop-butyl, 0,8 l/ha do produto comercial **Clincher** da DOW basta para assegurar um ótimo controle de todas as gramíneas (*gêneros Digitaria, Eleusine, Cenchrus, Echinochloa*).

(\*) *O herbicida pré-emergente graminicida Pendimethaline está ainda recomendado quando a biomassa de cobertura estiver pouco importante na hora do plantio.*

- **Dentro dos fungicidas e misturas fungicidas** [Vide Fig. 21 a 24] que permitem controlar eficientemente o complexo fúngico patógeno das panículas e dos grãos no final do ciclo = a mistura Priori + Score (*Azoxystrobin + Difenoconazole*) na dosagem de 200 + 200 ml/ha de produto comercial aplicado na diferenciação floral e quando 5% das panículas emergirem, é recomendada para as variedades mais sensíveis tais como Sucupira e J. Pinheiro [Fig. 21 e 22].

Esta mesma mistura pode ser aplicada aos seguintes estágios: 5% da emissão da panícula e 100% da floração, para o material genético pouco ou muito pouco sensível, quando precisarem nos anos climáticos que favorecem mais os ataques fúngicos (*forte umidade, baixa insolação*) (caso das cultivares *BEST 2000, CIRAD 141*).

Em média, todas as variedades confundidas, os melhores fungicidas permitem ganhos de rendimento de 25 a 30% em relação com testemunha não tratada, seja entre 900 e 1.000 kg/ha, o que representa entre 105 e 115 US\$/ha, contra um custo dos fungicidas de 77 US\$/ha.

Para as cultivares mais sensíveis ao complexo fúngico de final de ciclo (*Sucupira, J. Pinheiro*), os ganhos de produtividade estão superiores a 100% e impõem a utilização dos melhores fungicidas [Fig. 21 e 22].

(\*) *O rendimento no beneficiamento e a qualidade do arroz beneficiado são também estreitamente dependente da qualidade do grão na colheita.*

### c) No plano econômico

- Os custos de produção do arroz e da soja em terra velha nos sistemas de cultivo PD:
  - na baixa tecnologia de 300 a 320 US\$/ha para o arroz, e de 260 a 280 US\$/ha para a soja [Fig. 25, 26, 27 e 28];
  - na tecnologia média de 500 US\$/ha para o arroz e de 380 US\$/ha para a soja (*sem aplicação de fungicidas na soja*) [Fig. 25, 26, 27 e 28 ].
- As margens líquidas, em função da variação anual dos preços pagos aos produtores na região :
  - na baixa tecnologia : de 50 a 125 US\$/ha para o arroz, e de 125 a 198 US\$/ha em função da variedade para a soja [Fig. 25, 26, 27 e 28 ];
  - na tecnologia média: de 90 a 220 US\$/ha para o arroz, e de 90 a 200 US\$/ha em função da variedade para a soja [Fig. 25, 26, 27 e 28 ].

### d) As melhores safrinhas em sucessão de arroz e da soja, nos SPD

- Numa estratégia de integração "grãos-pecuária" =
  - Sorgos CIRAD 202, 203, 440, 406 consorciados com *Brachiaria ruziziensis* ou *Stylosanthes guyanensis*;
  - Milhos variedades (*CIRAD 200, 340*) consorciados com as mesmas espécies forrageiras;
  - *Coix Lacryma-jobi* : 1 cultivar oriunda do Vietnam.
- Numa estratégia de produção exclusiva de grãos:
  - as mesmas variedades de milho e sorgo;
  - *Eleusine coracana* : cultivares PG 94, PG 5333, PG 6236, PG 6272, PG 6315;
  - Diversas cultivares de milheto do CIRAD e do ICRISAT.

(\*) Salienta-se que todo este material genético se integra também nos sistemas "grãos + pecuária" :

- Trigo mourisco = 1 variedade francesa,
- Gergelim = 2 cultivares asiáticas,
- Trigo = cv. Florence Aurore.

(\*) Os cultivares de *Eleusine coracana*, são de suma importância para os SPD, pois, além de seu poder reestruturador excepcional, sua capacidade em recarregar o perfil cultural em C e sua aptidão forrageira, eles fixam o N do ar (bactérias livres da Rhizosfera dos gêneros *Azotobacter*, *Beijerinckia*, etc...) (L. Séguay et al., 2001).

### e) Os sistemas de cultivo em Plantio Direto sem herbicidas pós-plantio

- Alternativas aos OGM (*organismos geneticamente modificados*), construídos pela via agronômica, permitam incorporar o material genético de melhor qualidade, muito diversificado, criado pelos caminhos da seleção clássica que são muito mais profícios do que os transgênicos.

- O controle das invasoras nesses sistemas se efetua através da cobertura permanente do solo que deve ao mesmo tempo:
    - ser total, importante ( $12 \text{ à } 18 \text{ t/ha MS}$ ), e de decomposição lenta,
    - possuir propriedades alelopáticas eficazes para o controle da flora local.
  - As melhores biomassas de cobertura que permitem se livrar do uso de herbicidas pós-plantio estão descritas na Figura 30.
- (\*) *Nos dominamos também numerosos SPD que dispensam não somente de herbicidas em pós-plantio nas culturas, mas também herbicidas de manejo para dessecar as biomassas antes do plantio. Tratam-se de espécies anuais que são "deitadas" na floração, em vez de ser dessecadas quimicamente. Este caminho deveria ser usado na agricultura orgânica sensu stricto. É um caminho promissor também para as pequenas agriculturas familiares que produzem pouco e necessitam muito de valorizar suas produções.*

#### **1.3.4 FORMAÇÃO-TREINAMENTO**

- Numerosas visitas de agricultores brasileiros no decorrer da cultura.
- Formação da equipe AGRONORTE, principalmente para as técnicas de criação e seleção varietal.
- Visita, no início de fevereiro (6-10/02/2002) de um grupo de agricultores franceses, patrocinados pela firma SEMEATO; visita de diversas eco-regiões e unidades experimentais do CIRAD para apreciar os fundamentos, o funcionamento das técnicas de Plantio Direto, suas perspectivas futuras e possibilidades de aplicação na França.
- \* *Estas visitas de produtores franceses são agora anuais; as competências do CIRAD a respeito da gestão sustentável dos solos estão muito conhecidas e apreciadas pelos agricultores franceses.*

#### **1.3.5 MONTAGEM DE UM POLO DE PESQUISA SOBRE A AGRICULTURA SUSTENTÁVEL NO BRASIL CENTRAL**

A parada de nosso convênio com AGRONORTE nos SPD nos levou a reorganizar nosso dispositivo de intervenção, num Polo « Agricultura Sustentável », que deve permitir ao CIRAD-CA :

- de juntar suas forças com os diversos parceiros [vide mapa na Fig. 29 ],
- de complementar e usar dispositivos de campo e metodologias de Pesquisa-Ação comuns que propiciam :
  - Produzir soluções técnicas para a agricultura sustentável, apropriáveis pelos produtores (*sistemas em Plantio Direto (SPD) preservadores do meio ambiente x material genético performante adaptado a esses sistemas*).

- Produzir conhecimentos científicos :
  - \* Funcionamento dos agrossistemas cultivados, e avaliação de seus impactos no ambiente;
  - \* Metodologia de Pesquisa-Ação;
  - \* Interações genótipo x modos de gestão dos solos e das culturas.
- Contribuir a formação de nossos parceiros brasileiros, do CIRAD e dos países parceiros do Sul.

Se o melhoramento de arroz, de soja e das demais espécies deve prosseguir ativamente (*fonte de recursos importante*), os esforços da Pesquisa-Ação deve agora, para os pesquisadores do CIRAD-CA de Goiânia, se focalizar :

- Na melhoria contínua das performances dos SPD, e notadamente na conversão mais eficiente possível do adubo mineral (*exógeno e comprado*) em adubo orgânico, o qual restituirá os nutrientes por via da mineralização (*melhor regulação dos fluxos nutricionais dentro da planta, em especial para o Nitrogênio solúvel e os açucares redutores, que constituem alimentos prediletos dos pulgões e dos fungos patógenos*).
- Na adaptação e na difusão em grande escala (*consultoria*) do Plantio Direto do arroz de sequeiro e dos sistemas integrando produção de grãos + pecuária no Brasil e nos países de nossos parceiros do sul (*África e Ásia*);
- Na animação do « Polo » e na formação de todos os atores da Pesquisa e do Desenvolvimento.

## PRINCIPAIS PUBLICAÇÕES RECENTES ( 1996 – 2000)

**SEGUY L. ; BOUZINAC S. ; TRENTINI A. ; CORTES N.A. - 1996.** L'agriculture brésilienne des fronts pionniers. *In : Agriculture et développement n° 12, décembre 1996. pp;2-61.*

**SEGUY L. ; BOUZINAC S. ; TRENTINI A. 1996.** Os homens que descobriram a bomba. *In : Revista Plantio Direto, n. 6, p. 8-10.*

**SEGUY L. ; BOUZINAC S. ; TRENTINI A. ; CORTES N.A. – 1997** Gestão da fertilidade nos sistemas de cultura mecanizados nos trópicos úmidos : o caso das frentes pioneiros dos Cerrados e florestas umidas no centro norte do Mato Grosso. *In : Peixoto R.T. dos G. (ed.), Ahrens D.C. (ed.), Samaha M.J. (ed.), Plantio direto : o caminho para uma agricultura sustentável. , Brésil, Instituto Agronômico do Paraná, p. 124-157.*

**SEGUY L. ; BOUZINAC S. ; TRENTINI A. 1997.** Une révolution technologique : la culture du riz pluvial au Brésil.. *In : International Rice Commission Newsletter, vol. 46, p. 45-61.*

**SEGUY L. ; BOUZINAC S. ; TRENTINI A. ; CORTES N.A. - 1998.** Brazilian frontier agriculture. *In : Agriculture et Développement, spécial issue, november 1998, 63 pages.*

**SEGUY L. ; BOUZINAC S. - 1998.** Le semis direct du riz pluvial de haute technologie dans la zone tropicale humide du centre nord du Mato Grosso au Brésil. *Doc CIRAD, Août 1998, 38 p. Projet de publication.*

**SEGUY L. ; BOUZINAC S. - 1998.** Concepts et mise en pratique de modes de gestion agrobiologique adaptés aux sols acides de la zone tropicale humide. *In : OCL, vol.5, n°2, mars/avril 1998. pp.126-129.*

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.; MAEDA E.; MAEDA N. 1998 .** Brésil : semis direct du cotonnier en grande culture motorisée. *In : Agriculture et développement n°17, Mars 1998. pp.3-23. - 34398 Montpellier cedex 5 – France*

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.; MAEDA E.; MAEDA N. 1998.** Large scale mechanized direct drilling of cotton in Brazil . *In : The ICAC Recorder. Technical Information Section, vol. XVI, n°1, march 1998, pp.11-17.*

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.; MAEDA E.; MAEDA N. 1998.** Semis Direct du cotonnier en grande culture motorisée au Brésil . *In : The ICAC Recorder. Technical Information Section, vol. XVI, n°1, march 1998, pp.29-36.*

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.; MAEDA E.; MAEDA N. 1998.** Perforación directa mecanizada en gran escala para el cultivo del algodón en Brasil . *In : The ICAC Recorder. Technical Information Section, vol. XVI, n°1, march 1998, pp.48-54.*

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.; MARONEZZI A.C. 1998.** Semis direct et résistance des cultures aux maladies. *Doc. CIRAD-CA, 1998, 4p. -34398 Montpellier cedex 5 – France.*

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.; MARONEZZI A.C. 1998 . -.** Les plus récents progrès technologiques réalisés sur la culture du riz pluvial de haute productivité et à qualité de grain supérieure, en systèmes de semis direct. Ecologies des forêts et cerrados du Centre Nord de l'Etat du Mato Grosso. Agronorte - Sinop-MT, 4 p. *Doc. CIRAD-CA- 34398 Montpellier cedex 5 - France.*

**SÉGUY L.; BOUZINAC S. 1998** . - Cultiver durablement et proprement les sols de la planète, en Semis direct. *Doc. interne CIRAD-CA, 1998, 45p. - 34398 Montpellier cedex 5 – France.*

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.; MAEDA E.; IDE M.A.; TRENTINI A. 1999.** La maîtrise de Cyperus rotundus par le semis direct en culture cotonnière au Brésil. *In : Agriculture et développement n° 21, mars 1999. p.87-97 - 34398 Montpellier cedex 5 – France*

**SEGUY L. ; BOUZINAC S. - 1999.** Concepts et mise en pratique de modes de gestion agrobiologique, adaptés aux sols acides de la zone tropicale humide. *In : Gestion agrobiologique des sols et des systèmes de culture. Montpellier, France, CIRAD, p.225-230. Atelier International sur la Gestion Agrobiologique des Sols et des Systèmes de Culture, 1998/03/23-28, Antsirabé, Madagascar. Colloques / CIRAD*

**SEGUY L. ; BOUZINAC S. - 1999.** Quelles recherches thématiques pour aborder la modélisation du fonctionnement comparé entre systèmes de culture avec un travail mécanique du sol et des systèmes en semis direct sur couvertures mortes et vivantes? *In : Gestion agrobiologique des sols et des systèmes de culture. Montpellier, France, CIRAD, p.495-502. Atelier International sur la Gestion Agrobiologique des Sols et Systèmes de Culture, 1998/03/23-28, Antsirabé, Madagascar. Colloques / CIRAD*

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.; MAEDA N. ; MAEDA E.; OISHI W.K. ; IKEDA A.M. ; AKIO IDE M.; 1999** Construção dos sistemas de cultura à base de algodão, preservadores do meio ambiente do Brasil Central. *In : Cia E (ed.), Freire E. C. (ed.), Santos W. J. dos (ed.) Cultura do algodoeiro. Piracicaba, France, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.199-278*

**SEGUY L.; BOUZINAC S.; MARONEZZI A.C. 1999** Plantio direto e resistência das culturas as doenças *In : Informações agronômicas Dez/99 n. 88 p.1-3*

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.; TAFFAREL W.; TAFFAREL J. 2000** - Méthode de défrichement préservant la fertilité du sol. *In: Bois et forêts des tropiques - n° 263 – I<sup>o</sup> trimestre 2000 - p.75-79. CIRAD - 34398 Montpellier cedex 5 – France*

**SÉGUY L. 2000.** Les techniques de semis direct sur couvertures végétales dans la région des Hauts Plateaux de Madagascar. *Doc. CIRAD-CA provisoire, 100 p., Partie d'un document collectif sur Madagascar à paraître pendant l'année 2001 - 34398 Montpellier cedex 5 - France.*

## **PUBLICAÇÕES 2001**

**SEGUY L.; BOUZINAC S.** O Pé de Galinha, uma nova opção para o plantio direto no cerrado - *In : Direto no Cerrado n° 19 Janeiro/Fevereiro 2001.*

**SEGUY L.; BOUZINAC S.; Un dossier du semis direct** : Systèmes de culture sur couvertures végétales : Stratégies et méthodologie de la Recherche – Action ; Concepts novateurs de gestion durable de la ressource sol ; Suivi-évaluation et analyse d'impacts. *Doc. CIRAD-CA / GEC 63 p. - 34398 Montpellier cedex 5 - France .\**

**SEGUY L.; BOUZINAC S.; MARONEZZI A.C. 2001 Un dossier du semis direct** : Systèmes de culture et dynamique de la matière organique - *Doc. CIRAD-CA / GEC 203 p. - 34398 Montpellier cedex 5 - France. (Traduzido em português)\**

**SEGUY L.; BOUZINAC S.; MARONEZZI A.C. 2001** Un article du semis direct : Systèmes de culture et dynamique de la matière organique - *Doc. CIRAD CA / GEC, 54 p. - 34398 Montpellier cedex 5 - France. (Traduzido em português)\**

**SEGUY L.; BOUZINAC S.; MARONEZZI A.C., BELOT J.L. ; MARTIN J. 2001** La « safrinha » de coton = option de culture à risque ou alternative lucrative des systèmes de semis direct en zone tropicale humide? *Doc. CIRAD CA / GEC 23 p. ( sera publié au congrès coton) - 34398 Montpellier cedex 5 - France - 2001.*

**MARONEZZI A.C., BELOT J.L. , MARTIN J. , SÉGUY L. , BOUZINAC S. 2001** A safrinha de algodão : opção de cultura arriscada ou alternativa lucrativa dos sistemas de Plantio Direto nos Trópicos Úmidos ? (36 p., graphiques) *In : COODETEC – Boletim técnico n° 37 –2001 Cascavel – PR.*

**SÉGUY L. , BOUZINAC S. , BELOT J.L. , MARTIN J. , MARONEZZI A.C. 2001** A safrinha de algodão : opção de cultura arriscada ou alternativa lucrativa dos sistemas de Plantio Direto nos Trópicos Úmidos ? (2 pages) *In : Direto no Cerrado Setembro/Outubro 2001 – APDC Ano 6 n° 22 p. 8-9 - Brasília – DF/Brésil*

**SEGUY L.; BOUZINAC S.; MARONEZZI A.C. 2001** Sistemas de cultivo e dinâmica da matéria orgânica Encarte de 32 pages *In : Informações agronômicas n° 96, dezembro 2001 ; Potafos CP 400 CEP 13400-970 Piracicaba – SP /Brésil*

(\*) Um CD-Rom está reunindo essas 2 publicações em francês e em português e disponível no Programa GEC/ CIRAD-CA em Montpellier –França.

## **PUBLICAÇÕES A SEREM PRODUZIDAS EM 2002**

**SEGUY L.; BOUZINAC S.** Sistema de cultivo e dinâmica da matéria orgânica in 8º ENDPD – Águas de Lindoia – SP (Conférence du 20/06/02) 3 pages + 3 figures

**SEGUY L.; BOUZINAC S.** Alternativas para coberturas do solo viáveis para o Cerrado in 2º Encontro de Plantio Direto no Oeste Baiano (EPDOB) à Luiz Eduardo Magalhães –BA (Conférence du 07/06/02) 8 pages + 6 figures

## **RELATÓRIOS DE ATIVIDADES 2000 – 2001**

**SEGUY L.; BOUZINAC S.; MAEDA N.; MAEDA E.; IDE M.A.; TRENTINI A.** Otimização dos sistemas de cultivo do algodoeiro em plantio direto – Resultados do 6º ano do convênio MAEDA/CIRAD  
Julho 2000 – 64 pages

**SEGUY L.; BOUZINAC S.; TAILLEBOIS J.; MARONEZZI A.C.; LUCAS G.L.; RODRIGUES F.G.; BIANCHI M.** Otimização dos sistemas de cultivo em plantio direto e dos recursos genéticos ; Convênio AGRONORTE /CIRAD ano agrícola 1999/2000 – 113 pages + annexes.

**SEGUY L.; BOUZINAC S.; MARTIN J. ; BELOT J.L. (CIRAD-CA)**

**MAEDA E.; IDE M.A.; OKABE W. ; MORITA M. (GRUPO MAEDA).**

Otimização dos sistemas de cultivo do algodoeiro em plantio direto e conselho de gestão – Resultados do 7º ano do convênio MAEDA/CIRAD Julho 2001 – 102 pages + annexes Doc. CIRAD/ Goiânia CP 504 Agência central CEP 74001-970 – Goiânia –GO / Brasil

**SEGUY L.; BOUZINAC S.; TAILLEBOIS J. (CIRAD-CA)**

**MARONEZZI A.C.; LUCAS G.L.; SAUCEDO L. ; RODRIGUES F.G. (AGRONORTE)**

Otimização dos sistemas de cultivo em plantio direto e dos recursos genéticos - Julho 2001 – 116 pages Doc. CIRAD/ Goiânia CP 504 Agência central CEP 74001-970 – Goiânia –GO / Brasil.

**SEGUY L.; BOUZINAC S** Rapport annuel 2000/2001 51 pages Doc. CIRAD-CA

MONTPELLIER 34398-Montpellier cedex 5 France

## MISSÕES E RELATÓRIOS DE MISSÃO

SEGUY, L. (CIRAD-CA gec) - 14/03 au 04/04 - Madagascar - Appui au réseau Semis Direct du programme gec du Cirad-CA.

**Réf :** SEGUY L. - 2000. Systèmes de culture durables en semis direct et avec minimum d'intrants, protecteurs de l'environnement. Création-diffusion de ces systèmes, en petit paysannat, dans différentes régions écologiques de Madagascar. Rapport de mission du 13 mars au 4 avril 2000. Document CIRAD, 31 pages + annexes.

SEGUY, L. (CIRAD-CA gec) - 04/04 au 10/04 - La Réunion - Appui au réseau Semis Direct du programme gec du Cirad-CA.

**Réf :** SEGUY L. - 2000. Notes techniques sur le programme de recherche-action des Hauts de l'Ouest de l'Île de la Réunion. Document CIRAD, avril 2000, 7 pages.

SEGUY, L. (CIRAD-CA gec) - 17/09 au 29/09 - Laos, Vietnam - Appui au réseau Semis Direct du programme gec du Cirad-CA.

**Réf :** SEGUY L. - 2000. Semis direct sur couverture végétale en Asie. Rapport de mission au Laos et au Vietnam 16/09 au 27/09/00, 41 pages avec la participation de D. Rollin et P. Julien. Document CIRAD, octobre 2000.

SEGUY, L. (CIRAD-CA gec) - 01/10 au 07/10 – Tunisie

**Réf :** SEGUY L. - 2000. Projet Tunisie-Le Kef : conseils pour le montage des systèmes en semis direct. Document CIRAD, Montpellier, mai 2000, 8 pages. Et SEGUY L. - 2000. Rapport de mission en Tunisie. Complément d'information pour le montage des systèmes de semis direct. CIRAD-CA/SCV, 1-7 octobre 2000, 3 pages.

SEGUY, L. (CIRAD-CA gec) 2000 et 2001- 27/11 au 08/12 - Mexique - Appui au réseau Semis Direct du programme gec du CIRAD-CA .

**Réf :** SEGUY L. - 2000. Rapport résumé de mission au Mexique du 29/11 au 7/12/2000. Appui au projet SCV Mexique. Document CIRAD, 4 pages.

## **ANNEXES**

### **PUBLICATIONS EN 2001/2002**

## **Cropping systems and organic matter dynamics**

By L. SEGUY and S. BOUZINAC

CIRAD-CA-GEC, a/c Tasso de Castro, BP 504, Agencia Central  
CEP, 74000-970 Goiânia GO, Brazil

and A C MARONEZZI

AGRO NORTE Rua Col. Énio Pipino, nº 993 Setor Industrial Sul  
C.P. 405 CEP 78.550-000 - SINOP - MT,Brazil

### **Summary**

Tillage accelerates organic matter destruction under tropical agriculture conditions. No-till cropping systems involving direct seeding on permanent plant cover enable short-term soil restoration. Cover plant choices are crucial. Soil carbon can thus be boosted to levels generally found in natural ecosystems, even when starting from degraded soils. Direct seeding systems promote net CO<sub>2</sub> storage rather than net production. Cropping systems can be regularly improved via the innovation-extension strategy, while meeting the requirements of researchers, agricultural professionals and regional institutions. This experimental approach places upstream research in an in situ context. A network of experimental units and reference farms was set up to provide regional training support, wherein research designs future systems, models their functioning, assesses and explains their impacts on physical and human environments before their extension.

**Key words:** Direct seeding, Plant cover, Carbon, Economic analysis, Sustainable agriculture.

### **Introduction**

CO<sub>2</sub> released into the atmosphere is half responsible for the greenhouse effect and agriculture accounts for more than 23% of the total amount released (Lal & Loggan, 1995; IPCC, 1995). In the Americas, research studies have demonstrated that direct seeding cropping systems on permanent plant cover increase soil organic matter to levels above those that can be achieved with tillage techniques (Cambardella & Elliot, 1994; Dick et al., 1998; Bayer et al., 2000; Sa, Cerri, Dick & Lal, 2000b). These results (Elliot, 1986; Reicosky et al., 1995) are not sufficient to understand carbon dynamics or to control levels of this element. CIRAI has been working on such systems in Brazil, Asia, Réunion and Madagascar. The fact that special techniques are required to implement these systems encourages interaction with farmers in the field. Agroeconomic results achieved with direct seeding were assessed with respect to their potential for carbon sequestration, and cost-effectively utilizing resources for cropping purposes in a sustainable, environment-friendly way.

## Materials and Methods

### *Study design*

The study design was based on a cropping system innovation-extension method. The experimental units were managed by researchers and farmers. Volunteer farmers-on their so-called reference farms-implemented several different cropping systems as-is or tailored them to meet their specific needs. The set of reference farms was representative of the diversity of this region. Cropping systems were set up in matrices on representative toposequences in the experimental units. New systems were developed by gradually including other production factors. Based on matrix construction rules (Séguy, Bouzinac, Trentini & Cortez, 1996), direct and cumulative effects of cropping system components can be interpreted over a time course. Reference farm matrices are sites of action, innovation and training. They also provide a field monitoring laboratory for scientists, a cropping system vivarium where tillage techniques, new and highly complex (diversified crops, livestock production, agroforestry) direct seeding systems can be showcased. Three fertilization levels were tested: minimum, common (the most representative), non-limiting.

### *Comparison of cropping systems*

CIRAD has set up three types of cropping systems based on different permanent plant covers. Systems with dead cover (mulch) involve crop residue and a high biomass producing support crop sown before or after the main crop-it is wilted with non selective herbicides prior to direct seeding the crop. Systems with permanent live cover involve perennial forage species as cover crop, and the above-ground parts are wilted but the underground vegetative reproductive organs are conserved-it is kept alive but dormant until closure of the crop canopy. After harvest, the live cover recolonizes the field and can thus be grazed. Mixed systems involve annual sequences with a main crop and a subsequent crop requiring minimal inputs (producing grain for harvest and high biomass), associated with a forage species. Crops are harvested in the rainy season and the forage crop can be grazed by livestock during the dry season.

### *Geographical situations*

Three situations with severe tillage-induced erosion were investigated:

- in a hot humid tropical area, Brazilian savannas ( $11^{\circ}$  latitude S) and a Gabonese forest region ( $2^{\circ}$  latitude N). Base-depleted ferrallitic soils. Rainfall: 2 000-3 000 mm/year. 26% slopes. Intensive motorized farming;
- tropical forests in central-western Brazil ( $17^{\circ}$  latitude S). Ferrallitic soils on basaltic rock. Cooler weather during the dry season. Rainfall: 900-1 600 mm/year, over 6-8 months. 6-20% slopes. Intensive motorized farming;
- Hauts Plateaux region of Madagascar ( $19^{\circ}$  latitude S). Ferrallitic soils on acidic substrate. Highland subtropical climate (1 200-1 800 m). Rainfall: 1 200-1 800 mm/year, cyclones. Irrigated rice grown in valleys. Cropping on steep slopes. Manual or animal draught farming.

## Cropping system assessment-from the plot to the regional scale

The following measurements were obtained in the test plots:

- agronomic analysis: crop and cover crop dry matter levels (growth dynamics, nutrient contents), etc. Parasitism. Weed flora;
- soil analysis: carbon and cation dynamics, biological properties;
- technical feasibility of cropping systems: labour capacity, farm equipment flexibility, labouriousness;
- economic analysis: margins, profits, workday efficiency.

Erosion, runoff and water pollution were assessed on a toposequence and catchment basin scale. On reference farms, cropping systems were compared on the basis of the above criteria, spontaneous extension was evaluated, leading farmers were identified and subsequently served as middlemen for cropping system dissemination. Regionally, technical-economic guidelines for cropping systems were drawn up and system functioning was compared and modelled. The farming community was surveyed: interactions with the environment, crop quality concerns, organization of the farming profession, and decision making conditions.

## Results

### *Carbon and cation dynamics*

After 6 years of analysis, in the three cases, 0.2-1.4 Mg C/ha/year was lost under conventional farming conditions in the [0-10 cm] and [10-20 cm] soil horizons. With direct seeding on plant cover, soil carbon levels increased from 0.83 to 2.4 Mg C/ha/year, depending on the site, cropping system and cover species. These results are in line with the results of long-term experiments carried out in USA and Brazil (Corraza et al, 1999; Amado et al., 1999; Bayer et al., 2000; Sâ et al., 2000a; Lal., 1997; Dick et al., 1998; Kern & Johnson, 1993). Similar patterns were noted in cation and carbon exchange capacities. Direct seeding systems were found to enhance fertilizer retention to a level proportional to that of carbon, while reducing leaching.

### *Cropping system performance*

In humid tropical areas of Brazil, annual aerial dry matter production rose from 4-8 t/ha in 1986 to 25-28 t/ha in 2000. Organic matter levels in soil surface horizons increased by 1.7-2.1% between 1992 and 2000. Soybean yields increased from 1 700 to 4 600 kg/ha between 1986 and 2000, with rainfed rice yields rising from 1 800 to 8 000 kg/ha (Séguy et al., 1996; Séguay, Bouzinac, Taffarel & Taffarel, 2000). Direct seeding strategies can help stabilize incomes in these regions of highly fluctuating economies: depending on the risk level, production costs range from \$US300 to \$US600/ha to as high as \$US 1 300/ha for cotton crops (Séguay, Bouzinac, Maeda & Maeda, 1998 a, b). Net margins range from \$US 100 to \$US500/ha, depending on the producer price. Fuel consumption, tractor and seeder fleets are cut by half In central-western Brazil, the use of direct seeding systems halted erosion, increased cotton yields by 10-30%, enabled crop diversification, and control of Cyperus rotundus weeds (Séguay et al., 1999). In the Hauts Plateaux region of Madagascar, peak maize yields under traditional cropping systems ranged from 700 to 1 000 kg/ha with a manual workload of more than 200 days/ha. Direct seeding systems with maize, soybean and bean crops produced 1.5- to 4fold more, with only 74-90 days/ha of labour. In addition, production costs were 1230% lower, with higher net margins (maize crops: \$US 323/ha instead of

\$US 58/ha). Daily salaries also ranged from \$US 2.13 to \$US 4.65 US/day as compared to \$US 0.87 under traditional systems (1998 figures).

## Discussion

The extent of carbon sequestration in soils depends on the cropping system involved. The most efficient systems enable continuous high aerial and root biomass production, with a high C/N ratio and lignin content, extensively developed root systems that reach deep soil horizons, so plants can tap deep groundwater resources and recycle nutrients, even in the dry season, thus enhancing organic matter accumulation. Roots most resistant to mineralization have thick microaggregate sheaths that protect the organic matter, e.g. *Eleusine coracana* and *Brachiaria* sp. Carbon is recycled especially in the [0-5 cm] horizon, but also in the [0-10 cm] and even [10-20 cm] horizons, with the grasses *Eleusine* sp. and *Brachiaria* sp. intercropped with sorghum or millet and used for temporary grazing, along with live cover species (*Cynodon dactylon*, *Pennisetum clandestinum*). Direct seeding systems promote net CO<sub>2</sub> storage rather than net production. The innovation-extension strategy meets the requirements of researchers, agricultural professionals and regional institutions. This experimental approach places upstream research on carbon dynamics, nitrate and base recycling, etc., in an *in situ* context. This network of experimental units and reference farms provided regional training support, wherein research designs innovative systems, models their functioning, assesses and explains to society their impacts on physical and human environments before their extension. These systems thus represent a valuable decision-support tool.

## References

- Bayer C, Mielniczuk J, Amado T J C, Martin-Neto L, Fernandes S V. 2000.** Organic matter storage in a sandy clay loam acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. *Soil & Till. Res.* 54: 101-109.
- Cambardella C A, Elliot E T. 1994.** Carbon and nitrogen dynamics of soif organic matter fractions from cultivated grassland soifs. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 123-130.
- Cerri C, Feller C, Balesdent J, Victoria R, Plenecassagne A. 1985.** Application du traçage isotopique naturel en 13 C à l'étude de la dynamique de la matière organique dans les sols. *Comptes rendus de l'académie des sciences, Paris*, 300: 423-428.
- Corazza E J, Silva J E, Resck D V S, Gomes A C. 1999.** Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. *R. Bras. Ci. Solo* 23: 425-432.
- Dick W A, Blevins R L, Frye W W, Peters S E, Christensen D R, Pierce F J, Vitosh M L. 1998.** Impacts of agricultural management practices on C sequestration in forestderived soifs of the eastern Corn Belt. *Soil & Till. Res* 47: 235-344.
- Elliot E. T. 1986.** Aggregate structure and carbon, nitrogen and phosphorus in native and cultivated soifs. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 627-633.
- IPCC, 1995.** Climate change 1995. Working group 1. IPCC, Cambridge: Cambridge University Press.
- Kern J S, Johnson M G. 1993.** Conservation tillage impacts on national soif and atmospheric carbon levels. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57: 200-210.
- Lal R, Logan T J. 1995.** Agricultural activities and greenhouse gas emissions from soils of the tropics. p.293-307. In Lal R, Kimble J M, Levine E, Stewart B A (Eds). Soil management greenhouse effect. CRC Press, Boca Raton, FL.

- Lal R.** 1997. Long-term tillage and maize monoculture effects on a tropical Alfisol in Western Nigeria. II. Soil Chemical properties. *Soil & Till. Res.* **42**: 161-174.
- Reicosky D C, Kemper W D, Langdale G W, Douglas J C L, Rasmussen P E.** 1995. Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production. *J. Soil Water Cons.* **50**: 253-261.
- Sa J C M, Cerri C C, Lal R, Dick W A, Venkze Filho S P, Piccolo M, Feigl B.** 2000a. Organic matter dynamics and sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. *Soil Sci. Soc. Am. J. in press.*
- Sa J C M, Cerri C C, Dick W A, Lal R** 2000b. Plantio Direto: recupera a matéria orgânica do solo e reduz a emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera. *Revista Plantio Direto* **59**: pp 41-45. Aldeia Norte editora Ltda, Rua Moron 1324, 8º andar, sala 802, 99010-032, Passo Fundo, RS.
- Séguy L, Bouzinac S, Trentini A, Cortez N A.** 1996. Brazilian frontier agriculture. *Agriculture et développement* **12**: 2-61, Montpellier, CIRAD, France.
- Séguy L, Bouzinac S, Maeda E, Maeda N.** 1998a. Brésil : semis direct du cotonnier en grande culture motorisée. *Agriculture et développement* **17**: 3-23. Montpellier, CIRAD, France.
- Séguy L, Bouzinac S, Maeda E, Maeda N.** 1998b. Large-scale mechanized direct drilling of cotton in Brazil. *The ICA C Recorder, technical information section, vol. XVI (1)*: 11-17.
- Séguy L, Bouzinac S, Maeda E, Ide M A, Trentini A.** 1999. La maîtrise de Cyperus rotundus par le semis direct en culture cotonnière au Brésil. *Agriculture et développement* **21**: 87-97, Montpellier, CIRAD, France.
- Séguy L, Bouzinac S, Taffarel W, Taffarel J.** 2000. Méthode de défrichement préservant la fertilité du sol. *Bois et forêts des tropiques* **263**: 75-79, Montpellier, CIRAD, France.

# Cropping systems and organic matter dynamics: direct seeding on plant cover, an agricultural revolution

© N. Chorier



Experimental unit (Brazil).

L. SEGUY<sup>1</sup>, S. BOUZINAC<sup>1</sup>, A.C. MARONEZZI<sup>2</sup>  
1- CIRAD-CA-GEC, a/c Tasso de Castro, BP 504, Agencia Central CEP, 74001-970 Goiânia GO, Brazil  
lucien.seguy@cirad.fr  
2- AGRO NORTE, Rua Col. Énio Pipino, n° 993 Setor Industrial Sul, CP 405 CEP 78.550-000 SINOP MT, Brazil

**T**illage accelerates organic matter destruction under tropical agriculture conditions. No-till cropping systems involving direct seeding on permanent plant cover enable short-term soil restoration. Cover plant choices are crucial. Soil carbon can thus be boosted to levels generally found in natural ecosystems, even when starting from degraded soils. Direct seeding systems promote net CO<sub>2</sub> storage rather than net production. CIRAD has been working on such systems in Brazil, Asia, Réunion and Madagascar. This poster reports some results obtained in central-western Brazil (hot humid tropical area).

## Material and methods .....

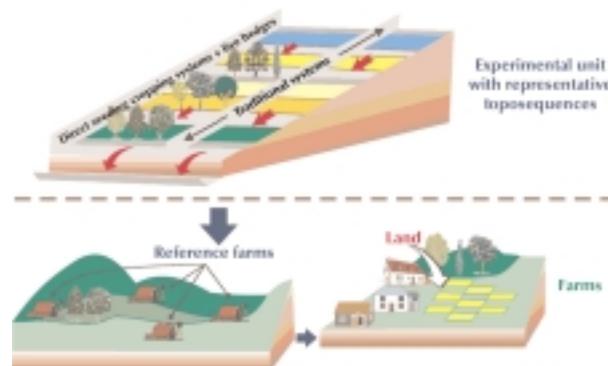
### Study design

Cropping systems can be regularly improved via the “innovation-extension strategy”, while meeting the requirements of researchers, agricultural professionals and regional institutions (Séguy *et al.*, 1998)<sup>1</sup>. This experimental approach places upstream research in an *in situ* context. The experimental units were managed by researchers and farmers. Volunteer farmers—on their so-called “reference farms”—implemented several different cropping systems as-is or tailored them to meet their specific needs. The set of reference farms was representative of the diversity of this region. Cropping systems were set up in matrices on representative toposequences in the experimental units. New systems were developed by gradually including other production factors. Based on matrix construction rules, direct and cumulative effects of cropping system components can be interpreted over a time course. Reference farm matrices are sites of action, innovation and training. They also provide a field-monitoring laboratory for scientists, a cropping system vivarium where tillage techniques, new and highly complex (diversified crops, livestock production, agroforestry) direct seeding systems can be showcased.

### Comparison of cropping systems

In the “Cerrados” of Brazil, CIRAD has set up three types of cropping systems based on different permanent plant covers. Systems with dead cover (mulch) involve crop residue and a high biomass producing support crop—it is wilted with nonselective herbicides prior to direct seeding the crop. Systems with permanent live cover involve perennial forage species as cover crop, and the above-ground parts are wilted but the underground vegetative reproductive organs are

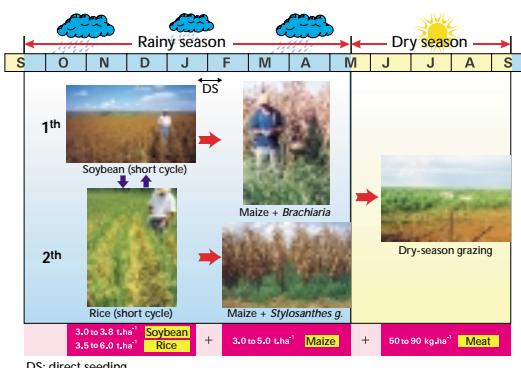
Innovation-extension strategy with farmers, researchers and agricultural professionals.



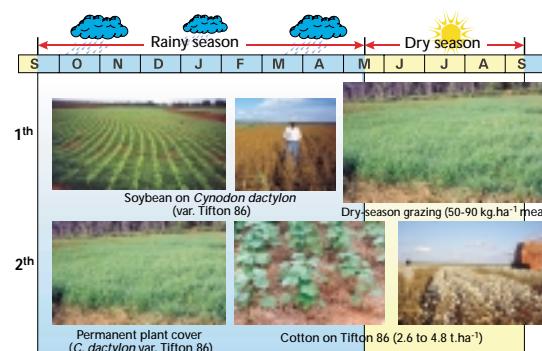
1. SEGUY L., BOUZINAC S., TRENTINI A. CORTES NA., 1998. Brazilian frontier agriculture: I. The agricultural innovation-extension method. II. Managing soil fertility with cropping systems. III. Direct seeding, an organic soil management technique. *Agriculture et développement* Special Issue, Cirad, Montpellier, France, 64 p.

conserved—after harvest, the live cover recolonizes the field and can thus be grazed. Mixed systems involve annual sequences with a main crop and a subsequent crop requiring minimal inputs (producing grain for harvest and high biomass), associated with a forage species. Crops are harvested in the rainy season and the forage crop can be grazed by livestock during the dry season.

Direct seeding on permanent mulch and plant cover: mixed system with annual sequences with a main crop and a subsequent crop, associated with a forage species (two examples from Brazil).



Direct seeding on permanent plant cover: grain production and temporary dry-season grazings (two exemples from Brazil).



## Results and discussion

### Carbon and cation dynamics

After 6 years of analysis, in the three cases, 0.2-1.4 Mg C/ha/year was lost under conventional farming conditions in the [0-10 cm] and [10-20 cm] soil horizons. With direct seeding on plant cover, soil carbon levels increased from 0.83 to 2.4 Mg C/ha/year, depending on the site, cropping system and cover species. Similar patterns were noted in cation and carbon exchange capacities. Direct seeding systems were found to enhance fertilizer retention to a level proportional to that of carbon, while reducing leaching.

The most efficient systems enable continuous high aerial and root biomass production, with a high C/N ratio and lignin content, extensively developed root systems that reach deep soil horizons, so plants can tap deep humidity resources and recycle nutrients, even in the dry season, thus enhancing organic matter accumulation. Roots most resistant to mineralization have thick microaggregate sheaths that protect the organic matter, e.g. *Eleusine coracana* and *Brachiaria* sp.: carbon is recycled especially in the [0-5 cm] horizon, but also in the [0-10 cm] and even [10-20 cm] horizons, with the grasses *Eleusine* sp. and *Brachiaria* sp. intercropped with sorghum or millet and used for temporary grazing.



### Uses of live forage covers (Brazil)



### Cropping system performance

In humid tropical areas of Brazil, annual aerial dry matter production rose from 4.8 t/ha in 1986 to 25-28 t/ha in 2000.

Soybean yields increased from 1 700 to 4 600 kg/ha between 1986 and 2000. Rainfed rice yields rising from 1 800 to 8 000 kg/ha between 1986 and 2000.

Direct seeding strategies can help stabilize incomes in these regions of highly fluctuating economies: depending on the risk level, production costs range from \$US300 to \$US 600/ha to as high as \$US 1 300/ha for cotton crops. Net margins range from \$US 100 to \$US 500/ha, depending on the producer price. Fuel consumption, tractor and seeder fleets are cut by half. In central-western Brazil, the use of direct seeding systems halted erosion, increased cotton yields by 10-30%, enabled crop diversification, and control of *Cyperus rotundus* weeds.

Cotton harvest after direct seeding (Maeda, Brazil).



© L. Seguy



© L. Seguy



© N. Chorier

Cotton crops: direct seeding in mulch (Maeda, Brazil).

Rainfed rice in *Eleusine* mulch (Brazil).



© L. Seguy

High technology cultivars of rainfed rice, Brazil (direct seeding in a permanent plant cover).



© L. Seguy



Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

**UN ARTICLE DU SEMIS DIRECT**

**SYSTÈMES DE CULTURE  
ET  
DYNAMIQUE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE**

**L. Séguy**

**S. Bouzinac**

**A. C. Maronezzi**



CIRAD-CA - AGRONORTE PESQUISAS - GROUPE MAEDA - ONG TAFA/FOFIFA/ANAE

# **SYSTÈMES DE CULTURE ET DYNAMIQUE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE**

**L. Seguy<sup>1</sup>, S. Bouzinac<sup>2</sup>, A. C. Maronezzi<sup>3</sup>**

**Février 2001**

## **Résumé**

Les auteurs analysent les performances comparées des systèmes de culture pratiqués avec travail du sol et en semis direct sur couverture végétale dans diverses grandes éco-régions du monde tropical. Ainsi :

- si la destruction de la matière organique (M.O.) en gestion conventionnelle avec travail du sol est très rapide, sa reconstruction, même en zone tropicale humide, peut aller aussi vite en semis direct.
- la séquestration du carbone dépend de la nature des systèmes de culture créés ; les plus performants sont ceux qui produisent un maximum de matière sèche, aussi bien à la surface du sol que dans le profil cultural, tout au long de la saison pluvieuse, mais aussi en saison sèche, au moment où les conditions de minéralisation de la M.O. sont ralenties. Le choix des plantes de couverture est de ce fait déterminant.
- dans les meilleurs systèmes en semis direct, les niveaux de M.O. peuvent rapidement rejoindre, ceux des écosystèmes naturels, même en partant de conditions très dégradées au départ.
- les meilleurs systèmes en semis direct produisent entre 26 et 32 t de résidus de matière sèche par hectare et par an ; l'évolution des performances agronomiques et technico-économiques des systèmes de culture suit strictement celle de la matière organique ; les systèmes en semis direct les plus faciles à pratiquer ont conquis plus de 6 millions d'hectares en moins de 10 ans dans les cerrados du Centre-Ouest Brésilien.

**MOTS CLÉS :** méthodologie Recherche-Action, concepts semis direct, dynamique de la matière organique, systèmes de culture, multifonctionnalité des biomasses de couverture, productivité et fonctionnement des systèmes de culture.

<sup>1</sup> Agronome du CIRAD-CA, en poste au Brésil, animateur du Réseau Semis Direct du programme GEC.  
e-mail = lseguy@zaz.com.br

<sup>2</sup> Agronome du CIRAD-CA, travaille en équipe avec L. Séguay au Brésil et sur le Réseau Semis Direct du programme GEC e-mail = lseguy@zaz.com.br

<sup>3</sup> Agronome et directeur de l'entreprise de recherche privée AGRONORTE, Partenaire du CIRAD au Brésil  
e-mail = agronort@terra.com.br

## I - INTRODUCTION

- . À l'entrée de ce nouveau millénaire, l'agriculture mondiale va devoir effectuer une véritable révolution pour s'adapter à la fois à la mondialisation des marchés et des connaissances, à la pression croissante des consommateurs qui exigent des produits sains et de qualité, et à celle des scientifiques et de la société civile en général pour la sauvegarde de la planète.
- . Les stratégies et modèles de développement vont avoir à prendre en compte la nécessité de produire plus par unité de ressources naturelles, et ce faisant, qu'il est impératif de réduire, voire supprimer les effets négatifs provoqués par l'activité agricole sur la nature. Actuellement, des estimations issues de travaux de recherche récents (*Lal R. et al., 1995 ; IPCC., 1995*) montrent que le volume de CO<sub>2</sub> émis vers l'atmosphère contribue pour 50% de l'effet de serre, et que l'activité agricole représente plus de 23% du total émis.
- . Si cette révolution reste encore à faire à l'échelle de la planète, la dernière décennie du siècle dernier a vu surgir, sous la pression des catastrophes écologiques mondiales à répétitions, une conscience collective en faveur de la protection de l'environnement. L'agriculture de conservation a déjà réalisé à cet égard une véritable révolution dans les pratiques et les esprits, en particulier sur le continent américain, et surtout au Brésil qui constitue l'exemple le plus significatif grâce au développement exponentiel de la gestion des sols et des unités de paysage, en Semis Direct.
- Sur le continent américain, siège actuel de cette révolution agricole (*U.S.A. et surtout Brésil et pays du Cône Sud*), de nombreux travaux de recherche conduits dans des écosystèmes et agrosystèmes très contrastés sur des modes différenciés de gestion des sols de longue durée montrent que, aussi bien sous climat tempéré que tropical et subtropical, les systèmes de culture pratiqués en semis direct<sup>4</sup> sans jamais travailler le sol, comparés aux mêmes systèmes de culture qui utilisent les techniques conventionnelles diverses de travail du sol, permettent d'augmenter très significativement la teneur en matière organique des sols (*Camardella C .A et Elliot E.T, 1994; Dick W.A. et al., 1998; Bayer C. et al., 2000; Sá J.C.M. et al., 2000*).
- . Ces résultats, confirmés déjà sur de longues périodes, même s'ils sont très porteurs d'espoir et rassurants sur l'avenir de la planète dans sa capacité à produire plus, durablement, au moindre coût et en polluant moins (*Elliot E.T., 1986; Reicosky D.C. et al., 1995*), sont encore insuffisants pour bien expliciter scientifiquement et bien maîtriser dans la pratique, la dynamique du carbone en fonction de la nature des systèmes de culture pratiqués et surtout pour construire les systèmes conservateurs de demain, qui devront être encore plus performants à cet égard, tout en satisfaisant au cahier des charges de l'agriculture durable et aux objectifs de agriculteurs.
- . Depuis plus de 20 ans au Brésil, 15 ans à l'île de la Réunion et plus de 10 ans à Madagascar, et plus récemment en Asie (*Laos, Vietnam*), le CIRAD bâtit, avec ses partenaires du Sud de la recherche et du développement, des systèmes de culture en Semis Direct<sup>4</sup> qui doivent répondre à ces exigences

---

<sup>4</sup> **Definition:** le semis direct (SD) est un système conservatoire de gestion des sols et des cultures, dans lequel la semence est placée directement dans le sol qui n'est jamais travaillé. Seul, un petit trou ou un sillon est ouvert, de profondeur et largeur suffisantes avec des outils spécialement conçus à cet effet pour garantir une bonne couverture et un bon contact de la semence avec le sol. Aucune autre préparation du sol n'est effectuée. L'élimination des mauvaises herbes, avant et après le semis pendant la culture, est faite avec des herbicides, les moins polluants possibles pour le sol qui doit toujours rester couvert.

. Le présent article réunit de manière très synthétique<sup>5</sup> les principaux résultats de cette construction de la Recherche-Action menée par le CIRAD ; il aborde successivement :

- la présentation de notre méthodologie générale d'intervention sur les systèmes de culture qui agit en prise directe dans le milieu et avec la participation effective des acteurs du développement,
  - l'analyse des tendances d'évolution de la matière organique en fonction de la nature des systèmes de culture existants et des systèmes novateurs, préservateurs de l'environnement ; les résultats sont discutés et comparés avec ceux obtenus dans d'autres grandes éco-régions du monde, principalement aux U.S.A. en climat tempéré et au Brésil subtropical.
  - enfin, l'évaluation des performances agronomiques, techniques et économiques des systèmes de culture, leur évolution au cours du temps ; les résultats des meilleurs systèmes appropriables sont mis en regard avec leur capacité à séquestrer le carbone et à conserver la capacité de production du patrimoine sol à moyen terme et au moindre coût.
- . Compte tenu du très grand nombre de résultats déjà accumulés en matière de performances des systèmes de culture sur le Réseau Semis Direct du CIRAD, nous ne retiendrons dans cet article que quelques exemples très contrastés aux plans écologique et socio-économique qui ont fait leurs preuves démonstratives sur la durée et qui alimentent très activement et significativement la diffusion et l'appropriation par les agriculteurs des systèmes de culture préservateurs de l'environnement.

## II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

La méthode de Recherche-Action utilisée, dite de "Création-Diffusion" fait partie des modèles de recherche fondée sur l'expérimentation en milieu paysan (Séguy L. et al., 1994, 1996 ; Triomphe B., 1989) [ Voir Fig. 1]

- ♦ L'essentiel du travail de Recherche-Action consiste, en partant de diverses situations pédoclimatiques et socio-économiques régionales (*diagnostic initial, typologie des exploitations qui conduisent à l'analyse des contraintes majeures pour la fixation d'agricultures durables*), à adapter, construire, pour et avec les agriculteurs, dans leurs milieux, des systèmes de culture durables bâties sur des techniques de gestion conservatoire des sols facilement appropriables par les agriculteurs. Ces systèmes doivent d'abord améliorer, restaurer puis maintenir la capacité de production du sol à long terme avec l'utilisation d'un minimum d'intrants, voire sans intrants, dans un environnement totalement protégé (*échelles des unités de paysage, des terroirs*).
- ♦ Les objectifs sont, simultanément, et dans une démarche à la fois holistique et heuristique :
  - de bâtir avec les agriculteurs des solutions pratiques et appropriables pour surmonter les obstacles à la fixation des agricultures tropicales (*critères des agriculteurs, développeurs et chercheurs*),
  - d'expliquer et de modéliser le fonctionnement des agro-systèmes cultivés, durables, pour pouvoir les adapter rapidement à d'autres écosystèmes et agrosystèmes tropicaux,

<sup>5</sup> Pour plus de renseignements, le lecteur pourra consulter l'ouvrage "Systèmes de culture et dynamique de la matière organique" de Séguy L., Bouzinac S., Maronezzi A.C. Document interne CIRAD, 203 p.– 34398 – Montpellier Cedex 5 – France – 2001 c

- d'analyser et d'évaluer préventivement leurs impacts : sur l'évolution de la fertilité des sols à l'échelle d'unités de paysage représentatives des terroirs et des bassins versants, sur le comportement et la mentalité des agriculteurs et des sociétés rurales.

## 2.1. LA CRÉATION DE L'OFFRE TECHNOLOGIQUE "Système de culture" AVEC LES AGRICULTEURS

- . La recherche-action crée dans chaque grande éco-région avec ses partenaires du développement (*agriculteurs, vulgarisateurs*) un double dispositif opérationnel à vocations complémentaires :
  - **Des unités expérimentales "systèmes de culture", gérées en milieu contrôlé** par la recherche et les agriculteurs = ce sont des vitrines de l'offre technologique,
  - **Des fazendas de référence, en milieu réel** où sont appliqués à très grande échelle, un ou plusieurs systèmes de culture issus des unités, choisis par les producteurs qui les appliquent en l'état ou les réadaptent à leurs propres objectifs. Cet ensemble constitue un dispositif d'intervention multilocal de longue durée qui recouvre la variabilité pédoclimatique et socio-économique régionale (*Fig. 2*).
- . Les systèmes de culture (*traditionnels + novateurs*) sont organisés en "matrices des systèmes", sur toposéquences représentatives du milieu physique et du paysage agricole. Partant des systèmes traditionnels, les nouveaux systèmes sont élaborés par l'incorporation progressive, systématique et contrôlée de facteurs de production plus performants (*modes de gestion des sols et des cultures, produits thématiques tels que variétés, niveaux de fumure, Fig. 3*).
 

La construction des matrices "systèmes de culture" obéit à des règles précises (cf. Séguy L., 1994 ; Séguy L. et al., 1996) qui permettent l'interprétation des effets directs et cumulés des composantes des systèmes au cours du temps, aussi bien sur leurs performances de production que sur leurs impacts sur la fertilité des sols, la biologie des adventices ou des insectes ravageurs, etc....

**Les matrices "systèmes de culture" et le réseau multilocal de fazendas de référence**, constituent les supports opérationnels de l'étude; ces dispositifs expérimentaux, qui sont de longue durée, représentent à la fois :

- **Un lieu d'action, de création de l'innovation et de formation des acteurs**, dans lequel le montage matriciel des systèmes permet d'évaluer leurs performances comparées agronomiques, techniques et économiques dans les mêmes conditions de sol et climat, et de les classer au cours du temps (*réponses de leur stabilité ou fluctuations par rapport aux risques climatique et économique*), d'extraire des lois de fonctionnement des systèmes (*conditions de reproductibilité => modélisation*) ;
- **Un laboratoire de veille, précieux pour les scientifiques**, en permettant d'évaluer, de manière anticipée par rapport à l'adoption des systèmes par les agriculteurs, leurs impacts sur l'environnement (*érosion, qualité biologique des sols, externalités, xénobiotiques*) [cf. concepts de R. Chaussod 1996)]. C'est donc un lieu privilégié pour mettre en regard = performances de production des systèmes, modes de fonctionnement et impacts environnementaux, dans une démarche préventive qui offre des solutions réelles aux agriculteurs et décideurs pour concilier les exigences de la société civile (*impacts environnementaux*) et les objectifs des agriculteurs (*Productivités des systèmes, du travail, des marges, etc...*).

- **Le maintien de la mémoire vive** = les systèmes traditionnels et leurs évolutions y sont maintenus pour mesurer les progrès accomplis (*performances agronomiques et technico-économiques, impacts sur l'environnement*) au cours du temps. De même, les systèmes le plus destructifs de la ressource sol doivent être représentés tout au long de l'étude; Ils sont les témoins vivants de ce qu'il ne faut pas faire, et indispensables à la formation (*chronoséquences d'évolution des systèmes contrôlés*).
  - **Un vivier de systèmes de culture qui réunit l'agriculture d'hier** (avec *travail du sol*), **l'agriculture d'aujourd'hui** (*les cultures des agriculteurs conduites en système de Semis Direct*) et **l'agriculture de demain** (*systèmes en Semis Direct, construits sur une plus grande diversité de cultures, sur l'intégration de l'agriculture, de l'élevage et de l'arbre dans l'espace cultivé*).
- ◆ Tous les systèmes de culture sont conduits avec 3 niveaux de fumure (*Fig. 3*) :
- La fumure traditionnelle ou recommandée par la recherche, les organismes de développement ou celle qui est utilisée par la majorité des agriculteurs de la région
  - Un niveau de fumure faible, qui couvre, en gros, seulement les exportations par grains des cultures
  - Une fumure non limitante (*expression du potentiel agronomique dans l'offre pédoclimatique locale*).

Ces 3 niveaux de fumure combinés aux modes différenciés de gestion des sols et des cultures ont pour but de mettre en évidence au cours du temps :

- L'importance des possibilités de restauration de la fertilité au sens large **par la voie organo-biologique** (*Vitesse de restauration, importance → productivité de matière sèche totale en fonction des niveaux de fumure minérale, expression du potentiel de production du sol au cours du temps*) et la preuve de la fermeture du système "sol-cultures" (. Séguy L, et al., 1996) sans pertes de nutriments, grâce aux systèmes de culture en Semis Direct conduits avec la fumure faible qui couvre seulement les exportations par grains.
- L'importance capitale et prépondérante de la gestion prioritaire des propriétés physiques et biologiques (*étroitement liées*) dans l'expression des performances agronomiques des systèmes de culture au cours du temps, par rapport à celle des propriétés chimiques, dans les sols tropicaux (*ferrallitiques et ferrugineux dominants, plus ou moins dégradés*).

#### **. CONTENU DES MATRICES "SYSTÈMES DE CULTURE", pérennisées :**

Elles réunissent sur la même unité expérimentale et dans les mêmes conditions pédoclimatiques =

- le ou les systèmes traditionnels représentatifs de la région,
- des systèmes novateurs, préservateurs de l'environnement en constante évolution, qui font appel à de nouvelles techniques de Semis Direct, inspirées directement du fonctionnement de l'écosystème forestier = le Semis direct sur couvertures permanente du sol (Séguay L. et al., 1996).

Trois grands types de systèmes de culture ont été construits par le CIRAD-CA à l'image de l'écosystème forestier :

- + ceux sur couvertures mortes,
- + ceux sur couvertures vivantes,
- + ceux sur couvertures à vocation mixte.

**Dans les systèmes avec couverture morte permanente**, la couverture du sol est assurée, en plus des résidus de récolte des cultures commerciales, par une culture de biomasse végétale (*espèce à vocation de production de grains ou fourragère, ou les deux associées*), extrêmement puissante, qui est implantée avant ou après la culture

commerciale, en conditions pluviométriques le plus souvent aléatoires (cf. Fig. 4). Cette forte biomasse est desséchée aux herbicides totaux immédiatement avant le semis direct de la culture commerciale qui s'effectue dans la couverture grâce à des semoirs spécialement conçus à cet effet.

**Dans les systèmes avec couverture vivante permanente**, cette dernière est toujours une espèce fourragère pérenne grâce à ses organes de multiplication végétative (*Stolons, rhizomes*) ; la culture commerciale est implantée sur la couverture dont on a seulement desséché la partie aérienne (*en préservant totalement les organes de reproduction végétative par des herbicides appropriés peu coûteux et peu polluants*). La couverture est maintenue à l'état de vie ralenti, non compétitive pour la culture commerciale (à *l'aide d'herbicides sélectifs, utilisés à très faible dose*), jusqu'à ce que la culture commerciale gérée à cet effet, assure un ombrage total au-dessus d'elle ; dès que la culture commerciale mûrit, elle laisse pénétrer la lumière et la couverture vivante recouvre rapidement le sol à nouveau et peut être pâturee par les animaux après la récolte (*successions annuelles = production de grains + production de viande ou de lait*, cf. Fig. 5).

**Les systèmes mixtes** (cf. Fig. 6) sont intermédiaires entre les deux modèles précédents et sont bâtis sur des successions annuelles qui comprennent : 1 culture commerciale + 1 culture biomasse pour production de grains, associée à une culture fourragère ; on récolte donc les 2 cultures successives pendant la saison des pluies, suivies d'une production de viande ou lait pendant la saison sèche qui est assurée par la culture fourragère (cf. Fig. 6).

Ce sont la longueur de la saison des pluies et l'importance de la pluviométrie qui déterminent les possibilités d'application de l'un ou l'autre type de système en Semis Direct sur couverture permanente des sols.

## 2.2. SUIVI - ÉVALUATION ET ANALYSE D'IMPACTS

### 2.2.1. SUIVI -ÉVALUATION

Il est fonction des échelles d'intervention :

+ **À l'échelle de la parcelle**, sont évaluées les performances comparées de systèmes de culture au cours du temps, en termes :

a) **agronomiques** = productivité de matière sèche des cultures commerciales ou alimentaires (*biomasses aériennes = grains + pailles, et biomasses racinaires*), et leurs teneurs en nutriments ; Productivité des cultures "biomasses de couverture" ou "pompes biologiques" qui exercent leur multifonctionnalité sur les sols et qui constituent le lit sur lequel s'effectue le semis direct des cultures commerciales ; sont enregistrés :

- Les rendements en matière sèche des parties aériennes et racinaires et leur dynamique de croissance,
- leur contenu en nutriments = C, N, P, Ca, Mg, K, S et oligo-éléments.

Ces mesures sont effectuées systématiquement :

- Avant le semis direct des cultures commerciales,
- Après leur récolte en grains et après celle des biomasses de couverture installées en succession.

L'enregistrement de ces paramètres renseigne sur la dynamique du carbone et des nutriments issus de la minéralisation des résidus de récolte de cultures commerciales

et des biomasses de couverture provenant aussi bien des parties aériennes que racinaires (*Fonctions: alimentaire des couvertures, recycleuse et restructurante, de recharge en carbone*).

Sont également suivis, dans chaque système de culture, le parasitisme des sols et des cultures, l'évolution de la flore adventice.

**b) techniques** = faisabilité technique des systèmes de culture, capacité de travail des équipements mécanisés et de la main d'œuvre, leur flexibilité d'utilisation, leur pénibilité.

**c) économiques** = coûts de production, marges brutes et nettes, rapports coûts/Bénéfice; dans le cas des agricultures manuelles, également le nombre de jours de travail et la valorisation de la journée de travail.

Le recueil de ces données minimums permet, dans tous les cas :

- de classer les systèmes de culture à partir de leurs performances annuelles et inter-annuelles, aux plans agronomique, technique et économique.
- de comparer et comprendre leurs modes de fonctionnement agronomiques principaux au cours du temps (*Relations Sol-Cultures*), de les évaluer, de les classer face aux risques climatiques et économiques majeurs ;

#### + À l'échelle de la toposéquence)

- Dynamique de l'érosion et du ruissellement (*qualitatif*),
- Evaluation des externalités = charge solide, teneurs en nitrates, bases, P, molécules xénobiotiques, recueillis dans la partie aval des toposéquences (*Fig. 2*).

#### + À l'échelle des fazendas de référence et des terroirs (*milieu réel*)

- Performances comparées des systèmes de culture et de production à partir des critères précédents, agronomiques, techniques et économiques.
- Diffusion spontanée des systèmes de culture en Semis Direct (*importance, points forts et faibles*)
- Identification des agriculteurs leaders formateurs d'opinion (*diffuseurs - consultants*), comme levier d'amplification de la diffusion.
- Modification des systèmes de culture et de production, de l'occupation de l'espace, place de l'arbre dans l'espace cultivé, de la jachère.

#### + À l'Echelle régionale

- À partir du réseau expérimental (*matrices + fazendas de référence*), création de références agronomiques et technico-économiques régionales (*banque de données*) sur les systèmes de culture en Semis Direct sur couvertures végétales.
- Modélisation du fonctionnement comparé des systèmes de culture (*lois de fonctionnement des agrosystèmes et possibilités d'extrapolation pour d'autres écologies*).

## 2.2. ANALYSES D'IMPACTS

### SUR LE SOL

**Analyses de routine : Propriétés chimiques** dont pH, S, CEC, P total et échangeable (*Résine*), oligo-éléments ; **Propriétés physiques** = M.O., N organique, propriétés hydrodynamiques = eau utilisable, sa vitesse d'infiltration sous cultures, la typologie des agrégats et de l'espace poral ; la caractérisation et suivi permanent du profil cultural et en particulier de la

dynamique de colonisation racinaire (*vitesse, caractéristiques d'exploration du profil*).

**Analyses plus fines, nécessaires pour quantifier la dynamique du carbone et des ions : la dynamique des nitrates, de Ca et K** (*Type de fonctionnement du système "Sol-cultures" : ouvert ou fermé [concept Séguay L., 1996]*) . **Les Propriétés biologiques** = caractérisation de la faune (*macro et méso*), biomasse microbienne, biomasse microbienne/C, C et N organique, dynamique du C (*Cerri C. et al, 1985*) ( $C^{13}/C^{12}$ ), méthode du fractionnement granulométrique des matières organiques (*Feller C., 1995*), indice d'activité biologique globale (*Bourguignon C. , 1995/2000 communications personnelles*).

#### SUR LES EXTERNALITÉS

- À l'échelle de toposéquences représentatives ou portions de bassins versants =
- Entretien des infrastructures telles que routes, pistes, aménagements hydrauliques (*opérations, coûts*),
  - Rivières, puits, nappes phréatiques = pollution au sens large (nitrates, pesticides).

#### SUR LA MENTALITÉ DES AGRICULTEURS

- Relations avec l'environnement (*culture de l'arbre, embocagement, respect de la faune*).
- Prise en compte de la qualité de la production.
- Organisation de la profession agricole (*clubs et associations de semis direct, autres types d'organisation de la production, du crédit, des intrants*).
- Nature de leurs décisions, vision de leur avenir.

#### SUR L'ECONOMIE RÉGIONALE

- Filières commerciales, marchés, transformation de la production
- Circuits d'approvisionnements en facteurs de production, en crédits.
- Place de l'agriculture dans l'économie régionale.

### 2.3. CHOIX DES ECO-REGIONS

Dans le cadre de cette étude, 3 grandes écologies ont été retenues à titre d'exemples démonstratifs ; elles sont très contrastées aux plans géomorphologique, pédologique, climatique et socio-économique, et, toutes, sont soumises à une érosion intense lorsque les sols sont travaillés.

- **La zone Tropicale Humide (ZTH)**, représentée par la région des Fronts Pionniers du Sud du Bassin amazonien au Brésil ( $11 \text{ à } 12^\circ \text{ de latitude Sud}$ ) et la région de Boumango, au Gabon, en Afrique de l'Ouest ( $2^\circ \text{ latitude N}$ ). C'est le domaine des sols ferrallitiques sur roche acide, fortement désaturés sous un climat chaud à très forte pluviométrie annuelle de type modal ou bimodal, comprise entre 2.000 et plus de 3.000 mm, répartie sur 7 à 8 mois. Les unités géomorphologiques les plus représentées sont des collines en demi-orange dont la pente varie de 2 à plus de 6%. Deux grands écosystèmes y sont juxtaposés = celui des FORÊTS et celui des CERRADOS (Savanes).

- **La zone des Forêts Tropicales du Centre-Ouest Brésilien** ( $17^\circ \text{ de latitude Sud}$ ), représentative des sols ferrallitiques rouges-foncé à fortes potentialités sur roche basaltique (*Les trapps basaltiques occupent 750.000 km² au Brésil*); le climat est plus frais en saison sèche et la pluviométrie variable d'une année sur

l'autre est comprise entre 900 et 1.600 mm, sur 6 mois. Les unités géomorphologiques sont constituées de doigts basaltiques à fortes pentes (6 à 20%).

(\*) Ces 2 grandes zones ouvertes à l'agriculture dans la fin des années 70 sont le siège d'une agriculture mécanisée pratiquée sur de grandes fazendas dominantes et centrée sur des productions de cultures industrielles telles que le soja et le coton ou alimentaires comme le riz, le maïs ou encore l'élevage extensif.

- **La région des Hauts Plateaux de l'île de Madagascar** qui bénéficie de conditions climatiques subtropicales, fraîches et humides (19° de latitude Sud), avec une altitude comprise entre 1.200 et 2.000 m, et soumise à un régime cyclonique de pluies ; La pluviométrie varie de 1.200 à 1.800 mm et les pluies peuvent être exceptionnellement agressives sous les cyclones. Les sols sont ferrallitiques sur socle cristallin (*Site d'Ibity*) ou sur alluvions lacustres anciennes (*site de Sambaina*), ils sont généralement riches en matière organique de très faible activité. Si l'agriculture concentre ses activités sur la riziculture irriguée des vallées d'altitude, pratiquée manuellement et en traction animale, sous la densité croissante d'occupation des sols, elle colonise de plus en plus les collines exondées à très fortes pentes (*Tanety*), couvertes de sols ferrallitiques humifères très fortement désaturés ; l'agriculture pratiquée manuellement est de très faible productivité sans intrants chimiques, les sols sont labourés à la pelle traditionnelle (*angady*).

### III - RÉSULTATS

#### 3.1. DYNAMIQUE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE EN FONCTION DE LA NATURE DES SYSTÈMES DE CULTURE ET DES ÉCOLOGIES

Plusieurs règles de portée générale peuvent être énoncées concernant la dynamique du carbone en fonction des systèmes de culture, dans les diverses grandes éco-régions tropicales et subtropicales retenues dans le cadre de cette étude ( Cf. Fig. 7,8 et 9) :

❶ Dans tous les cas étudiés, les techniques de travail du sol (*discage, labours*) combinées à des systèmes de monoculture à 1 seule culture par an qui n'utilise qu'une faible partie du potentiel hydrique disponible, conduisent toujours à des pertes de matière organique dont l'importance varie en fonction des conditions de climat, sol, pente, techniques de travail du sol et état de dégradation du profil cultural =

- En ZTH, en zone de forêt sur modelé plat, les pertes sur sols travaillés aux engins à disques portent surtout sur l'horizon 0-10 cm et varient entre -0,7 et -1,2 Mg.C.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> mais peuvent également affecter l'horizon 10-20 cm, comme dans le cas des cerrados où le modelé est plus pentu et l'érosion plus active.
- En zone subtropicale d'altitude à relief montagneux, les sols ferrallitiques sur socle cristallin, soumis à un régime cyclonique des pluies, peuvent perdre entre -1,0 et -1,4 Mg.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> lorsqu'ils sont travaillés à la pelle traditionnelle (*labour profond à l'angady*).

- En zone de forêts tropicales sur coulées basaltiques à fortes pentes du Centre-Ouest brésilien (*Sud du Goiás*), les sols ferrallitiques plus argileux et à fortes potentialités se montrent moins sensibles à ces modes de gestion (*discages x monoculture coton*) et ne perdent que -0,2 à -0,45 Mg.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>.
- ❷ Tous les systèmes de culture en Semis Direct sur couverture végétale permanente, permettent, dans toutes les situations pédoclimatiques, de recharger le profil cultural en M.O., et de contrôler totalement l'érosion, quelle que soit la pente, la pluviométrie et le type de sol .

❸ Si l'importance de la séquestration de C dépend des conditions de sol et de climat (*le climat subtropical d'altitude frais et humide est celui qui favorise le plus l'accumulation de C*), elle est surtout conditionnée dans chaque grande éco-région par la nature des systèmes de culture pratiqués en Semis Direct et par l'état de dégradation physico-biologique du profil cultural au départ ; en ZTH<sup>6</sup>, où les conditions climatiques sont idéales pour le fonctionnement maximum du "réacteur minéralisation de la M.O.", le taux de séquestration annuel de C peut ainsi varier du simple au double en fonction de la nature des systèmes pratiqués, en partant des profils culturaux déjà très dégradés, appauvris en M.O. (+/- 1% dans l'horizon 0-20 cm) :

- + 0,83 MgC.ha<sup>-1</sup> pour la succession annuelle soja + mil (hor. 0-10 cm),
- + 1,16 MgC.ha<sup>-1</sup> pour la succession annuelle soja + sorgho (même horizon),
- + 1,33 MgC.ha<sup>-1</sup> dans l'horizon 0-10 cm et +1,40 Mg.ha<sup>-1</sup> dans le niveau 10-20 cm pour la succession annuelle soja + sorgho ou mil associés à *Brachiaria ruziziensis*, dans laquelle ce dernier continue à produire de la biomasse verte après la récolte du sorgho et sur toute la durée de la saison sèche (*par biomasses aériennes et racinaires*);
- + 1,66 MgC.ha<sup>-1</sup> dans l'horizon 0-10 cm et + 1,8 Mg.ha<sup>-1</sup> dans l'horizon 10-20 cm avec le système Riz + *Eleusine coracana* en première année, suivi de soja + *Eleusine cor.* en 2<sup>e</sup> année et de riz + *Eleusine cor.* en 3<sup>e</sup> année, soit 5 graminées sur 3 ans, dont 3 cycles d'*Eleusine coracana*, graminée annuelle qui possède le système racinaire le plus puissant de toutes les espèces que nous avons testées à ce jour (*biomasse sèche racinaire supérieure à 5 t/ha dans le seul horizon 0-50 cm, en 80 jours*).

Les systèmes de Semis Direct du soja et maïs (*coton et riz possibles*) sur couvertures vivantes pérennes, respectivement de *Cynodon d. tifton* et *Arachis p.*, permettent également de séquestrer très efficacement le carbone; sur 3 ans la quantité de C annuelle est de :

- + 1,5 MgC.ha<sup>-1</sup> dans l'horizon 0-10 cm et de + 0,8 Mg.ha<sup>-1</sup> dans le niveau 10-20 cm pour le système le plus performant : soja sur Tifton,
- + 1,0 MgC.ha<sup>-1</sup>, mais seulement dans l'horizon 0-10 cm, pour le système maïs sur Arachis pintoï.

Après une période de 6 ans de pratique continue du système soja +mil ou sorgho en Semis Direct et partant donc d'un profil cultural en partie restauré en M.O. par le système de Semis Direct, si l'on implante, toujours en Semis Direct, des espèces fourragères qui seront pâturées pendant 5 ans d'affilée sans apport

---

<sup>6</sup> La partie relative aux 15 ans de la chronoséquence 3 en zone forestière (*Fig. 16*) et la chronoséquence des Cerrados (*Fig. 17*) comportent en réalité, 2 à 3 ans de riz immédiatement après défrichement . Cette culture fait partie intégrante de l'opération défrichement-ouverture des terres ; elle restitue entre 7 et 11 t/ha/an de résidus à C/N élevé, qui permettent de maintenir le taux de M.O. du profil cultural au départ (*Séguy L. et al., 1996*).

d'intrants ( $1,8 \text{ UGB/ha}$ ), le taux de M.O. du sol augmente plus rapidement et la quantité de carbone séquestré annuellement est plus élevée sous l'espèce *Brachiaria brizantha* (cv. *Brizantão*) que sous l'espèce *Panicum maximum* (cv. *Tanzânia*) :

- +  $0,7 \text{ MgC.ha}^{-1}$  pour cette dernière dans l'horizon 0-10 cm, contre
- +  $0,9 \text{ MgC.ha}^{-1}$  sous le brizantão dans le même horizon ;

Dans l'horizon 10-20 cm, le taux de séquestration annuel de C est très élevé sous *Brachiaria b.* avec  $+ 1,68 \text{ MgC.ha}^{-1}$  contre  $+ 1,08 \text{ MgC.ha}^{-1}$  sous *Panicum m.*;

Ces espèces rechargent donc fortement le profil cultural en dessous de 10 cm de profondeur .

Des résultats similaires de séquestration de C sous Semis Direct ont été obtenus dans les savanes gabonaises, sous des conditions pédoclimatiques proches et à partir de systèmes de culture à base de grains semblables, que nous avons transférés depuis le Brésil (*Boulakia, S. et al, 1999*). Comme dans le cas des fronts pionniers de la ZTH du Brésil, le travail profond du sol pratiqué tous les ans à l'entrée d'une succession annuelle maïs + soja, conduit à la perte progressive de M.O. ; les pertes annuelles de C, sont sur 3 ans de  $-1,0 \text{ MgC.ha}^{-1}$  dans l'horizon 0-10 cm, et  $-0,7 \text{ MgC.ha}^{-1}$  dans l'horizon 10-20 cm, en présence d'une forte fumure minérale annuelle ; Lorsqu'un niveau moyen à faible de fumure minérale est utilisé, la perte annuelle de C est plus faible.

Comme dans les cerrados brésiliens, la pratique, en semis direct continu, de systèmes à 2 cultures annuelles en succession dominés par les graminées, voisins de ceux utilisés au Brésil, conduit à des niveaux de séquestration annuelle de C identiques à ceux observés au Brésil :  $+ 1,0 \text{ MgC.ha}^{-1}$  dans l'horizon 0-10 cm et  $+ 0,8 \text{ MgC.ha}^{-1}$  dans l'horizon 10-20 cm (cf. *chronoséquence Gabon, Fig. 7*).

- ④ Quel que soit le type de sol et les conditions climatiques, plus le profil cultural de départ est déstructuré et appauvri en M.O. et plus la recharge en carbone est rapide ensuite, en semis direct, avec des successions annuelles où les graminées jouent un rôle dominant (*mil, mais surtout sorgho, Eleusine cor., avoine, espèces fourragères*)
- ⑤ Sous moindre pluviométrie ( $900 \text{ à } 1\,600 \text{ mm}$ ), avec des sols argileux naturellement bien structurés et riches en M.O. comme les sols rouges-foncé sur basalte du Sud de Goias, sols travaillés aux disques et en monoculture de coton sur fortes pentes, les pertes en M.O. sont nettement inférieures à celles de la ZTH et sont surtout localisées sur des griffes d'érosion (*érosion linéaire dominante*)
- ⑥ Le climat frais et humide d'altitude sur les hautes terres malgaches est celui qui permet de séquestrer le plus de carbone annuellement, lorsque des graminées pérennes très puissantes servent de support dominant aux systèmes de Semis Direct (*Pennisetum clandestinum*) : De  $+1,8 \text{ à } +2,4 \text{ Mg.ha}^{-1}$  dans l'horizon 0-20 cm.
- ⑦ Le taux de séquestration de C dans les systèmes de Semis Direct les plus performants peut être aussi rapide et aussi important que le sont les pertes sous gestion inadéquate avec travail du sol ; les systèmes en Semis Direct les plus efficaces à cet égard sont ceux qui utilisent des successions annuelles à base de "biomasses de couverture" ou "pompes biologiques", très fortes pourvoyeuses de biomasse (*matière sèche aérienne et racinaire*) telles que mils, sorghos associées à *Brachiaria ruz.*, *Eleusine coracana*, *Cynodon dactylon*, en ZTH, les espèces fourragères pérennes des genres *Pennisetum (clandestinum)* et *Desmodium (intortum)* en zone subtropicale d'altitude ; ils conduisent, même sur de courtes

périodes de 3 à 5 ans, à recouvrir les taux de M.O. des écosystèmes originels, voire de les dépasser.

- ⑧ La recharge en Carbone et à court terme du profil cultural sous les meilleurs systèmes de Semis Direct, porte de manière plus marquée sur l'horizon 0-10 cm, mais aussi sur l'horizon 10-20 cm, lorsque des espèces fourragères sont utilisées dans la rotation telles que les genres *Brachiaria*, *Eleusine*, *Cynodon*, *Pennisetum*. La comparaison des résultats obtenus avec ceux d'autres auteurs des régions tropicales et subtropicales, met en évidence :
- Une bonne concordance avec les résultats produits par Corraza et al. 1999 dans l'éco-région des cerrados du Centre-Ouest brésilien, qui montrent un taux de séquestration annuel de C de  $+2,18 \text{ MgC.ha}^{-1}$ .
  - Dans la région Sud du Brésil, en conditions subtropicales, les résultats récents obtenus par Amado T.J. et al. (2000), Bayer C. et al. (2000) et Sá J.C.M. et al. (2000) avec des taux annuels de séquestration de C de + 1,6, de 1,33 et de  $0,99 \text{ Mg.ha}^{-1}$  respectivement, sont assez comparables à ceux que nous avons obtenus sur les hauts plateaux malgaches en climat subtropical frais et humide, avec des taux variant entre 1,3 et  $2,4 \text{ MgC.ha}^{-1}$ .
  - Comme dans la présente étude, des exemples au Kentucky (USA) en climat tempéré et à Ponta Grossa dans le Brésil subtropical cités par Sá J.C.M. et al (2000) montrent que le stock de carbone accumulé pendant de longues périodes (15 à 20 ans) sous Semis Direct peut être supérieur à celui des écosystèmes sous végétation naturelle et qu'il concerne préférentiellement l'horizon 0-10 cm (Lal R., 1997 ; Dick W.A. et al, 1998 ; Kern J.S. & Johnson M.G., 1993).
  - Autre conclusion concordante de cette étude avec ceux des auteurs déjà cités : Bien que le taux de décomposition de la M.O. en régions tropicales et subtropicales soit de 5 à 10 fois plus élevé que dans les régions tempérées (Lal R. et Logan T.J., 1995), les gains de M.O. dus à la pratique continue du Semis Direct peuvent y être équivalents voire supérieurs : c'est la nature des systèmes pratiqués en Semis Direct qui permet d'expliquer ce paradoxe.

### 3.2. DYNAMIQUES DU CARBONE DE LA CEC ET DU TAUX DE SATURATION (V%)

Sur toutes les chronoséquences étudiées de sols ferrallitiques vides chimiquement au départ et à CEC effective basse (Scheid Lopes A. , 1984), les tendances d'évolution de la CEC, suivent strictement celles de la M.O. = Sous les systèmes de culture qui perdent de la M.O. (avec *travail du sol x monoculture*), la CEC des horizons de surface baisse ; à l'inverse, elle s'accroît et dans les mêmes proportions que la M.O., lorsque le taux de cette dernière augmente dans les systèmes en Semis Direct. Avec les techniques de Semis Direct, on crée un pouvoir de rétention des engrains minéraux proportionnel au niveau de séquestration du C, et on peut ainsi limiter leurs pertes par lixiviation (Séguy et al., 2001).

Le Semis Direct influence également de manière significative le taux de saturation des horizons supérieurs du profil cultural et principalement l'horizon 10-20 cm où les variations se montrent les plus sensibles (Séguy et al., 2001). Pour un même niveau de fumure minérale appliquée, le taux de saturation suit les variations de la M.O. et de la CEC. Le cas le plus démonstratif à cet égard est celui de la chronoséquence cerrados de la ZTH, dans laquelle les espèces fourragères implantées en Semis Direct pendant 5 ans, jouent le rôle de "pompes à cations" et remontent fortement le taux de saturation des horizons de surface, comme si de très fortes doses d'amendements calco-magnésiens avaient été appliquées, alors qu'aucune fumure minérale ni amendement n'ont été utilisés au cours de ces 5 ans (Fig. 10).

Des profils culturaux effectués tous les ans, dans toutes les chronoséquences, sous les cultures "biomasses de couverture", "pompes biologiques" de succession, montrent que les enracinements de ces cultures sont très profonds en sols ferrallitiques et dépassent le plus souvent 2 m à 2,5 m de profondeur à la floraison ; elles ont, de ce fait, la capacité de remonter, recycler tous les ans, les bases et les nitrates qui ont échappé aux cultures commerciales . C'est le cas des espèces des genres : *sorgho*, *Brachiaria*, *Panicum*, *Eleusine*, *Crotalariae*, *Pennisetum*, *Cynodon*, fermant le système « Sol-Culture »

( Concept Séguy L. et al. 1996 ) .

### 3.3. LES PERFORMANCES AGRONOMIQUES, TECHNIQUES ET ECONOMIQUES DES SYSTÈMES DE CULTURE ET LEUR MISE EN REGARD AVEC LA DYNAMIQUE DE LA M.O.

#### 3.3.1. ÉCO RÉGION DE LA ZONE TROPICALE HUMIDE (ZTH).

. L'évolution des performances agronomiques des systèmes de culture à base de riz pluvial et soja, créés par la Recherche a été reconstituée pour la période 1986-2000 ; les figures 11 et 12 qui retracent cette évolution sur 14 ans, mettent en évidence les résultats reproductibles suivants =

- La production de matière sèche aérienne totale par hectare est passée de 4 à 8 t/ha en 1986 pour les systèmes de départ à une seule culture annuelle, à 25-28 tonnes/ha en l'an 2000 pour la moyenne des meilleurs systèmes en Semis Direct à 3 cultures par an .
- La variation des teneurs en M.O. des horizons de surface, a suivi strictement celle de la production de matière sèche totale aérienne : les systèmes les plus productifs en Semis Direct ont accumulé, en moyenne, entre 1992 et 2000 entre 1,7 et 2,1% de M.O. sur 8 ans.
- La productivité du soja, principale culture de la région, est passée ainsi de 1.700 kg/ha en 1986 à plus de 4.600 kg/ha en l'an 2000 ; celle du riz pluvial sur la même période de 1.800 - 2.000 kg/ha à plus de 8.000 kg/ha, (Séguy L., et al ., 1998 d).

**Sur les 5 dernières années**, qui ont bénéficié de tous les progrès acquis dans la construction pendant 15 ans de systèmes de culture en Semis direct toujours plus performants et également d'un niveau de maîtrise technique encore affiné, l'analyse des performances agronomiques comparées des systèmes de culture dans les chronoséquences 1, 2 et 3 de l'écologie de forêt, conduit aux conclusions suivantes :

+ **La productivité du soja**, aussi bien de cycle court (cv. *Conquista*) que de cycle moyen (cv. *FT 114*) est toujours nettement supérieure sur les systèmes de semis direct que sur le témoin travaillé. L'écart de rendements s'accroît d'année en année à l'avantage du Semis Direct ; il est proportionnel à l'importance de la biomasse sèche sur laquelle est implanté le soja en semis direct = en présence d'un très faible niveau de fumure minérale ( $40 P_2O_5 + 40 K_2O$ ), cet écart de rendement en faveur du semis direct va de 13 à 17% en première année, à 30 à 42% en troisième année pour les meilleurs systèmes, quel que soit le cycle de la variété . Lorsque la fumure apportée double (ON +  $80 P_2O_5 + 80 K_2O$ ), les écarts en faveur des meilleurs systèmes en semis direct vont de 15 à 25% en première année pour les 2 cycles variétaux à 18-24% pour le cycle court et 31 à 47% pour le cycle moyen en troisième année (Fig. 13).

+ **La productivité du Riz pluvial** est, comme celle du soja, toujours plus élevée en semis direct que sur sol travaillé (Fig. 14). La productivité moyenne des 3 meilleures variétés est en 1997/98 de 5.420 kg/ha en semis direct sur couverture morte d'*Eleusine coracana*, contre 4.260 kg/ha sur labour dans la même rotation, soit un gain de productivité de 23% en faveur du semis direct.

En 1998/99, dans la même rotation le rendement moyen du semis direct pour ces mêmes cultivars est de 5.025 kg/ha contre 2.885 kg/ha sur labour, soit un gain de rendement de 43% pour le semis direct. L'état sanitaire du matériel génétique est, en outre, toujours nettement meilleur sur semis direct que sur labour pour ce qui concerne les principales maladies fongiques de l'appareil végétatif et reproducteur (Séguy L. et al, 1998)].

. Si la productivité du soja en semis direct est étroitement corrélée à la production de biomasse sèche des graminées, le riz pluvial suit la même réponse dès lors que la nutrition azotée n'est pas limitante (Séguy L. et al, 2001).

. Les systèmes de semis direct sur couvertures mortes et vivantes les plus productifs en biomasse sèche par an, sont aussi ceux qui produisent le plus de grains et qui séquestrent le plus de carbone .

. Sur la même année agricole, il est ainsi possible de produire (*et de reproduire*) 6 à 7 t/ha de riz pluvial (*qualité supérieure de grain*) ou 4 à 5 t/ha de soja, puis en succession 3 à 5 t/ha de céréales "pompes biologiques", elles-mêmes suivies d'un pâturage durant la saison sèche qui peut supporter 1,5 à 2 têtes de bétail à l'hectare sur 3 mois (*production de 50 à 90 kg /ha de viande*); les productions de ces 3 cultures annuelles successives qui couvrent les 12 mois de l'année, et qui sont obtenues en semis direct, consomment très peu de fumure minérale : au total, de 50N à 115N.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>, suivant que la culture en tête de succession est respectivement du soja ou du riz, 100 à 110 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>, 100 à 130 K<sub>2</sub>O.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>.

. La productivité des cultures principales a donc pratiquement triplé en 15 ans, et la production s'est fortement diversifiée ; les progrès spectaculaires réalisés sont imputables plus aux avancées décisives qui ont été progressivement construites et conquises en matière de système de culture en Semis Direct qu'à celles de l'amélioration variétale (Séguy L. et al, 1992/2000, 1996).

**Les conséquences technico-économiques** de l'utilisation des systèmes de culture en SD ou en sol travaillé sont à la mesure de leurs performances agronomiques.

La région de fronts pionniers du Centre-Nord Mato Grosso a connu depuis le tout début de son ouverture, au début des années 1980, une situation économique très chaotique, qui a subi de plein fouet les restructurations économiques du pays. Loin des grands centres de transformation, des ports d'exportation (*plus de 1.500 km*), la région ne dispose que d'une seule route, le plus souvent en état précaire, qui grève les coûts de transport. Cet isolement se traduit par une pénalisation économique qui va de 25 à 40% de surcoûts de production par rapport à ceux des grands états producteurs du Sud du pays (Séguy L. et al., 1996 ; cf. Fig. 15).

. Dans cette conjoncture, les coûts de production du soja, culture industrielle la plus stable, peuvent varier de 280 à plus de 430 U.S.\$/ha en fonction du niveau de technologie ; sur le riz pluvial, les coûts ont varié plus que du simple au double sur la période 1987/2000

Les meilleures performances technico-économiques sont toujours obtenues en Semis Direct ; elles permettent, malgré la situation économique très instable, de construire des assolements plus stables et de moindre risque économique (Cf. Fig. 16)

En fonction du niveau de risque choisi par l'agriculteur, les coûts de production peuvent varier de 300 à 600 U.S.\$/ha avec des systèmes en SD à base de riz, soja, maïs + cultures de succession suivies d'embouche en saison sèche ou pratiquées sur couvertures vivantes (Fig. 16) et jusqu'à 1.300 U.S.\$/ha avec la culture cotonnière de haute technologie (*SD + fort niveau d'intrants*). Les marges

nettes vont de 100,00 à plus de 500,00 U.S.\$/ha, en fonction des prix payés au producteur.

Les charges de mécanisation ont pu être réduites de manière draconienne avec l'adoption du Semis Direct : le parc de tracteurs et de semoirs peut être divisé par 2, de même que la consommation de carburant (*Fig. 17*).

. Pression et pénalisation économiques qui ont conduit à l'adoption massive du SD depuis 1995 permettent aujourd'hui à cette région d'être championne de productivité du Brésil pour le soja et pour le riz pluvial de haute technologie. Si la moyenne de productivité de soja dépasse maintenant largement 3.000 kg/ha dans la région sur plus de 1,3 millions d'hectares, des productivités comprises entre 4.000 et 5.500 kg/ha pour le riz pluvial sont aujourd'hui monnaie courante chez les agriculteurs (*Fig. 18*). Petit à petit, dans la difficulté, est né, puis s'est consolidé un profil d'agriculteurs très performants, aptes à affronter la mondialisation, sans subventions.

### **3.3.2. ÉCO RÉGION DES FORÊTS TROPICALES SUR BASALTE DU CENTRE OUEST BRÉSILIEN (*Sud de l'état du Goiás, Nord de l'état de São Paulo*).**

. Les performances agro-économiques comparées des modes de gestion des sols et des cultures relatifs à la chronoséquence de 4 ans du Sud de l'état de Goiás sont réunies dans la figure --, et mettent en évidence :

en présence d'un niveau de fumure minérale moyen de 85N + 50 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 100 K<sub>2</sub>O + oligos, les systèmes de Semis Direct (SD) sont toujours plus productifs que les systèmes du cotonnier sur sol travaillé : l'écart de productivité en faveur du SD varie de 15 à 18% les années climatiques favorables, quel que soit l'état de dégradation du sol au départ, à plus de 30% sur sol peu dégradé et jusqu'à 65% sur sol très érodé durant les années climatiques très défavorables au cotonnier telles que 1997/98 et 1998/99 (*Fig. 19*).

. Lorsque le sol a été très fortement pollué et de manière durable par des herbicides de longue rémanence appliqués à trop forte dose, comme le sulfentrazone, certaines biomasses de couverture comme le sorgho montrent un pouvoir dépolluant, désintoxiquant très rapide pour que la productivité du coton retrouve son meilleur niveau ( Séguy L., et al., 1997).

. Cette même couverture de sorgho (*type Guinea*) à décomposition lente et à effet allélopathique marqué sur la flore adventice, permet de contrôler naturellement et très efficacement la peste végétale *Cyperus rotundus* qui constitue un obstacle majeur à la mise en culture des sols sur roche volcanique (Séguy L., et al., 1999).

**AU PLAN ÉCONOMIQUE**, les coûts de production du SD, de mieux en mieux maîtrisés, s'avèrent en moyenne inférieurs de 5 à 10% à ceux des systèmes avec travail du sol (*Fig. 20 et 21*) ; comme sur les fronts pionniers, le parc des machines peut être réduit de 50% de même que la consommation de carburant (Séguy L., et al., 1998).

. Les marges nettes/ha sont très variables d'une année sur l'autre en fonction des prix payés pour la fibre, eux-mêmes très fluctuants. Elles sont, toujours, comme la productivité, plus stables et nettement plus élevées sur SD que sur sol travaillé = de 30 à 50% en fonction des années (*Fig. 19, 20 et 21*).

### 3.3.3. ÉCO-RÉGION DES HAUTS PLATEAUX MALGACHES

Chez les agriculteurs des Hauts Plateaux, les performances agro-économiques et techniques des systèmes de cultures pratiqués sur Tanety (*collines*) des sols acides, en culture manuelle et traction animale, sont dérisoires : pour la culture de maïs par exemple, qui est très importante dans cette région, la productivité sur sols acides varie entre 700 et 1000 kg/ha avec 5 t/ha de fumier et un calendrier cultural extrêmement chargé de plus de 200 jours/ha en culture manuelle (De Rham. et al., 1995 ; Feyt et al., 1999). Ces nombres traduisent bien, à la fois, un calendrier cultural très contraignant et des conditions de très basse fertilité des sols lorsque seule une fumure organique est utilisée (*la productivité du maïs tombe à moins de 400 kg/ha sans aucune fumure*).

. Les systèmes de culture en Semis Direct qui portent sur les cultures de maïs, soja et haricot produisent plus tous les ans, quel que soit le niveau de fumure ; avec labour, la productivité stagne ou se montre très fluctuante en présence des mêmes niveaux d'intrants (Fig. 22)

. Par rapport au labour, les systèmes de Semis Direct produisent en 4° année :

- 3 fois plus de maïs, quel que soit le niveau de fumure ;
- 4 fois plus de soja avec fumier seul, 2,5 à 3 fois plus avec fumier + fumure minérale moyenne ou forte ;
- 4 fois plus de haricot avec fumier seul, 1,5 à 2,5 fois plus avec fumier + fumure minérale moyenne et forte, respectivement (Fig. 22)

. Sur les sols acides, improductifs avec les techniques de labour traditionnelles, le Semis Direct permet d'obtenir en 4° année 3 000 à 6 000 kg/ha de maïs, en fonction du niveau de fumure utilisé, 1 400 à 2 400 kg/ha de haricot, 1 800 à 3 000 kg/ha de soja, dans les mêmes conditions ;

. Avec 5t/ha de fumier seul, les techniques de Semis Direct permettent de tirer parti de ces sols, considérés comme incultes en culture traditionnelle.

. La figure 23, relative aux temps de travaux exprimés en jours/hectare, établis sur une période de 5 ans sur le réseau régional de sites, en fonction des différents systèmes de culture, met en évidence :

- les systèmes en semis direct, consomment beaucoup moins de main d'œuvre que les systèmes avec labour : les itinéraires techniques relatifs aux cultures de blé, maïs, riz pluvial, haricot et soja nécessitent, respectivement, en moyenne, 74 , 84 , 96 et 90 jours/ha quel que soit le type de sol, contre 190 à plus de 220 jours/ha pour les itinéraires des mêmes cultures, avec labour ;
- le semis direct offre donc une très forte économie de main d'oeuvre par rapport au labour, justement sur les opérations les plus pénibles du calendrier cultural : le travail du sol et les sarclages. Le labour utilise en moyenne 50 jours/ha, contre seulement 4 jours/ha pour traiter la biomasse de la parcelle de culture ou avec herbicide total de pré-semis ou pour rapporter de la biomasse sèche extérieure à la parcelle de culture et ainsi renforcer la couverture du sol

L'entretien des parcelles de cultures nécessite 60 à 70 jours/ha de sarclages sur labour, contre seulement 6 à 12 jours/ha dans les systèmes de semis direct (*utilisation d'herbicide sélectif ou sarclage manuel minimum, ou les 2 combinés*).

Au total, les temps de travaux, sur l'ensemble des itinéraires techniques en semis direct, sont réduits de 58 à 65% par rapport à ceux conduits avec labour et sarclages traditionnels.

+ **Les coûts de production** sont systématiquement plus faibles avec semis direct qu'avec labour, quel que soit le niveau de fumure et le type de sol, grâce à la très forte réduction de main d'œuvre en semis direct : 12 à 30% d'économie en fonction de la culture et du niveau de fumure (*Fig. 24*).

+ **Les marges nettes** sont toujours beaucoup plus importantes en semis direct qu'avec labour, pour toutes les cultures et quel que soit le niveau de fumure. Les plus intéressants sur sols acides sont, en semis direct :

- pour la culture de maïs, avec fumier seul : +323 US\$/ha contre +58 US\$/ha sur labour,
- pour la culture de soja, avec fumier + fumure minérale moyenne : +469 US\$/ha, contre +122 US\$/ha sur labour,
- pour la culture de haricot, avec fumier seul : +139 US\$/ha contre une marge négative sur labour de -104 US\$/ha (*Fig. 24*).

**Par rapport au SMIG journalier** de 0,87 US\$, payé dans la région en 1997/98, les systèmes de semis direct pratiqués avec fumier seul qui valorisent le mieux la journée de travail (*Fig. 69*), offrent **des rémunérations journalières comprises entre 2,13 et 4,65 US\$** sur sols acides de basse fertilité, en fonction des cultures, soit de 3 à 5 fois le SMIG journalier.

Le maïs se montre la production la plus rémunératrice sur sols acides en semis direct avec fumier seul, suivi du soja et du haricot. Le soja est la culture qui valorise le mieux la fumure minérale et offre la meilleure valorisation de la journée de travail : 5,80 US\$ sur fumure minérale moyenne + fumier et 6,00 US\$ sur fumure minérale forte + fumier.

Les systèmes de culture pratiqués avec labour sur sols acides offrent des valorisations de la journée de travail proches du SMIG journalier seulement pour les cultures de maïs et soja (*voir Fig. 24*).

## IV - DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Le semis direct sur couverture permanente du sol est probablement le paradigme le plus complet qui ait été construit à ce jour pour le développement planétaire d'une agriculture durable, préservatrice de l'environnement, gérée au plus près du "biologique".

Plus que porteur d'espoir, il montre ses capacités à restaurer le statut organique des sols, aussi rapidement qu'il se dégrade avec le travail du sol destructeur, dans de grandes éco-régions subtropicales et tropicales ; l'exemple de la zone tropicale humide (ZTH) est éloquent à ce sujet, là où les processus qui commandent la dégradation de la ressource sol (érosion), la minéralisation de la M.O., vont plus vite que partout ailleurs sur la planète. Le statut organique des sols peut, avec l'utilisation des systèmes de culture en SD les plus performants, rejoindre rapidement et même dépasser celui des écosystèmes naturels (*forêts, cerrados*), même dans ces éco-régions à climat excessif où température et pluviométrie sont très élevées et où les sols sont vides "chimiquement" et présentent un pouvoir de rétention dérisoire vis à vis des engrains minéraux.

Si le Semis Direct sur couverture végétale permet, toujours, dans toutes les grandes éco-régions étudiées, de séquestrer du carbone, l'importance de cette séquestration dépend de la nature, de la typologie des systèmes de culture pratiqués : les plus performants pour cette fonction sont ceux qui produisent le plus de biomasse aérienne à C/N et teneur en lignine élevés, et qui possèdent des systèmes racinaires très développés en surface et en profondeur pour pouvoir utiliser efficacement l'eau profonde du sol, en dessous de la zone d'activité racinaire des cultures commerciales. Les systèmes racinaires les plus résistants à la minéralisation sont ceux qui sont entourés de manchons importants de microagrégats qui protègent la M.O. (*polysaccharides, endomycorhizes vésiculo - arbusculaire, polyphénols*), tels qu'en possèdent l'espèce *Eleusine coracana*, cultivée pure ou en association avec des légumineuses pivotantes, ou le genre *Brachiaria* associé aux pompes biologiques recycleuses telles que mil et sorgho.

Dans ces systèmes, la production de matière sèche est continue toute l'année, par l'utilisation progressive d'un réservoir hydrique énorme sur une grande épaisseur de sol, et les concentrations en M.O. augmentent à la surface du sol (Fig. 25). La recharge en carbone intéresse surtout l'horizon 0-10 cm, mais aussi celui de 10-20 cm, lorsque les graminées les plus puissantes au niveau racinaire sont utilisées (genre *Eleusine*, *Brachiaria* associé à *sorgho*, *mil*, utilisé comme pâturage sur 4 à 5 ans ; espèces pérennes employées comme couvertures vivantes telles que *Cynodon dactylon*, *Pennisetum clandestinum*). L'augmentation de la M.O. en surface accroît la résistance des microagrégats et la protection des M.O. ; ces M.O. augmentent la stabilité des agrégats où elles se trouvent, et les agrégats plus stables, à leur tour, protègent les M.O. qui y sont incorporées, établissant ainsi des relations réciproques entre dynamique de la M.O. et stabilité de l'agrégation (*autorégulation, autoprotection*).

L'évolution des performances agronomiques et technico-économiques des systèmes de culture accompagne, dans toutes les grandes éco-régions, l'évolution du statut organique des sols :

- en ZTH, entre 1986 et 2000, en agriculture moderne mécanisée, les rendements des cultures principales soja et riz ont plus que doublés et la production de matière sèche totale par hectare a été multipliée par 4 à 5, permettant de produire 2 cultures annuelles de grains en succession plus de la viande ou du lait en saison sèche, tout en protégeant totalement le sol ;
- Dans l'écologie des forêts tropicales du Centre-Ouest du Brésil, sur des sols ferrallitiques issus de basaltes, à très fortes pentes, le Semis Direct en culture moderne mécanisée, permet d'arrêter définitivement l'érosion, de produire 10 à 30% de coton en plus, de diversifier la production, tout en contrôlant la peste végétale *Cyperus rotundus*.
- Dans l'éco-région subtropicale d'altitude des hauts plateaux de Madagascar, siège d'une érosion catastrophique, où se pratique une petite agriculture familiale, manuelle et en traction animale avec minimum d'intrants, la productivité des systèmes en SD est de 2 à 5 fois supérieure à celle des systèmes avec travail du sol pour les cultures principales de maïs, haricot et soja.
- . Dans toutes les grandes éco-régions, quel que soit le type d'agriculture, les systèmes en SD contrôlent totalement l'érosion et sont toujours nettement plus lucratifs que les systèmes avec travail du sol ; les économies de main d'œuvre ou

de machines agricoles et de combustible sont spectaculaires en faveur du Semis Direct (SD).

Ces résultats obtenus dans des éco-régions très différenciées, montrent que le Semis Direct sur couverture végétale permanente du sol permet de produire plus de manière plus stable et plus proprement, en donnant une part croissante à la fertilité d'origine organo-biologique dans la capacité du sol à produire. Ce type d'agriculture qui fait appel à la notion de "biomasse annuelle, pompe biologique" comme "renfort" des cultures commerciales, peut agir comme stockeur net de CO<sub>2</sub> et non plus comme producteur net.

Les effets bénéfiques pour la qualité biologique des sols, de l'eau, peuvent être très rapides et positionner cette activité comme dépolluante et en ce sens, lui permettre de recueillir des aides de la société civile pour sa participation à la limitation de l'effet de serre, à la préservation des paysages, des infrastructures rurales et de la faune = des "crédits carbone" pourraient constituer un moyen stimulant pour soutenir le développement agricole dans ce sens. Ces crédits pourraient être modulés en fonction de la capacité des itinéraires techniques et des systèmes de culture à séquestrer le carbone et pourraient être de ce fait des arguments de choix décisifs pour les agriculteurs.

Mais, ces scénarios ne sont réalistes et possibles que si les divers acteurs du développement sont capables, œuvrant de concert et *in situ*, de créer ces systèmes de culture du futur, plus performants à la fois pour séquestrer le carbone, recycler les nitrates et les bases, dégrader les xénobiotiques (*critères des scientifiques et de la société civile*), et qui satisfassent aux critères de choix de l'agriculture durable et à ceux des agriculteurs (*agronomiques et technico-économiques*).

La méthodologie de Recherche-Action présentée dans ce document permet de répondre aux exigences de tous et de les concilier. La modélisation des systèmes de culture conduit, partant des systèmes en vigueur, à construire pour et avec les producteurs, dans leur milieu, une typologie très diversifiée de systèmes de culture possibles et appropriables. Cette expérience montre comment notre démarche expérimentale peut permettre de replacer *in situ*, dans le cadre de systèmes novateurs construits avec les agriculteurs, des études aussi fondamentales que celles relatives à la dynamique du carbone, au recyclage annuel efficace des nitrates et des bases, à la dégradation des xénobiotiques, à la biorémédiation en général.

Au cours de la démarche expérimentale pratiquée *in situ*, ces thématiques fondamentales sont traitées et mises en regard des performances agronomiques et technico-économiques des systèmes de culture qui pourront être appropriés demain par les producteurs ; l'impact économique de la dynamique du carbone, des nitrates, des bases et des xénobiotiques peut donc être évalué préventivement ; en conséquence, c'est une manière d'incorporer et de traiter les exigences de la société civile et de la science au sein de la typologie des systèmes de culture, dans la pratique même des agricultures régionales.

. Cette expérience révèle aussi l'importance de la ZTH, comme "simulateur exceptionnel" pour l'étude scientifique de la dynamique du carbone : dans un climat à très forte pluviométrie sur 7,5 à 8 mois et à température moyenne très élevée, les vitesses de réaction des processus fondamentaux qui commandent la dynamique du carbone, mais aussi la lixiviation des nitrates et des bases, y sont bien plus élevées que partout ailleurs, et permettent d'appréhender la dynamique, même à très court terme, de ces processus fondamentaux de fonctionnement. C'est une façon académique et rigoureuse d'élucider ces phénomènes, en raccourcissant l'espace - temps, donc un auxiliaire précieux de modélisation pour la recherche qui permettra de préfigurer ces dynamiques pour toutes les autres grandes éco-régions de la planète où la vitesse des réactions est beaucoup plus lente.

Les unités opérationnelles de création-diffusion des scénarios de l'agriculture durable de demain sont organisées en réseau tropical et subtropical au sein du CIRAD. Cet ensemble très diversifié aux plans des environnements physiques et socio-économiques rassemble une maille d'unités opérationnelles de terrain pilotées par la recherche avec l'appui des agricultures locales, qui sont des laboratoires de veille et d'exception pour l'analyse anticipée des impacts des systèmes en SD sur le milieu et les hommes qui le cultivent, et pour la modélisation scientifique du fonctionnement de ces systèmes qui sont en prise directe avec les réalités agricoles régionales. Ces unités qui préfigurent les scénarios de l'agriculture "propre" de demain, sont très en avance sur les scénarios actuels de développement et constituent donc, par là même, des outils précieux de pilotage de l'agriculture du futur pour concilier les exigences de la société civile (*lutte contre l'effet de serre, produits alimentaires sains*) et celles des agriculteurs (*agriculture durable et lucrative, au moindre coût, dans un environnement protégé et propre*). Le Réseau Semis Direct sur couverture végétale du CIRAD-CA qui s'étoffe à grands pas grâce à l'appui de la coopération française (AFD, MAE, FFEM), couvre l'Amérique Latine avec le Brésil et le Mexique, l'Océan Indien avec Madagascar (*Travaux de H. Charpentier, R. Michellon du CIRAD-CA, ONG TAFA, ANAE, FOIFIA et ONG associées*) et l'Île de la Réunion (*Travaux de R. Michellon et al., A. Chabanne, J. Boyer, F. Normand, APR, DDA*), l'Asie avec le Laos (*Travaux de P. Julien, F. Tivet et recherche laotienne*) et le Vietnam (*Travaux de O. Husson, P. Lienard, S. Boulakia et recherche vietnamienne*), et va s'étendre à l'Afrique dans le début des années 2000 (*Tunisie déjà en cours, Cameroun, Mali, Ethiopie à venir*).

Ce Réseau pluri-écologies d'unités opérationnelles "systèmes de culture en Semis Direct" du CIRAD-CA est aussi un support de formation pour tous les acteurs du développement et peut devenir une référence mondiale (*diversité des écologies, des systèmes de culture, du niveau de maîtrise*) où la recherche anticipe, crée les systèmes de demain, modélise leur fonctionnement, évalue et explique à la société civile leurs impacts sur les milieux physique et humain, avant que ils ne soient adoptés à très grande échelle. Cette démarche rejoint le principe salutaire de précaution et la nécessité qu'il est toujours préférable de prévenir plutôt que de guérir (*rôle du laboratoire de veille, d'avertissement*).

## V - RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMADO, T.J.; PONTELLI, C.B.; JÚNIOR, G.G.; BRUM, A.C.R.; ELTZ, F.L.F. & PEDRUZZI, C.** Sequestro de carbono em sistemas conservacionistas na Depressão Central de Rio Grande do Sul. In: V Reunión bienal de la red latinoamericana de agricultura conservacionista. p.42-43, Florianópolis, 57p, 1999..
- BATJES, N.H.** Total carbon and nitrogen in the soils of the world. Eur. J. Soil Sci. 47:151-163, 1996.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T.J.C.; MARTIN-NETO, L. & FERNANDES, S.V.** Organic matter storage in a sandy clay loam acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. Soil & Till. Res. 54:101-109, 2000.
- BOULAKIA, S.; MADJOU C.; SÉGUY, L.** Impacts de quelques itinéraires techniques de Semis Direct, comparés au travail du sol, sur des indicateurs fondamentaux de gestion de la fertilité sous climat équatorial. Doc. Interne CIRAD, -11p. 34398 Montpellier Cedex 5 France - 1999.

**BORGES, G.** EDITORIAL - Especial 10 anos, retrospectiva dos principais fatos que foram notícia - Revisão Plantio Direto, edição nº 59 48p - Setembro/outubro de 2000 -.

**CAMBARDELLA, C.A. & ELLIOT, E.T.** Carbon and nitrogen dynamics of soil organic matter fractions from cultivated grassland soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 58:123-130, 1994.

**CERRI, C.; FELLER, C.; BALESSENT, J.; VICTORIA, R., et PLENECASSAGNE, A.** Application du traçage isotopique naturel en  $^{13}\text{C}$  à l'étude de la dynamique de la matière organique dans les sols - Comptes - Rendus de l'académie des sciences, Paris, 300 : 423-428. 1985.

**CHAUSSOD, R.** La qualité biologique des sols = évaluation et implications. p.261-278 - volume 3, numéro 4 - AFES, 1996.

**CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S. & GOMES, A.C.** Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. R. Bras. Ci. Solo. 23:425-432, 1999.

**DE RHAM** et al. Enjeu des tanety pour le développement paysan en imerina. 20p. FAFIALA ONG - ANTANANARIVO - MADAGASCAR.

**DICK, W.A.; BLEVINS, R.L.; FRYE, W.W.; PETERS, S.E.; CHRISTENSEN, D.R.; PIERCE, F.J. & VITOSH, M.L.** Impacts of agricultural management practices on C sequestration in forest-derived soils of the eastern Corn Belt. Soil & Till. Res. 47:235-344, 1998.

**DOSS, D.D. ; BAGYARAJ, D.J. and SYAMASUNDAR, J.** Morphological and histochemical changes in the roots of finger millet *Eleusine coracana* colonized by VA mycorrhiza. Proc. India Natl. Sci. Acad. 54 :pg 291-293 . 1989

**ELLIOT, E.T.** Aggregate structure and carbon, nitrogen and phosphorus in native and cultivated soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 50:627-633, 1986.

**ESWARAN, H.; VAN DER BERG, E. & REICH, P..** Organic carbon in soils of the world. Soil Sci. Soc. Am. J. 57:192-194 - 1993.

**FEBRAPDP** - Federação brasileira de plantio direto na palha 2000. Evolução da área de plantio direto no Brasil - dados estatísticos. <http://www.agri.com.br/febrapdp/pd>.

**FELLER, C.** La matière organique dans les sols tropicaux à argile 1:1. Recherche de compartiments organiques fonctionnels. Une approche granulométrique. Thèse de doctorat d'Etat, Orstom, Université Louis Pasteur, Strasbourg, France, 393 pages + annexes.- 1995

**FEYT, H., MENDEZ DEL VILLAR, P.; RAVOHITRARIVO, C.P.; RABENJANA HARY E.; ENQUÊTES** - Études de la variabilité de la filière semences de FIFAMANOR dans le cadre du désengagement de l'état – DOC. FOFIFA - CIRAD - ANTANANARIVO – MADAGASCAR 1999.

**IPCC, 1995.** Climate change 1995. Working group 1. IPCC, Cambridge: Cambridge University Press, 1996.

**KERN, J.S. & JOHNSON, M.G.** Conservation tillage impacts on national soil and atmospheric carbon levels. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57:200-210, **1993**.

**LAL, R. & LOGAN, T.J.** Agricultural activities and greenhouse gas emissions from soils of the tropics. p.293-307. In: Lal, R. Kimble, J.M., Levine, E. and Stewart, B.A. (ed.). *Soil management greenhouse effect*. CRC Press, Boca Raton, Fl., **1995**.

**LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E. & WHITMAN, C.** World soils and greenhouse effect: An overview. p.1-7. In: R. Lal, J. Kimble, E. Levine and B.A. Stewart (ed.). *Soils and global change*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, MI., **1995**.

**LAL, R.** Long-term tillage and maize monoculture effects on a tropical Alfisol in Western Nigeria. II. Soil Chemical properties. *Soil & Till. Res.* 42:161-174, **1997**.

**LAL, R.** Soil management and restoration for C sequestration to mitigate the accelerated greenhouse effect. *Progress in Env. Sc.* 4:307-326, **1999**.

**MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; FRANCHINI, J.C.** Neutralização da acidez do perfil de solo por resíduos vegetais - Informações agronômicas da POTAPOS - nº 92 - Dezembro/2000. CP 400 - CEP 13400-970. Piracicaba-SP. Brasil; **2000**.

**NEUFELDT, H.; AYARZA, M.A.; RESK, D.V.S. & ZECH, W.** Distribution of water-stable aggregates and aggregating agents in Cerrado Oxisols. *Geoderma* 93:85-99, **1999**.

**REICOSKY, D.C.; KEMPER, W.D.; LANGDALE, G.W.; DOUGLAS Jr., C.L. & RASMUSSEN, P.E.** Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production. *J. Soil Water Cons.* 50:253-261, **1995**.

**SÁ, J.C.M.; CERRI, C.C.; LAL, R.; DICK, W.A.; VENZKE FILHO, S.P.; PICCOLO, M. & FEIGL, B.** Organic matter dynamics and sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. *Soil Sci. Soc. Am. J.* "em revisão final", **2000**.

**SÁ, J.C.M.; CERRI, C.C.; DICK, W.A.; LAL, R.** Plantio Direto = Recupera a matéria orgânica do solo e reduz a emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera - In = Revista Plantio Direto - edição nº 59, setembro/outubro de 2000. P41-45 - Aldeia Norte editora Ltda, Rua Moron 1324, 8º andar, sala 802.; 99010-032 - Passo Fundo – RS, **2000**.

**SÉGUY L.** Contribution à l'étude et à la mise au point des systèmes de culture en milieu réel : - petit guide d'initiation à la méthode de création-diffusion de technologies en milieu réel, - résumés de quelques exemples significatifs d'application. Doc. CIRAD-CA , 191p. - 34398 Montpellier cedex 5 - France Octobre **1994**.

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.,-** Rapports annuels de recherches sur les fronts pionniers du Mato Grosso - ZTH - 1992/2000. Documents Internes CIRAD-CA, 34398 Montpellier cedex 5 – France **1992/2000**.

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.; TRENTINI A.; CORTEZ N.A. -** L'agriculture brésilienne des fronts pionniers. Agriculture et développement nº12, décembre 1996. pp;2-61. - 34398 Montpellier cedex 5 - France. **1996**.

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.; MAEDA E.; MAEDA N.** . Brésil : semis direct du cotonnier en grande culture motorisée. Agriculture et développement n°17, Mars 1998. pp.3-23. - 34398 Montpellier cedex 5 – France **1998 a.**

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.; MAEDA E.; MAEDA N.** . Large scale mechanized direct drilling of cotton in Brazil. The ICAC Recorder. Technical Information Section, vol. XVI, n°1, march 1998, pp.11-17. **1998 b.**

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.; MARONEZZI A.C.** Semis direct et résistance des cultures aux maladies. Doc. CIRAD-CA, 1998, 4p. -34398 Montpellier cedex 5 – France **1998 c.**

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.; MARONEZZI A.C.** -. Les plus récents progrès technologiques réalisés sur la culture du riz pluvial de haute productivité et à qualité de grain supérieure, en systèmes de semis direct. Ecologies des forêts et cerrados du Centre Nord de l'Etat du Mato Grosso. Agronorte - Sinop-MT, 4 p. Doc. CIRAD-CA- 34398 Montpellier cedex 5 - France. **1998 d.**

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.** - Cultiver durablement et proprement les sols de la planète, en Semis direct. Doc. interne CIRAD-CA, 1998, 45p. - 34398 Montpellier cedex 5 – France **1998 e.**

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.; MAEDA E.; IDE M.A.; TRENTINI A..** La maîtrise de Cyperus rotundus par le semis direct en culture cotonnière au Brésil. Agriculture et développement n° 21, mars 1999. p.87-97 - 34398 Montpellier cedex 5 - France- **1999.**

**SÉGUY L.; BOUZINAC S.; TAFFAREL W.; TAFFAREL J.** - Méthode de défrichement préservant la fertilité du sol. In: Bois et forêts des tropiques - n° 263 – 1<sup>o</sup> trimestre 2000 - p.75-79. CIRAD - 34398 Montpellier cedex 5 – France **2000.**

**SÉGUY L.** . Les techniques de semis direct sur couvertures végétales dans la région des Hauts Plateaux de Madagascar. Doc. CIRAD-CA provisoire, 100 p., Partie d'un document collectif sur Madagascar à paraître pendant l'année 2001 - 34398 Montpellier cedex 5 - France. **2001 a**

**SÉGUY L.** . Quelques éléments simples et utiles: - à la compréhension de la démarche du CIRAD-CA en matière d'agroécologie - à la rédaction d'un projet scientifique SCV. Document CIRAD-CA , 23 p. - 34398 Montpellier cedex 5 – France –**2001 b.**

**SÉGUY L.; BOUZINAC S. ; MARONEZZI A.C.** Systèmes de culture et dynamique de la matière organique – Doc. CIRAD , 200 p. - 34398 Montpellier cedex 5 – France –**2001 c**

**SHEID LOPES A.** Solos sob "Cerrado", características, propriedades e manejo. 162p. POTAPOS - Piracicaba, SP, - Brasil ,**1984** .

**TRIOMPHE B.** Méthodes d'expérimentation agronomique en milieu paysan. Approche bibliographique. Collection Mémoires et travaux de l'IRAT 19. CIRAD-CA, 223 p. - 34398 Montpellier cedex 5 – France – **1989**

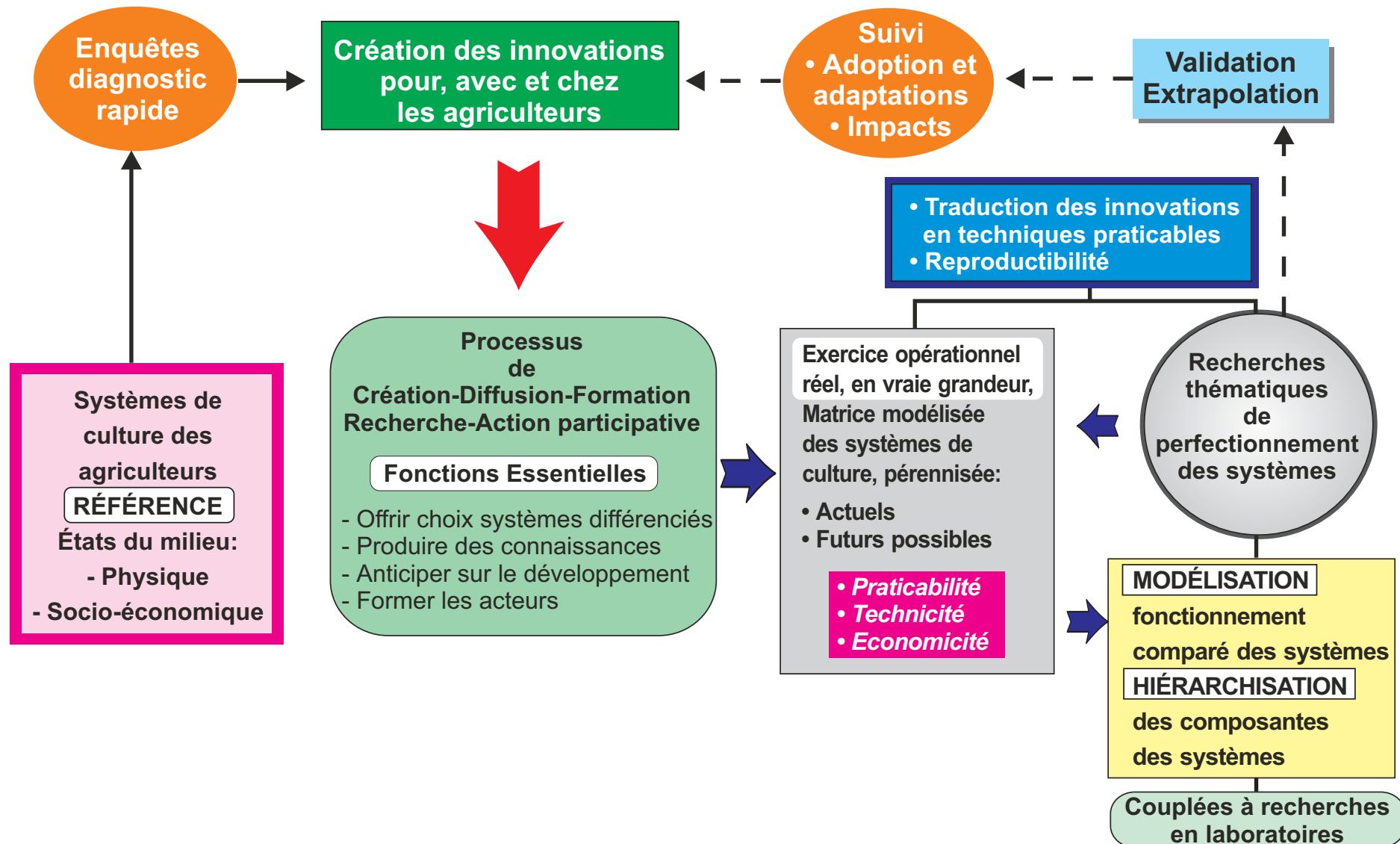
**VAN RAIJ B.,** Fertilidade do solo e adubação - 343p. POTAPOS - Piracicaba, SP - Brasil **1991.**

## **V – ANNEXE**

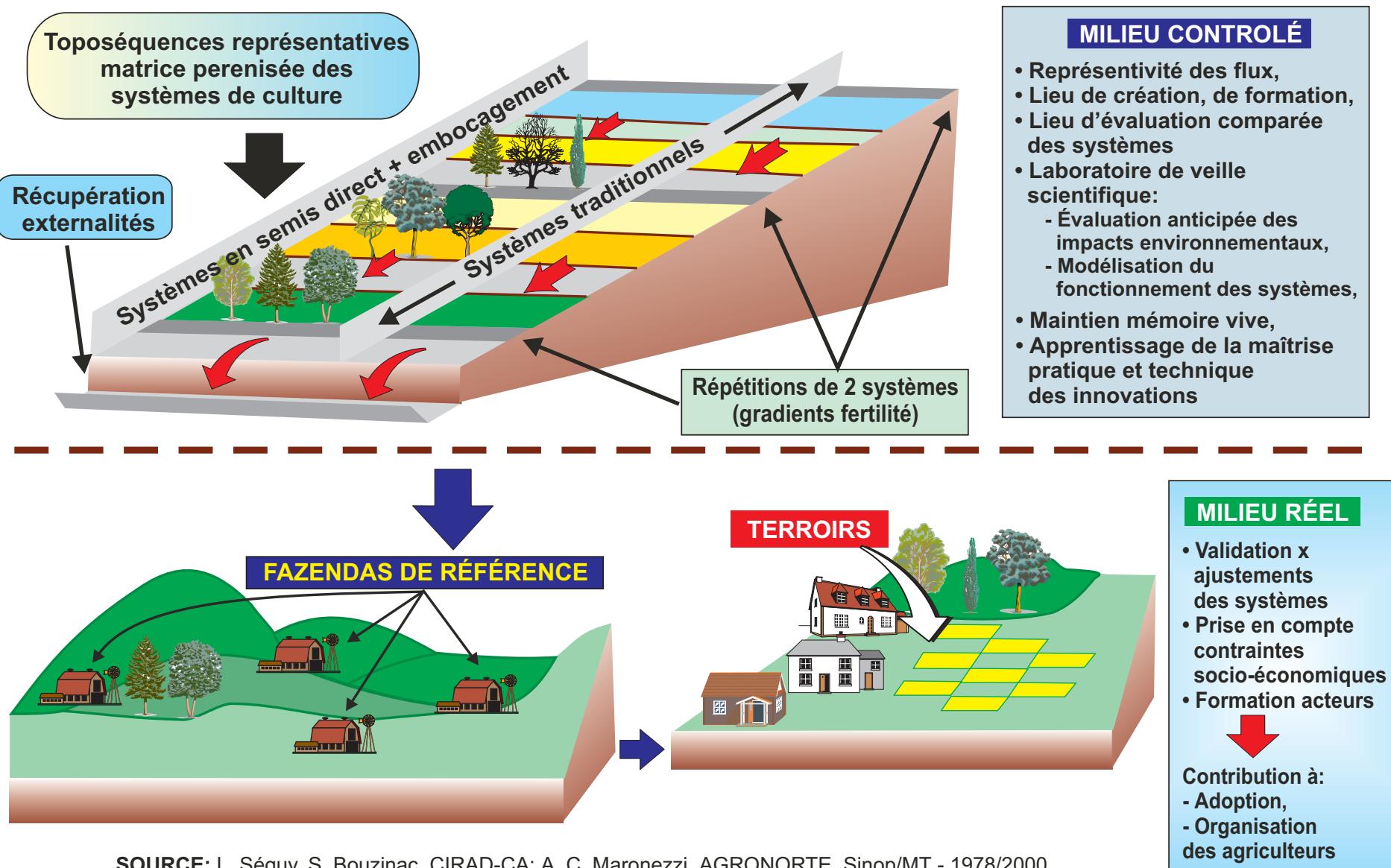
**LE CONCEPT DE MULTIFONCTIONNALITÉ  
DES BIOMASSES DE COUVERTURE  
EN SEMIS DIRECT**

# FIG. 1 RECHERCHE-ACTION, POUR AVEC ET CHEZ LES AGRICULTEURS

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA -GEC, 1997

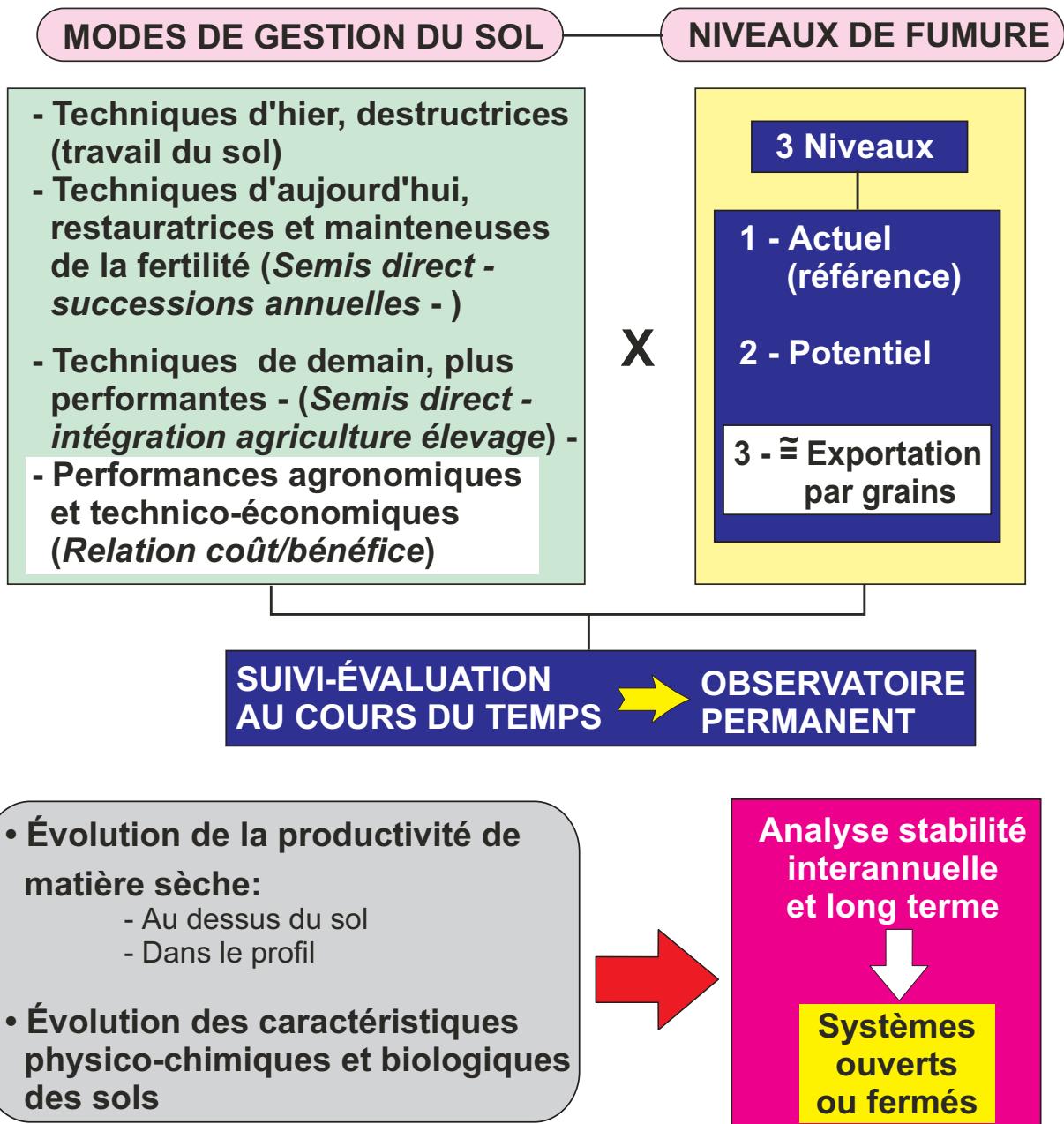


## FIG. 2 DÉMARCHE DE LA RECHERCHE-ACTION, POUR, AVEC ET CHEZ AGRICULTEURS - NIVEAUX D'ÉCHELLES ET FONCTIONS -



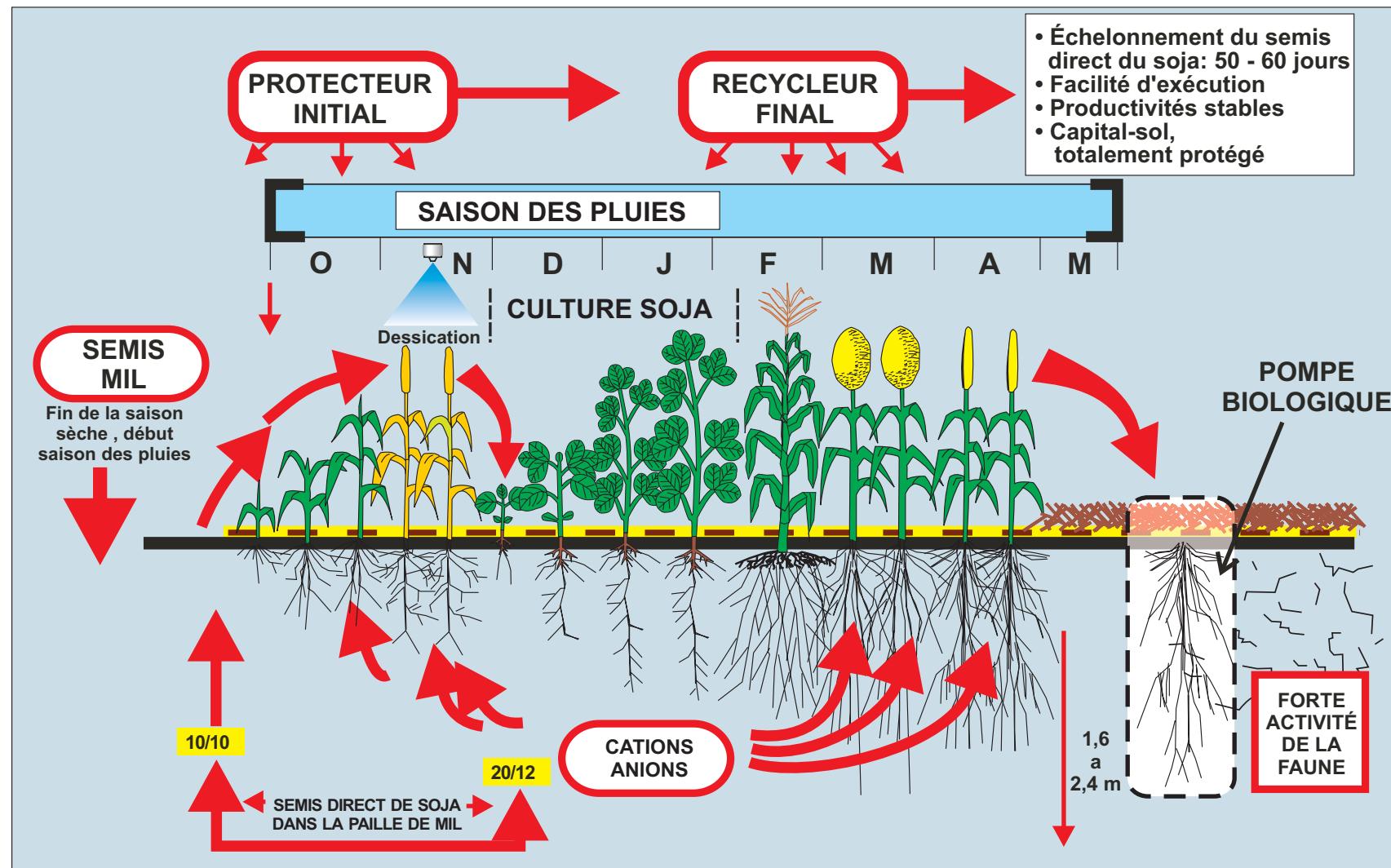
## FIG. 3 MÉTHODOLOGIE D'ÉTUDE DU FONCTIONNEMENT DES SYSTEMES DE CULTURE

**MODÉLISATION DES SYSTÈMES DE CULTURE → MATRICE PÉRENNISÉE DES SYSTÈMES, EN MILIEUX ÉCOLOGIQUES DIVERSIFIÉS, CONTRÔLÉS ET RÉELS - (Unités de paysage représentatives)**



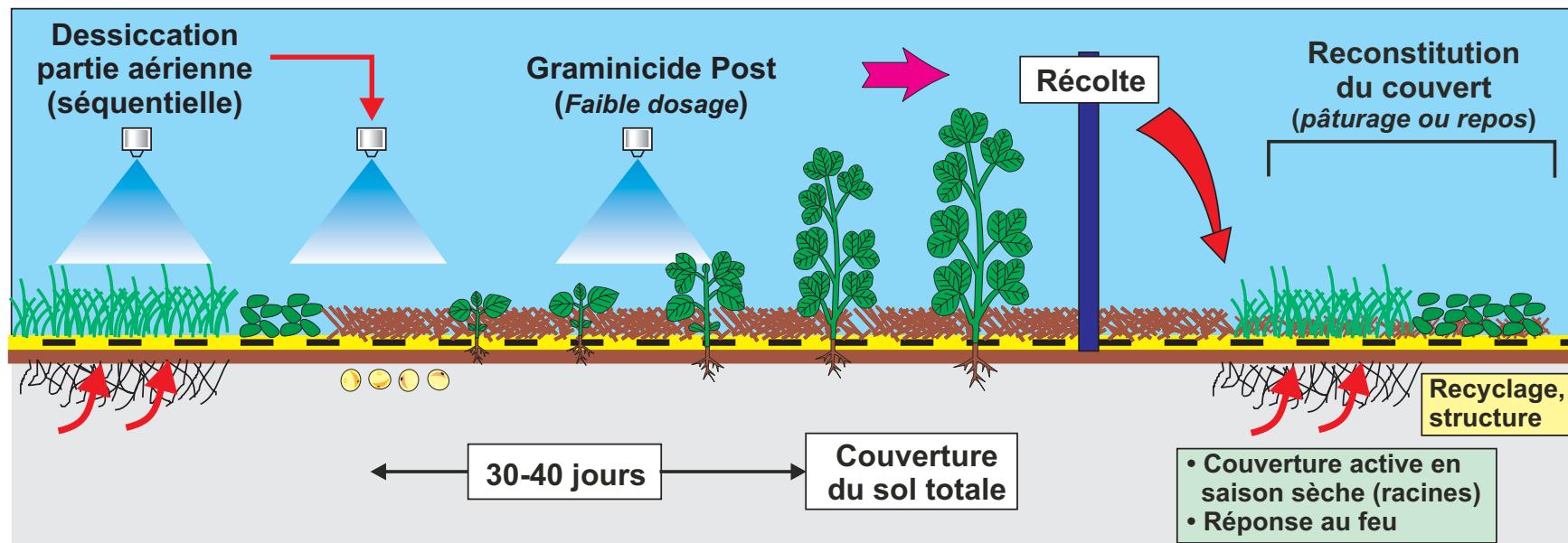
SOURCE: L. Séguay, S. Bouzinac CIRAD CA - GEC; Goiânia, GO - 1998

**FIG. 4 "SYSTÈME MAINTENEUR DE FERTILITÉ" POUR LA CULTURE DE SOJA  
LE DÉPART DU SEMIS DIRECT - 1987**



## FIG. 5 LES SYSTÈMES DE CULTURE EN SEMIS DIRECT SUR COUVERTURES VIVANTES<sup>(1)</sup> - PRINCIPES DE BASE

### 1. COUVERTURES À STOLONS ET RHIZOMES

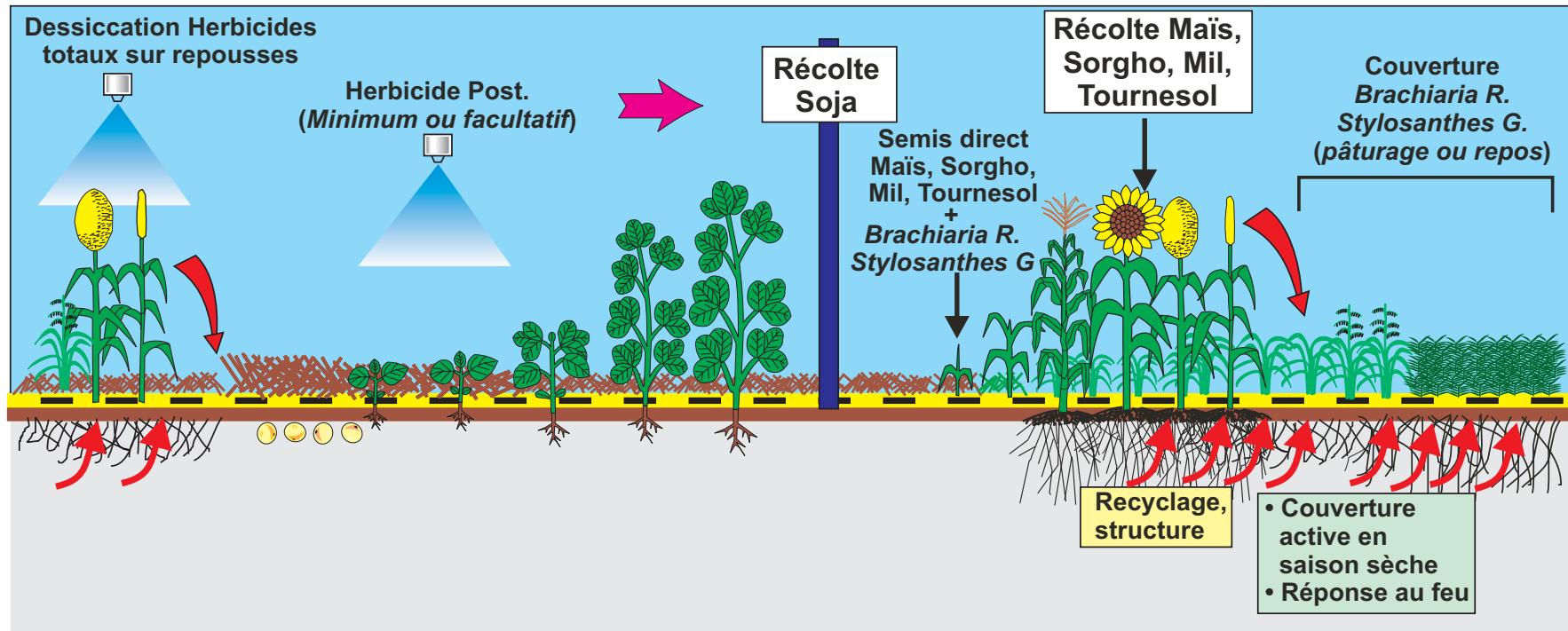


- (1)
- **Genres** *Cynodon (Tifon), Arachis, Pennisetum C., Paspalum, stenotaphrum, Axonopus*
  - **Systèmes:** Successions annuelles Soja, Riz, Coton, Maïs + Pâturage

SOURCE: L. Séguay, S. Bouzinac - CIRAD CA - GEC, 1993/98

## FIG. 6 LES SYSTÈMES DE CULTURE EN SEMIS DIRECT SUR COUVERTURES VIVANTES - PRINCIPES DE BASE

### 2. COUVERTURES ASSOCIANT POMPES BIOLOGIQUES<sup>(1)</sup> + BRACHIARIA R.

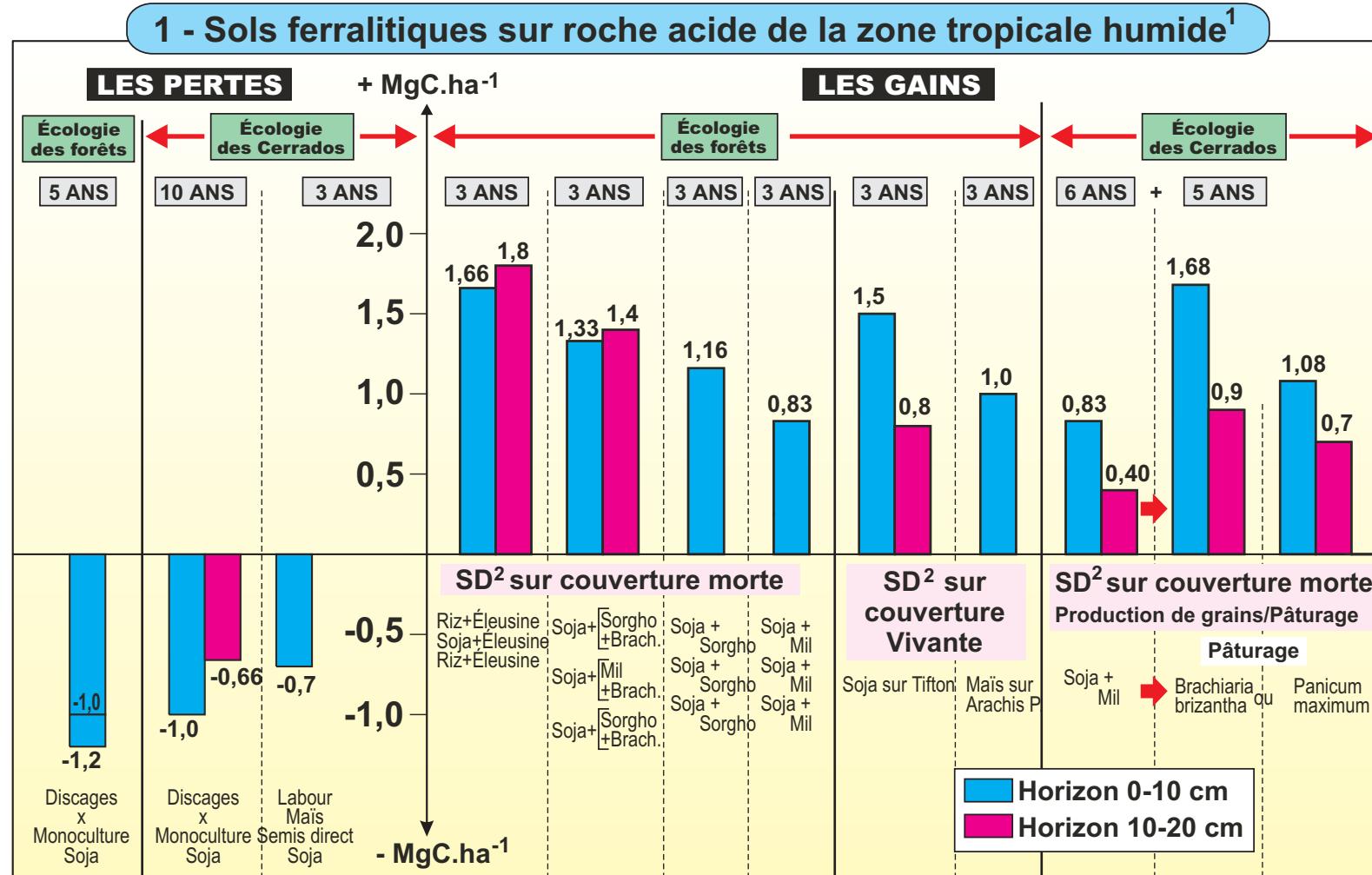


(1)

- Pompes biologiques:  
Maïs, Tournesol, Sorghos, Mils, + *Brachiaria R.*  
*Stylosanthes G.*
- Systèmes possibles avec:  
*Soja, Riz haute technologie, Coton -*

SOURCE: L. Séguay, S. Bouzinac - CIRAD CA - GEC, 1993/98

**FIG. 7 RESUMÉ DES TENDANCES D'ÉVOLUTION DES TENEURS MOYENNES ANNUELLES DE CARBONE DU SOL (en Mg C.ha<sup>-1</sup>), EN FONCTION DE LA NATURE DES SYSTÈMES DE CULTURE PRATIQUÉS -**

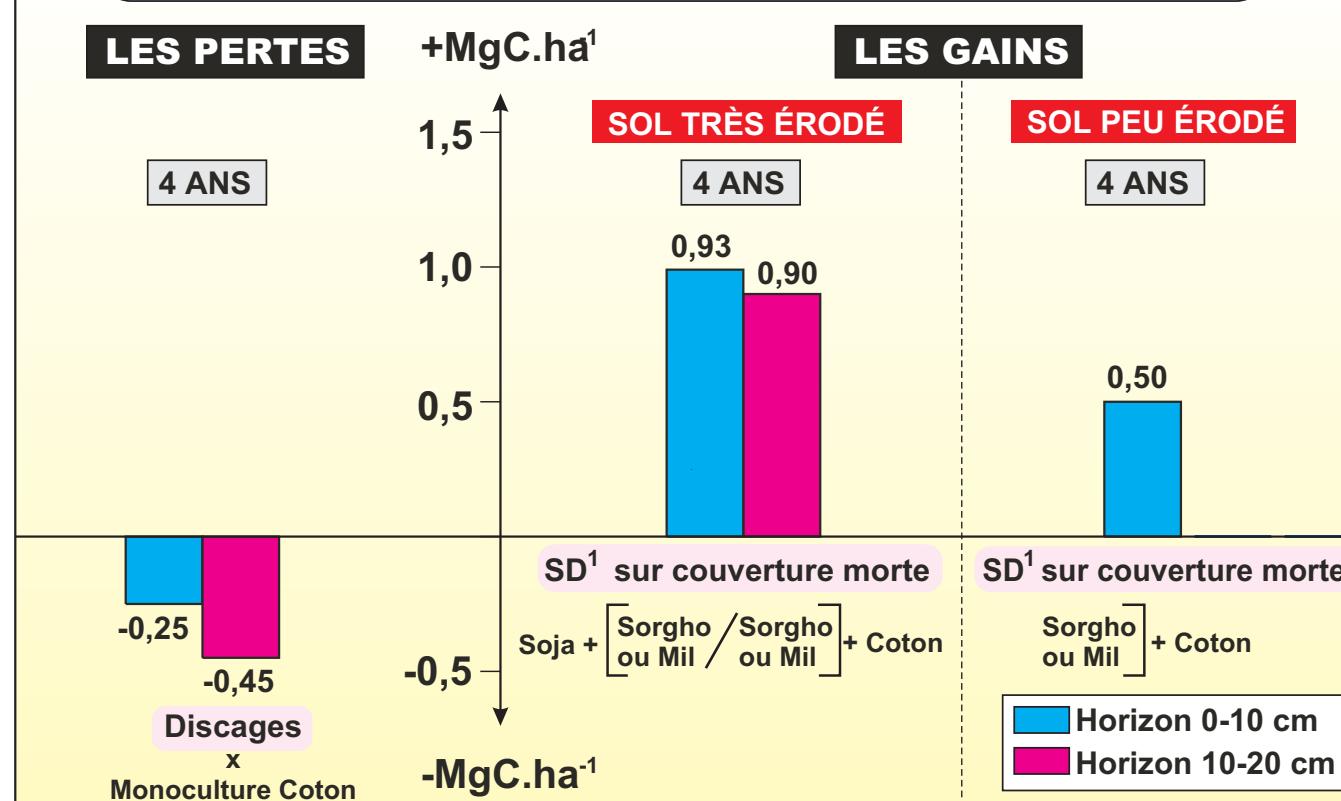


1- Brésil et Gabon; 2 - SD = Semis direct

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA/GEC; M. Matsubara, Faz. Progresso; A. C. Maronezzi, Agronorte; S. Boulakia et al., CIRAD - 1994/99 - Sinop/MT

**FIG. 8 RESUMÉ DES TENDANCES D'ÉVOLUTION DES TENEURS MOYENNES ANNUELLES DE CARBONE DU SOL (en Mg C.ha<sup>-1</sup>), EN FONCTION DE LA NATURE DES SYSTÈMES DE CULTURE PRATIQUÉS -**

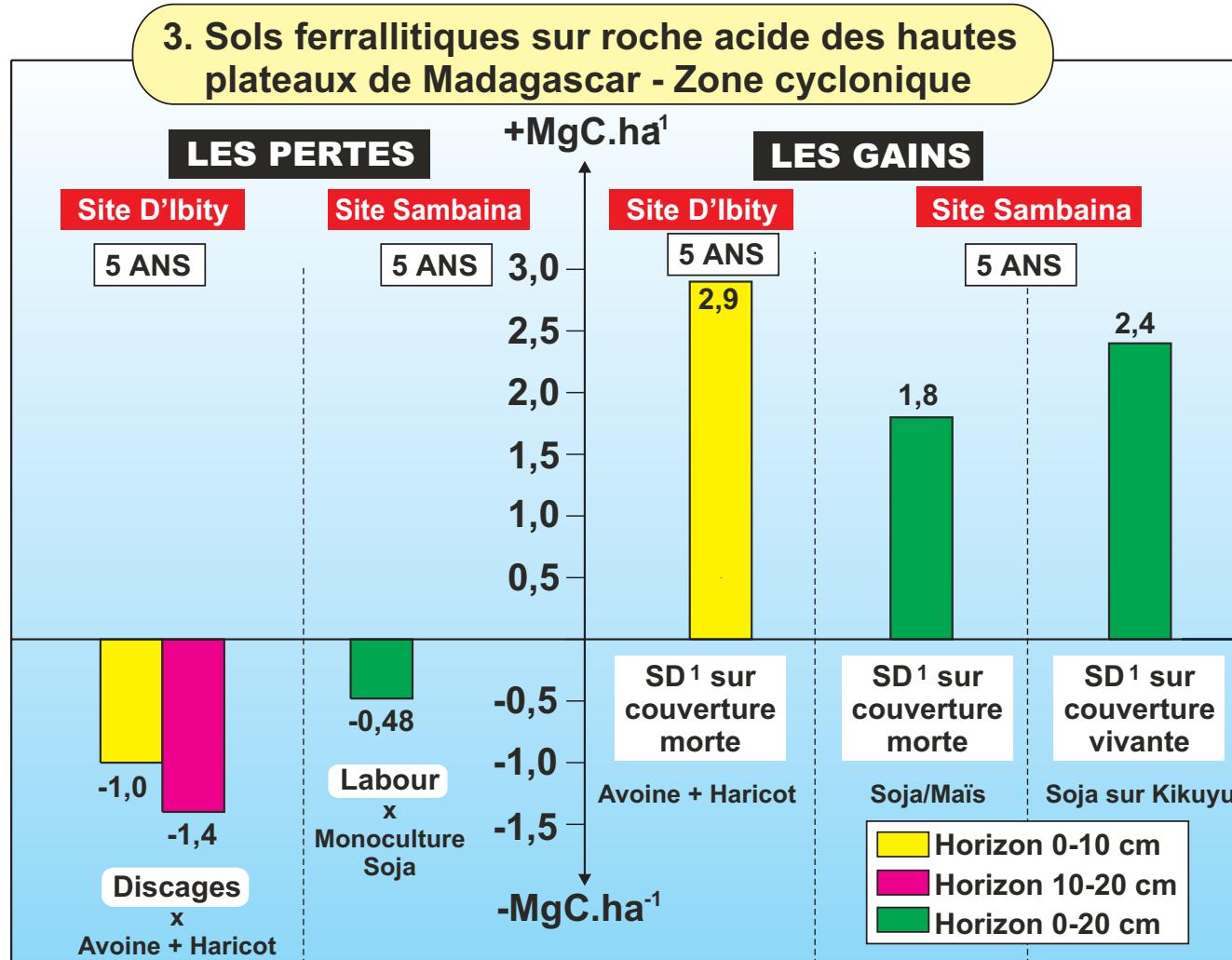
**2. Sols ferrallitiques rouge-foncé sur basalte de l'écologie des forêts tropicales du Sud Goiás - Centre Ouest Brésil**



1- SD = Semis direct

SOURCE: E. Maeda, M. Esaki, Groupe Maeda; L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA/GEC; Porteirão/GO, 1995/1999

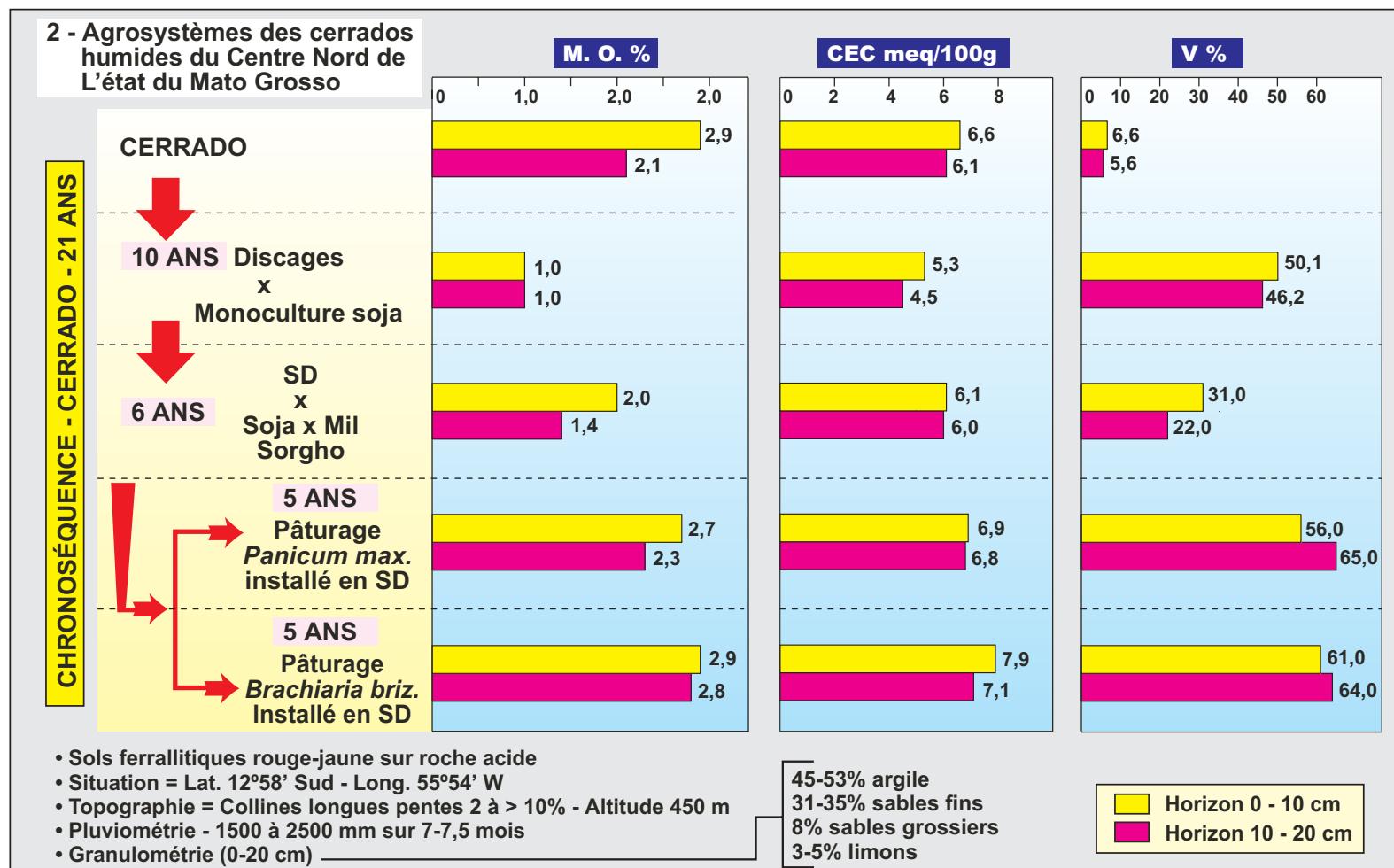
**FIG. 9 RESUMÉ DES TENDANCES D'ÉVOLUTION DES TENEURS MOYENNES ANNUELLES DE CARBONE DU SOL (en Mg C.ha<sup>-1</sup>), EN FONCTION DE LA NATURE DES SYSTÈMES DE CULTURE PRATIQUÉS -**



1. SD = Semis direct

SOURCE: ONG TAFA; R. Michellon, P. Julien, CIRAD-CA/GEC - Antsirabé, 1999 - MADAGASCAR

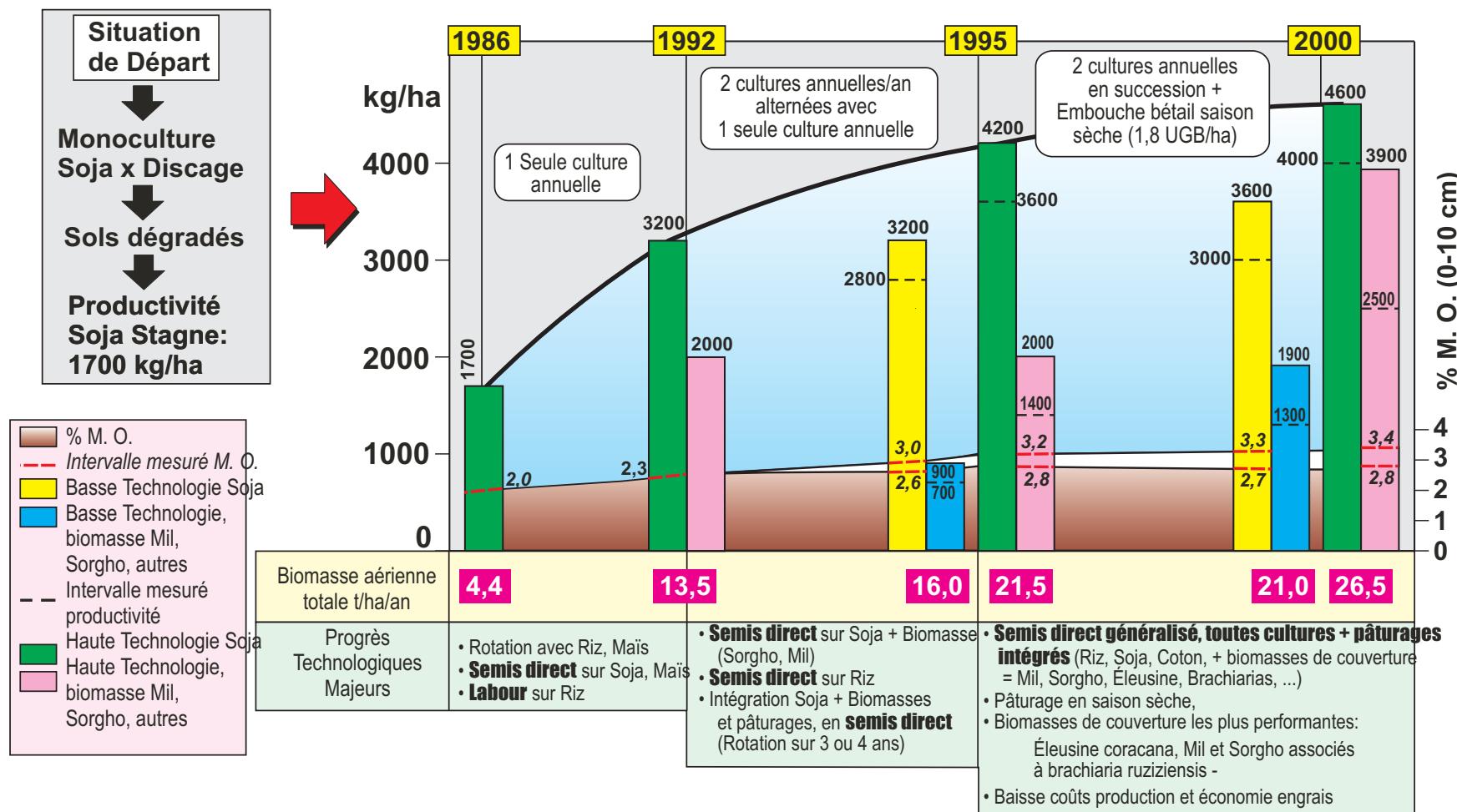
FIG. 10 TENDANCES D'ÉVOLUTION DU TAUX DE MATIÈRE ORGANIQUE (M. O. en %), DE LA CEC (en meq/100g) ET DU TAUX DE SATURATION (V en %), EN FONCTION DE LA NATURE DES SYSTÈMES PRATIQUÉS DANS DIVERS AGROSYSTÈMES CONTRASTÉS, TROPICAUX ET SUBTROPICAUX



SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA/SCV; Munefumi Matsubara, Fazenda Progresso - Lucas do Rio e Verde/MT - 1978/1998

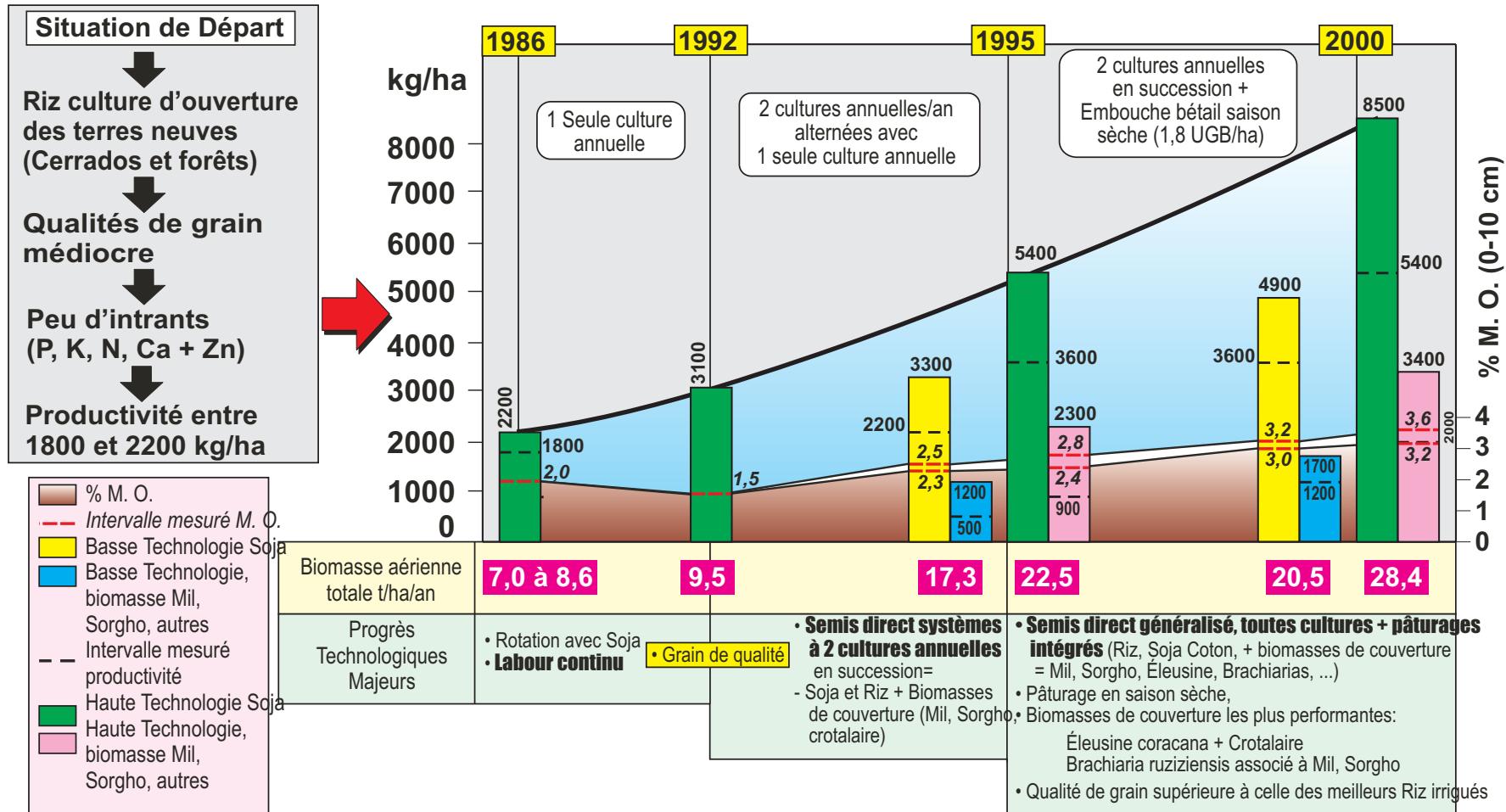
FIG. 11 TENDANCES D'ÉVOLUTION DES PERFORMANCES DE LA CULTURE DE SOJA DANS LES SYSTÈMES DE CULTURE DURABLES, CRÉÉS PAR LA RECHERCHE ET CONSÉQUENCES SUR LA PRODUCTION DE BIOMASSE AÉRIENNE ET LE TAUX DE MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL -

Sols ferrallitiques oxydés et hydratés sur roche acide des fronts pionniers du Centre Nord du Mato Grosso -  
- Écologies des cerrados et forêts humides -



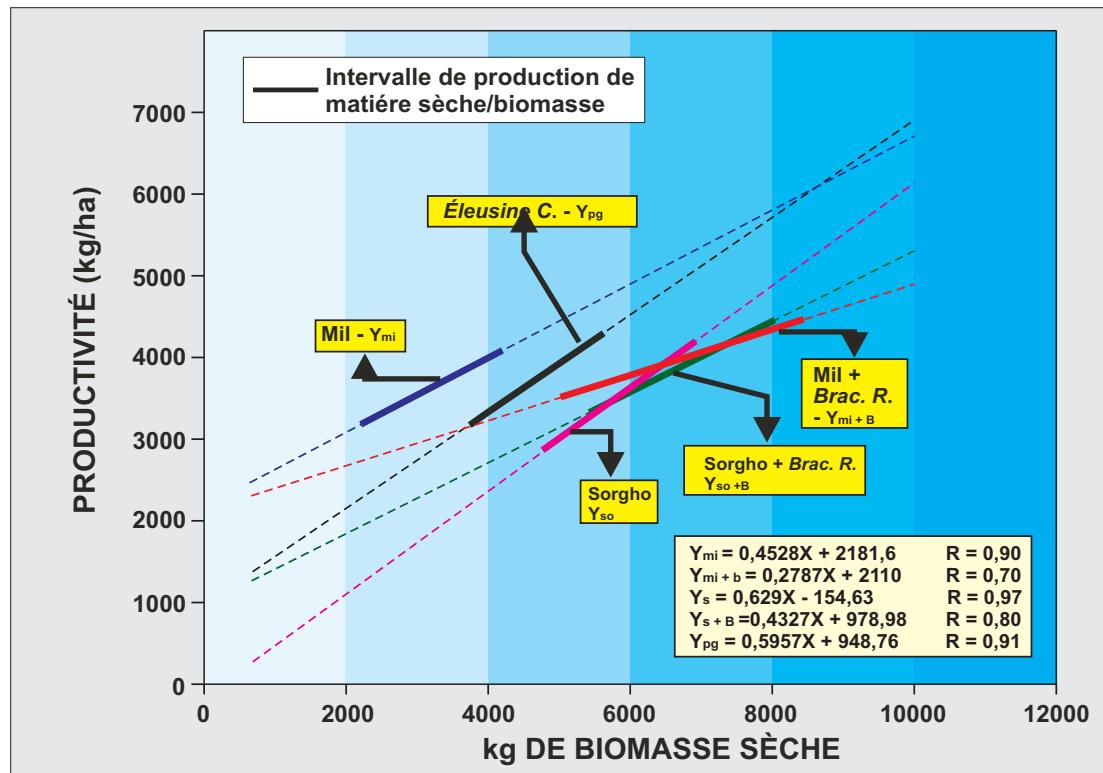
SOURCE: L. Séguay, S. Bouzinac, CIRAD-CA; M. Matsubara, Faz. Progresso; A. Trentini, Cooperlucas; A. C. Maronezzi, Agronorte - MT, 1986/2000

FIG. 12 TENDANCES D'ÉVOLUTION DES PERFORMANCES DE LA CULTURE DE RIZ PLUVIAL DANS LES SYSTÈMES DE CULTURE DURABLES CRÉÉS PAR LA RECHERCHE ET CONSÉQUENCES SUR LA PRODUCTION DE BIOMASSE AÉRIENNE ET LE TAUX DE MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL -  
Sols ferrallitiques oxydés et hydratés sur roche acide des fronts pionniers du Centre Nord du Mato Grosso -  
- Écologies des cerrados et forêts humides -



SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA; M. Matsubara, Faz. Progresso; A. Trentini, Cooperlucas; A. C. Maronezzi, Agronorte - MT, 1986/2000

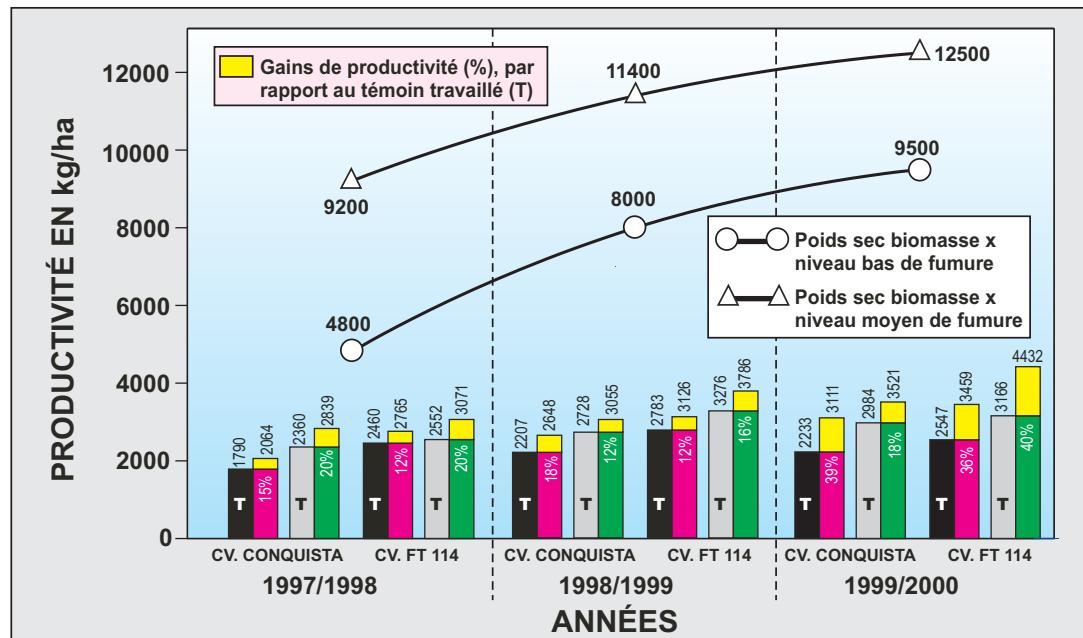
**FIG. 13 REGRESSIONS<sup>1</sup> ENTRE LA QUANTITÉ ET LA NATURE DE LA BIOMASSE SÈCHE ET LA PRODUCTIVITÉ DU SOJA DE CYCLE MOYEN (FT 114) SUR 3 ANS DE SEMIS DIRECT - (1997/2000) - AGRONORTE - SINOP/MT, 2000**



(1) 6 Répétitions/niveau de fumure/an

SOURCE: Séguay L., Bouzinac S., CIRAD-CA; Maronezzi A., Lucas G. L., Bianchi M., AGRONORTE - Sinop/2000

**ÉVOLUTION SUR 3 ANS DE LA PRODUCTION DU SOJA EN SEMIS DIRECT (SD)  
(Variétés Conquista et FT 114) ET DES MEILLEURES BIOMASSES DE COUVERTURE  
(moyenne des poids secs au semis de Éleusine coracana; Sorgho, Mil + Brachiaria ruz.) -  
Ecologie des forêts humides du Centre Nord Mato Grosso - Sinop/MT - 1997/2000**



SOURCE: L. Séguay, S. Bouzinac, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, Agronorte - Sinop/MT, 1997/2000

**FIG. 14 PERFORMANCES MOYENNES RÉGIONALES, DE 1997 À 2000, DES MEILLEURES VARIÉTÉS AGRONORTE DE RIZ PLUVIAL Á QUALITÉ SUPÉRIEURE DE GRAIN, DANS L'ÉTAT DU MATO GROSSO, EN SYSTÈMES DE SEMIS DIRECT -**

AGRONORTE - SINOP/MT - 2000										
	Variétés de cycle court à intermédiaire 95 a 110 jours					Variétés de cycle moyen 115 a 130 jours				
	8FA 281-2	YM 94	Cedro	8FA 337-1	Sucupira	YM 200	YM 198	YM 114	YM 65	Best 2000
• Haute technologie	6066	5403	4925	4851	4486	6044	5862	5751	5412	5328
• Basse technologie	4921	4872	3940	4011	3545	5150	5059	5031	4817	5127
Intervalle	115	110	107	114	81	107	109	102	94	90
% des témoins <sup>1</sup>	a 179	a 167	a 148	a 131	a 142	a 145	a 139	a 124	a 126	a 121
Nb. Essais	11	11	10	11	10	11	10	7	11	7
Productivité maximum <sup>2</sup> et site expérimental	6698 S.	5620 C. V.	5525 S.	5513 S.	4822 C. N. P.	6375 C. P.	6299 C. N. P.	7023 S.	5768 C. N. P.	6273 S.
Sites expérimentaux	S. = Sinop; C. V. = Campo Verde; C. N. P. = Campo Novo dos Parecis									

1997/98 ➔ CIRAD 141

1. Témoins:

1998/99 ➔ Cycles courts = Best 3;

➔ Cycles moyens = CIRAD 141

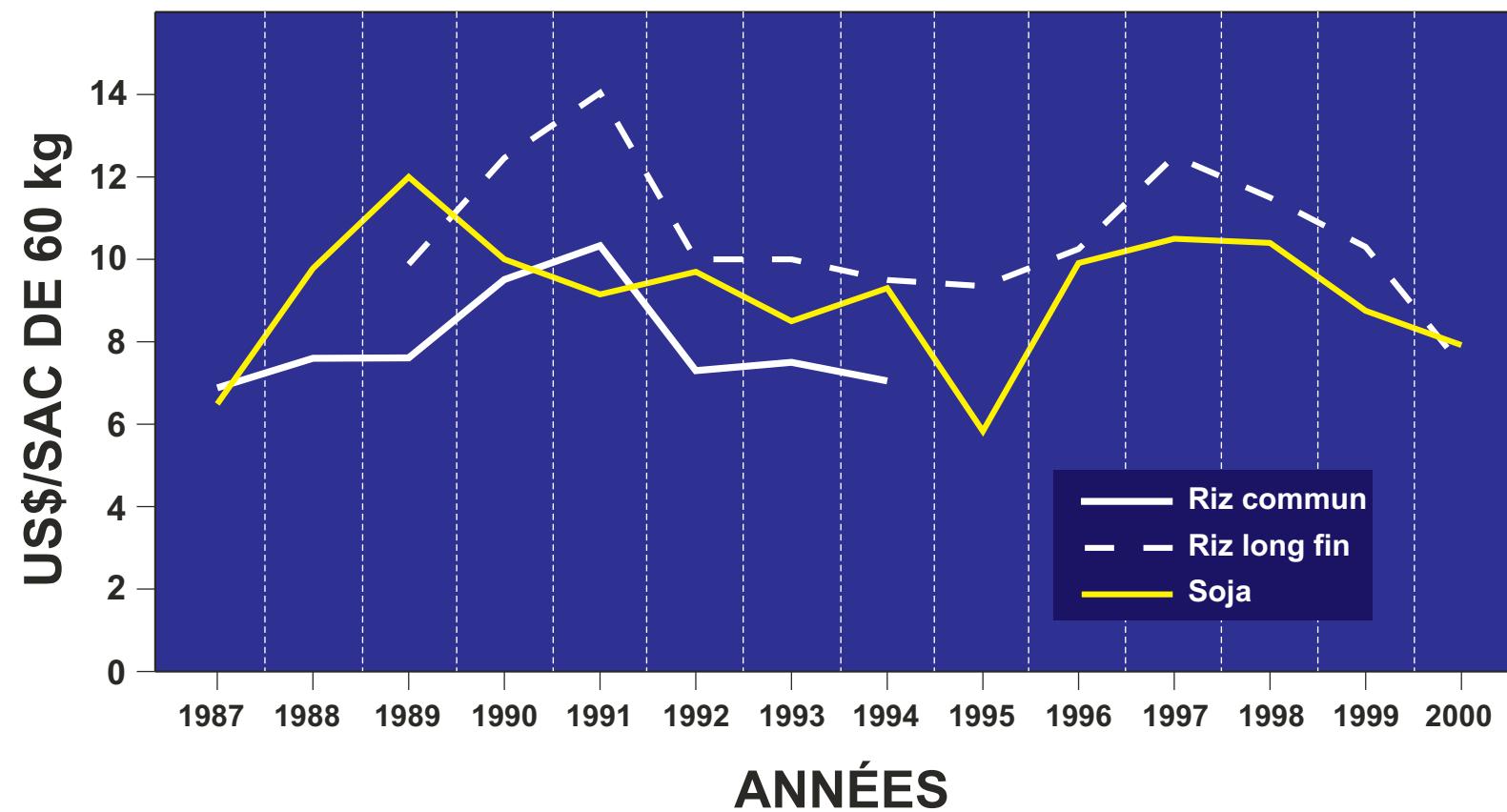
1999/2000 ➔ Cycles courts = Primavera;

➔ Cycles moyens = Maravilha

2. Productivité maximum enregistrée en grande culture ➔ Best 2000 en 1998/99= 8500 kg/ha, à Campo Novo dos Parecis

SOURCE: Séguy L., Bouzinac S., CIRAD-CA; Maronezzi A., Lucas G. L., Bianchi M., Rodrigues F. G., AGRONORTE - Sinop/2000

**FIG. 15 ÉVOLUTION DES PRIX PAYÉS AUX PRODUCTEURS<sup>1</sup> POUR LES PRODUCTIONS PRINCIPALES DE RIZ ET SOJA SUR LES FRONTIÈRES AGRICOLES DU CENTRE NORD DE L'ÉTAT DU MATO GROSSO - Sinop/MT - 1987/2000**



1 - Période février - Mars, chaque année

SOURCE: L. Séguay, S. Bouzinac, CIRAD-CA/SCV - A. C. Maronezzi, Agronorte; Cooperlucas; Cooasol; Comicel; Préfecture de Sinop - Sinop/MT - 1987/2000

**FIG. 16 INTÉGRATION DE TOUTES LES CULTURES EN SEMIS DIRECT DANS DES SYSTÈMES DIVERSIFIÉS DE PRODUCTION EXCLUSIVE DE GRAINS OU INTÉGRÉS AVEC L'ÉLEVAGE**

+

- CRÉATION DE MATÉRIEL GÉNÉTIQUE DE HAUTE VALEUR AJOUTÉE  
Écologie des forêts et cerrados humides du Mato Grosso - MT/2000

**(\*) Systèmes reproductibles, appropriables**

Performances des cultures dans les systèmes, en semis direct	Coût (C) US\$/ha	Bénéfice(B) US\$/ha	C/B
SOJA + SAFRINHA <sup>1</sup> + EMBOUCHÉ SAISON SÈCHE • 4000 à 4600 kg/ha soja + • 1500 à 3500 kg/ha safrinha (Sorgho, Mil, Éleusine) + • 1 à 1,5 UGB/ha sur 90 jours saison sèche	450 à 520	150 à 350	1,3 à 3,4
SOJA SUR COUVERTURE VIVANTE DE TIFTON • 3200 à 4600 kg de Soja + • 1 à 1,5 UGB/ha sur 90 jours saison sèche	300 à 380	200 à 400	0,75 à 1,9
RIZ PLUVIAL HAUTE TECHNOLOGIE • 4200 à > 7000 kg/ha	420 à 630	100 à 500	0,84 à 6,3
RIZ PLUVIAL HAUTE TECHNOLOGIE comme réforme des pâturages • 3000 à 4000 kg/ha	450 à 550	100 à 150	3,0 à 5,5
COTON COMME CULTURE PRINCIPALE • 3000 à > 5000 kg/ha	900 à 1300	100 à 400	2,25 à 13
COTON COMME SAFRINHA <sup>1</sup> Sur forte biomasse ou en succession de Soja ou Riz, de cycle court • 2400 à >3000 kg/ha	500 à 650	200 à 600	0,8 à 3,2

1 - Safrinha = Culture de succession, avec minimum d'intrants ou sans intrants -

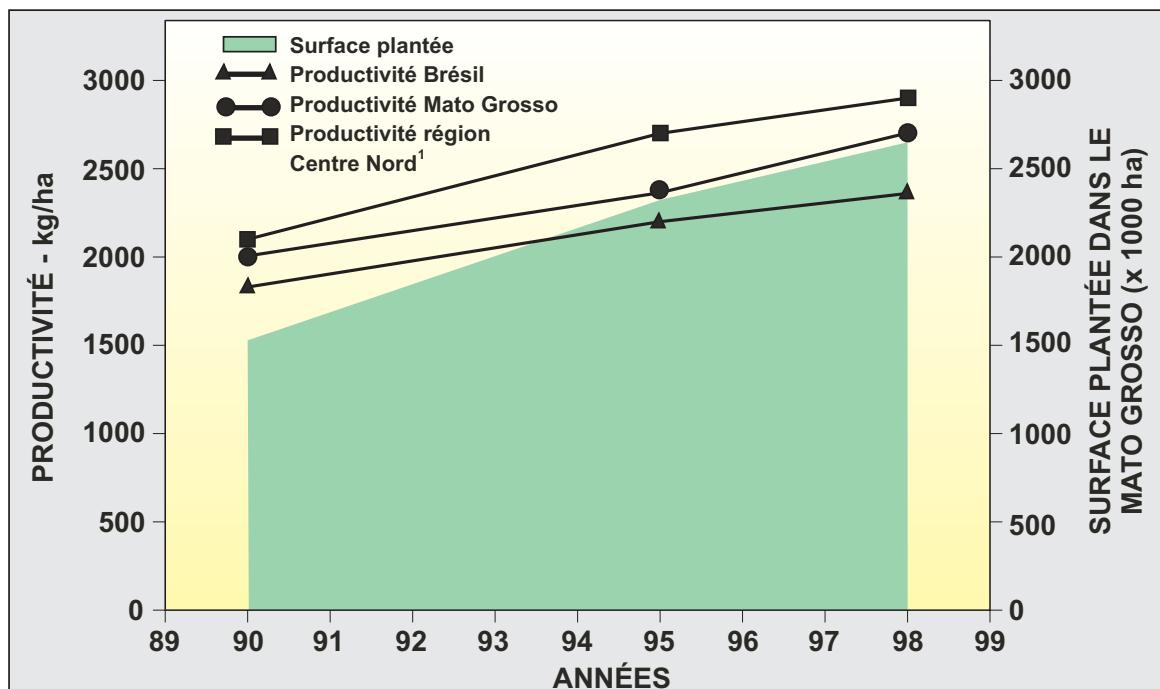
SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac - CIRAD-CA/ GEC; N. Maeda, M. A. Ide, A. Trentini, Groupe Maeda;  
A. C. Maronezzi, AGRONORTE, Sinop/MT, 2000

**FIG. 17 Rendements des équipements et indices technico-économiques comparés entre système conventionnel et semis direct sur 38 000 hectares dans l'état du Mato Grosso [Rondonópolis, 1995 (1)]**

Critères d'évaluation	Travail mécanisé conventionnel (T.C.)	Semis direct (S.D.)	Différence % TC
Surface (ha) travaillée par tracteur de 90 HP	163,6	276,9	+ 70
Índice HP/ha	0,556	0,325	- 41,5
Surface (ha) semée par semoir de 9 lignes	426,6	612,0	+ 43,4
Indice ha/ligne	47,7	68,0	+ 43,4
Investissement en tracteurs (US\$/ha)	271,0	158,6	- 41,4
Investissement en semoir (US\$/ha)	32,8	29,4	- 10,3

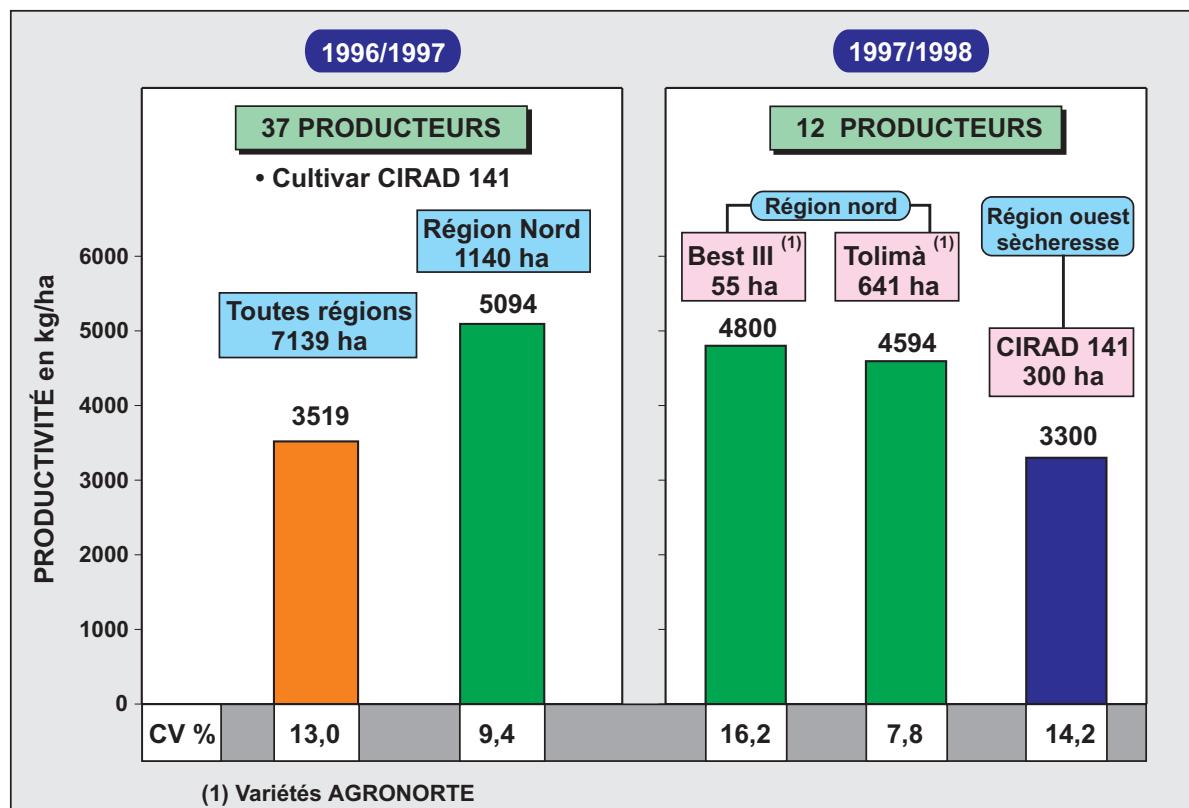
(1) Source: Professeur Luiz Vicente Gentil, Monsanto, Semeato, Fondation MT - Rondonópolis - MT - 1995

**FIG. 18 ÉVOLUTION DE LA SURFACE PLANTÉE EN SOJA DANS L'ÉTAT DU MATO GROSSO, ET DE SA PRODUCTIVITÉ MOYENNE DANS TOUT L'ÉTAT, DANS LA RÉGION CENTRE NORD ET DANS LE BRÉSIL - 1998**



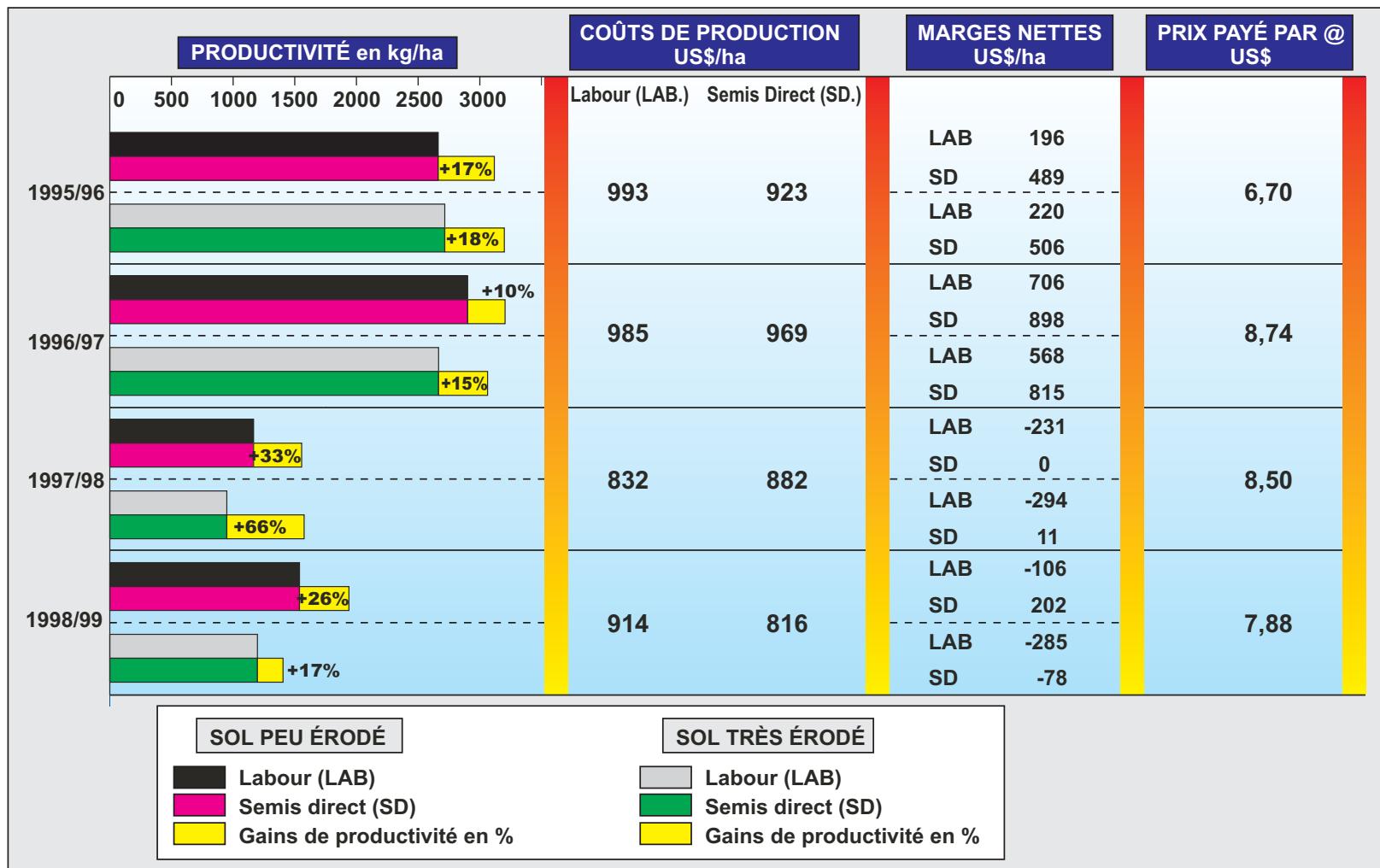
SOURCE IBGE/LSPA = Données sur le Brésil et l'état du Mato Grosso  
 (1) Estimations = Emater, Secrétariats d'agriculture des principaux municipes producteurs du Centre Nord de l'état, Coopératives -

**PRODUCTIVITÉ DU RIZ PLUVIAL DE HAUTE TECHNOLOGIE DANS DIVERSES ÉCOLOGIES DE L'ÉTAT DU MATO GROSSO-MT - (ZTH) - 1996/98**



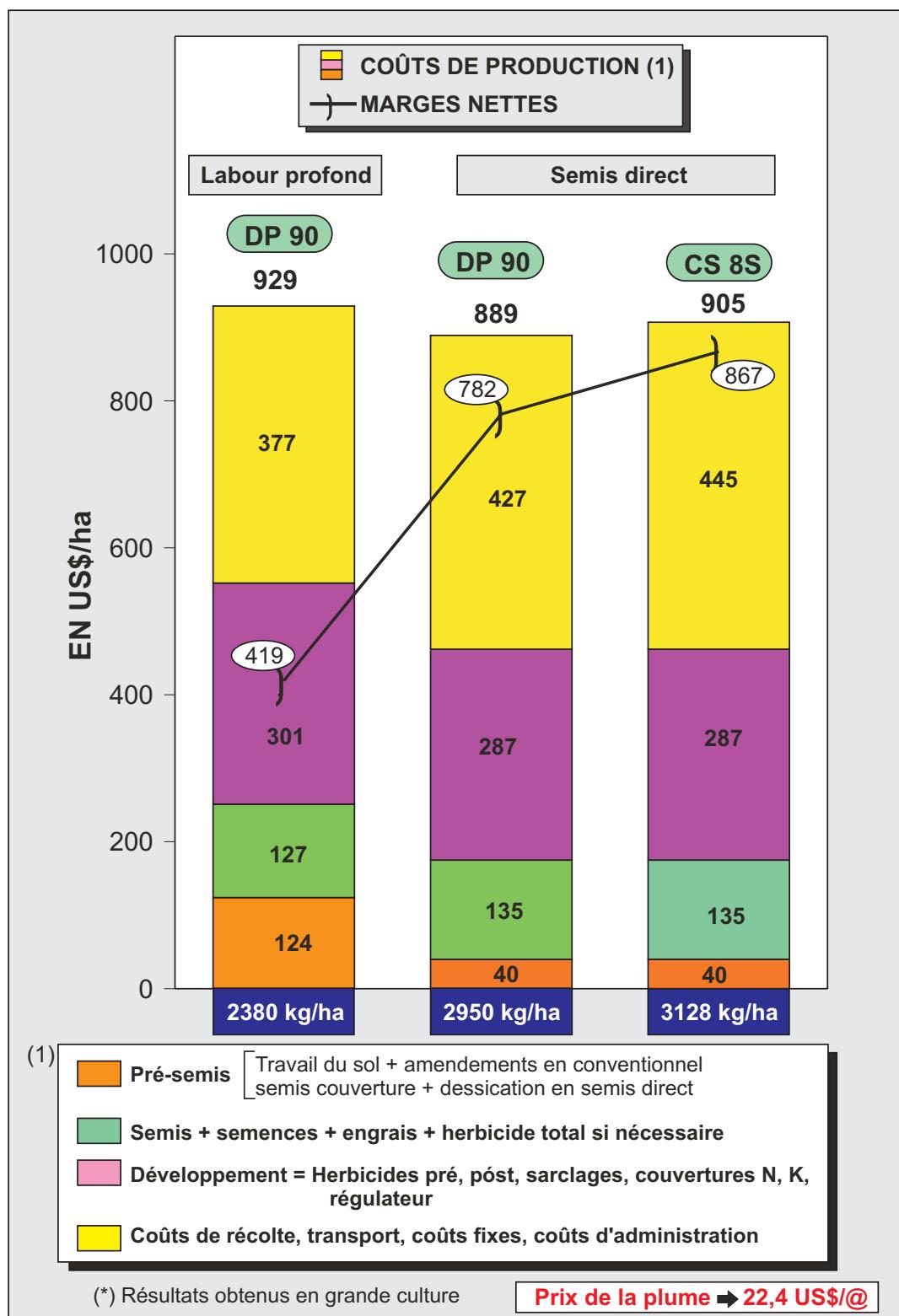
SOURCE: AGRONORTE; CIRAD CA - GEC; Sorriso/MT, 1998

**FIG. 19 ÉVOLUTION DES PERFORMANCES MOYENNES AGRO-ÉCONOMIQUES DU COTONNIER SUR 4 ANS EN FONCTION DES SYSTÈMES DE CULTURE PRATIQUÉS -**  
**Écologie des forêts tropicales et sols ferrallitiques sur basalte du Sud de l'état de Goiás - Centre Ouest - Brésil**



SOURCE: E. Maeda, M. Esaki, GROUPE MAEDA; L. Séguay, S. Bouzinac, CIRAD-CA/GEC; Porteirão/GO, 1995/1999

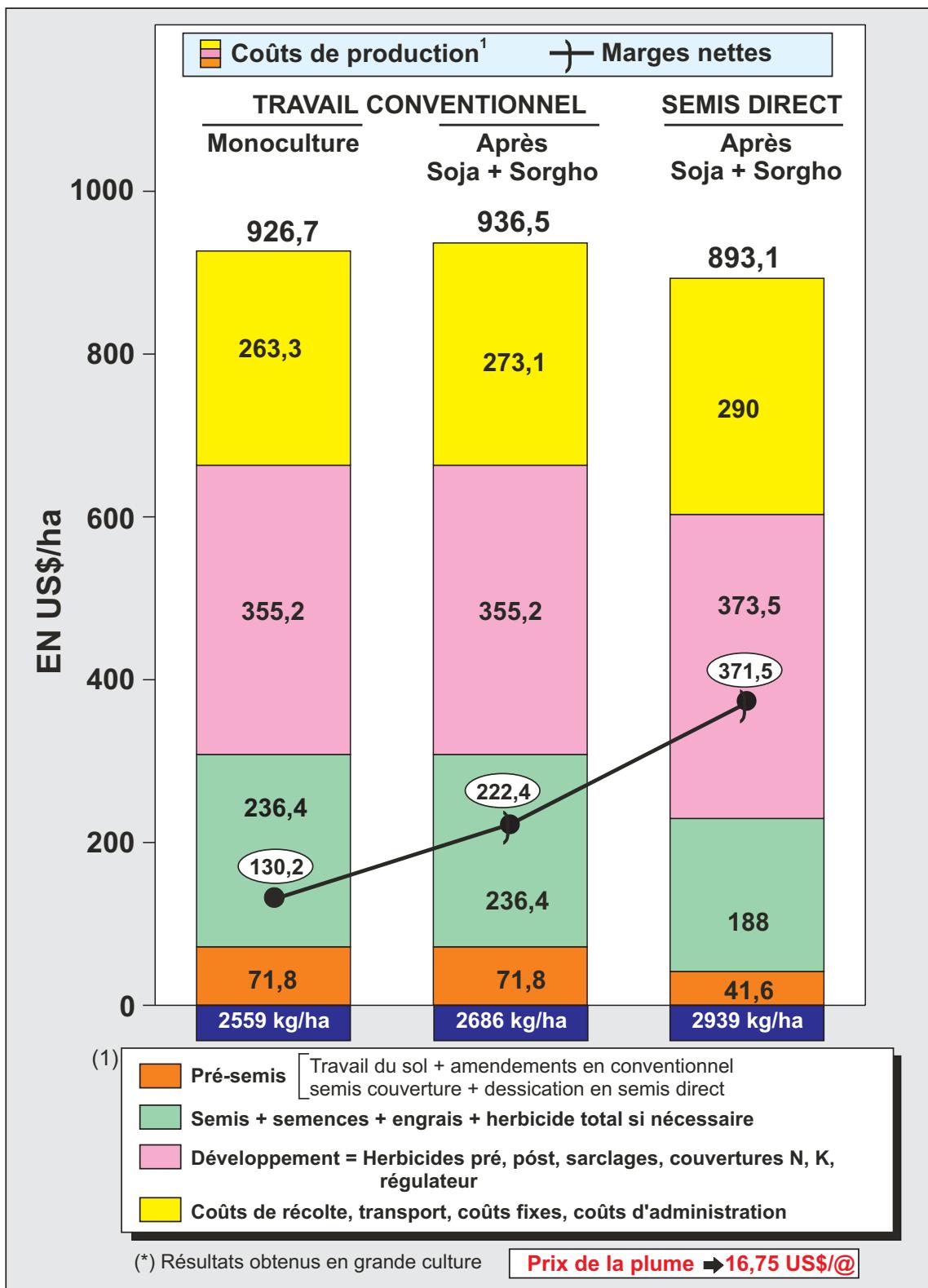
**FIG. 20 COÛTS DE PRODUCTION DÉTAILLÉS ET MARGES NETTES EN US\$/ha DE DEUX VARIÉTÉS DE COTON EN FONCTION DE 2 SYSTÈMES DE GESTION DU SOL - SOL FERRALLITIQUE SUR BASALTE, DÉGRADÉ, DE BAS DE PENTE - FAZENDA SANTA JACINTA - ITUVERAVA, SP - 1998**



**SOURCE:** Séguy L., Bouzinac S., CIRAD-CA; Ide M. A., Trentini A., GROUPE MAEDA - Ituverava, SP

**FIG. 21 COÛTS DE PRODUCTION ET MARGES NETTES (en US\$/ha),  
DU COTONNIER (CV. DELTA OPAL), SOUS 3 MODES  
DE GESTION DU SOL - Sol ferrallitique rouge-foncé sur basalte -**

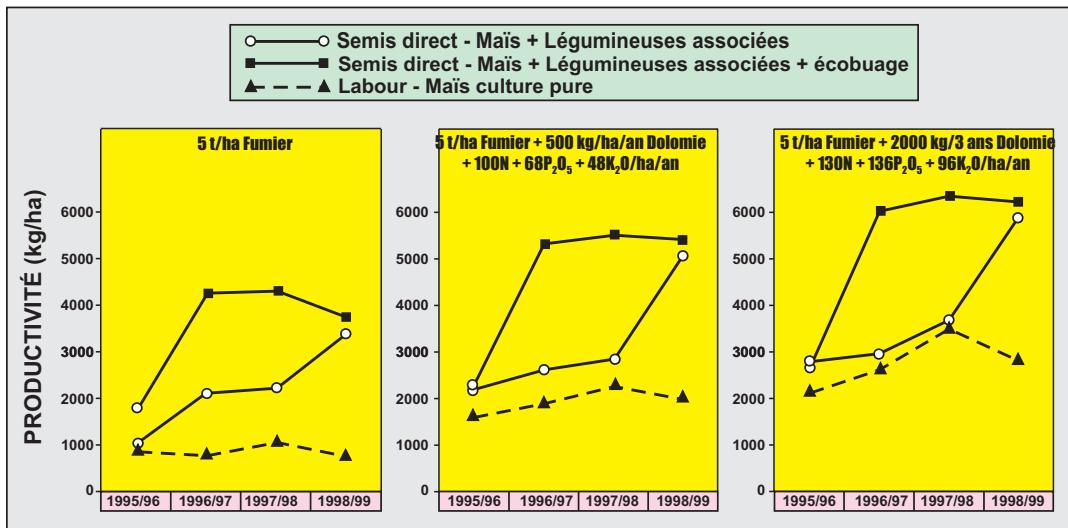
Fazenda Santa Bárbara - Groupe Maeda - Ituverava/SP, 1999/2000



SOURCE: Séguay L., Bouzinac S., CIRAD-CA; Maeda N., Ide M. A., Trentini A., GROUPE MAEDA - Ituverava, SP

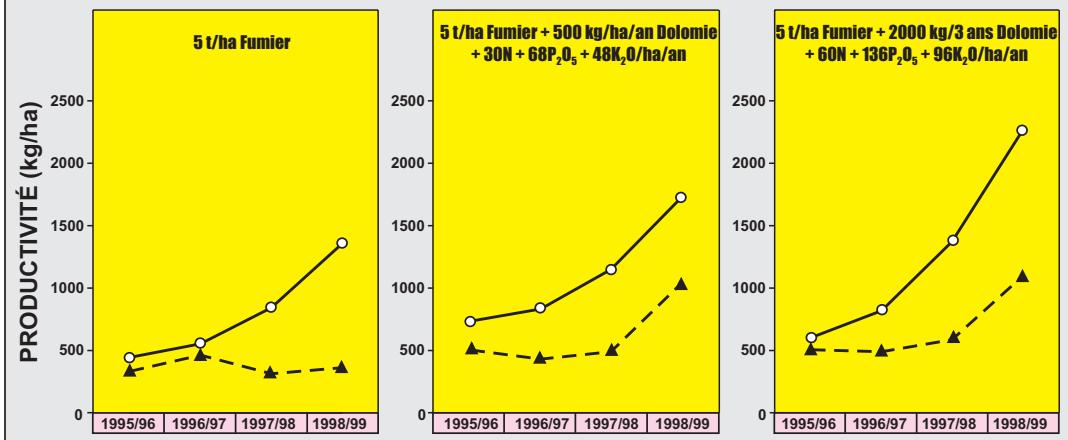
**FIG. 22 ÉVOLUTION DES RENDEMENTS MOYENS DE MAÏS, HARICOT ET SOJA EN FONCTION DU MODE DE GESTION DU SOL ET DES CULTURES, EN CULTURE MANUELLE**  
**Sols ferrallitiques et volcaniques des hauts plateaux malgaches - Antsirabé, 1995/99**

• MOYENNE DE 4 SITES SUR SOLS ACIDES DE BASSE FERTILITÉ



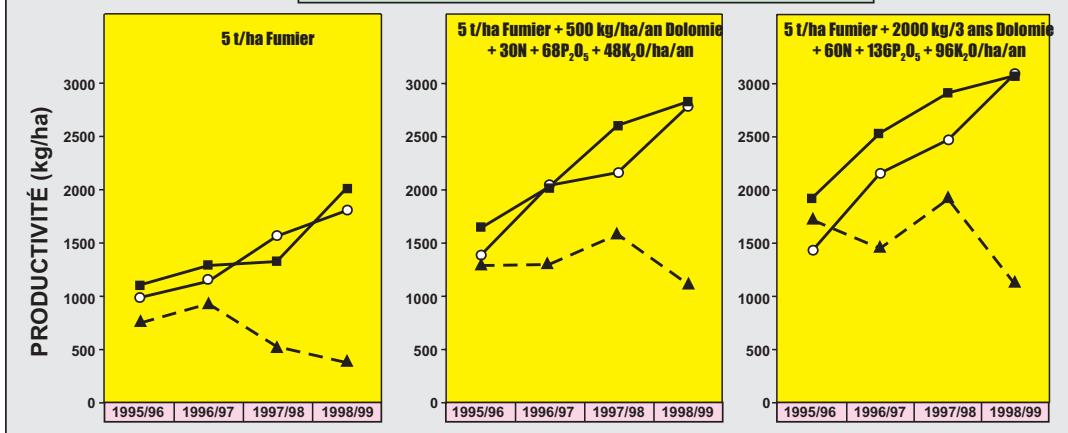
SOURCE: L. Séguay, CIRAD/GEC - ONG TAFA, Antsirabé, 1999

○ —○— Semis direct x succession Avoine + Haricot  
 ▲ —▲— Haricot de fin de cycle x Labour



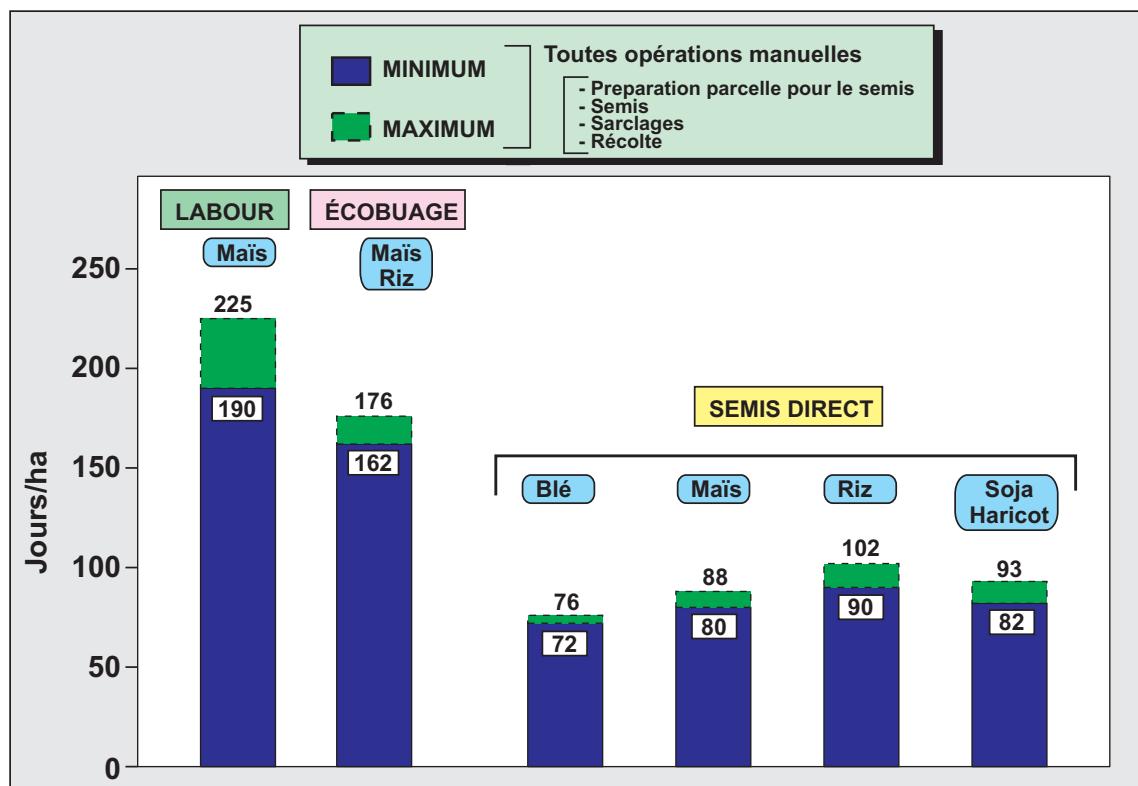
SOURCE: L. Séguay, CIRAD/GEC - ONG TAFA, Antsirabé, 1999

○ —○— Soja x Semis direct sur Kikuyu  
 ■ —■— Soja x Semis direct x succession Soja + Avoine  
 ▲ —▲— Soja x Labour x rotation avec Maïs



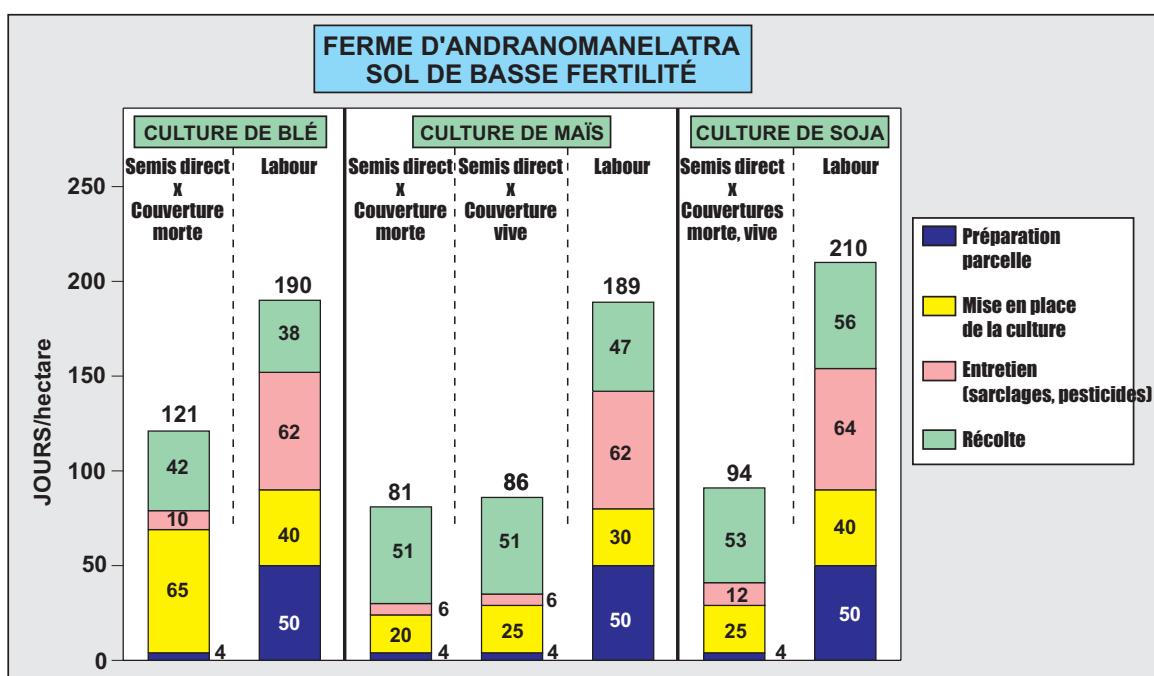
SOURCE: L. Séguay, CIRAD/GEC - ONG TAFA, Antsirabé, 1999

**FIG. 23 TEMPS DE TRAVAUX MANUELS PAR ITINÉRAIRE TECHNIQUE EN JOURS/ha,  
EN FONCTION DES MODES DE GESTION DES SOLS ET DES CULTURES**  
- Sols ferrallitiques et volcaniques des hauts plateaux malgaches - Antsirabé, 1994/99



SOURCE: L. Séguy, CIRAD/GEC - ONG TAFA, Antsirabé, 1999

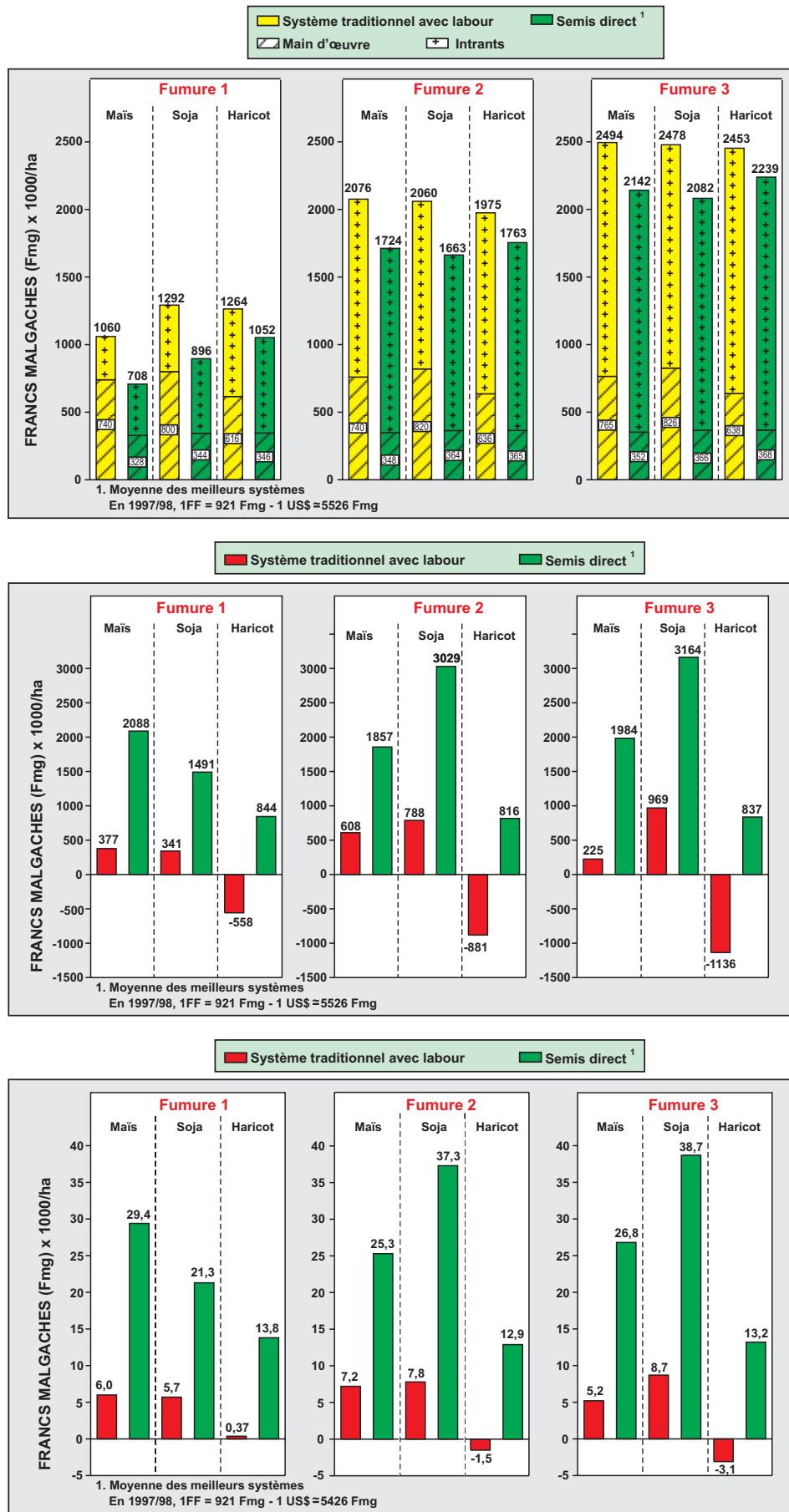
**COMPARAISON DES TEMPS MOYENS DE TRAVAUX, EN FONCTION DES MODES  
DE GESTION DES SOLS ET DES CULTURES SUR SOJA, MAÏS ET BLÉ**  
- Sols ferrallitiques et volcaniques des hauts plateaux malgaches - Antsirabé, 1994/99



SOURCE: L. Séguy, CIRAD/GEC - ONG TAFA, Antsirabé, 1999

**FIG. 24 COÛTS DE PRODUCTION, MARGES NETTES, VALORISATION DE LA JOURNÉE DE TRAVAIL, DES CULTURES DE MAÏS, SOJA ET HARICOT EN FONCTION DES MODES DE GESTION DES SOLS ET DES CULTURES, EN AGRICULTURE MANUELLE -  
Sols ferrallitiques et volcaniques des hauts plateaux malgaches - Antsirabé, 1997/98**

• MOYENNE DE 4 SITES: Sols acides de basse fertilité naturelle



SOURCE: L. Séguy, CIRAD/GEC - ONG TAFA, Antsirabé, 1999

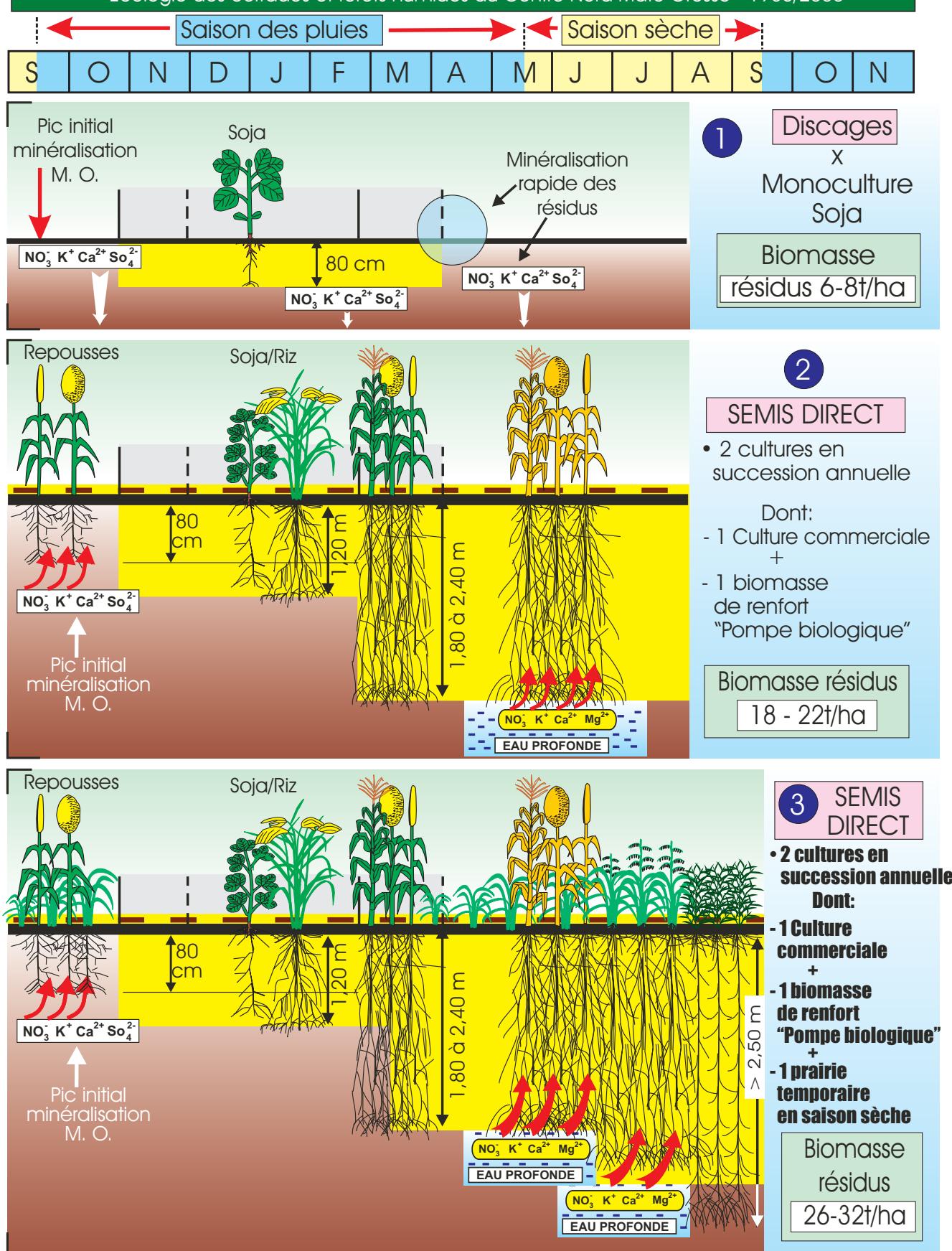
Fumure 1 = 5 t/ha fumier

Fumure 2 = 5 t/ha fumier + 500 kg/ha/an Calc. Dolom. + 100N + 68P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 48K<sub>2</sub>O/ha/an - Maïs + 30N + 68P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 48K<sub>2</sub>O/ha/an - Leg.

Fumure 3 = 5 t/ha fumier + 2000 kg/ha/an Calc. Dolom. + 130N + 136P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 96K<sub>2</sub>O/ha/an - Maïs + 60N + 136P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 96K<sub>2</sub>O/ha/an - Leg.

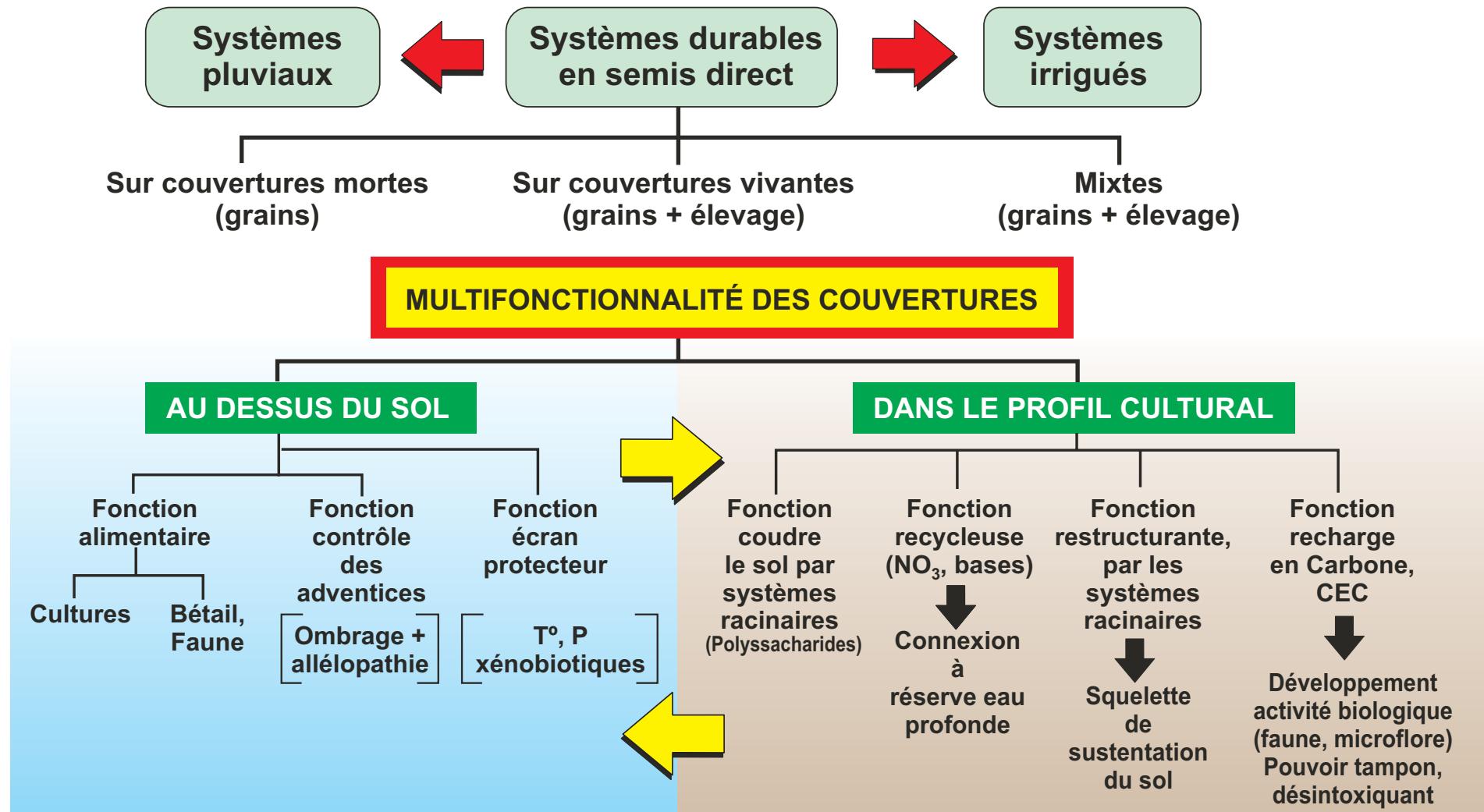
## FIG. 25 ÉVOLUTION DES SYSTÈMES DE CULTURE, DE LA BIOMASSE DE RÉSIDUS ET DE L'UTILISATION DES RESSOURCES HYDRIQUES

Écologie des cerrados et forêts humides du Centre Nord Mato Grosso - 1986/2000



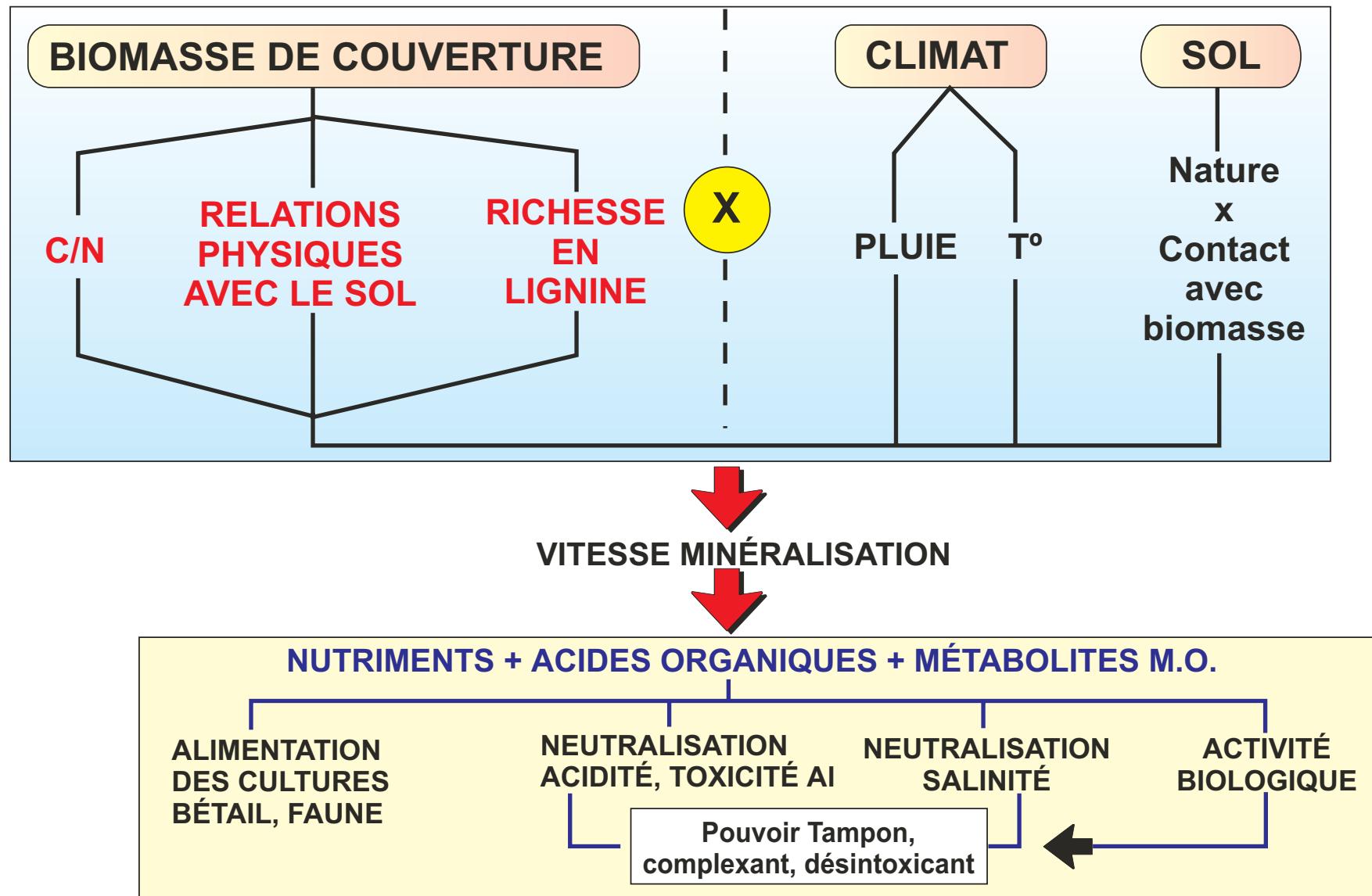
SOURCE: L. Séguay, S. Bouzinac, CIRAD-CA; A. Maronezzi, Agronorte - Sinop/MT - 2001

## FIG. 26 LE CONCEPT DE MULTIFONCTIONNALITÉ DES BIOMASSES DE COUVERTURE, EN SEMIS DIRECT



SOURCE: L. Séguay, S. Bouzinac, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, AGRONORTE, Sinop/MT - 1978/2000

**FIG. 27 FONCTION ALIMENTAIRE**



SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, AGRONORTE, Sinop/MT - 1978/2000

**FIG. 28**

**FONCTIONS:**

- PROTECTION CONTRE L'ÉROSION
- POUVOIR RESTRUCTURANT
- RECHARGE EN CARBONE

**PROTECTION CONTRE L'ÉROSION**

Matière sèche  
aérienne

Amortisseur  
+  
Écran (t°, P,)

Durée protection,  
fonction nature  
couverture:  

- C/N
- lignine
- Contact sol

Système racinaire

Aptitude à "coudre"  
le sol

Système  
fasciculé

Très fort  
pouvoir  
restructurant  
(Polyssacharides)

Système  
pivotant

Profond peu  
restructurant

Squelette, trame de  
sustentation du sol

Forte activité biologique, (faune, microflore)

- Séquestration, injection C continue par Rhizodéposition -
- Système racinaire riche en lignine, protégé par colloïdes minéraux -
- Décomposition + lente que parties aériennes ➔ 1° facteur séquestration C

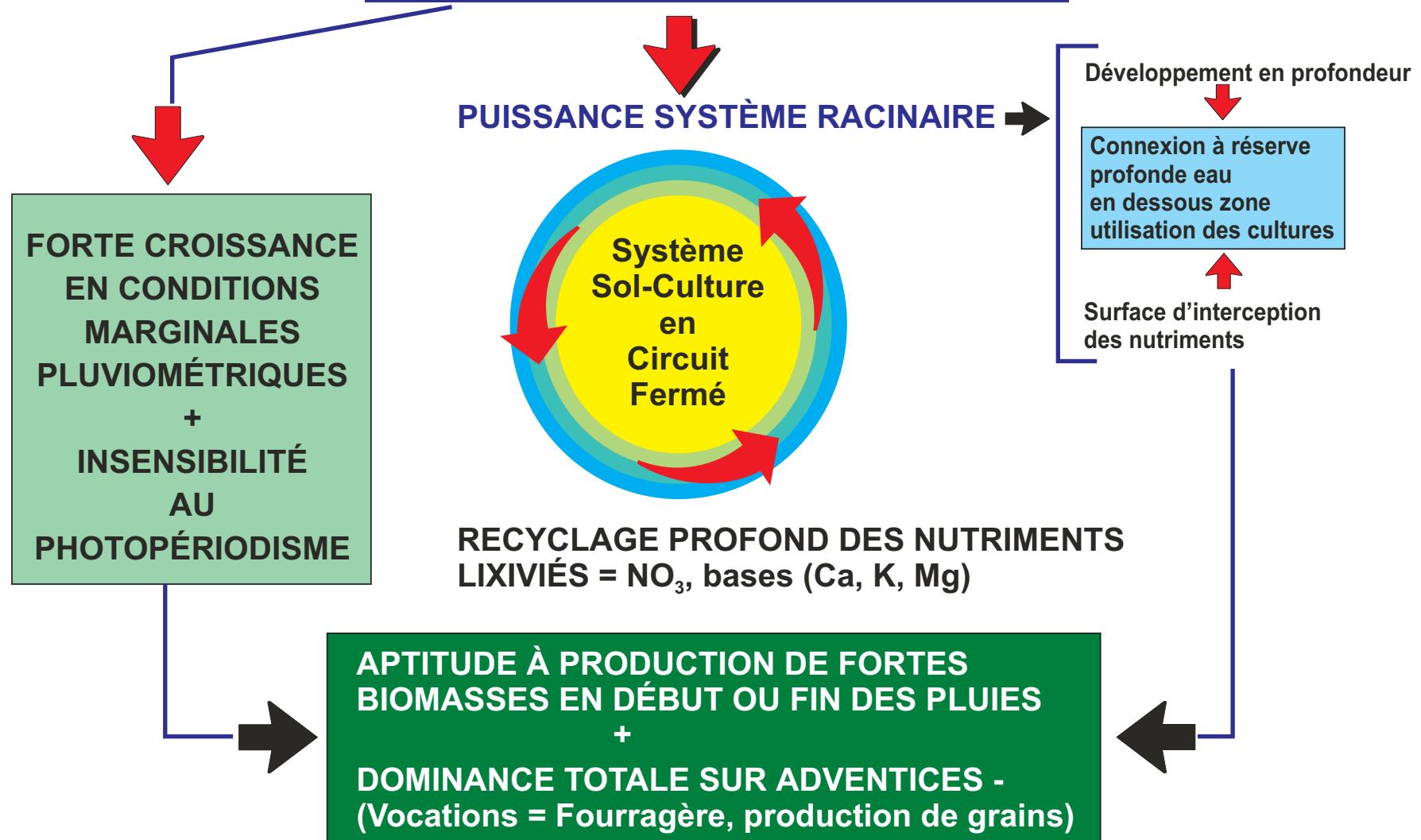
- Fermeté du sol, autorisant transit machines lourdes, bétail, sans altération porosité même en sol humide -
- La terre ne colle pas aux outils, même en sol très humide

(\*) Les biomasses les plus performantes pour l'ensemble des fonctions:

*Éleusine ≈ Brachiaria > Sorgho > Mil*

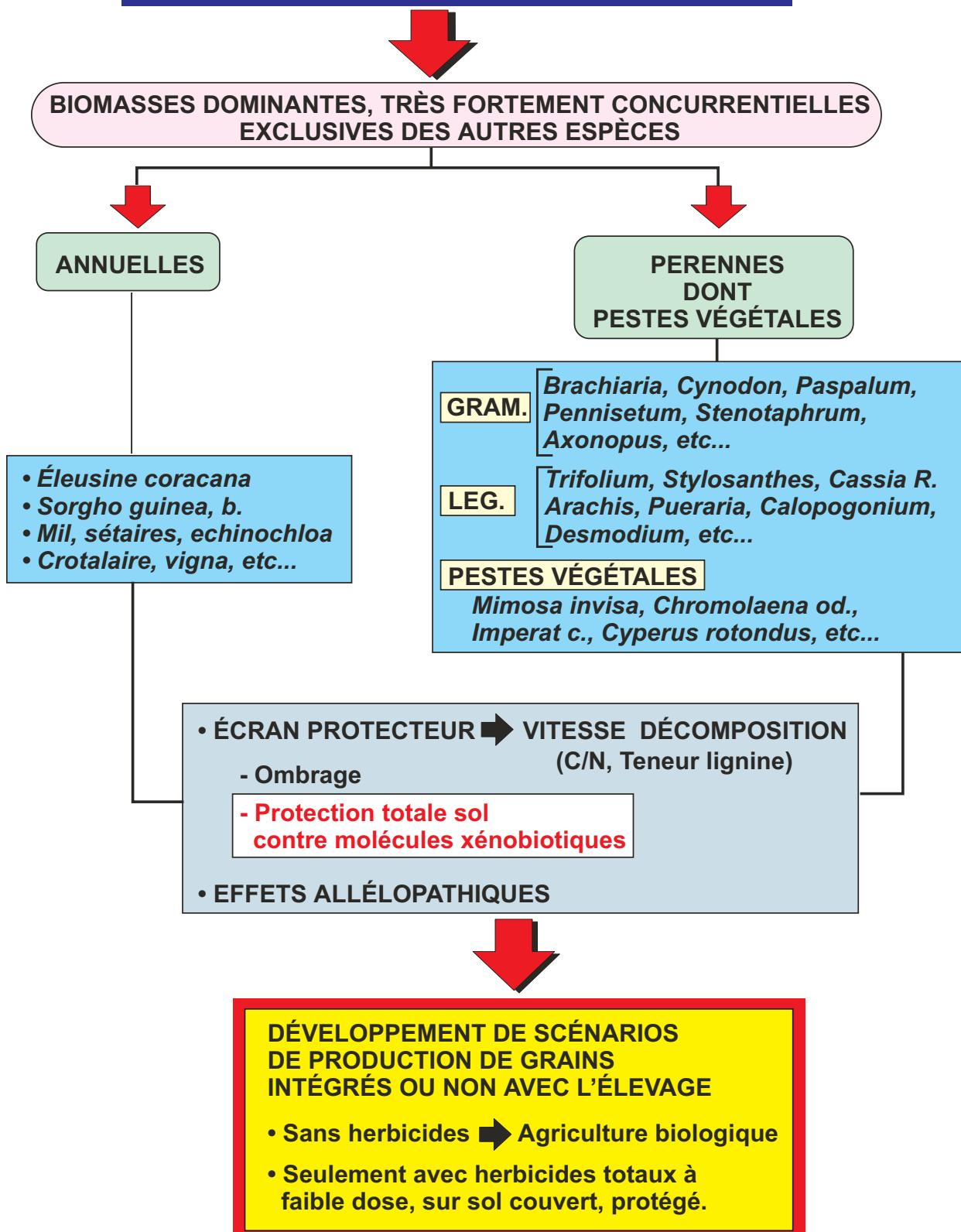
- associations: [ Maïs, Sorgho, Mil, Riz + Brachiaria, Panicum  
Maïs, Sorgho, Mil, Riz + Stylosanthes g. Arachis ]

## FIG. 29 FONCTION RECYCLEUSE



SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, AGRONORTE, Sinop/MT - 1978/2000

## FIG. 30 FONCTION: CONTRÔLE DES ADVENTICES



SOURCE: L. Séguay, S. Bouzinac, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, AGRONORTE, Sinop/MT - 1978/2000

**UM ARTIGO DO PLANTIO DIRETO**

**SISTEMAS DE CULTIVO  
E  
DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA**

**L. Séguy**

**S. Bouzinac**

**A. C. Maronezzi**



CIRAD-CA - AGRONORTE PESQUISAS - GRUPO MAEDA - ONG TAFA/FOFIFA/ANAE

# **SISTEMAS DE CULTIVO E DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA**

**L. Séguy<sup>1</sup>, S. Bouzinac<sup>2</sup>, A. C. Maronezzi<sup>3</sup>**

**Fevereiro 2001**

## **RESUMO**

Os autores analisam as performances comparadas dos sistemas de cultivo praticados com preparo de solo convencional e em plantio direto sobre cobertura vegetal nas diversas eco-regiões do mundo tropical . Assim :

- Se a destruição da matéria orgânica (M.O.) em gestão convencional com preparo do solo é muito rápida, sua reconstrução, até nos Trópicos Úmidos, pode se realizar na mesma velocidade em plantio direto.
- A seqüestração do carbono depende da natureza dos sistemas de cultivo criados; os mais atuantes são aqueles que produzem maiores quantias de matéria seca, tanto na superfície do solo quanto no perfil cultural, durante toda a estação chuvosa, mas também na estação seca, onde as condições reduzem a mineralização da M.O. Por este fato, a escolha das plantas de cobertura é determinante
- Nos melhores sistemas em plantio direto, os níveis de M.O. podem rapidamente alcançar os dos ecossistemas naturais, mesmo partindo de condições iniciais de solo muito degradadas
- Os melhores sistemas em plantio direto produzem entre 26 e 32 t de resíduos de matéria seca por hectare et por ano ; a evolução das performances agronômicas e técnico-econômicas dos sistemas de cultivo acompanha estritamente a da M.O. ; os sistemas em PD (plantio direto) mais fáceis a serem praticados conquistaram mais de 6 milhões de ha em menos de 10 anos nos Cerrados do Centro-Oeste brasileiro.

---

<sup>1</sup> Agrônomo do CIRAD-CA, sediado no Brasil, coordenador da Rede Plantio Direto do programa GEC .  
e-mail = ISéguy@zaz.com.br

<sup>2</sup> Agrônomo do CIRAD-CA, trabalha em equipe com L. Séguy no Brasil e na Rede Plantio Direto GEC  
e-mail = ISéguy@zaz.com.br

<sup>3</sup> Agrônomo e diretor da empresa de pesquisa privada AGRONORTE , parceiro do CIRAD-CA / GEC  
e-mail = agronort@terra.com.br

**Palavras-chaves** = metodologia Pesquisa-Ação, conceitos plantio direto, dinâmica da matéria orgânica, sistemas de cultivo, multifuncionalidade das biomassas de cobertura, produtividade e funcionamento dos sistemas.

# I. INTRODUÇÃO

- . No início deste novo milênio, a agricultura mundial deverá efetuar uma verdadeira revolução para se adaptar simultaneamente à globalização dos mercados e do conhecimento, a pressão crescente dos consumidores que exigem produtos saudáveis e de qualidade, e a dos científicos e da sociedade civil em geral para a salvaguarda do planeta.
- . As estratégias e os modelos de desenvolvimento terão de levar em conta a necessidade de produzir mais por unidade de recursos naturais, e assim sendo, será imperativo de reduzir e até suprimir os efeitos negativos provocados pela atividade agrícola na natureza. Atualmente, estimativas oriundas de pesquisas recentes (*Lal R. et al., 1995; IPCC, 1996*) evidenciam que o volume de CO<sub>2</sub> emitido para atmosfera contribui para 50% do efeito estufa e que a atividade agrícola representa mais de 23% do total emitido.
- . Se esta revolução está ainda para fazer na escala do planeta, na última década do século passado surgiu, sob a pressão das catástrofes ecológicas mundiais repetidas, uma consciência coletiva em favor da proteção do meio ambiente. A agricultura conservacionista já tem realizado, a este respeito, uma verdadeira revolução nas práticas e nos espíritos, particularmente no continente americano, e sobretudo no Brasil que constitui o exemplo mais significativo através do desenvolvimento exponencial da gestão dos solos e das unidades de paisagem em Plantio Direto.

No continente americano, atual sede desta revolução agrícola (*USA e sobretudo Brasil e países do Cone Sul*), inúmeros trabalhos de pesquisa conduzidos em eco e agrossistemas muito contrastados com modos de gestão de longo prazo mostram que, tanto sob clima temperado quanto tropical ou subtropical, os sistemas praticados em Plantio Direto<sup>4</sup> sem jamais preparar o solo, comparados aos mesmos sistemas de cultivo usando as diversas técnicas convencionais de preparo do solo, permitem aumentar notavelmente os teores de matéria orgânica dos solos (*Cambardella C.A. et Elliot E.T., 1994; Dick W.A. et al., 1998; Bayer C. et al., 2000; Sá J.C.M. et al., 2000.*).

Se estes resultados, já confirmados sobre longos períodos, são animadores e tranquilizam para o futuro do planeta na sua capacidade de produzir mais, sustentavelmente e a custo menor, poluindo menos (*Elliot E.T. et al., 1986; Reicosky D.C. et al, 1995.*), eles ainda se revelam insuficientes para bem explicitar cientificamente e dominar na prática a dinâmica do carbono em função da natureza dos sistemas de cultivo praticados e principalmente para construir os sistemas conservadores de amanhã, os quais deverão ser ainda mais atuantes a esse respeito, satisfazendo também os "pré-requisitos" da agricultura sustentável e os objetivos dos agricultores.

Há mais de 20 anos no Brasil, mais de 15 anos na ilha da Réunion, mais de 10 anos em Madagascar e mais recentemente na Ásia (*Vietnam e Laos*), o CIRAD constrói, com seus parceiros da pesquisa e do desenvolvimento no Sul, diversos sistemas de cultivo em Plantio Direto<sup>4</sup> que devem responder a essas exigências .

---

<sup>4</sup> O Plantio Direto (PD) é um sistema conservacionista de gestão dos solos e das culturas no qual a semente é colocada diretamente no solo que nunca é preparado. Somente um buraquinho ou um sulco está aberto, de profundidade e largura suficientes, com implementos concebidos para este fim para garantir uma boa cobertura e um bom contato da semente com o solo. A eliminação das invasoras, antes e depois do plantio, durante o cultivo, se faz com herbicidas, menos poluentes possíveis para o solo que deve sempre permanecer coberto.

O presente trabalho reúne, de modo muito sintético<sup>5</sup>, os principais resultados desta construção da Pesquisa-Ação conduzida pelo CIRAD-CA e contempla sucessivamente:

- a apresentação de nossa metodologia geral de intervenção sobre sistemas de cultivo, que atua em ligação direta no ambiente e com a participação efetiva dos atores do desenvolvimento;
- a análise das tendências evolutivas da matéria orgânica em função da natureza dos sistemas de cultivo existentes e dos sistemas inovadores e preservadores do meio-ambiente; os resultados são discutidos e comparados com os obtidos em outras grandes eco-regiões do mundo, principalmente nos USA em clima temperado e no Brasil em clima subtropical;
- enfim a avaliação das performances agronômicas, técnicas e econômicas dos sistemas de cultivo, e sua evolução no decorrer do tempo; os resultados dos melhores sistemas apropriáveis são confrontados com sua capacidade em seqüestrar o carbono e em conservar o potencial produtivo do patrimônio solo a médio prazo e ao menor custo.

Levando em consideração os inúmeros resultados já acumulados no que diz respeito às performances dos sistemas de cultivo na “Rede Plantio Direto do CIRAD-CA”, só trataremos neste trabalho de alguns exemplos muito contrastados nos planos ecológicos e sócio-econômicos que foram comprovados duravelmente, e que alimentam ativa e significativamente a difusão e a apropriação pelos agricultores dos sistemas de cultivo preservadores do meio-ambiente.

## II. MATERIAIS E MÉTODOS

O método de Pesquisa-Ação utilizado, chamada de “Criação-Difusão”, faz parte dos modelos de pesquisa fundamentados na experimentação em meio real ( Séguy L. et al., 1994 e 1996 ; Triomphe B., 1989 ) [ Vide Fig. 1 ]

. A pesquisa-ação consiste essencialmente, partindo de várias situações pedoclimáticas e socio-econômicas regionais (*diagnóstico inicial, tipologia das fazendas que levam a análise dos maiores fatores limitantes para a fixação de agriculturas sustentáveis*), em adaptar, construir, para e com os agricultores, nos seus ambientes, sistemas de cultivo sustentáveis baseados sobre técnicas de gestão conservatória dos solos, facilmente apropriáveis pelos produtores. Estes sistemas devem em primeiro lugar melhorar, restaurar e em seguida, manter o potencial produtivo do solo a longo prazo com uso mínimo de insumos, até sem nenhum, num ambiente totalmente protegido (*Escalas das unidades de paisagem, dos "terroirs"*<sup>6</sup> ).

- . Estes objetivos são, simultaneamente e num enfoque holístico e heurístico :
  - construir com os agricultores soluções práticas e apropriáveis para vencer os obstáculos a fixação das agriculturas tropicais sustentáveis (*critérios dos produtores, dos extensionistas e dos pesquisadores*);

---

<sup>5</sup> Para maiores informações, o leitor poderá consultar o Dossiê “ Sistemas de cultivo e dinâmica da matéria orgânica” de Séguy L., Bouzinac S. e Maronezzi A.C. ,(2001c) – Documento Interno CIRAD-CA – 203 p. -34398 – Montpellier Cedex 5 França . 2001

<sup>6</sup> Definição “Terroirs” = Conjunto de parcelas homogêneas caracterizadas por uma mesma estrutura e uma mesma dinâmica ecológica (agrossistema) assim como o mesmo tipo de aproveitamento e instalações agrícolas (G. Duby, A. Vallon).

- explicar e modelar o funcionamento dos agrossistemas cultivados, sustentáveis, para poder adaptá-los logo para outros eco e agrossistemas tropicais;
- analisar e avaliar preventivamente seus impactos: na evolução da fertilidade dos solos a escala das unidades de paisagem representativas dos "terroirs" e das microbacias, no comportamento dos agricultores e das sociedades rurais.

## 2.1. A CRIAÇÃO DA OFERTA TECNOLÓGICA "Sistemas de cultivo" COM OS PRODUTORES

A pesquisa-ação cria, em cada grande eco-região, com seus parceiros do desenvolvimento (*agricultores, extensionistas*) um duplo dispositivo operacional com vocações complementares :

- **Algumas unidades experimentais "sistemas de cultivo", geridas em meio real controlado** pela pesquisa e pelos agricultores = elas representam as vitrinas da oferta tecnológica (*Matrizes dos sistemas*),
- **várias fazendas de referência, em meio real**, onde são aplicados, em grande escala, um ou vários sistemas de cultivo procedentes das unidades, escolhidos pelos produtores que os aplicam integralmente ou os readaptam em função de seus objetivos próprios. Este conjunto constitui um dispositivo de intervenção multilocal de longa duração que abrange as variabilidades pedoclimática e sócio-econômica regional (cf. *Fig. 2*).

Os sistemas de cultivo (*tradicionais + inovadores*) estão organizados e modelados em "matrizes dos sistemas", sobre toposequências representativas do meio físico e da paisagem agrícola. Partindo dos sistemas tradicionais, os novos sistemas são elaborados por incorporação progressiva, sistemática e controlada de fatores de produção mais performantes (*modos de gestão dos solos e das culturas, produtos temáticos tais como variedades, níveis de adubação – Vide Fig. 3*).

A construção das matrizes "sistemas de cultivo" obedece a regras precisas (cf. Séguy L. e al. 1994, 1996) que permitem a interpretação dos efeitos diretos e acumulados dos componentes dos sistemas no decorrer do tempo, tanto nas suas performances de produção quanto nos seus impactos na fertilidade dos solos, na biologia das invasoras ou das pragas, etc....

**As matrizes "sistemas de cultivo" e a rede multilocal de fazendas de referência**, constituem os suportes operacionais do estudo; estes dispositivos experimentais, de longa duração, representam ao mesmo tempo :

- **Um lugar de ação, de criação da inovação e de formação dos atores**, no qual a montagem matricial dos sistemas permite avaliar suas performances agronômicas, técnicas e econômicas, comparadas nas mesmas condições de solo e clima, e classificá-los no decorrer do tempo (*respostas de sua estabilidade ou flutuações em relação aos riscos climático ou econômico*), enfim extrair as leis de funcionamento dos sistemas (*condições de reproduzibilidade ⇒ modelagem*);
- **Um laboratório de vigilância, precioso para os cientistas**, permitindo avaliar, de modo antecipado em relação à adoção dos sistemas pelos agricultores, seus impactos no meio ambiente (*erosão, qualidade biológica dos solos, externalidades, xenobióticos*) [conceitos de. Chaussod R 1996] .

Portanto, trata-se de um lugar privilegiado para confrontar performances de produção dos sistemas com seus modos de funcionamento e impactos ambientais dentro de um enfoque preventivo que oferece soluções reais aos agricultores e as autoridades afim de conciliar as exigências da sociedade civil (*impactos ambientais*) e os objetivos dos produtores (*produtividades dos sistemas, do trabalho, das margens, etc....*);

- **A manutenção da memória viva** = os sistemas tradicionais e suas evoluções estão perenizados para medir os progressos conseguidos no decorrer do tempo (*performances agronômicas e técnico-econômicas, impactos ambientais*). Da mesma forma, os sistemas mais destruidores do recurso-solo devem estar presentes durante todo o estudo; eles são as testemunhas vivas do que não se deve fazer, e são imprescindíveis para a formação (*cronosequências de evolução dos sistemas controlados*).
- **Um viveiro de sistemas de cultivo que reúne a agricultura de ontem (com preparo do solo), a agricultura de hoje (as culturas dos agricultores conduzidas em Plantio Direto) e a agricultura de amanhã (sistemas em plantio direto construídos sobre uma maior diversidade de culturas, sobre a integração da agricultura com a pecuária e a recolocação das árvores no espaço cultivado).**
- ◆ Todos estes sistemas de cultivo são conduzidos com três níveis de adubação (*Fig. 3*) :
  - A adubação tradicional, ou recomendada pela pesquisa ou pela extensão, ou a que é usada pela maioria dos agricultores da região,
  - Um nível de adubação baixa, que corresponde a grosso modo só às exportações pelos grãos das culturas,
  - Uma adubação não limitante (*expressão do potencial agronômico na oferta pedoclimática local*).
- ◆ Estes três níveis de adubação combinados aos modos diferenciados de gestão dos solos e das culturas poderão evidenciar no decorrer do tempo :
  - A importância das possibilidades de restauração da fertilidade *lato sensu* pela via **organo-biológica** (*velocidade de restauração, importância na produtividade de matéria seca total em função dos níveis de adubação mineral, expressão do potencial produtivo do solo no passar do tempo*), e a comprovação do fechamento do sistema "solo-cultura" (cf. L. Séguy e al., 1996 ), sem perda de nutrientes graças aos sistemas de cultivo em Plantio Direto conduzidos com a adubação baixa que só repõe as exportações de nutrientes pelos grãos.
  - A influência preponderante e capital da gestão prioritária das propriedades físicas e biológicas (*estreitamente ligadas*) sobre as performances agronômicas dos sistemas de cultivo no decorrer do tempo em relação às das propriedades químicas nos solos tropicais (*latossolos dominantes, mais ou menos degradados*).

#### **CONTEUDO DAS MATRIZES "Sistemas de cultivo" PERENIZADAS:**

Elas reúnem na mesma unidade experimental e nas mesmas condições pedoclimáticas :

- O ou os sistemas tradicionais representativos da região;
- Sistemas inovadores, preservadores do meio ambiente em constante evolução, que usam novas técnicas de Plantio Direto, inspirados

diretamente do funcionamento do ecossistema florestal : o plantio direto sobre cobertura permanente do solo (Séguy L. et al., 1996).

Três grandes tipos de sistemas de cultivo foram elaborados pelo CIRAD-CA inspirados do ecossistema florestal (*vide Fig. 8 a 10*) :

- os nas coberturas mortas,
- os nas coberturas vivas,
- os nas coberturas com vocação mista.

**Nos sistemas com cobertura morta permanente**, a cobertura provém, além dos resíduos de colheita das culturas comerciais, de uma cultura de biomassa vegetal (*espécie a vocação de produção de grãos ou forrageira, ou ambas associadas*), extremamente potente, implantada antes ou depois da cobertura comercial em condições pluviométricas frequentemente aleatórias (*Vide Fig. 4*). Esta forte biomassa é dessecada com herbicidas totais logo antes o plantio direto da cultura comercial, o qual se realiza na cobertura graças a plantadeiras especialmente concebidas para este fim.

**Nos sistemas com cobertura viva permanente**, esta é sempre uma espécie forrageira perene através de órgãos de multiplicação vegetativa (*estolões, rizomas*); a cultura comercial é implantada na cobertura da qual somente a parte aérea foi dessecada (*preservando totalmente os órgãos de reprodução vegetativa com herbicidas idôneos, baratos e pouco poluidores*). A cobertura é mantida viva, mas não competitiva para a cultura comercial (*com ajuda de herbicidas seletivos, usados à baixíssima dosagem*), até que a cultura comercial, gerida a este fim, assegura um sombreamento total acima dela; quando a cultura comercial madurece, ela deixa a luz penetrar e a cobertura viva volta a crescer cobrindo logo o solo de novo, e pode ser pastoreada pelos animais após a colheita (*sucessões anuais = produção de grãos + produção de carne ou leite*) [ Cf. Fig. 5].

**Os sistemas mistos** (*cf. Fig. 6* ) são intermediários entre os dois modelos anteriores e são edificados sobre sucessões anuais que incluem: 1 cultura comercial + 1 cultura de biomassa para produção de grãos consorciada com uma cultura forrageira; portanto, colha-se as duas culturas sucessivas durante a estação chuvosa, e em seguida, durante a estação seca, tem-se uma produção de carne ou de leite assegurada pela cultura forrageira (*cf. Fig. 6*).

A duração da estação chuvosa e a importância da pluviometria determinarão as possibilidades de aplicação de um ou outro tipo de sistema de Plantio Direto com cobertura permanente dos solos.

## 2.2. ACOMPANHAMENTO - AVALIAÇÃO E ANÁLISE DE IMPACTOS

### 2.2.1. ACOMPANHAMENTO-AVALIAÇÃO

Depende das escalas de intervenção :

- **NA ESCALA DA PARCELA**, estão avaliadas as performances comparadas dos sistemas de cultivo com o passar do tempo, em termos :

a) **agronômicos** = produtividade de matéria seca das culturas comerciais ou alimentares (*biomassas aéreas = grãos + palhas, e biomassas radiculares*), e seus teores em nutrientes; produtividade das culturas "biomassas de

"cobertura" ou "bombas biológicas" que desempenham sua multifuncionalidade nos solos e que constituem o leito no qual efetua-se o plantio direto das culturas comerciais; são registrados :

- Os rendimentos em matéria seca das partes aéreas e radiculares e sua dinâmica de crescimento,
- Seu conteúdo em nutrientes: C N, P, Ca, Mg, K, S e micronutrientes.

Estas medições estão efetuadas sistematicamente :

- antes do plantio direto das culturas comerciais,
- depois sua colheita em grãos, e após a das biomassas de cobertura instaladas em safrinha.

O registro destes parâmetros informa sobre a dinâmica do Carbono e dos nutrientes procedentes da mineralização das restas das culturas comerciais e das biomassas de cobertura oriundas tanto das partes aéreas quanto radiculares (*funções das coberturas : alimentar, recicladora e reestruturadora, de recarregamento em carbono*).

Igualmente estão acompanhados a nível de cada sistema de cultivo, o parasitismo dos solos e das culturas, e a evolução da flora daninha (*Função de controle das coberturas*)

**b) técnicos** = factibilidade (*exeqüibilidade*) técnica dos sistemas de cultivo, capacidade de trabalho dos equipamentos mecanizados e da mão de obra, sua flexibilidade de uso, sua penosidade.

**c) econômicos** = Custos de produção, margens brutas e líquidas, relação custo/benefício; no caso das agriculturas manuais, também o número de dias de trabalho e a valorização do dia de trabalho.

O registro desses dados mínimos, permite, em todos os casos :

- classificar os sistemas de cultivo a partir de suas performances anuais e interanuais, nos planos agronômico, técnico e econômico.
- comparar e compreender seus modos de funcionamento agronômicos principais no passar do tempo (*relações solo-culturas*), avaliá-los e classificá-los face aos riscos climáticos maiores.
- identificar os sistemas mais estáveis e de menor risco do ponto de vista da gestão econômica frente às variabilidades climáticas e econômicas.

## NA ESCALA DA TOPOSEQÜÊNCIA

- Dinâmica da erosão e do escorramento (*qualitativo*),
- Avaliação das externalidades = carga sólida, teores em nitratos, bases, P, moléculas xenobióticas, recuperadas na parte "a justante" das toposeqüências (*Fig. 2*).

## NA ESCALA DAS FAZENDAS DE REFERÊNCIA E DOS "TERROIRS" (*meio real*)

- Performances comparadas dos sistemas de cultivo e de produção a partir dos critérios precedentes : agronômicos, técnicos e econômicos.
- Difusão espontânea dos sistemas de cultivo em Plantio Direto (*importância, pontos fortes e fracos*).
- Identificação dos agricultores líderes, formadores de opinião (*amplificação da difusão*), .
- Modificação dos sistemas de cultivo e de produção, da ocupação do espaço; importância da árvore no espaço cultivado, do pousio.

## **NA ESCALA REGIONAL**

- A partir da rede experimental (*matrizes + fazendas de referência*), criação de referências agronômicas e técnico-econômicas regionais (*banco de dados*) sobre os sistemas de cultivo em Plantio Direto nas coberturas vegetais.
- Modelagem do funcionamento comparado dos sistemas de cultivo (*leis de funcionamento dos agrossistemas e possibilidades de extração para demais ecologias*).

### **2.2.2. ANÁLISE DOS IMPACTOS**

#### **NO SOLO**

Evolução da fertilidade dos solos (*escala das toposequências, dos sistemas de cultivo, do ambiente natural*) :

**Análises de rotina :Propriedades químicas** cuja pH, S, CEC, P total e trocável (*Resina*), micro-nutrientes; **Propriedades físicas** = M.O., N orgânico, propriedades hidrodinâmicas = água utilizável, sua velocidade de infiltração sob culturas, a tipologia dos agregados e do espaço poroso ; a caracterização e o acompanhamento permanente do perfil cultural e especialmente da dinâmica de colonização radicular (*velocidade, características de exploração do perfil*).

**Análises mais finas, necessárias para quantificar a dinâmica do carbono e dos íons : a dinâmica dos nitratos, de Ca et K** (*Tipo de funcionamento do sistema "Solo-culturas" : aberto ou fechado [conceito Séguy L., 1996]*). **As propriedades biológicas** = caracterização da fauna (*macro e méso*), biomassa microbiana, biomassa microbiana/C, C et N orgânico, dinâmica do C (*Cerri C. et al, 1985*) ( $C^{13}/C^{12}$ ), método do fracionamento granulométrico das matérias orgânicas (*Feller C., 1995*), índice da atividade biológica global (*Bourguignon C. , 1995/2000 comunicações pessoais*).

#### **NAS EXTERNALIDADES**

Na escala de toposequências representativas ou parte de microbacias =

- Manutenção das infra-estruturas = estradas, caminhos, instalações hidráulicas (*operações, custos*).
- Rios, poços, lençóis freáticos = poluição *lato sensu*(*nitratos, pesticidas*).

#### **NA MENTALIDADE DOS AGRICULTORES**

- Relações com meio-ambiente (*replantio de árvores, instalação de cercas vivas, respeito da fauna*),
- Levar em conta a qualidade da produção
- Organização da profissão agrícola (*clubes e associações de Plantio Direto, outros tipos de organização da produção, do crédito, dos insumos*).
- Natureza de suas decisões, visão de seu futuro.

#### **NA ECONOMIA REGIONAL**

- Continuums produtivos e comerciais por produto, mercados, transformação dos produtos.
- Redes de abastecimento em fatores de produção, em créditos.
- Lugar da agricultura na economia regional.

## 2.3. ESCOLHA DAS ECO-REGIÕES

Dentro deste estudo, três grandes ecologias foram escolhidas a título de exemplos demonstrativos; elas são muito diferentes nos planos geomorfológico, pedológico, climático e sócio-econômico, porém, todas são submetidas a uma erosão intensa quando os solos foram preparados.

- **Os Trópicos Úmidos (TU)**, representados pela região das frentes pioneiras do Sul da Bacia Amazônica no Brasil (*de 11 a 12º de latitude Sul*) e a região de Boumango no Gabão, no Oeste da África (*2º de latitude N*). Elas correspondem ao domínio dos latossolos sobre rocha ácida, altamente dessaturados, sob um clima quente com alta pluviometria anual, com uma ou duas estações chuvosas, variando entre 2.000 e mais de 3.000 mm, distribuída sobre 7 a 8 meses. As unidades geomorfológicas mais representadas são as colinas em meia-laranja, cujo declive vai de 2 até mais de 6%. Dois grandes ecossistemas estão lado a lado = o das FLORESTAS e o dos CERRADOS (savanas).
- **A região das FLORESTAS TROPICAIS do Centro-Oeste brasileiro**, (*17º de latitude Sul*), representativa dos latossolos vermelhos escuros eutríficos com fortes potencialidades sobre rochas basálticas (os "*trapps basálticos*" cobrem *750.000 km² no Brasil*); o clima é mais fresco na estação seca e a pluviometria, variável de um ano para outro, oscila entre 900 e 1.600 mm, em 6 meses. As unidades geomorfológicas são constituídas de "dedos" basálticos com fortes declives (6 a 20%).

*Nessas duas grandes ecologias abertas para a agricultura no final dos anos 70, se desenvolveu uma agricultura mecanizada praticada em grandes fazendas dominantes, e baseada em culturas industriais tais como a soja, o algodão, ou em culturas alimentares como o arroz e o milho, ou ainda a pecuária extensiva.*

- **A região das Altas Terras da ilha de Madagascar** que beneficia de condições climáticas subtropicais, frescas e úmidas (*19º de latitude Sul*), com uma altitude entre 1.200 e 2.000 m, e submetida a um regime ciclônico de chuvas; a pluviometria varia de 1.200 a 1.800 mm e as chuvas podem ser excepcionalmente agressivas durante os ciclones. Os solos são latossolos sobre maciços cristalinos (*localidade de Ibity*), ou sobre aluviões lacustres antigas (*localidade de Sambaina*), e são geralmente ricos em matéria orgânica de baixíssima atividade. Se a agricultura concentra suas atividades na rizicultura irrigada dos vales de altitude, praticada manualmente ou em tração animal, a densidade crescente de ocupação dos solos leva a colonização cada vez maior das colinas com fortíssimo declive, cobertas de latossolos humíferos fortemente dessaturados; a agricultura praticada manualmente é de baixíssima produtividade, sem insumos químicos, os solos são "arados" com a pá tradicional (*Angady*).

### III. RESULTADOS

#### 3.1. DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA EM FUNÇÃO DA NATUREZA DOS SISTEMAS DE CULTIVO E DAS ECOLOGIAS

Várias regras podem ser enunciadas a respeito da dinâmica do carbono em função dos sistemas de cultivo, nas diversas grandes eco-regiões tropicais e subtropicais (*Fig. 7, 8 e 9*) :

- ❶ Em todos os casos estudados, as técnicas de preparo de solo (*gradagens, arações*) combinadas com sistemas de monocultura com uma só cultura anual que só utiliza uma pequena fração do potencial hídrico disponível levam sempre a perdas expressivas de matéria orgânica, cuja importância varia em função das condições de clima, solo, declive, técnicas de preparo do solo e estado de degradação do perfil cultural :
  - Nos Trópicos Úmidos, na ecologia de florestas com topografia plana, as perdas se concentram no horizonte 0-10 cm e variam entre -0,7 e -1,2 MgC.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, mas podem também afetar a camada 10-20 cm, como no caso dos cerrados onde a declividade é maior e a erosão é mais ativa.
  - Em regiões subtropicais de altitude com relevo montanhoso, os latossolos sobre "maciço-cristalino", submetidos a um regime ciclônico de chuvas, podem perder entre -1,0 e -1,4 MgC.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>.
  - Em regiões de florestas tropicais sobre basalto, com fortes declives no Centro-Oeste brasileiro (*Sul de Goiás*), os latossolos mais argilosos e com fortes potencialidades se revelam menos sensíveis a estes modos de gestão (*gradagem x monocultura de algodão*) e perdem sómente entre -0,2 e -0,45 MgC. ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>.
- ❷ Todos os sistemas de cultivo em Plantio Direto sobre coberturas vegetais permanentes, permitem, em todas as situações pedoclimáticas, recarregar o perfil cultural em M.O. e controlar totalmente a erosão, qualquer que seja o declive, a pluviometria e o tipo de solo.
- ❸ Se a importância da seqüestração de C depende das condições de solo e clima (*o clima subtropical de altitude, fresco e úmido, é o que mais acumula C*), esta é principalmente condicionada, em cada grande eco-região, pela natureza dos sistemas de cultivo praticados em Plantio Direto e pelo estado de degradação físico-biológico do perfil cultural inicial; **nos Trópicos Úmidos**<sup>7</sup>, onde as condições climáticas são ideais para um funcionamento máximo do "reator - mineralização da M.O.", a taxa de seqüestração anual de C pode então variar de 1 para 2 em função da natureza dos sistemas praticados ; partindo de perfis culturais já muito degradados, empobrecidos em M.O. :
  - + 0,83 MgC.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> para sucessão anual soja+milheto (0-10 cm)
  - + 1,16 MgC.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> para a sucessão anual soja+sorgo (0-10 cm)
  - + 1,33 MgC.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> no horizonte 0-10 cm e +1,4 MgC.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> na camada 10-20 cm para a sucessão soja+sorgo ou milheto consorciados com *Brachiaria ruziziensis*, dentro da qual a pastagem continua produzindo biomassa verde após a colheita do sorgo e durante toda a estação seca (*biomassas aéreas e radiculares*);

<sup>7</sup> A parte relativa aos 15 anos da cronoseqüência 3 em ecologia de floresta (*Fig. 16*) e a cronoseqüência de Cerrados (*Fig. 17*) incluem na realidade, 2 a 3 anos de arroz logo após desmatamento. Esta cultura faz parte integrante do desmatamento-abertura das terras. Ela restitue entre 7 e 11t/ha/ano de resíduos com C/N elevado, que permite manter o teor de M.O. do perfil cultural ao início (Séguy L. et al , 1996).

+ 1,66 MgC.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> no horizonte 0,10 cm e +1,8 MgC.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> na camada 10-20 cm com o sistema : arroz + *Eleusine coracana* no primeiro ano, seguido de soja + *Eleusine coracana* no 2º ano, e de arroz + *Eleusine coracana* no 3º ano, sejam 5 gramíneas em 3 anos incluindo 3 ciclos de *Eleusine coracana*, gramínea anual que possui o sistema radicular mais possante de todas as espécies que testamos até hoje (*biomassa seca radicular superior a 5 t/ha na camada 0-50 cm, em 80 dias*).

Os sistemas em plantio direto de soja, milho ( *de arroz e algodão possíveis também* ) sobre coberturas vivas perenes, respectivamente de *Cynodon d. Tifton* e *Arachis p.*, permitem igualmente seqüestrar o carbono de modo muito eficiente; em 3 anos, a quantia anual de C seqüestrado é de :

- + 1,5 MgC.ha<sup>-1</sup> no horizonte 0-10 cm e de + 0,8 MgC.ha<sup>-1</sup> no nível 10-20 cm para o sistema mais atuante : soja em cima de Tifton,
- + 1,0 MgC.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> mas somente na camada 0-10 cm para o sistema milho sobre *Arachis pintoi*.

Após um período de 6 anos de prática contínua do sistema : soja + milheto ou sorgo, em plantio direto, e partindo em consequência de um perfil cultural parcialmente restaurado em M.O. pelo Sistema de Plantio Direto, se implantarmos, sempre em Plantio Direto, espécies forrageiras que serão pastoreadas durante os 5 anos seguidos sem insumos (1,8 UGB/ha), o percentual de M.O. do solo aumenta mais rapidamente e a quantia de carbono seqüestrado anualmente é mais elevada com a espécie *Brachiaria brizantha* (cv. *Brizantão*) do que com a espécie *Panicum maximum* (cv. *Tanzânia*) :

- . +0,7 MgC.ha<sup>-1</sup> para esta última no horizonte 0-10 cm contra + 0,9 MgC.ha<sup>-1</sup> para o brizantão, na mesma camada;
- . no horizonte 10-20 cm a taxa de seqüestração anual de C é muito elevada, + 1,68 MgC.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, com *Brachiaria b.*, contra + 1,08 MgC.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> com *Panicum m.*

Portanto, essas 2 espécies recarregam fortemente o perfil cultural abaixo de 10 cm de profundidade .

Resultados similares de seqüestração de C. sob Plantio Direto foram obtidos nas savanas gabonenses, em condições pedoclimáticas próximas e a partir de sistemas de cultivo de produção de grãos semelhantes, que transferimos do Brasil (cf. *cronosequências Gabão*; *Boulakia S. et al., 1999 – Vide Fig. 7*). Como no caso das frentes pioneiras dos Trópicos Úmidos do Brasil, o preparo profundo do solo, praticado a cada ano na entrada de uma sucessão anual milho+soja induz a perda progressiva de M.O.; as perdas anuais de C, são, em 3 anos, de -1,0 MgC.ha<sup>-1</sup> no horizonte 0-10 cm, e de -0,7 MgC.ha<sup>-1</sup> no nível 10-20 cm, na presença de uma forte adubação mineral anual; quando é usado um nível de adubação médio a baixo, a perda anual de C é menor.

Como nos Cerrados brasileiros, a prática, em plantio direto contínuo, de sistemas com 2 culturas anuais em sucessão dominados por gramíneas, vizinhos dos utilizados no Brasil, leva a níveis de seqüestração anual de C idênticos aos observados no Brasil : +1,0 MgC.ha<sup>-1</sup> no horizonte 0-10 cm e +0,8 MgC.ha<sup>-1</sup> na camada 10-20 cm ( *Vide Fig. 7* ).

**④** Qualquer que seja o tipo de solo e as condições climáticas, quanto mais o perfil cultural inicial estiver desestruturado e empobrecido em M.O., mais rápido será o recarregamento em carbono através de sucessões em PD onde as gramíneas tem um papel dominante ( *milheto, mas sobretudo sorgo, Eleusine, aveia, espécies forrageiras* ).

⑤ Sob pluviometria menor (900 a 1 600 mm), com solos argilosos naturalmente bem estruturados e ricos em M.O., como os latossolos vermelhos escuros sobre basalto do Sul de Goiás, submetidos a gradagens em monocultura de algodão, sobre fortes declives, as perdas de M.O. são nitidamente inferiores às registradas nos TU e são principalmente localizadas nos cortes de erosão (erosão linear dominante ).

⑥ O clima fresco e úmido de altitude nas terras altas de Madagascar permite seqüestrar a maior quantia de carbono anualmente, quando as gramíneas perenes muito possantes são os suportes dominantes dos sistemas em PD (*Pennisetum clandestinum*) = de + 1,8 a +2,4 MgC.ha<sup>-1</sup> no horizonte 0-20 cm.

⑦ A taxa de seqüestração de C nos sistemas de Plantio Direto mais atuantes pode ser tão rápida e importante quanto são as perdas sob gestão inadequada com preparo do solo; os sistemas em Plantio Direto mais eficientes a esse respeito são os que usam safrinhas a base de "biomassas de cobertura" ou "bombas biológicas", possantes fornecedoras de biomassa (*matéria seca aérea e radicular*) tais como milhetos, sorgos consorciados com *Brachiaria ruz.*, *Eleusine coracana*, *Cynodon dactylon*, nos TU, as espécies forrageiras perenes dos gêneros *Pennisetum (clandestinum)*, e *Desmodium (intortum)* nas regiões subtropicais de altitude . Estes sistemas levam, até em períodos curtos de 3 a 5 anos, a recuperar as taxas de M.O. dos ecossistemas originais e até a ultrapassá-las.

⑧ O recarregamento em carbono a curto prazo do perfil cultural com os melhores sistemas de Plantio Direto interessa de modo preferencial o horizonte 0-10 cm, mas também o de 10-20 cm, quando espécies forrageiras foram usadas na rotação tais como *Brachiaria*, *Eleusine*, *Cynodon*, *Pennisetum* .

A comparação dos resultados obtidos com os de demais autores dessas regiões tropicais e subtropicais, evidencia :

- Uma boa concordância com os resultados produzidos por Corraza et al., 1999 na eco-região dos cerrados do Centro-Oeste brasileiro, que mostram uma taxa de seqüestração anual de C de +2,18 MgC.ha<sup>-1</sup>.

- Na região Sul do Brasil, em condições subtropicais, os resultados recentes obtidos por Amado T.J. et al. (1999), Bayer C. et al. (2000) e Sá J.C.M. et al (2000 a), com taxas anuais de seqüestração de C de +1,6 de +1,33 e de 0,99 MgC.ha<sup>-1</sup> respectivamente, são bastante comparáveis aos que obtivemos nas Terras Altas de Madagascar em clima subtropical fresco e úmido, com taxas variando entre +1,3 e +2,4 MgC.ha<sup>-1</sup>.

- Como no presente estudo, vários exemplos no Kentucky (EEUU) em clima temperado e em Ponta Grossa no Brasil subtropical citados por Sá J.C.M. et al (2000 a & b) mostram que o estoque de carbono acumulado durante longos períodos (15 a 20 anos) em Plantio Direto pode ser superior ao do ecossistema sob vegetação nativa e que diz respeito preferencialmente a camada 0-10 cm ( Lal R., 1997 ; Dick W.A. et al., 1998 ; Kern J.S. e Johnson M.G., 1993 ).

Outra conclusão concordante deste estudo com os dos autores já citados: apesar da taxa de decomposição da M.O. em regiões tropicais e subtropicais ser de 5 a 10 vezes maior do que nas regiões temperadas (Lal R. e Logan T.J., 1995), os ganhos de M.O. ligados à prática contínua do Plantio Direto podem ser equivalentes e até superiores nos trópicos : a natureza dos sistemas praticados em PD permite explicar este paradoxo.

### **3.2. DINÂMICA DO CARBONO, DA CTC E DO TEOR DE SATURAÇÃO (V%)**

Em todas as cronosequências estudadas em latossolos vazios quimicamente no início e com CTC sfetiva baixa (*Scheid Lopes A., 1984*), as tendências de evolução da CTC acompanham estritamente as da M.O.: nos sistemas de cultivo que perdem M.O. (*com preparo de solo x monocultura*), a CTC dos horizontes de superfície decresce; pelo contrário, ela cresce junto com a M.O., quando o teor desta aumenta nos sistemas em Plantio Direto. Com as técnicas de Plantio Direto, cria-se um poder de retenção dos adubos minerais proporcional ao nível de seqüestrarão do C, e se pode assim reduzir suas perdas por lixiviação (*Séguy L. et al., 2001*).

O Plantio Direto influência igualmente de modo significativo, o teor de saturação das camadas superiores do perfil cultural e principalmente o horizonte 10-20 cm onde as variações se mostram mais sensíveis (*Séguy L. et al., 2001c*). Para um mesmo nível de adubação mineral aplicado, o teor de saturação acompanha as variações da M.O. e da C.T.C.. O caso mais demonstrativo a esse respeito é o da cronosequência Cerrado dos trópicos Úmidos, na qual as espécies forrageiras implantadas em Plantio Direto durante 5 anos, tem o papel de "bombas para cátions" e fazem crescer fortemente o teor de saturação das camadas superficiais, como se fossem aplicadas calagens com altas dosagens, enquanto que nenhuma adubação mineral nem calagem foram aplicadas durante esses 5 anos (*Fig. 10*).

Perfis culturais realizados a cada ano, em todas as cronosequências nas safrinhas "biomassa de cobertura"- "bombas biológicas", mostram que os enraizamentos dessas safrinhas são muito fundos nesses latossolos e ultrapassam freqüentemente 2 a 2,5 m de profundidade na floração; assim sendo, essas safrinhas têm a capacidade de reciclar a cada ano, as bases e os nitratos que escaparam das culturas comerciais. Tal é o caso das espécies dos gêneros = sorgo, *Brachiaria*, *Panicum*, *Eleusine*, *Crotalaria*, *Pennisetum*, *Cynodon*, fechando assim o sistema "Solo-Cultura" (*conceitos Séguy L. et al., 1996*)

### **3.3. AS PERFORMANCE AGRONÔMICAS, TÉCNICAS E ECONÔMICAS DOS SISTEMAS DE CULTIVO CONFRONTADAS COM A DINÂMICA DA M.O.**

#### **3.3.1. ECO-REGIÃO DOS TRÓPICOS ÚMIOS (TU)**

**A evolução das performances agronômicas dos sistemas de cultivo baseados nas culturas de arroz de sequeiro e de soja, criados pela pesquisa, foi reconstituída para o período 1986-2000, as figuras 11 e 12 que retratam esta evolução sobre 14 anos, evidenciam os resultados reprodutíveis seguintes =**

. A produção de matéria seca aérea total por hectare passou de 4 a 8 t/ha em 1986 para os sistemas iniciais com uma só cultura anual, para 25 a 28 t/ha no ano 2000 para a média dos melhores sistemas em PD com 3 culturas por ano(*Fig.11 e 12*).

. A variação dos teores em M.O. das camadas das superfícies, acompanhou estritamente a da produção de matéria seca total aérea: os sistemas mais produtivos em PD acumularam, em média entre 1992 e 2000, entre 1,7 e 2,1% de M.O. nesses 8 anos (*Fig. 11 e 12*).

. A produtividade da soja, principal cultura da região, passou assim de 1.700 kg/ha (28 sc/ha) em 1986 a mais de 4.600 kg/ha (77 sc/ha) no ano 2000; a do arroz de sequeiro no mesmo período passou de 1.800-2000 kg/ha (30 a 33 sc/ha) a mais de 8.000 kg/ha (133 sc/ha), (Séguy L., et al. 1998 d & e).

**Nos 5 últimos anos**, que se beneficiaram de todos os progressos adquiridos na construção durante 15 anos de sistemas de cultivo em PD cada vez mais atuantes, e igualmente de um domínio técnico aprimorado, a análise das performances agronômicas comparadas dos sistemas de cultivo leva as seguintes conclusões:

+ **O rendimento da soja**, tanto de ciclo curto (cv. *Conquista*) quanto de ciclo médio (cv. *FT 114*) é sempre nitidamente superior nos sistemas em PD ao na testemunha preparada. A diferença de produtividade cresce, ano a ano, em prol do PD; ela é proporcional à importância da biomassa seca na qual está implantada a soja em PD: na presença de um baixíssimo nível de adubação mineral ( $0\text{ N-40 P}_2\text{O}_5 + 40\text{ K}_2\text{O}$ ), essa diferença de rendimento a favor do Plantio Direto vai de 13 a 17% no primeiro ano, para 30 a 42% no terceiro ano para os melhores sistemas, qualquer que seja o ciclo da variedade (Fig. 13). Quando a adubação aplicada está duplicada ( $0\text{ N-80 P}_2\text{O}_5 + 80\text{ K}_2\text{O}$ ), as diferenças em favor dos melhores sistemas em PD oscilam de 15 a 25% no primeiro ano para ambos os ciclos, para 18-24% para o ciclo curto e 31 a 47% para o ciclo médio no terceiro ano (Fig. 13).

+ **A produtividade do arroz de sequeiro** é, como a da soja, sempre maior em Plantio Direto do que em solo preparado (Fig. 14). O rendimento médio das 3 melhores variedades, em 1997/98, é de 5.420 kg/ha (90 sc/ha) em PD sobre cobertura morta de Pé de galinha (*Eleusine c.*) contra 4.260 kg/ha (71 sc/ha) na aração com a mesma rotação, seja um ganho de produtividade de 23% a favor do PD. Em 1998/99, na mesma rotação, o rendimento médio do Plantio Direto para essas mesmas cultivares é de 5.025 kg/ha (83,7 sc/ha) contra 2.885 kg/ha (48 sc/ha) na aração, seja um ganho de 43% para o PD . Além disso, o estado sanitário do material genético sempre é nitidamente melhor no PD do que na aração para as principais doenças fungicas do aparelho vegetativo e reprodutor ( Séguy L. et al., 1998) .

Se a produtividade da soja em PD está estreitamente correlata a produção de biomassa seca de gramíneas, o arroz de sequeiro responde da mesma forma desde que a nutrição nitrogenada não for limitante (cf. Séguy L. et al., 2001 .

. Os sistemas de PD sobre coberturas mortas e vivas mais produtivos em biomassa seca por ano são também aqueles que produzem mais grãos e que melhor seqüestraram o carbono .

+ **Num mesmo ano agrícola**, se pode produzir (e reproduzir) 6 a 7 t/ha de arroz de sequeiro de grão agulhinha ou 4 a 5 t/ha de soja, seguidos em safrinha, de 3 a 5 t/ha de cereais "bombas biológicas", consorciadas com espécies forrageiras que formarão uma pastagem durante toda a estação seca, a qual pode aguentar 1,5 a 2,0 cabeças de gado por ha nesses 3 meses (*produção de 50 a 90 kg/ha de carne*); estas 3 culturas anuais sucessivas, que abrangem os 12 meses do ano, conduzidas em Plantio Direto, consomem muito pouca adubação mineral : no total  $50\text{ a }115\text{ N.ha}^{-1}\text{.ano}^{-1}$  conforme a cultura de cabeceira (*soja ou arroz, respectivamente*),  $100\text{ a }110\text{ P}_2\text{O}_5\text{.ha}^{-1}\text{.ano}^{-1}$ ,  $110\text{ a }130\text{ K}_2\text{O}\text{.ha}^{-1}\text{.ano}^{-1}$ .

Também é possível produzir entre 3.000 e 4.600 kg/ha de algodão (200 a 307 @/ha) em plantio direto após possantes biomassas de cobertura, em rotação com sucessões precedentes.

Portanto, a produtividade das culturas principais quase triplicou em 15 anos; os progressos marcantes realizados são imputáveis mais aos avanços decisivos que

foram progressivamente construídos e conquistados na gestão dos solos e das culturas em Plantio Direto do que aos do melhoramento varietal (. Séguy L. et al., 1992/2000, 1996).

**As consequências técnico-econômicas** da utilização dos sistemas de cultivo em PD ou em solo preparado refletem as suas performances agronômicas.

A região das frentes pioneiras do Centro Norte do Mato Grosso enfrentou desde o início de sua abertura, nos princípios dos anos 1980, uma situação econômica caótica e padeceu das reestruturações econômicas sucessivas do país. Afastada dos grandes centros de transformação, dos portos de exportação (*mais de 1.500 km*), a região só tem uma estrada asfaltada, geralmente em estado de conservação precário, a qual onera muito os custos dos fretes. Este isolamento se traduz por uma penalização que oscila entre 25 e 40% de sobre-custos de produção em relação aos custos dos grandes estados produtores do sul do país (Séguy L. et al., 1996 Fig. 15).

Nesta conjuntura, os custos de produção da soja, cultura industrial mais estável, podem variar de 280 a mais de 430 U.S \$/ha em função do nível de tecnologia e do ano . Para o arroz de sequeiro, os custos variaram ainda mais no período 1987/2000 de algodão.

As melhores performances técnicas-econômicas sempre são obtidas em plantio direto ; Elas permitem, apesar da situação econômica muito instável, de construir afolhamentos(= *distribuição anual das diversas culturas na fazenda*) mais estáveis e de menor risco econômico. Em função do nível de risco escolhido pelo agricultor, os custos de produção podem variar de 300 a 600 U.S\$/ha nos sistemas em PD baseados no arroz, soja, milho + safrinhas seguidas de engorda na estação seca, ou praticados sobre coberturas vivas (Fig. 16), e até 1.300 U.S\$/ha com a cultura algodoeira de alta tecnologia (PD + alto nível de insumos).As margens líquidas por ha, vão, apesar da penalização econômica, e em função das escolhas e dos preços pagos aos produtores, de 100 a mais de 600 U.S\$/ha (cf. Fig. 16).

Os encargos de mecanização puderam ser reduzidos drasticamente com a adoção do PD: o número de tratores e de plantadeiras pode ser dividido por 2, assim como o consumo de combustível (Fig. 17).

Pressões e penalizações econômicas que levaram a adoção maciça do PD desde 1995 transformaram essa região na campeã brasileira de produtividade em soja e arroz de sequeiro de alta tecnologia (Fig. 18 ). Se a média de produtividade da soja ultrapassa amplamente 3.000 kg/ha (50 sc/ha) na região em mais de 1,3 milhão de ha (Fig. 18), produtividades de arroz de sequeiro entre 4.000 et 5.500 kg/ha (67 e 92 sc/ha) são, hoje em dia, corriqueiras para os agricultores . Pouco a pouco, "na marra", nasceu, e em seguida se fortaleceu um perfil de agricultores muito atuantes, aptos a afrontar a globalização sem subsídios.

### **3.3.2. ECO-REGIÃO DAS FLORESTAS TROPICAIS SOBRE BASALTO DO CENTRO-OESTE BRASILEIRO (Sul do Goiás, Norte de São Paulo)**

. As performances agro-econômicas comparadas dos modos de gestão dos solos e das culturas, relativas a cronosequência de 4 anos no sul do estado de Goiás estão reunidas na Fig. 19 e evidenciam :

- Na presença de um nível de adubação mineral médio de 85 N + 50 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 100 K<sub>2</sub>O + micros, os sistemas em Plantio Direto (PD) são sempre mais produtivos do que os sistemas em solo preparado: a diferença de produtividade do algodão a favor do PD varia de + 15 a +18% nos anos climáticos favoráveis qualquer que seja o estado de degradação do solo no início a mais de 30% em solo pouco degradado e até mais de 65% em solo muito erodido nos anos

climáticos muito desfavoráveis ao algodoeiro tais como 1997/98 e 1998/99 (*Fig. 19*).

- Quando o solo foi fortemente poluído e de modo duradouro por herbicidas de longa remanência, aplicados em dosagens altas demais, como o Sulfentrazone, algumas biomassas de cobertura como o sorgo demonstram um poder despoluidor, desintoxicador muito rápido para recuperar logo os melhores níveis de produtividade do algodão (*Séguy L. et al., 1999*).

- Esta mesma cobertura de sorgo (*tipo Guinea*), de decomposição lenta e com forte efeito alelopático para o controle da flora daninha, permite controlar natural e eficientemente a praga vegetal *Cyperus rotundus* que constitui o maior obstáculo para o cultivo nos solos oriundos de rocha vulcânica (*Séguy L. et al., 1999*).

**NO PLANO ECONÔMICO**, os custos de produção do PD, cada vez mais dominados, revelam-se em média inferiores de 5 a 10% aos dos preparamos convencionais (*Fig. 20 e 21*); como nas frentes pioneiras, o número de máquinas pode ser reduzido de 50%, assim como o consumo de combustível (*Séguy L. et al., 1998b*)

. As margens líquidas/ha são muito variáveis de um ano para outro em função dos preços pagos aos produtores, eles também muito flutuantes. As margens sempre são, como as produtividades, mais estáveis e nitidamente maiores no PD do que no preparo convencional: de 30 a 50% em função dos anos (*Fig. 19, 20 e 21*).

### 3.3.3. ECO-REGIÃO DAS ALTAS TERRAS DE MADAGASCAR

. Nas propriedades dos agricultores das Terras Altas, as performances agro-económicas e técnicas dos sistemas de cultivo praticados nos Tanety (colinas) com solos ácidos, são irrelevantes: para a cultura do milho por exemplo, a qual é importantíssima nesta região, a produtividade nos solos ácidos varia entre 700 e 1000 kg/ha com 5 t/ha de esterco e um calendário cultural extremamente carregado com mais de 200 dias/ha em cultivo manual [*De Rham et al., 1995 ; Feyt H. et al., 1999*]. Estes números indicam bem, ao mesmo tempo, um calendário cultural muito constragedor e condições de baixíssima fertilidade dos solos quando se usa tão somente a adubação orgânica (*o rendimento do milho cai para menos de 400 kg/ha sem nenhuma adubação*).

. Os sistemas de cultivo em PD sobre as culturas de milho, soja e feijão produzem mais a cada ano, qualquer que seja o nível de adubação; com aração, a produtividade estagna ou se mostra muito flutuante em presença dos mesmos níveis de insumos (*Vide Fig. 22*).

. Em relação com aração, os sistemas em PD produzem no 4º ano =

- 3 a 4 vezes mais de milho, qualquer que seja o nível de adubação ;
- 4 vezes mais de soja com esterco só , 2,5 a 3 vezes mais com esterco + adubação mineral média ou forte ;
- 4 vezes mais de feijão com esterco só , 1,5 a 2,5 mais com esterco + adubação mineral média e forte respectivamente (*Vide Fig. 22*).

. Nos solos ácidos, improdutivos com as técnicas tradicionais de aração, o plantio direto permite alcançar no 4º ano de 3 000 até 6 000 kg/ha de milho em função do nível de adubação usado, de 1 400 para 2 300 kg/ha de feijão, e de 1 800 a 3 000 kg/ha de soja, nessas mesmas condições.

. Com 5 t/ha de esterco só, as técnicas de PD permitem tirar partido destes solos considerados como incultos em cultivo tradicional.

+ A figura 23, referente aos **tempos gastos** em dias/ha, estabelecidos num período de 5 anos na rede regional de localidades, em função de diferentes sistemas de cultivo, evidencia :

- Os sistemas de plantio direto consomem muito menos mão de obra do que os sistemas com aração: os itinerários técnicos relativos as culturas de trigo, milho, arroz de sequeiro, feijão e soja necessitam respectivamente, em média : 74, 84, 96 e 90 dias homem/ha qualquer que seja o tipo de solo, contra 190 a mais de 220 dias/homens/ha para os itinerários das mesmas culturas com aração;
- O Plantio Direto proporciona portanto uma fortíssima economia de mão de obra em relação a aração, e justamente nas operações mais penosas do calendário cultural: preparo do solo e capinas. A aração faz uso em média de 50 dias/ha contra somente 4 dias/ha para tratar as biomassas da parcela ou com herbicida total de pré-plantio ou para trazer biomassa seca exógena e assim reforçar a cobertura do solo.
- O controle das invasoras nas parcelas cultivadas necessitam 60 a 70 dias/ha de capinas na aração, contra somente 6 a 12 dias/ha nos sistemas em PD (*uso de herbicida seletivo ou capina manual mínima ou ambos combinados*).
- No final, os tempos gastos nos itinerários técnicos em PD são reduzidos de 58 a 65% em relação aos conduzidos com aração e capinas tradicionais.

+ **Os custos de produção** são sistematicamente menor no PD, qualquer que seja o nível de adubação e o tipo de solo, graças a uma fortíssima redução da mão de obra em PD: 12 a 30% de economia em função da cultura e do nível de adubação ( Cf. Fig. 24).

+ **As margens líquidas** sempre são muito maiores no Plantio Direto do que na aração, para todas as culturas e qualquer que seja o nível de adubação. As mais interessantes nos solos ácidos são, em PD :

- Para a cultura do milho com esterco só :  
+ 323 US\$/ha contra 58,00 US\$ na aração.
- Para a cultura de soja, com esterco + adubação mineral média :  
+469 US\$/ha contra +122 US\$/ha na aração,
- Para a cultura de feijão, com esterco só : + 139 US\$/ha contra uma margem negativa de -104 US\$/ha na aração ( Cf. Fig. 24).

Em relação ao **salário mínimo diário** de 0,87 US\$ pago na região em 1997/98, os sistemas em PD praticados com esterco só que valorizem melhor o dia de trabalho (Fig. 24), oferecem remunerações diárias oscilando entre 2,13 e 4,65 US\$ nos solos ácidos de baixa fertilidade, em função das culturas, seja de 3 a 5 vezes o salário mínimo diário.

O milho revela-se a produção mais remuneradora em solo ácido em PD com esterco só, seguido da soja e do feijão. A soja é a cultura que melhor valoriza a adubação mineral e proporciona a maior valorização do dia de trabalho: 5,80 US\$ na adubação média + esterco e 6,00 US\$ na adubação forte + esterco.

Os sistemas de cultivo praticados com aração nos solos ácidos induzem valorizações de dia de trabalho próximas do salário mínimo diário unicamente para as culturas de milho e soja .

## IV. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O Plantio Direto sobre coberturas permanentes do solo é provavelmente o paradigma mais completo que tenha sido construído até hoje para o desenvolvimento planetário de uma agricultura sustentável, preservadora do meio ambiente, manejado de modo mais "biológico" possível.

Mais do que portador de esperança, o PD mostra suas capacidades de restauração do estatuto orgânico dos solos tão rapidamente quanto este se degrada com o preparo destruidor nas grandes eco-regiões subtropicais e tropicais; o exemplo dos Trópicos Úmidos é eloquente a este respeito, onde os processos que comandam a degradação do recurso-solo (erosão) e a mineralização da M.O., andam mais depressa do que em qualquer outro lugar do planeta. O estatuto orgânico dos solos pode, com o uso dos sistemas em PD mais atuantes, alcançar logo e ainda ultrapassar o dos ecossistemas naturais (*florestas, cerrados*), até nessas eco-regiões com climas excessivos onde temperatura e pluviometrias são altas e onde os solos são vazios "quimicamente" e, apresentam um poder de retenção irrelevante para com os adubos minerais.

Se o Plantio Direto (PD) sobre cobertura vegetal propicia sempre, em todas as grandes eco-regiões estudadas, a seqüestração do carbono, a importância desta sequestração depende da natureza, da tipologia dos sistemas de cultivo praticados: os mais atuantes para esta função são aqueles que produzem mais biomassa aérea com C/N e teor de lignina elevados, e que possuem uns sistemas radiculares muito desenvolvidos na superfície e em profundidade para poder utilizar eficientemente a água profunda do solo, abaixo da área de atuação radicular das culturas comerciais. Os sistemas radiculares mais resistentes a mineralização estão cercados de "mangas" importantes de microagregados que protegem a M.O. (*polissacarídeos, endomicorizas vesículo-arbusculares, polifenois*), como se encontram na espécie *Eleusine coracana*, cultivada pura ou consorciada com leguminosas pivotantes, ou o gênero *Brachiaria* consorciado com bombas biológicas recicladoras tais como milheto e sorgo.

Nestes sistemas, a produção de matéria seca é contínua durante o ano todo, através da utilização progressiva de uma reserva hídrica enorme numa grande espessura de solo, e as concentrações em M.O. aumentam na superfície do solo (Cf. Fig. 25). O recarregamento em carbono interessa principalmente o horizonte 0-10 cm, mas também o de 10-20 cm, quando as gramíneas mais potentes a nível radicular são usadas (gêneros *Eleusine, Brachiaria consorciada com sorgo, milheto ou em pastagem sobre 4 a 5 anos; espécies perenes usadas como coberturas vivas, tais como Cynodon dactylon ou Pennisetum clandestinum*). O acréscimo da M.O., na superfície aumenta a resistência dos micro agregados e a proteção das M.O.; estas M.O. aumentam a estabilidade dos agregados onde se encontram, e os agregados mais estáveis, por sua vez, protegem as M.O. neles incorporados, estabelecendo assim relações recíprocas entre dinâmica da M.O. e estabilidade da agregação (*autoregulação, autoproteção*).

A evolução das performances agronômicas e técnico econômicas dos sistemas de cultivo acompanha, em todas as grandes eco-regiões, a evolução do estatuto orgânico dos solos :

- nos Trópicos Úmidos, entre 1986 e 2000, em agricultura moderna mecanizada, os rendimentos das culturas tropicais soja e arroz foram mais do que duplicados e a produção de matéria seca total por hectare foi multiplicada por 4 a 5, permitindo produzir 2 culturas anuais de grãos em sucessão e também carne ou leite na estação seca, e ao mesmo tempo protegendo totalmente o solo;
- Na ecologia das florestas tropicais do Centro-Oeste do Brasil, sobre latossolos oriundos de basaltos, com fortes declives, o plantio direto, em

- cultivo moderno e mecanizado, propicia a parada total da erosão, o acréscimo de 10 a 30% na produtividade do algodoeiro, a diversificação da produção, controlando a peste vegetal "tiririca" (*Cyperus rotundus*).
- na eco-região subtropical de altitude das terras altas de Madagascar, local com erosão catastrófica, onde se pratica uma pequena agricultura familiar, manual e em tração animal com insumos mínimos, a produtividade dos sistemas em PD é de 2 a 5 vezes superior a dos sistemas com preparo do solo para as culturas principais de milho, feijão e soja.

Em todas as grandes eco-regiões, qualquer que seja o tipo de agricultura, os sistemas em PD controlam totalmente a erosão e são sempre nitidamente mais lucrativos do que os sistemas com preparo do solo; as economias de mão de obra ou de máquinas e combustível são espetaculares, a favor do Plantio Direto (PD).

Estes resultados obtidos em eco-regiões muito diferenciadas evidenciam que o Plantio Direto na cobertura vegetal permanente do sol propicia maior produção, de modo mais estável e mais limpo, dando uma parte crescente para a fertilidade de origem organo-biológica na capacidade do solo em produzir. Este tipo de agricultura que insere a noção de "biomassa anual", "bomba biológica" como "reforço" das culturas comerciais pode agir como armazenador líquido de CO<sub>2</sub> e não mais como produtor líquido.

Os efeitos benéficos para a qualidade biológica dos solos, da água, podem ser muito rápidos e colocar esta atividade como despoluidora, e, nesse sentido, permitir receber subsídios da sociedade civil por sua participação na limitação do efeito estufa, na preservação das paisagens, das infra estruturas rurais e da fauna: "créditos carbono" poderiam constituir um meio estimulador para sustentar o desenvolvimento agrícola nessa direção. Estes créditos poderiam ser modulados em função da capacidade dos itinerários técnicos e dos sistemas de cultivo em seqüestrar o carbono, e poderiam ser então argumentos decisivos na escolha dos agricultores.

Porém, estes cenários só serão realistas e possíveis se os diversos atores do desenvolvimento forem capazes, trabalhando de mãos dadas *in situ*, de criar esses sistemas de cultivo do futuro, mais atuantes simultaneamente para seqüestrar o carbono, reciclar os nitratos e as bases, degradar os xenobióticos (*critérios dos cientistas e da sociedade civil*), e que satisfaçam os critérios de escolha da agricultura sustentável e os dos agricultores (*agronômicos e técnico-econômicos*).

A metodologia de Pesquisa-Ação apresentada neste documento permite responder as exigências de todos e concilia-las. A modelização dos sistemas de cultivo leva, partindo dos sistemas vigentes a construir para e com os produtores, nos seus ambientes, uma tipologia muito diversificada dos sistemas de cultivo possíveis e apropriáveis. Esta experiência mostra como nosso enfoque experimental leva a recolocar *in situ*, no quadro dos sistemas inovadores edificados com os agricultores, estudos tão fundamentais como os relativos a dinâmica do carbono, a reciclagem anual eficiente dos nitratos e das bases, a degradação dos xenobióticos, a bioremediação em geral.

No decorrer do enfoque experimental praticado *in situ*, estas temáticas fundamentais estão tratadas e confrontadas com as performances agronômicas e técnico-econômicas dos sistemas de cultivo que poderão ser apropriados amanhã pelos produtores ; assim, o impacto econômico da dinâmica do carbono, dos nitratos,das bases e dos xenobióticos pode ser avaliado de modo preventivo ; portanto, é uma maneira de incorporar e tratar as exigências da sociedade civil e da ciência dentro da tipologia dos sistemas de cultivo, na prática mesma das agriculturas regionais.

Esta experiência revela também a importância dos Trópicos Úmidos como "simulador excepcional" para o estudo científico da dinâmica do carbono: num clima com alta pluviometria em 7,5 a 8 meses, e com temperatura média muito elevada, as velocidades de reação dos processos fundamentais que comandam a dinâmica do

carbono, mas também a lixiviação dos nitratos e das bases, estão muito maiores do que em qualquer outro lugar, e permitem apreender a dinâmica, até a curíssimo prazo, destes processos fundamentais de funcionamento. É um modo acadêmico e rigoroso de elucidar estes fenômenos, encurtando o espaço-tempo, portanto um auxílio precioso de modelagem para a Pesquisa que permitira antever essas dinâmicas para as demais grandes eco-regiões do planeta onde a velocidade das reações é muito mais lenta.

As unidades operacionais de criação-difusão desses cenários da agricultura sustentável de amanhã estão organizados numa rede tropical e subtropical no CIRAD-CA. Este conjunto muito diversificado nos planos dos ambientes físicos e socioeconômicos reúne uma malhagem de unidades operacionais de campo, monitoradas pela pesquisa com o apoio das agriculturas locais, que são laboratórios de vigília para a análise antecipada dos impactos dos sistemas em PD no ambiente e nos homens que o cultivam, e para a modelagem científica dos funcionamentos destes sistemas que estão em ligação direta com as realidades agrícolas regionais. Estas unidades, que prefiguram os cenários da agricultura "limpa" de amanhã, estão muito adiantadas em relação aos cenários atuais de desenvolvimento e portanto, constituem ferramentas preciosas de monitoramento da agricultura do futuro para conciliar as exigências da sociedade civil (*luta contra o efeito estufa, produtos alimentícios saudáveis*) e as dos agricultores (*agricultura sustentável e lucrativa, ao menor custo, num ambiente protegido e limpo*). A "Rede Plantio Direto sobre cobertura vegetal do CIRAD-CA" que se estende a passos largos graças ao apoio da cooperação francesa (FD, MAE, FFEM), abrange a América latina com o Brasil e o México, o Oceano Índico em Madagascar (*Trabalhos de H. Charpentier, R. Michellon do CIRAD, ONGs TAFA e ANAE, FOFIFA e ONGs associadas*) e na Ilha da Reunião (*Trabalhos de R. Michellon, A. Chabanne, J. Boyer, F. Normand, APR, DDA*), a Ásia com o Laos (*Trabalhos de P. Julien, F. Tivet e pesquisa laociana*) e o Vietnã (*Trabalhos de O. Husson, P. Lienard, S. Boulakia e pesquisa Vietnamita*), e vai se abratar para a África no início dos anos 2000 (*Tunísia já em andamento, Camarões, Mali, e Etiópia por vir*)

Esta rede pluri-ecologias de unidades experimentais "sistemas de cultivo em Plantio Direto" do CIRAD-CA é também um suporte de treinamento e formação para todos os atores do desenvolvimento e pode se tornar uma referência mundial (*diversidade das ecologias, dos sistemas de cultivo, do nível de domínio*) onde a pesquisa antecipa, cria os sistemas de amanhã, modela seu funcionamento, avalia e explica para a sociedade civil seus impactos nos ambientes físicos e humanos, antes de eles serem adotados em grande escala. Este enfoque reencontra o princípio de precaução e a necessidade que é sempre preferível de prevenir do que remediar (*papel de laboratório de vigilia, de aviso*).

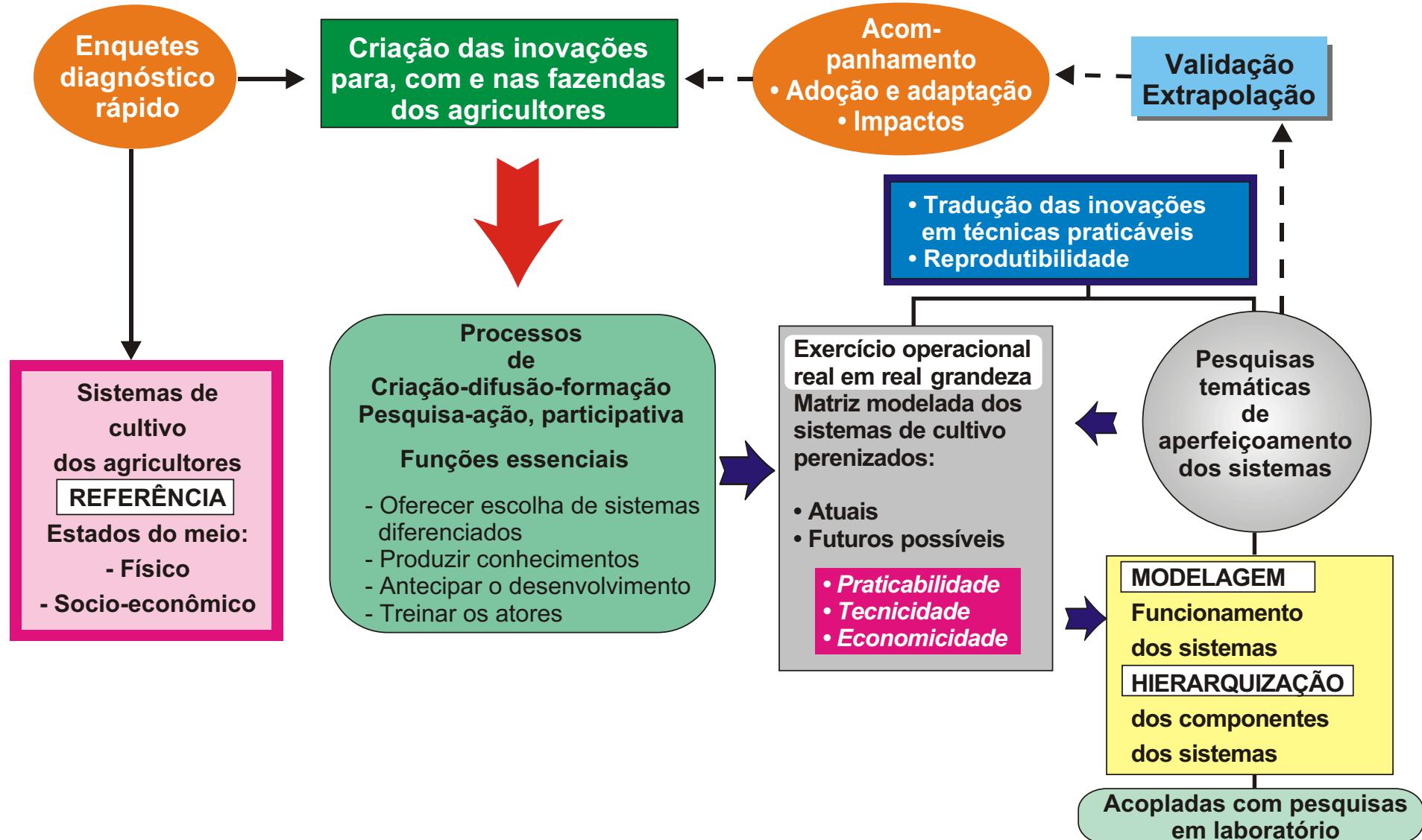
## V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**AMADO, T.J.; PONTELLI, C.B.; JÚNIOR, G.G.; BRUM, A.C.R.; ELTZ, F.L.F. & PEDRUZZI, C.** Sequestro de carbono em sistemas conservacionistas na Depressão Central de Rio Grande do Sul. In: V Reunión bienal de la red latinoamericana de agricultura conservacionista. p.42-43, Florianópolis, 57p, **1999..**

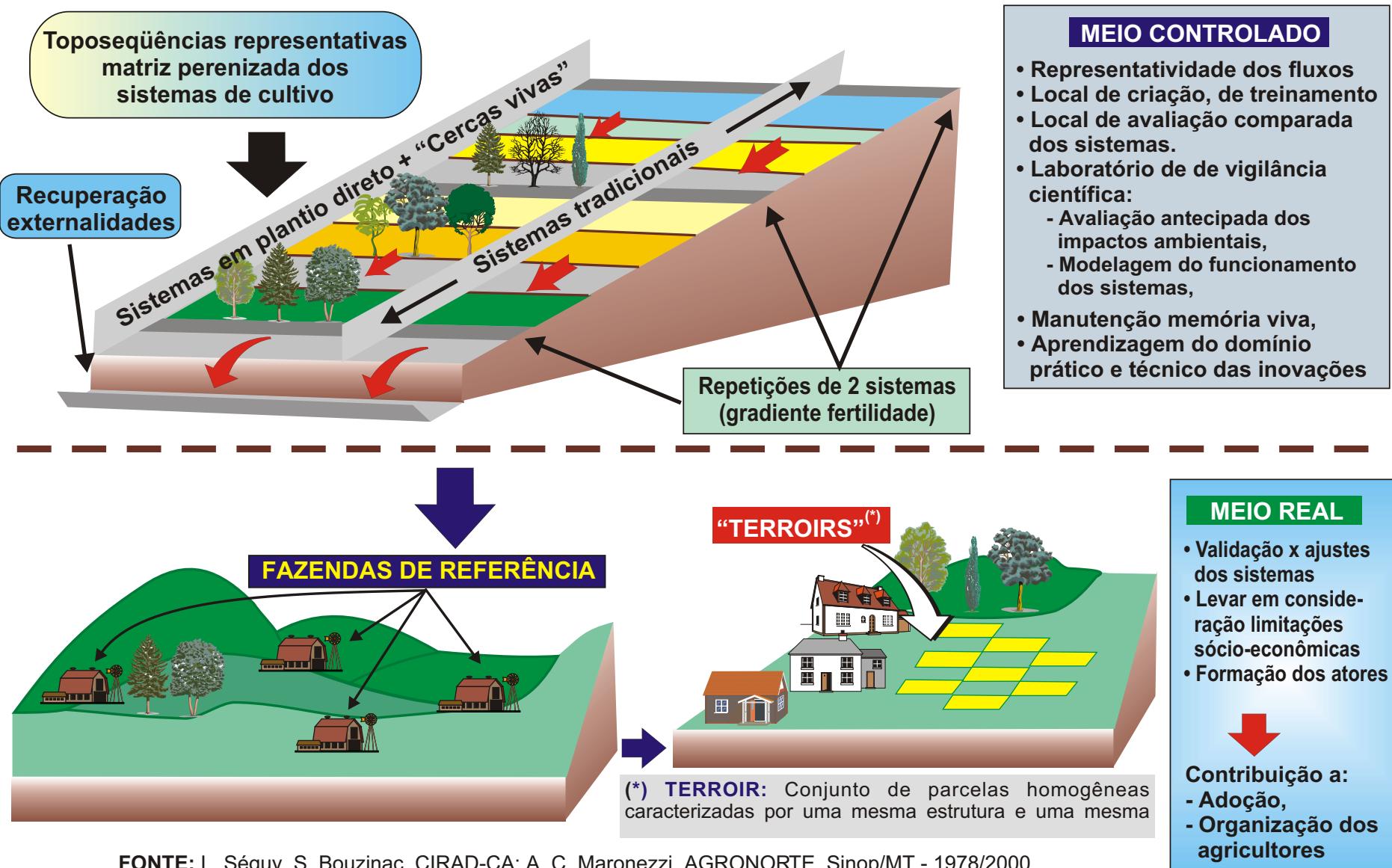
**BATJES, N.H.** Total carbon and nitrogen in the soils of the world. Eur. J. Soil Sci. 47:151-163, **1996.**

## FIG. 1 PESQUISA-AÇÃO, PARA, COM E NAS FAZENDAS DOS AGRICULTORES

FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA -GEC, 1997



**FIG. 2 ENFOQUE DA PESQUISA-AÇÃO, PARA, COM E NAS PROPRIEDADES DOS AGRICULTORES  
- NÍVEIS DE ESCALAS E FUNÇÕES -**



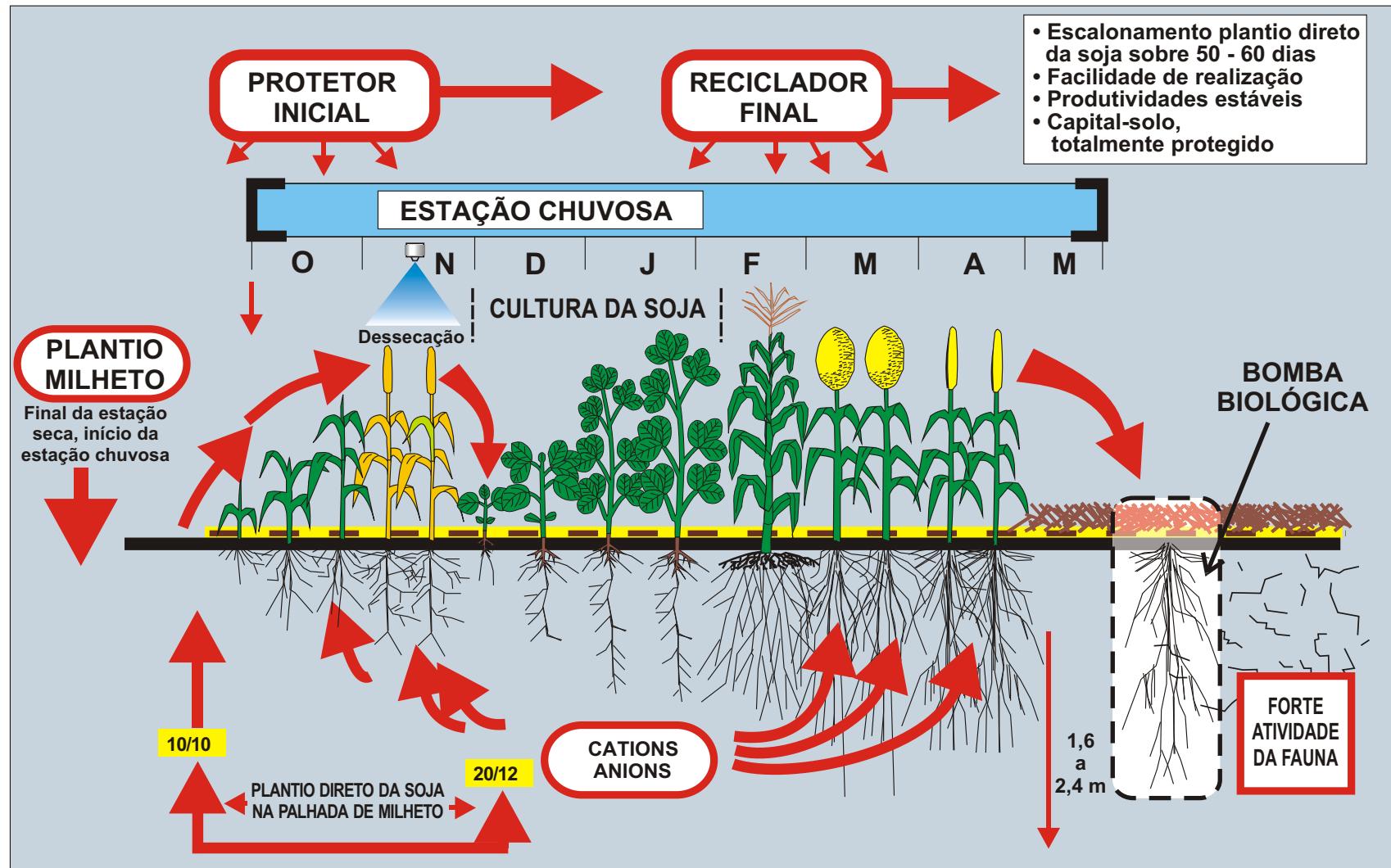
### FIG. 3 METODOLOGIA DO ESTUDO DO FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS DE CULTIVO

**MODELAGEM DOS SISTEMAS DE CULTIVO → MATRIZ PERENIZADA DOS SISTEMAS EM AMBIENTES ECOLÓGICOS DIVERSIFICADOS, CONTROLADOS E REAIS - (Unidades de paisagem representativas)**



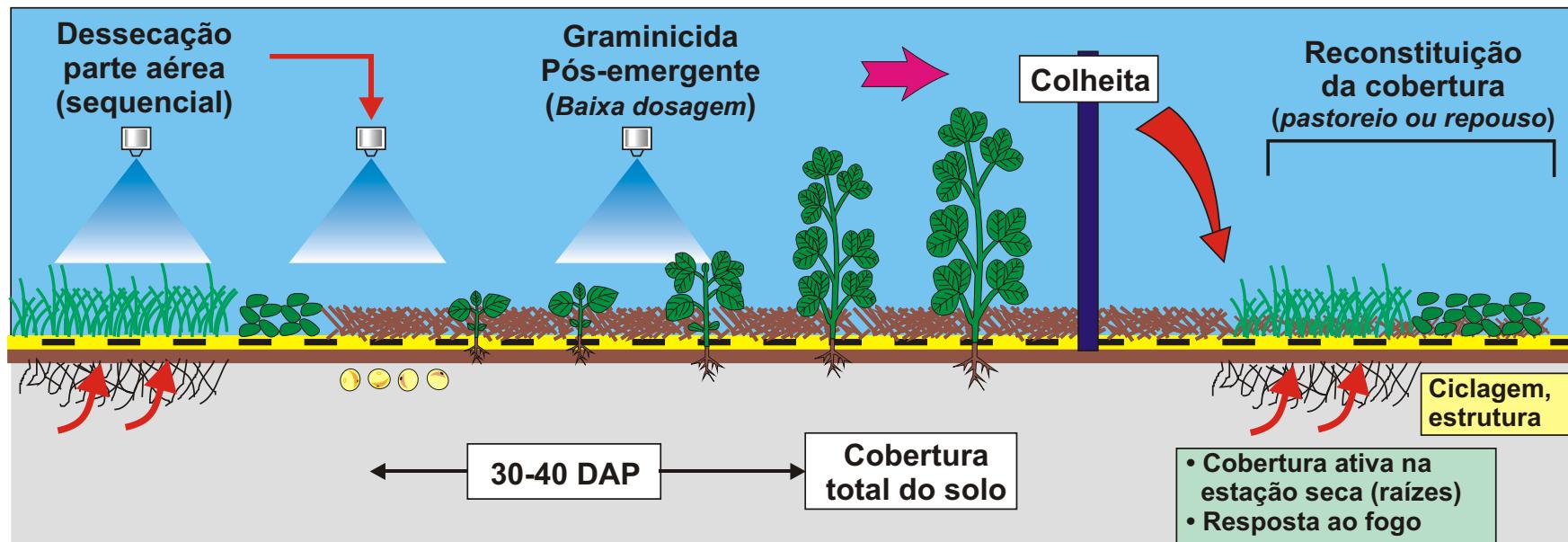
FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac CIRAD CA - GEC; Goiânia, GO - 1998

**FIG. 4 "SISTEMA MANTENEDOR DA FERILIDADE" NA CULTURA DA SOJA**  
**O INÍCIO DO PLANTIO DIRETO - 1987**



## FIG. 5 OS SISTEMAS DE CULTIVO EM PLANTIO DIRETO SOBRE COBERTURAS VIVAS<sup>(1)</sup> - PRINCÍPIOS BÁSICOS

### 1. COBERTURA COM ESTOLÕES E/OU RIZOMAS



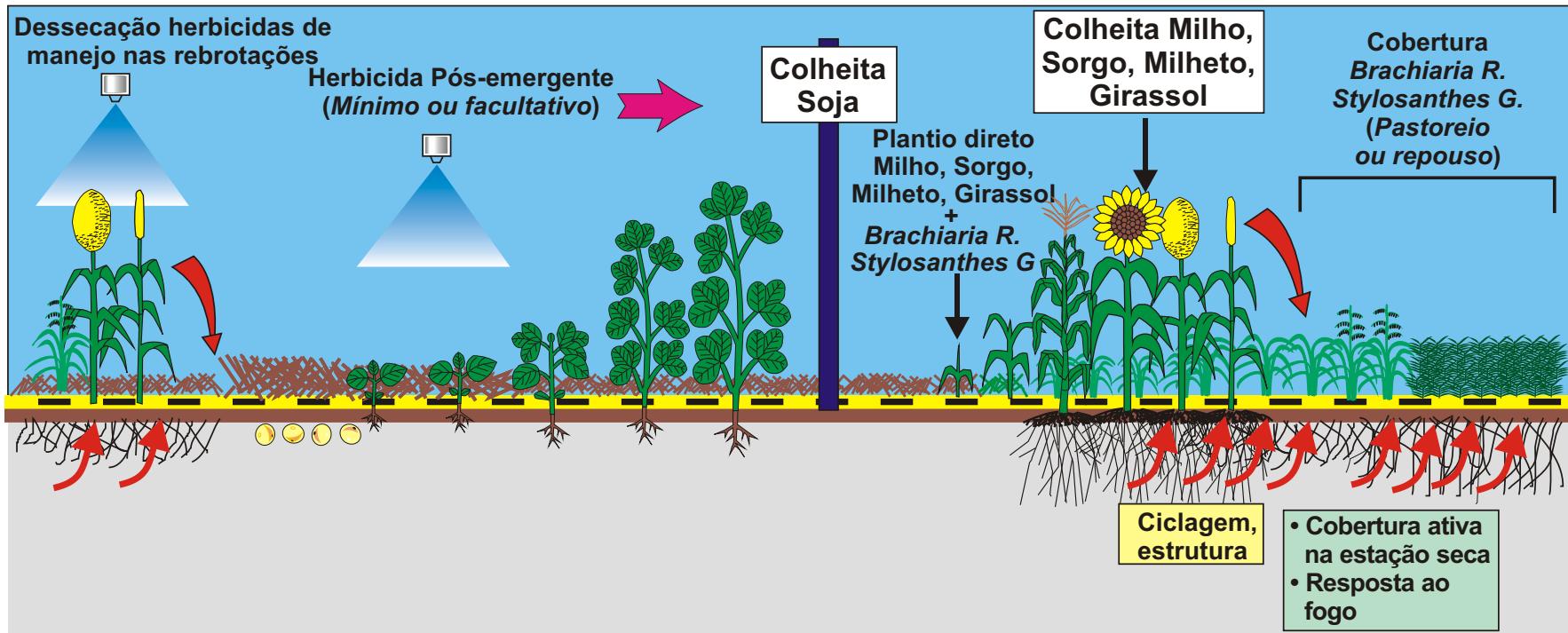
(1)

- **Gêneros** *Cynodon (Tifton), Arachis, Pennisetum C., Paspalum, Stenotaphrum, Axonopus*
- **Sistemas:** Sucessões anuais  
Soja, Arroz, Algodão, Milho + Pastagem

FONTE: L. Séguay, S. Bouzinac - CIRAD CA - GEC, 1993/98

## FIG. 6 OS SISTEMAS DE CULTIVO EM PLANTIO DIRETO NAS COBERTURAS VIVAS - PRINCÍPIOS BÁSICOS

### 2. COBERTURAS CONSORCIANDO BOMBAS BIOLÓGICAS<sup>(1)</sup> + BRACHIARIA R.

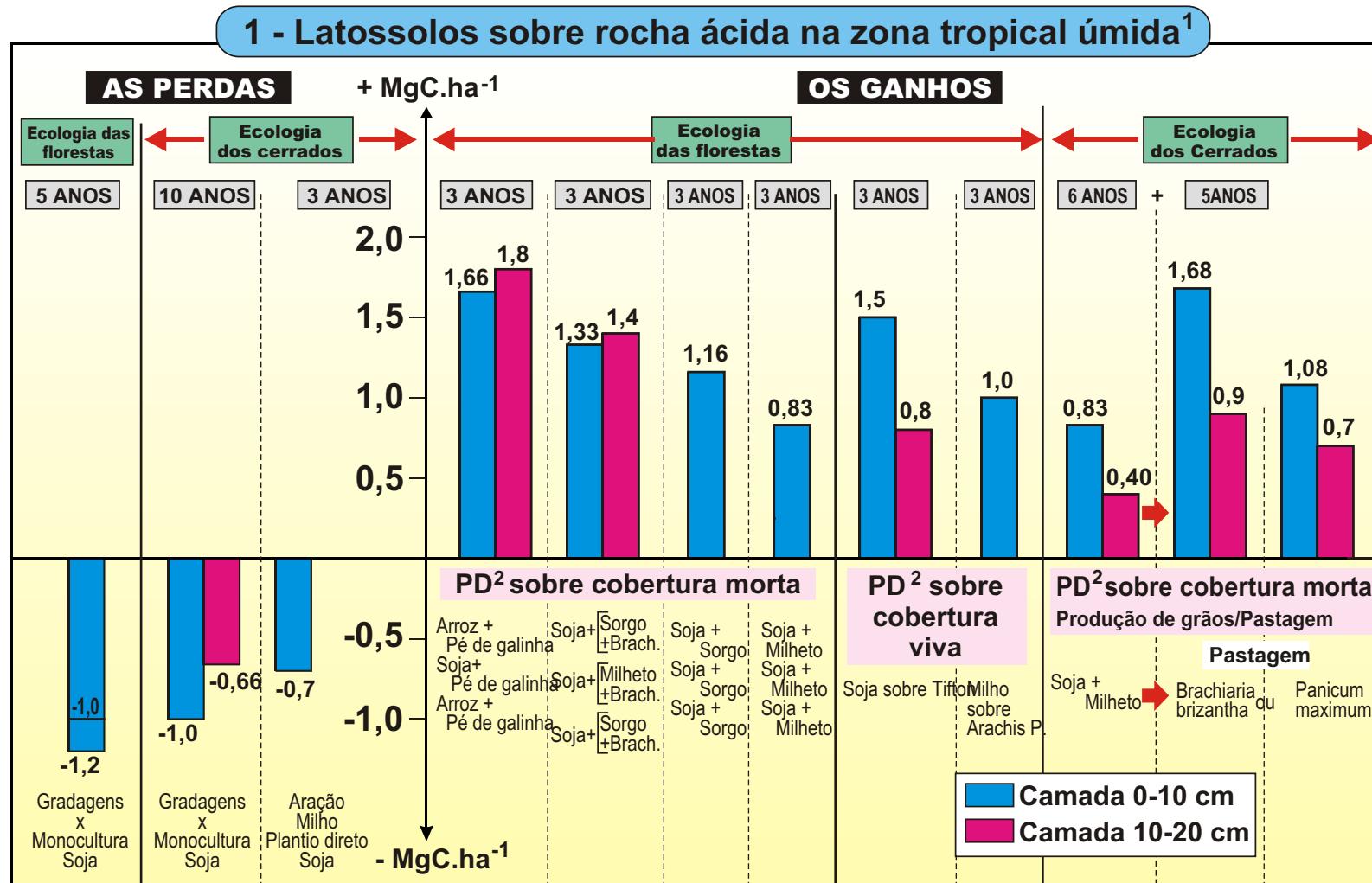


(1)

- Bombas biológicas:  
Sorgos, Milhetos, + *Brachiaria R.*
- Sistemas possíveis com Soja,  
Arroz de alta tecnologia, Algodão -

FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac - CIRAD CA - GEC, 1993/98

**FIG. 7 RESUMO DAS TENDÊNCIAS DE EVOLUÇÃO DOS TEORES MÉDIOS ANUAIS DE CARBONO DO SOLO (em MgC.ha<sup>-1</sup>), EM FUNÇÃO DA NATUREZA DOS SISTEMAS DE CULTIVO PRATICADOS -**

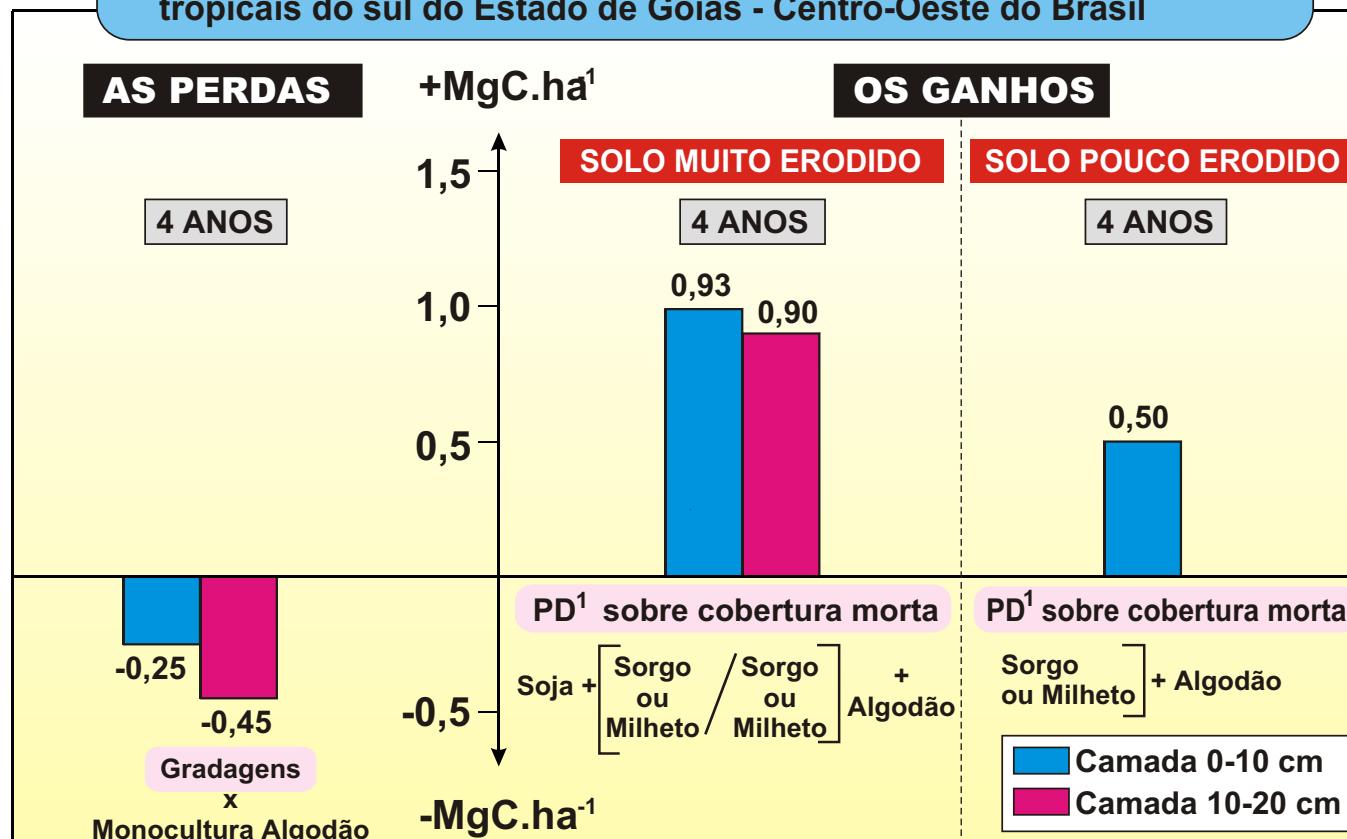


1- Brasil e Gabão; 2 - PD = Plantio direto

FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA/GEC; M. Matsubara, Faz. Progresso; A. C. Maronezzi, Agronorte; S. Boulakia et al., CIRAD - 1994/99 - Sinop/MT

**FIG. 8 RESUMO DAS TENDÊNCIAS DE EVOLUÇÃO DOS TEORES MÉDIOS ANUAIS DE CARBONO DO SOLO (em MgC.ha<sup>-1</sup>), EM FUNÇÃO DA NATUREZA DOS SISTEMAS DE CULTIVO PRATICADOS -**

2. Latossolos vermelho-escuros sobre basalto da ecologia das florestas tropicais do sul do Estado de Goiás - Centro-Oeste do Brasil

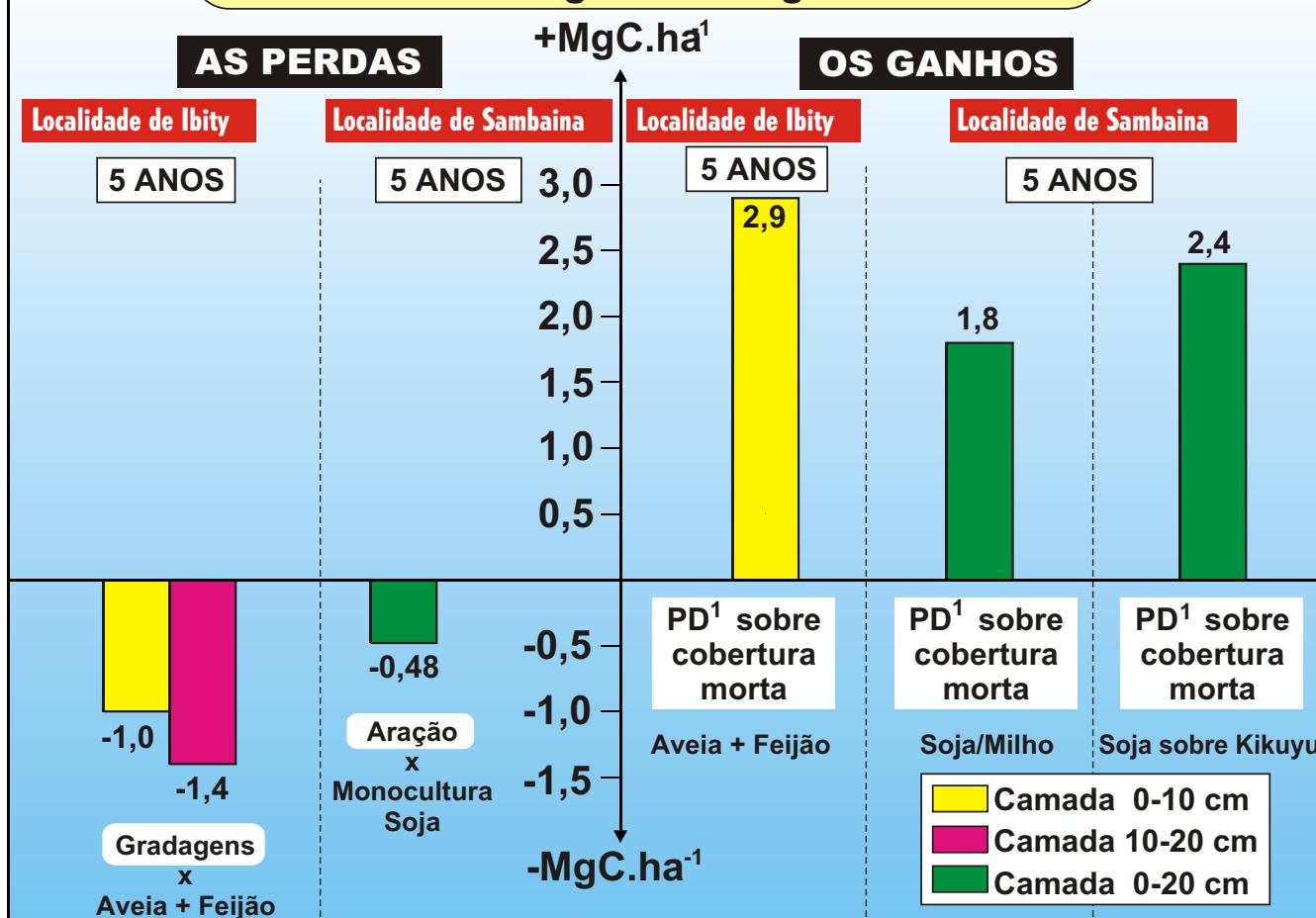


1- PD = Plantio direto

FONTE: E. Maeda, M. Esaki, Grupo Maeda; L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA/GEC; Porteirão/GO, 1995/1999

**FIG. 9 RESUMO DAS TENDÊNCIAS DE EVOLUÇÃO DOS TEORES MÉDIOS ANUAIS DE CARBONO DO SOLO (em  $MgC.ha^{-1}$ ), EM FUNÇÃO DA NATUREZA DOS SISTEMAS DE CULTIVO PRATICADOS -**

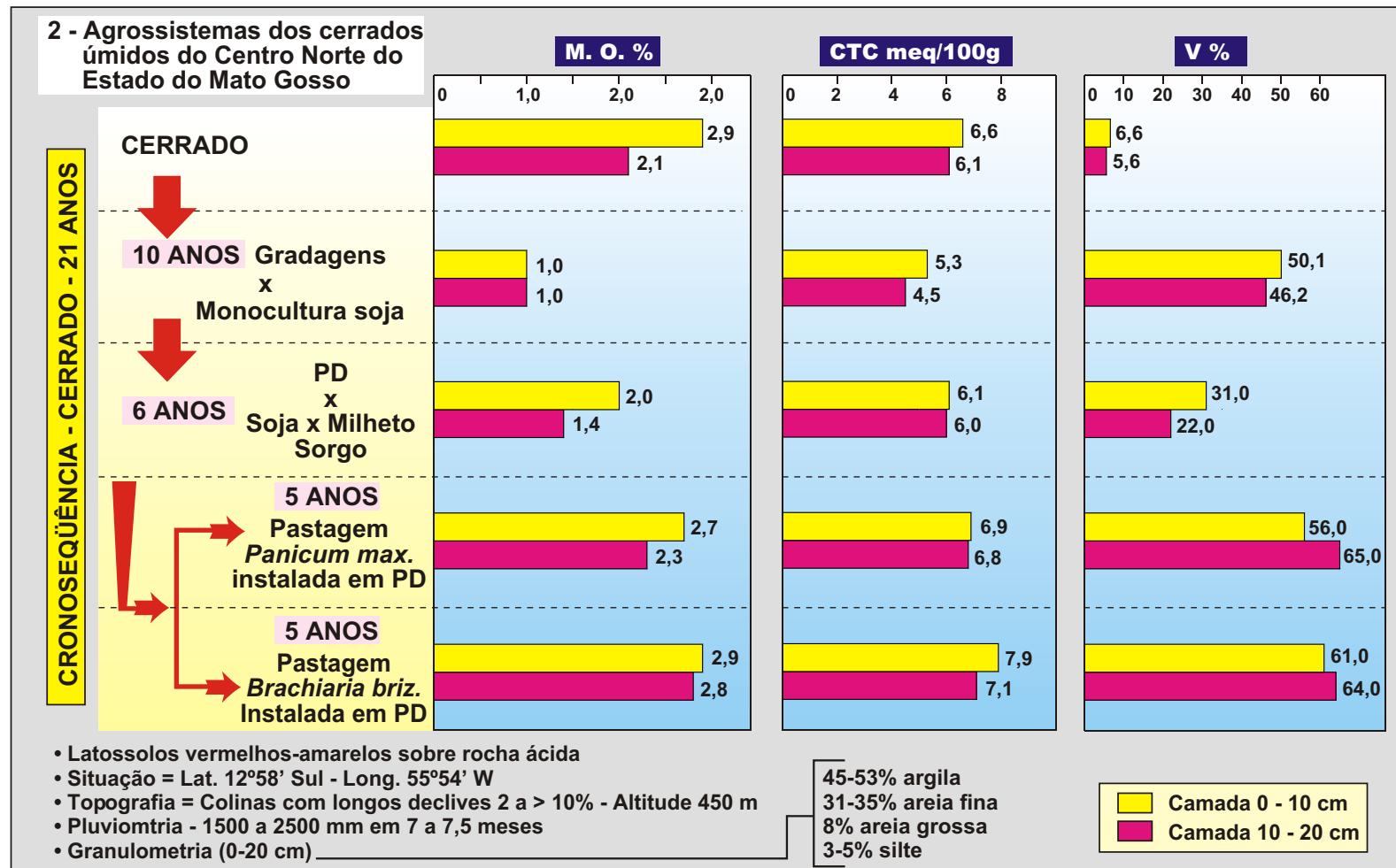
**3. Latossolos sobre rocha ácida das altas terras de Madagascar - Região ciclônica**



1. PD = Plantio direto

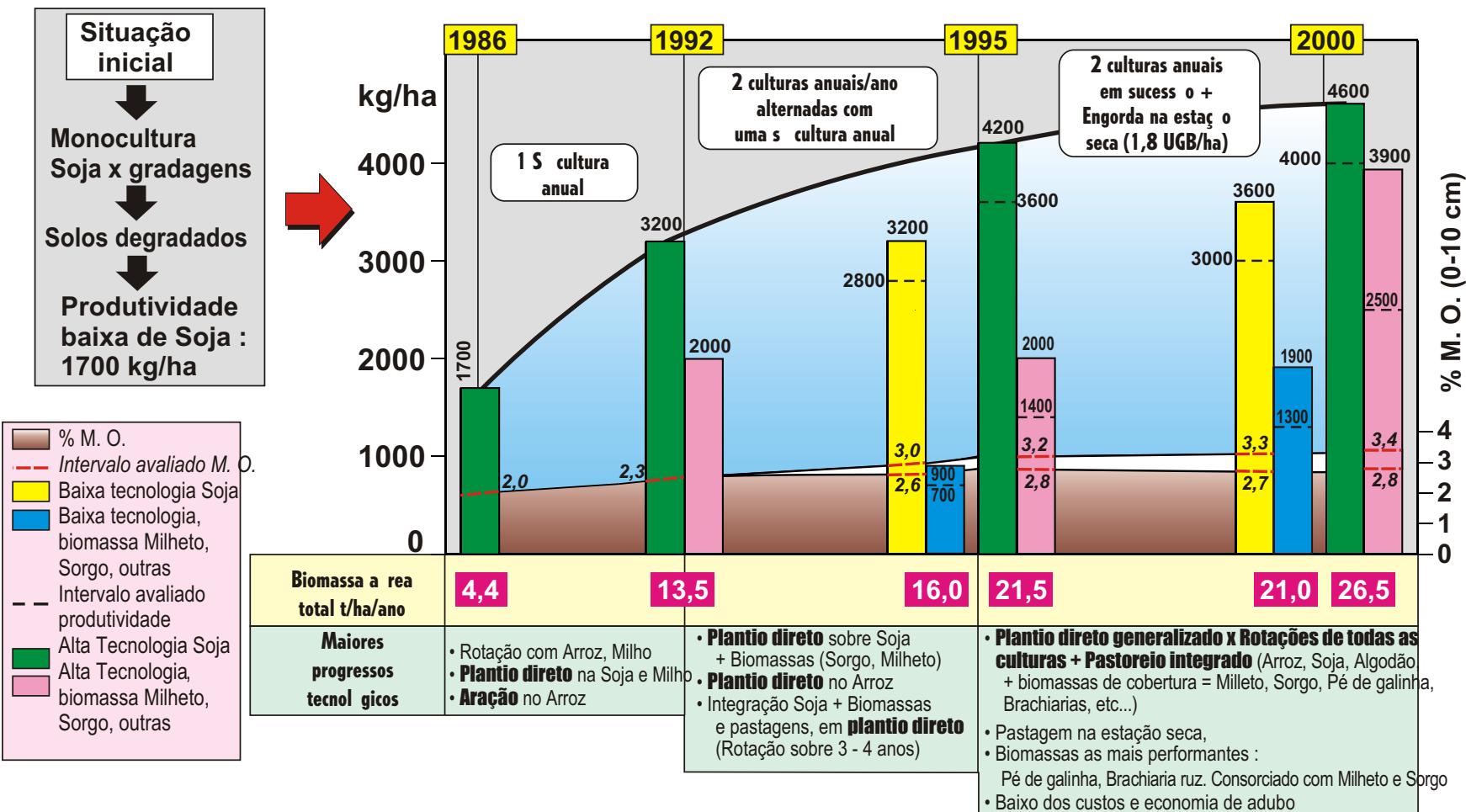
FONTE: ONG TAFA; R. Michellon, P. Julien, CIRAD-CA/GEC - Antsirabé, 1999 - MADAGASCAR

**FIG. 10 TENDÊNCIAS DE EVOLUÇÃO DOS TEORES DE MATRÍA ORGÂNICA (M. O. em %), DA CAPACIDADE DE TROCA CATIÔNICA (CTC em meq/100g) E DA TAXA DE SATURAÇÃO DE BASES (V em %), EM FUNÇÃO DA NATUREZA DOS SISTEMAS DE CULTIVO PRATICADOS EM VÁRIOS AGROSSISTEMAS CONTRASTADOS, TROPICais E SUBTROPICais -**



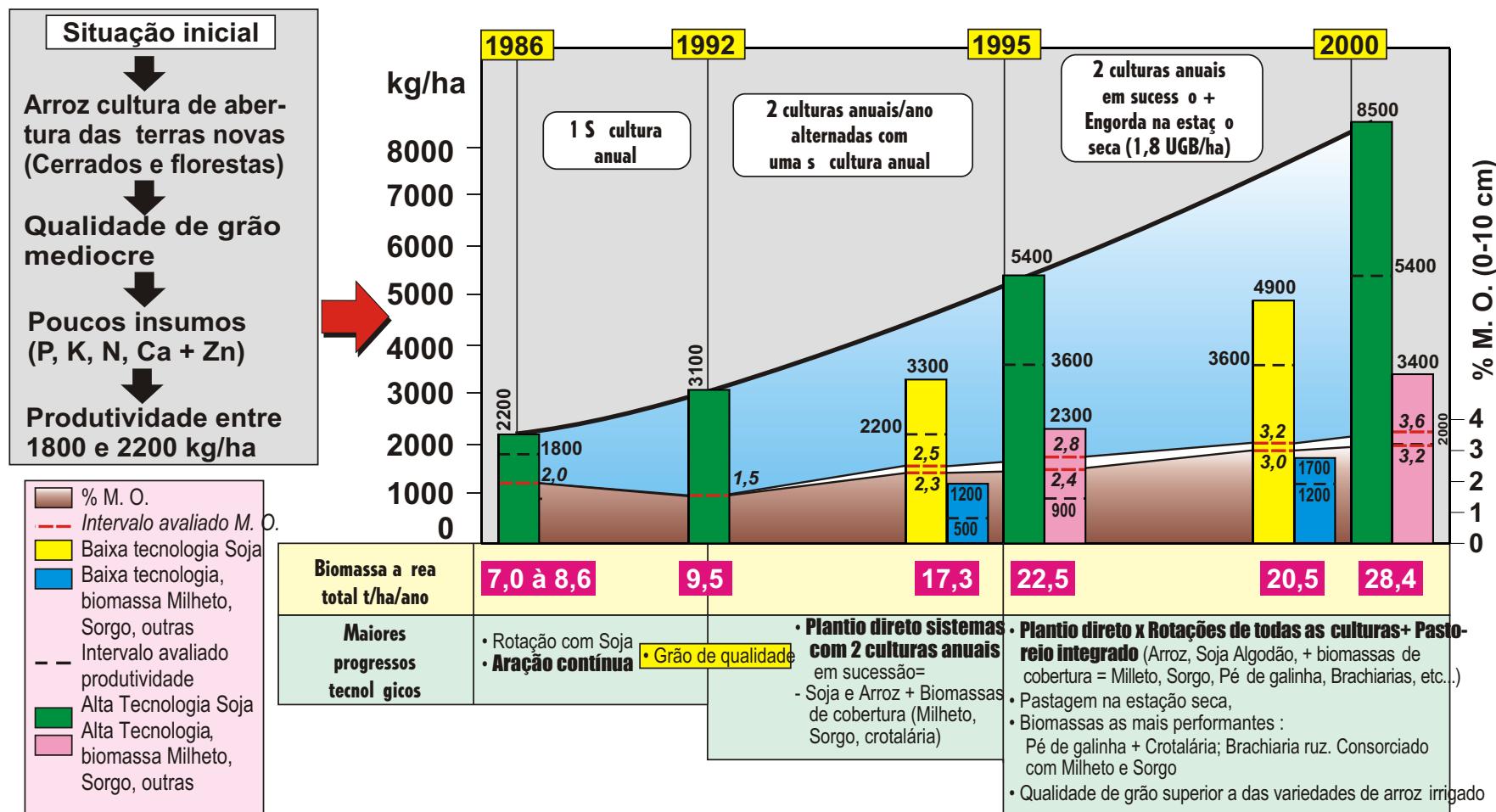
FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA/SCV; Munefumi Matsubara, Fazenda Progresso - Lucas do Rio e Verde/MT - 1978/1998

FIG. 11 TENDÊNCIAS DE EVOLUÇÃO DAS PERFORMANCE DAS CULTURA DA SOJA NOS SISTEMAS DE CULTURAS DURÁVEIS CRIADOS PELA PESQUISA E CONSEQUÊNCIAS SOBRE A PRODUÇÃO DE BIOMASSA AÉREA E A TAXA DE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO -  
Latossolos oxidados e hidratados sobre rocha ácida das frentes pioneiras do Centro Norte do Mato Grosso -  
- Ecologia de florestas e cerrados úmidos -



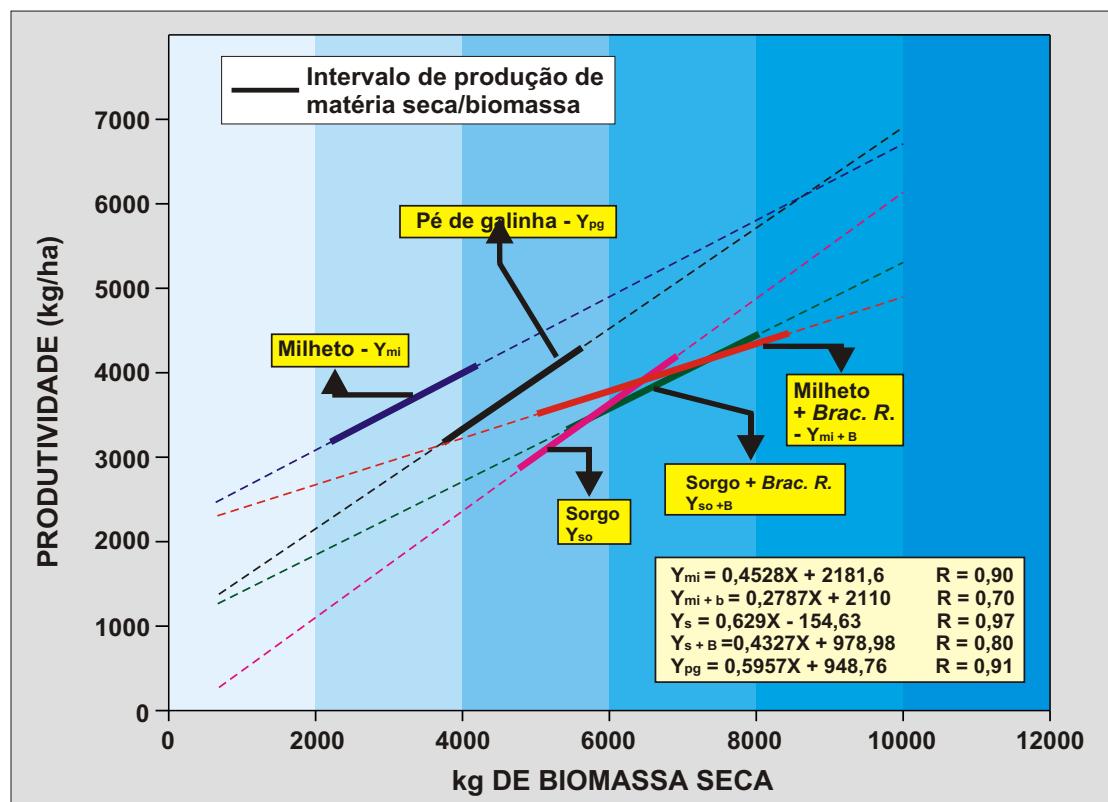
FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA; M. Matsubara, Faz. Progresso; A. Trentini, Cooperlucas; A. C. Maronezzi, Agronorte - MT, 1986/2000

FIG. 12 TENDÊNCIAS DE EVOLUÇÃO DAS PERFORMANCE DA CULTURA DO ARROZ DE SEQUEIRO NOS SISTEMAS DE CULTURAS DURÁVEIS CRIADOS PELA PESQUISA E CONSEQUÊNCIAS SOBRE A PRODUÇÃO DE BIOMASSA AÉREA E A TAXA DE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO - Latossolos oxidados e hidratados sobre rocha ácida das frentes pioneiras do Centro Norte do Mato Grosso - Ecologia de florestas e cerrados úmidos -



FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA; M. Matsubara, Faz. Progresso; A. Trentini, Cooperlucas; A. C. Maronezzi, Agronorte - MT, 1986/2000

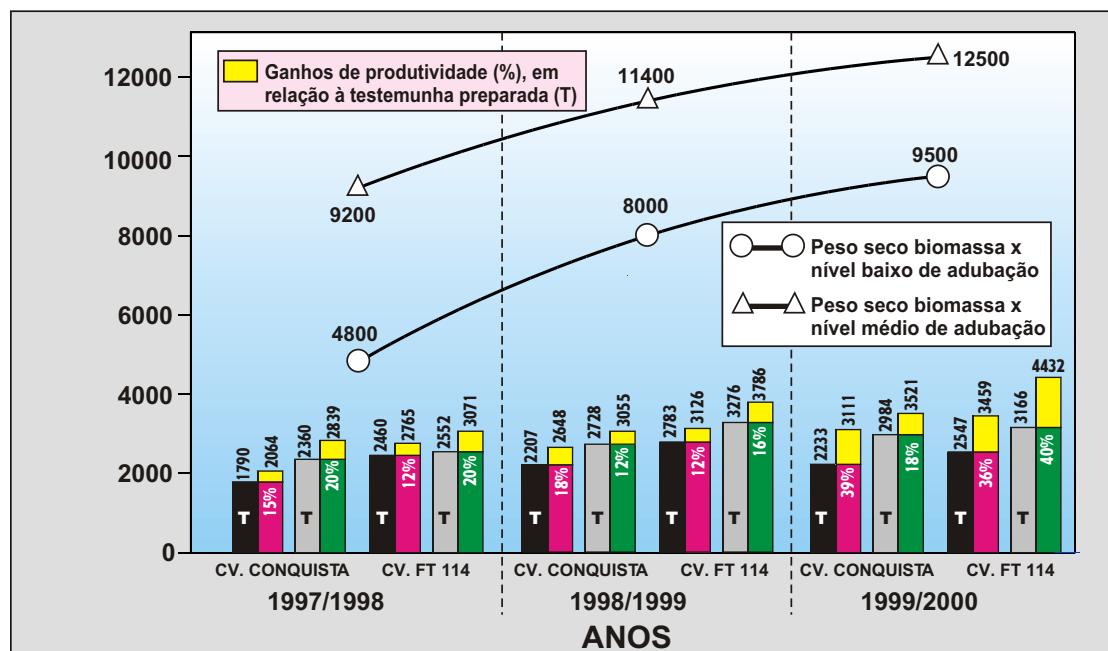
**FIG. 13 REGRESSÕES<sup>1</sup> ENTRE A QUANTIDADE E NATUREZA DA BIOMASSA SECA E A PRODUTIVIDADE DA SOJA DE CICLO MÉDIO (FT 114) SOBRE 3 ANOS DE PLANTIO DIRETO - (1997/2000) - AGRONORTE - SINOP/MT, 2000**



(1) 6 Repetições/nível de adubação/cada ano

FONTE: Séguy L., Bouzinac S., CIRAD-CA; Maronezzi A., Lucas G. L., Bianchi M., AGRONORTE - Sinop/2000

**EVOLUÇÃO SOBRE 3 ANOS, DA PRODUTIVIDADE DA SOJA EM PLANTIO DIRETO (PD), (Variedades Conquista e FT 114) E DAS MELHORES BIOMASSAS DE COBERTURA (média do peso seco ao plantio de Pé de Galinha; Sorgo, Milheto + Brachiaria ruz.) - Ecologia das florestas do Centro Norte do Mato Grosso - Sinop/MT - 1997/2000**



FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, Agronorte - Sinop/MT, 1997/2000

**FIG. 14 PERFORMANCES MÉDIAS REGIONAIS DE 1997 A 2000, DAS MELHORES VARIEDADES AGRONORTE DE ARROZ DE SEQUEIRO DE QUALIDADE SUPERIOR DE GRÃO , NO ESTADO DO MATO GROSSO, EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO -**

AGRONORTE - SINOP/MT - 2000										
	Variedades de ciclo curto a intermediário 95 a 110 dias					Variedades de ciclo médio 115 a 130 dias				
	8FA 281-2	YM 94	Cedro	8FA 337-1	Sucupira	YM 200	YM 198	YM 114	YM 65	Best 2000
• Alta tecnologia	6066	5403	4925	4851	4486	6044	5862	5751	5412	5328
• Baixa tecnologia	4921	4872	3940	4011	3545	5150	5059	5031	4817	5127
Intervalo	115	110	107	114	81	107	109	102	94	90
% das testemunha <sup>1</sup>	a 179	a 167	a 148	a 131	a 142	a 145	a 139	a 124	a 126	a 121
Nº de experimentos	11	11	10	11	10	11	10	7	11	7
Produtividade máxima <sup>2</sup> e Campo experimental	6698 S.	5620 C. V.	5525 S.	5513 S.	4822 C. N. P.	6375 C. P.	6299 C. N. P.	7023 S.	5768 C. N. P.	6273 S.
Campos experimentais	S. = Sinop; C. V. = Campo Verde; C. N. P. = Campo Novo dos Parecis									

1997/98 ➔ CIRAD 141

1. Testemunhas: 1998/99 ➔ Ciclos curtos e intermediários = Best 3;

➔ Ciclos médios = CIRAD 141

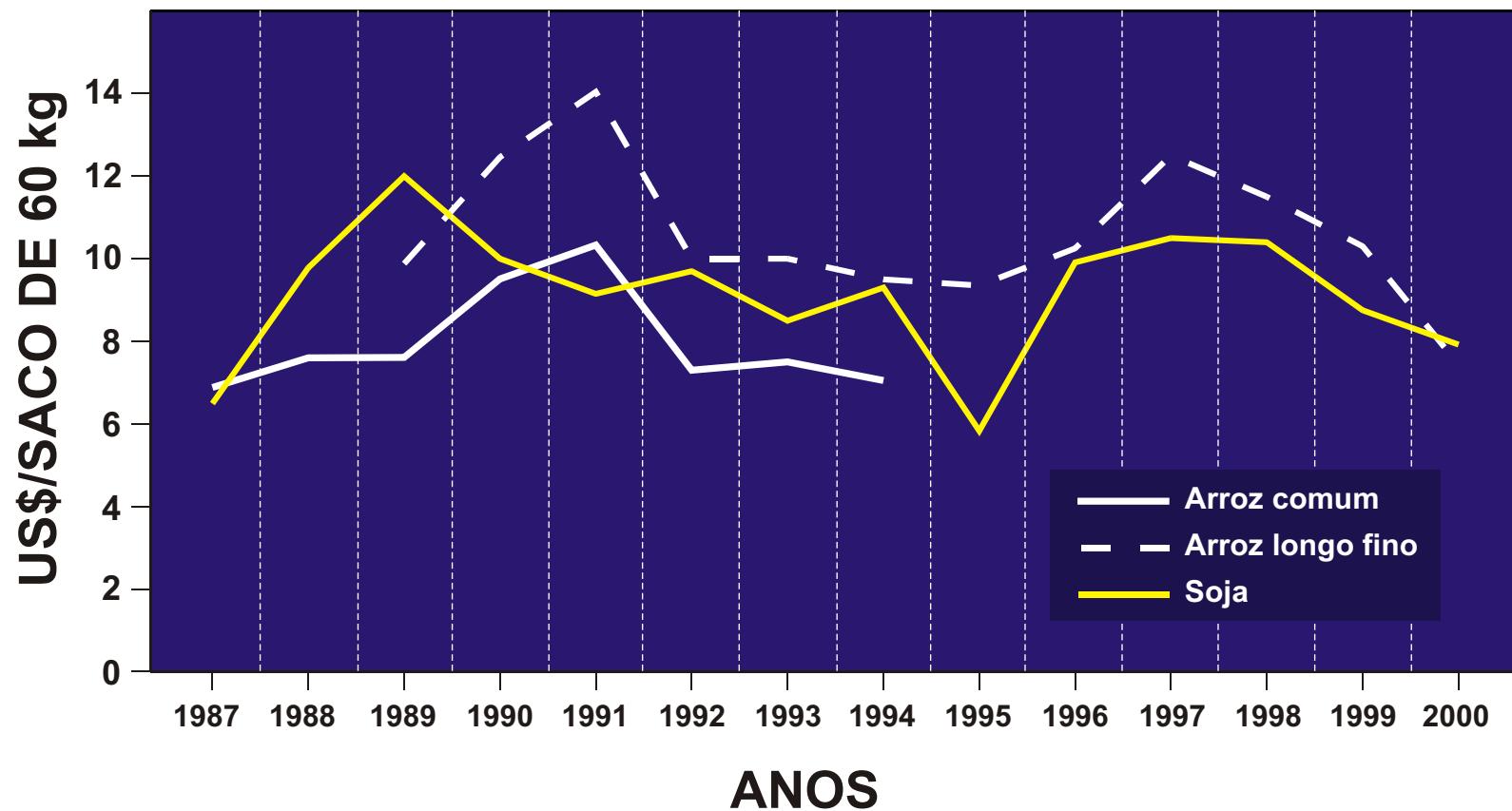
1999/2000 ➔ Ciclos curtos e intermediários = Primavera;

➔ Ciclos médios = Maravilha

2. Produtividade máxima registrada em área comercial ➔ Best 2000 em 1998/99= 8500 kg/ha, em Campo Novo dos Parecis

FONTE: Séguy L., Bouzinac S., CIRAD-CA; Maronezzi A., Lucas G. L., Bianchi M., Rodrigues F. G., AGRONORTE - Sinop/2000

**FIG. 15 EVOLUÇÃO DOS PREÇOS PAGOS AOS PRODUTORES<sup>1</sup> PARA AS PRODUÇÕES PRINCIPAIS DE ARROZ E SOJA SOBRE AS FRONTEIRAS AGRÍCOLAS DO CENTRO NORTE DO ESTADO DO MATO GROSSO - Sinop/MT - 1987/2000**



1 - Período Fevereiro - Março, a cada ano

FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA/SCV - A. C. Maronezzi, Agronorte; Cooperlucas; Cooasol; Comicel; Prefeitura de Sinop - Sinop/MT - 1987/2000

**FIG. 16 INTEGRAÇÃO DE TODAS AS CULTURAS EM SISTEMAS DE PLANTIO DIRETO DIVERSIFICADOS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS OU INTEGRADOS COM A PECUÁRIA.**

+

- CRIAÇÃO DE MATERIAL GENÉTICO COM ALTO VALOR AGREGADO NOS SISTEMAS DE CULTIVO EM PLANTIO DIRETO  
Écologia das florestas e cerrados do Mato Grosso - MT/2000

(\*) Sistemas ainda não difundidos (Reprodutíveis, apropriáveis)

Performances das culturas nos sistemas de cultivo em plantio direto	Custo (C) US\$/ha	Benefício(B) US\$/ha	C/B
<b>SOJA + SAFRINHA<sup>1</sup> + ENGORDA NA SECA</b> • 4000 a 4600 kg/ha soja + • 1500 a 3500 kg/ha safrinha (Sorgo, Milheto, P de galinha) + • 1 a 1,5 UGB/ha, 90 dias de estação seca	450 a 520	150 a 350	1,3 a 3,4
<b>SOJA SOBRE COBERTURA VIVA DE TIFTON</b> • 3200 a 4600 kg de Soja + 1 a 1,5 UGB/ha, 90 dias de estação seca	300 a 380	200 a 400	0,75 a 1,9
<b>ARROZ DE SEQUEIRO DE ALTA TECNOLOGIA</b> - 4200 a > 7000 kg/ha	420 a 630	100 a 500	0,84 a 6,3
<b>ARROZ DE SEQUEIRO DE ALTA TECNOLOGIA</b> como reforma de pasto - 3000 a 4000 kg/ha	450 a 550	100 a 150	3,0 a 5,5
<b>ALGODÃO COMO CULTURA PRINCIPAL</b> - 3000 a > 5000 kg/ha	900 a 1300	100 a 400	2,25 a 13
<b>• ALGODÃO COMO SAFRINHA<sup>1</sup></b> Sobre forte biomassa ou em sucessão de Soja ou Arroz, de ciclo curto - 2400 >3000 kg/ha	500 a 650	200 a 600	0,8 a 3,2

1 - Safrinha = Cultura de sucessão, com insumos mínimos ou sem insumos -

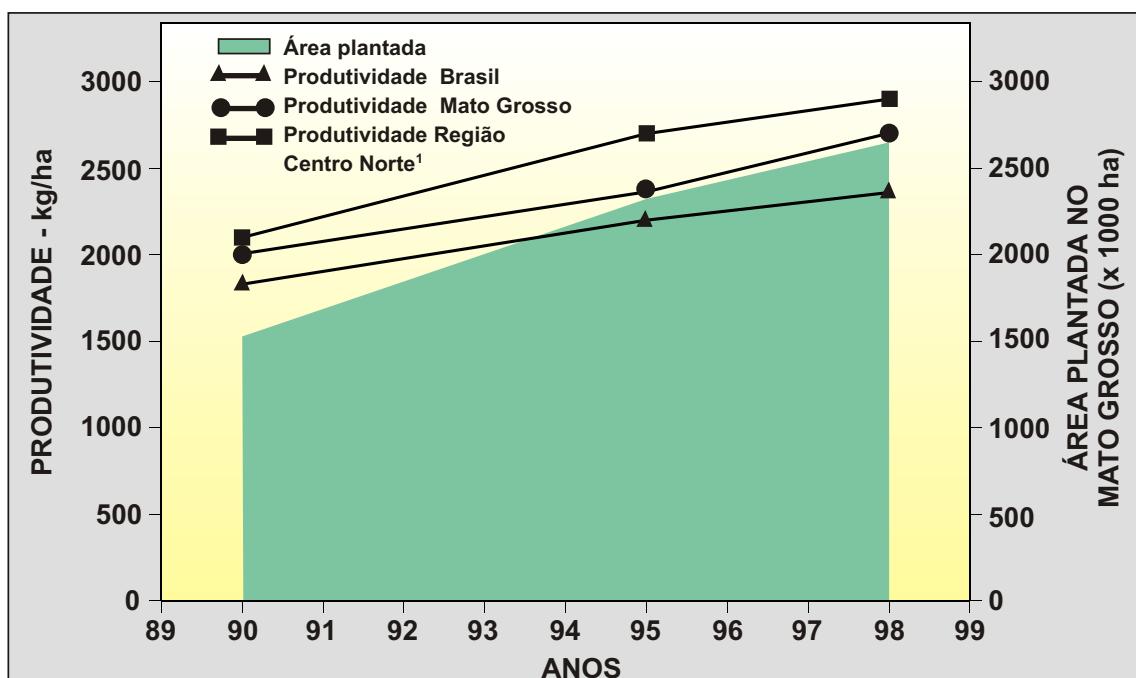
FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac - CIRAD-CA/ GEC; N. Maeda, M. A. Ide, A. Trentini, Grupo Maeda;  
A. C. Maronezzi, AGRONORTE, Sinop/MT, 2000

**FIG. 17 Rendimentos dos equipamentos e índices técnico-econômicos comparados entre sistema convencional e plantio direto sobre 38 000 ha no estado do Mato Grosso [Rondonópolis, 1995 (1)]**

Critérios de avaliação	Preparo mecanizado convencional	Plantio direto	Diferença %
Área (ha) trabalhada por trator de 90 HP	163,6	276,9	+ 70%
Índice HP/ha	0,556	0,325	+ 70%
Área (ha) plantada por plantadeira de 9 linhas	426,6	612,0	+ 43,4%
Índice linha/ha	47,7	68,0	+ 43,4%
Investimentos em tratores (US\$/ha)	271,0	158,6	- 41,4%
Investimentos em plantadeira (US\$/ha)	32,8	29,4	- 10,3%

(1) Fonte: Prof. Luiz Vicente Gentil, Monsanto, Semeato, Fundação MT - Rondonópolis - MT - 1995

**FIG. 18 EVOLUÇÃO DA ÁREA PLANTADA DE SOJA NO ESTADO DO MATO GROSSO E DE SUA PRODUTIVIDADE MÉDIA NO ESTADO, NA REGIÃO CENTRO NORTE E NO BRASIL - 1998**

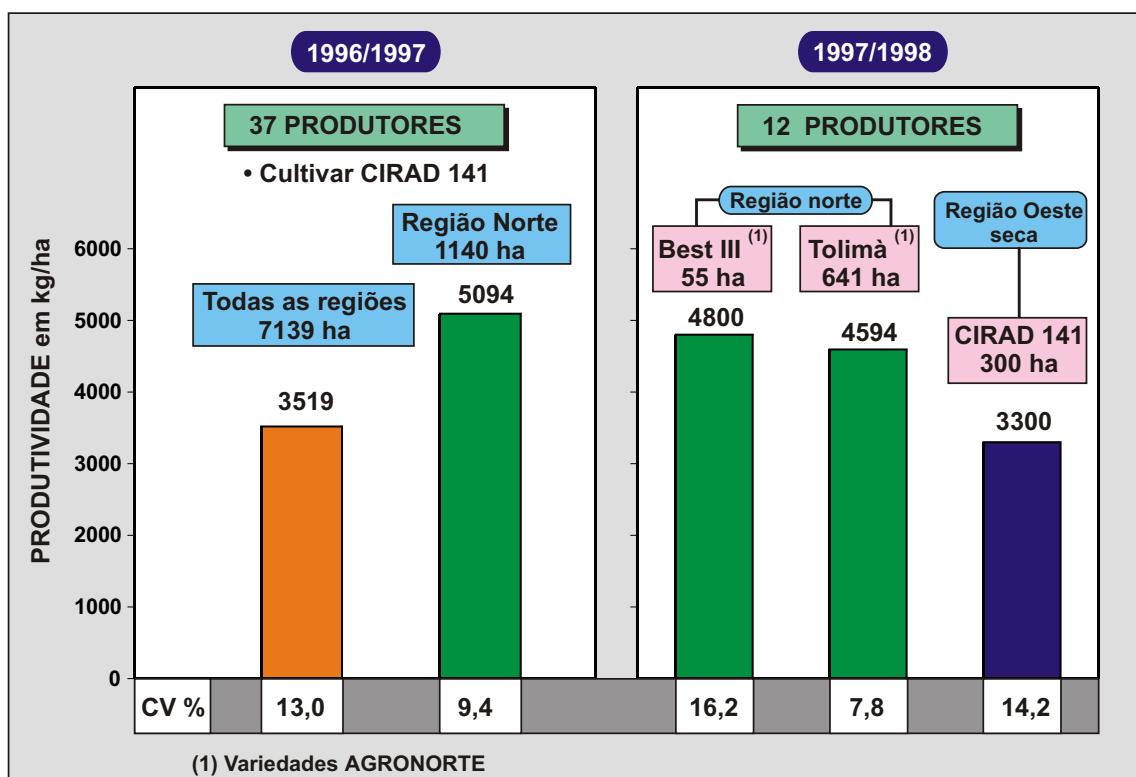


FONTE

IBGE/LSPA = Dados sobre o Brasil e o Estado do Mato Grosso

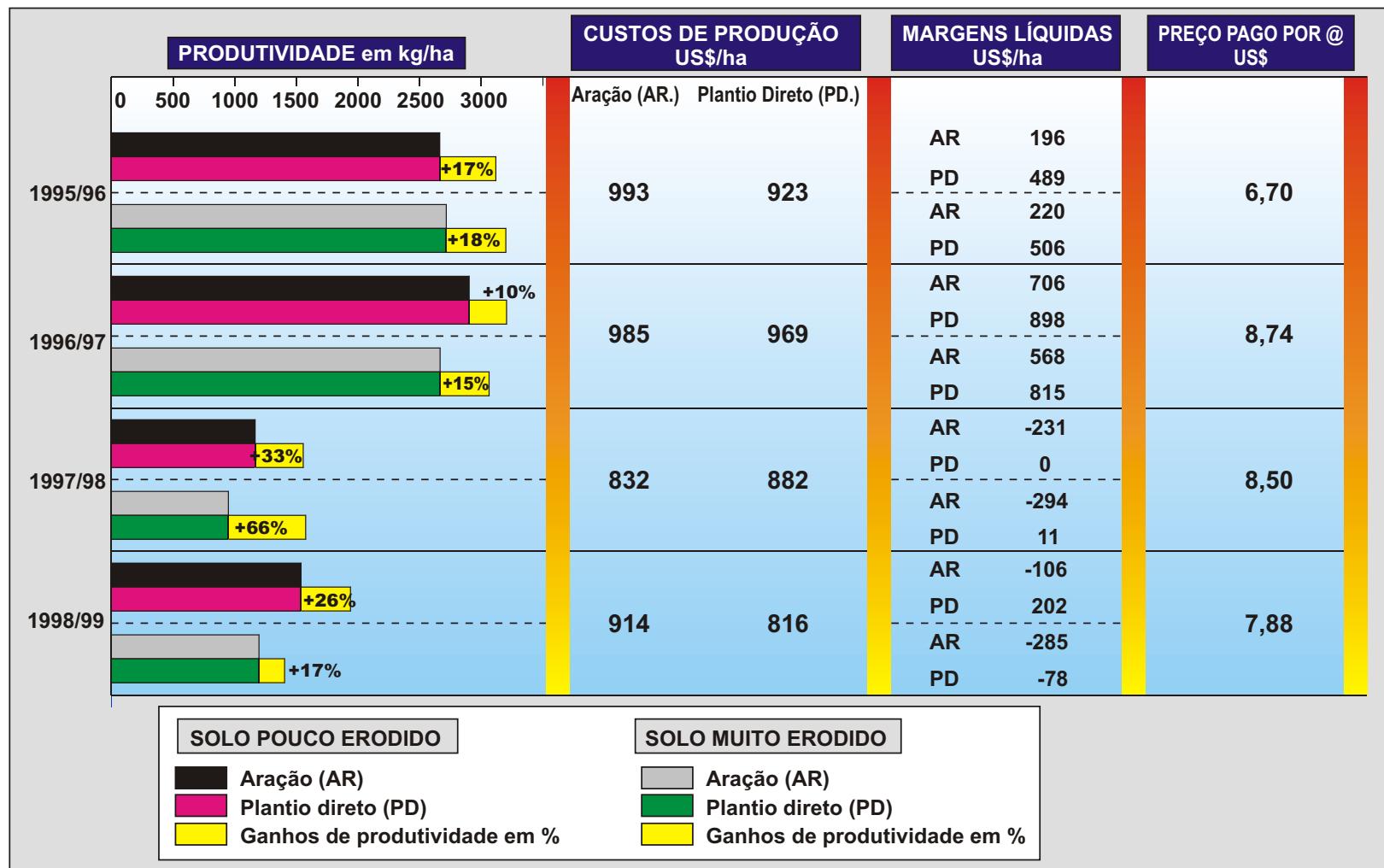
(1) Estimativas = Extraídos de dados da Emater, Secretarias de agricultura dos principais municípios, produtores do Centro Norte do Estado, Cooperativas.

**PRODUTIVIDADE DO ARROZ DE SEQUEIRO DE ALTA TECNOLOGIA EM DIVERSAS ECOLOGIAS DO ESTADO DO MATO GROSSO-MT - (Trópicos Úmidos) - 1996/98**



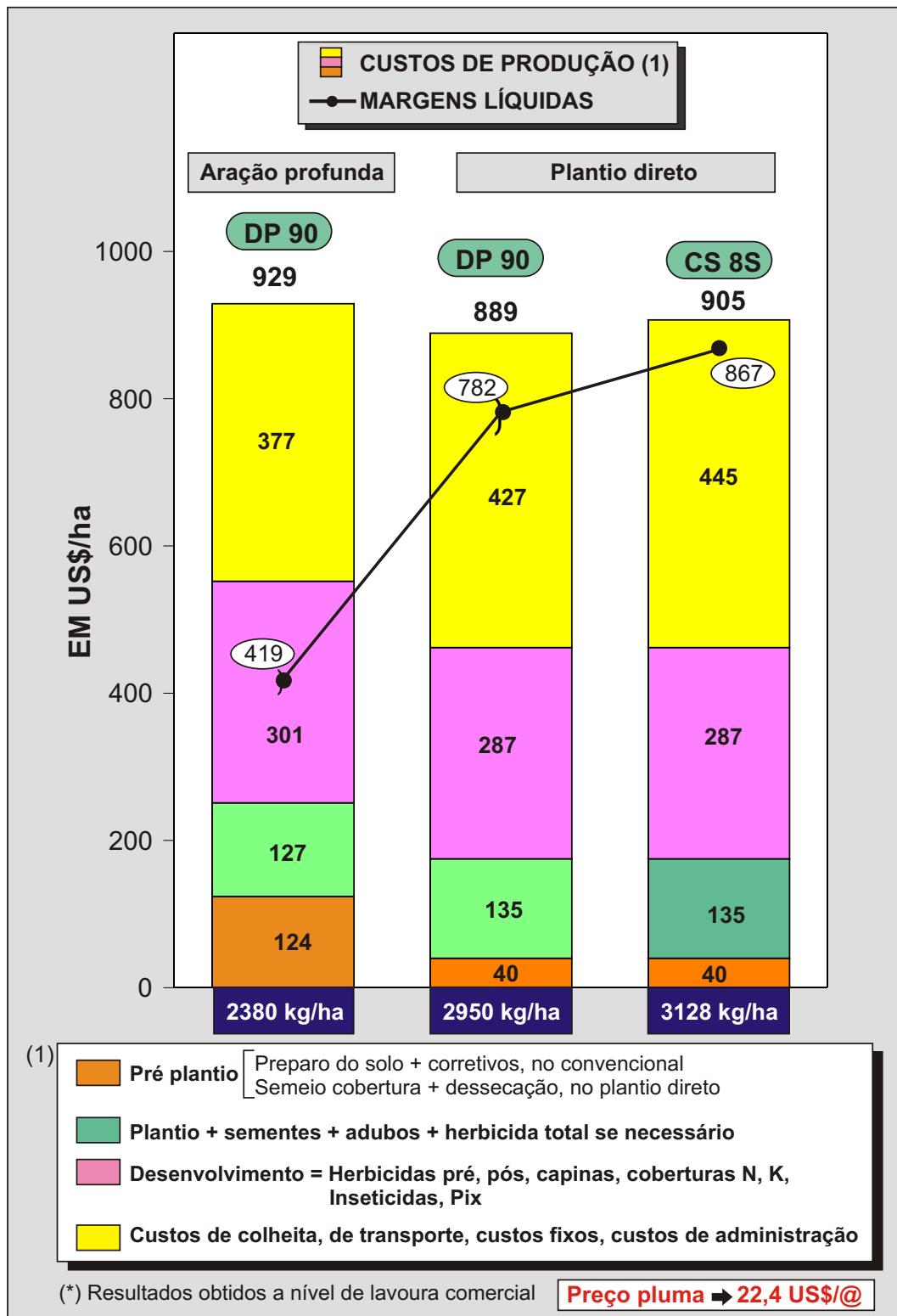
FONTE: AGRONORTE; CIRAD CA - GEC; Sorriso/MT, 1998

**FIG. 19 EVOLUÇÃO DAS PERFORMANCE MÉDIAS AGRO-ECONÔMICAS DO ALGODEIRO,  
SOBRE 4 ANOS, EM FUNÇÃO DOS SISTEMAS DE CULTIVO PRATICADOS -**  
Ecologia das florestas tropicais e latossolos sobre basalto do sul do Estado de Goiás - Centro-Oeste Brasil.



FONTE: E. Maeda, M. Esaki, GRUPO MAEDA; L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA/GEC; Porteirão/GO, 1995/1999

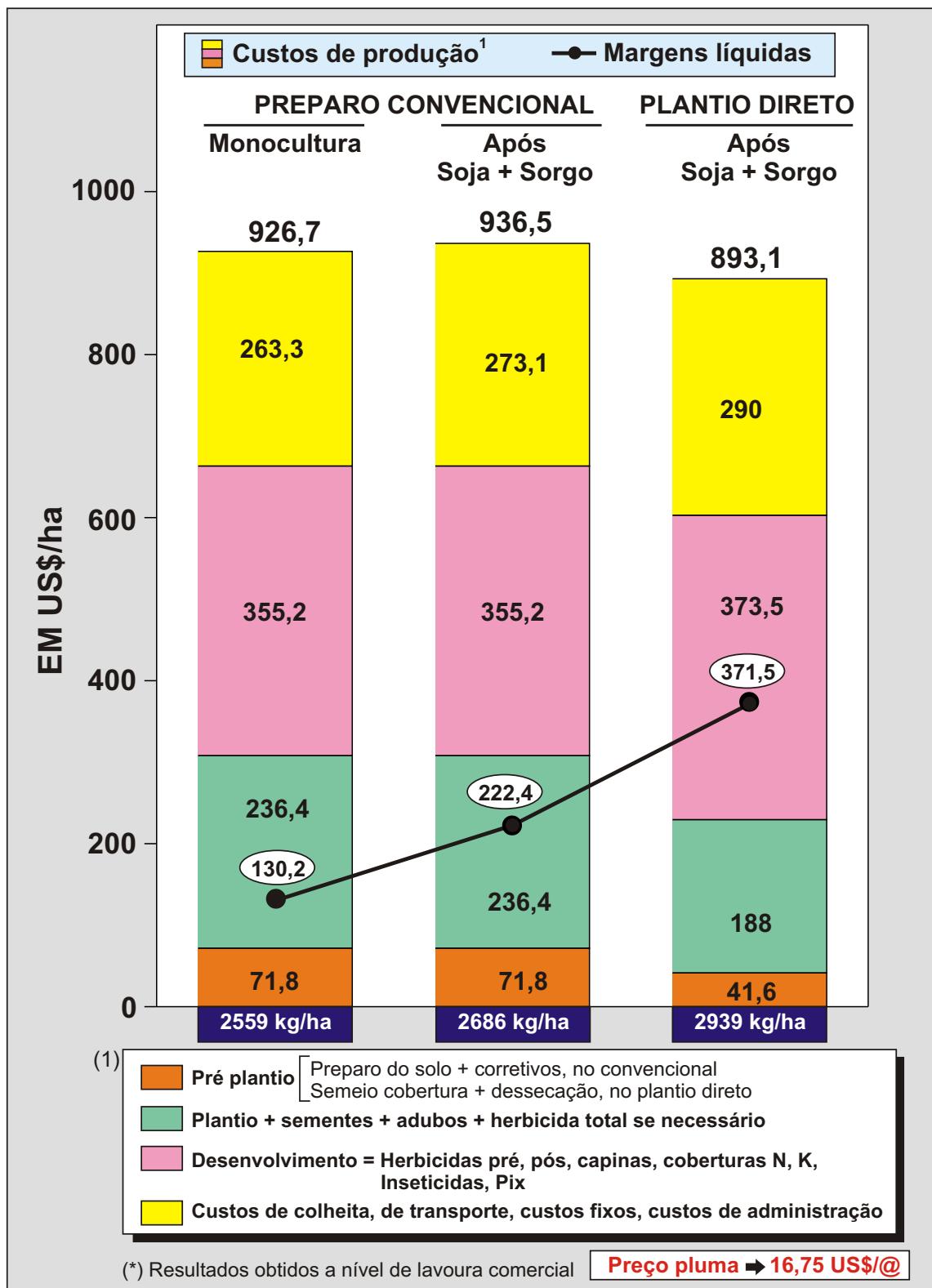
**FIG. 20 CUSTOS DE PRODUÇÃO DETALHADOS E MARGENS LÍQUIDAS EM US\$/ha DE DUAS VARIEDADES DE ALGODÃO EM FUNÇÃO DE DOIS SISTEMAS DE GESTÃO DO SOLO - LATOSOLO SOBRE BASALTO DEGRADADO PELA EROSÃO, EM BAIXO DO DECLIVE - FAZENDA SANTA JACINTA - ITUVERAVA, SP - 1998**



**FONTE:** Ségu L., Bouzinac S., CIRAD-CA; Ide M. A., Trentini A., GRUPO MAEDA - Ituverava, SP

**FIG. 21 CUSTOS DE PRODUÇÃO E MARGENS LÍQUIDAS (em US\$/ha),  
DO ALGODEIRO (CV. DELTA OPAL), SOB 3 MODOS  
DE GESTÃO DO SOLO - Latossolo vermelho-escuro sobre basalto -**

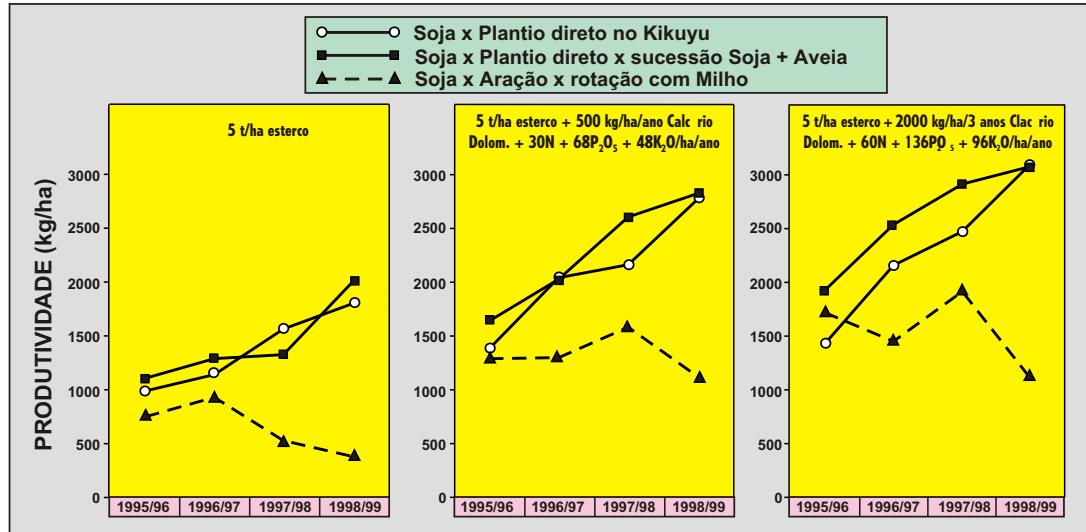
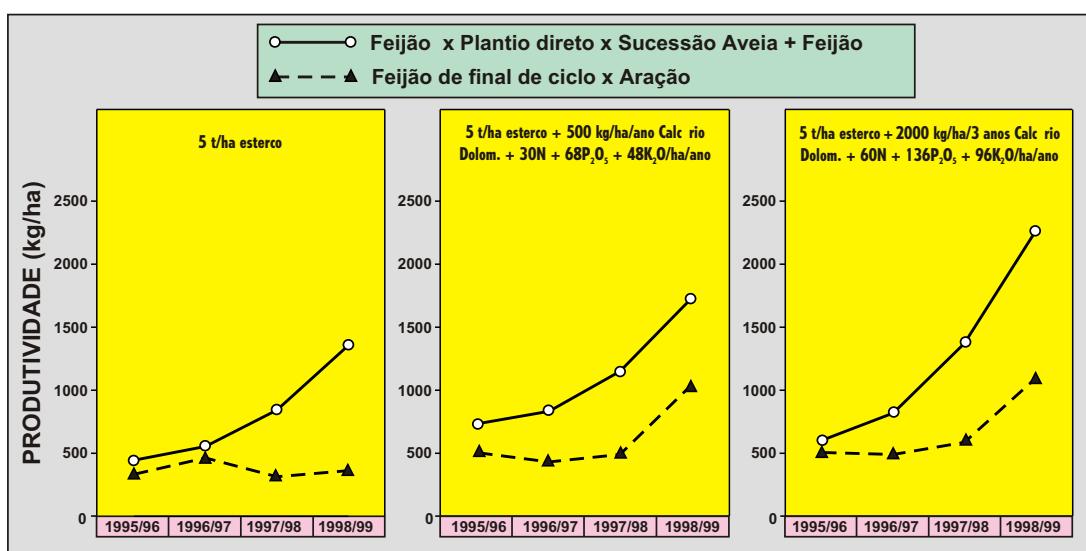
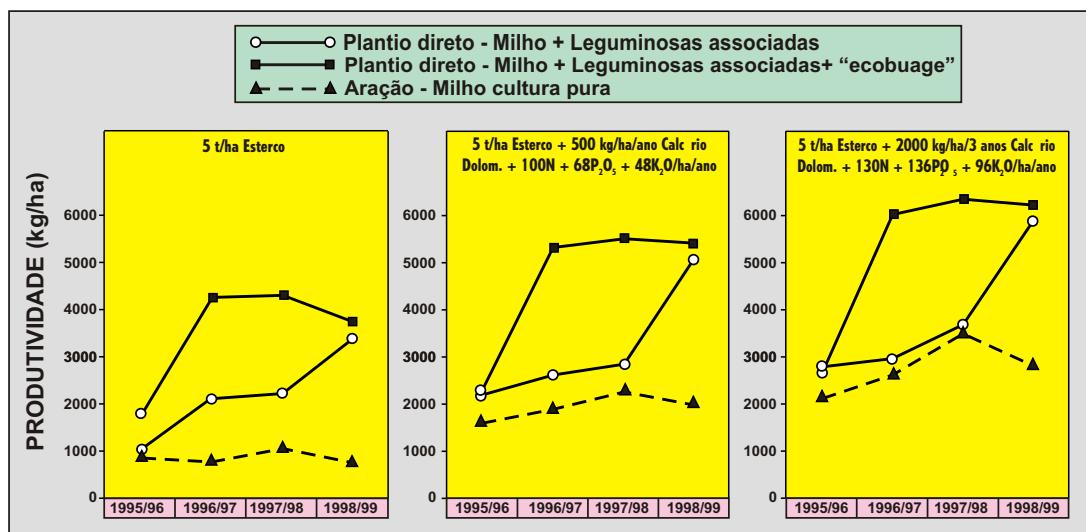
Fazenda Santa Bárbara - Grupo Maeda - Ituverava/SP, 1999/2000



FONTE: Séguy L., Bouzinac S., CIRAD-CA; Maeda N., Ide M. A., Trentini A., GRUPO MAEDA - Ituverava, SP

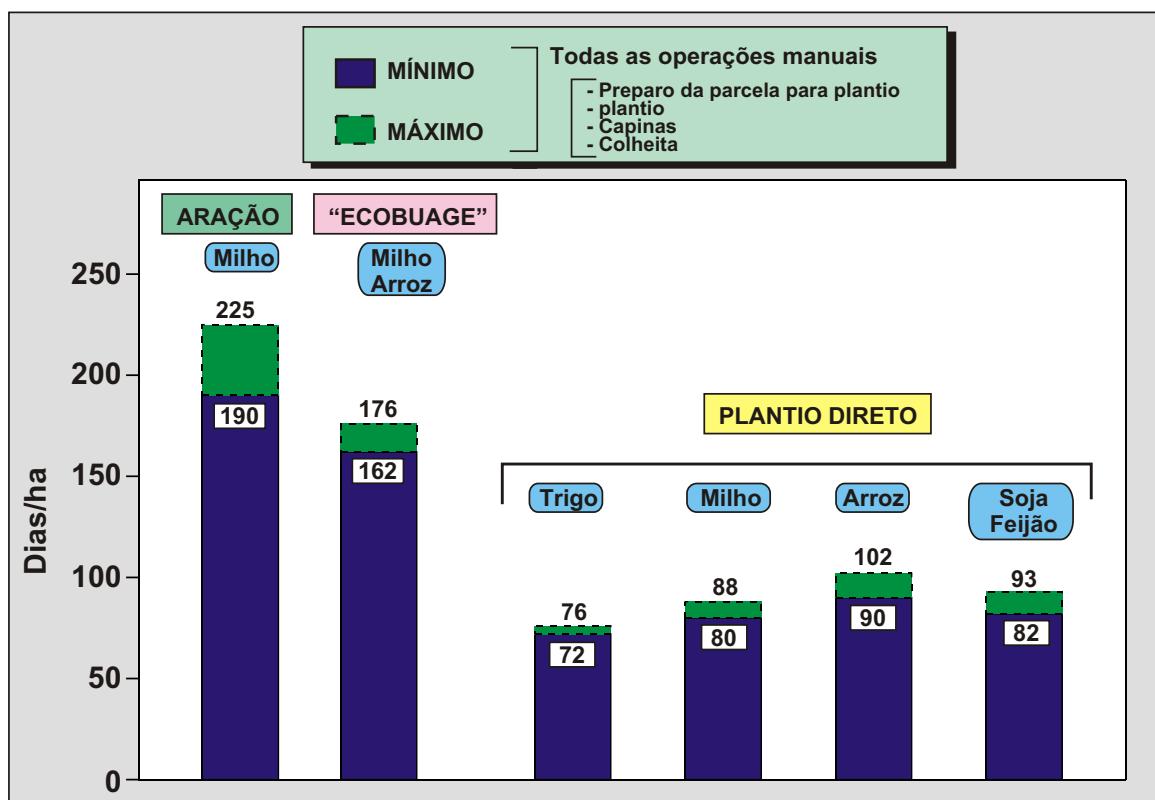
**FIG. 22 EVOLUÇÃO DAS PRODUTIVIDADES MÉDIAS DE MILHO, FEIJÃO E SOJA EM FUNÇÃO DO MODO DE GESTÃO DO SOLO E DAS CULTURAS, EM CULTURA MANUAL**  
 Latossolos e solos vulcânicos das terras altas de Madagascar - Antsirabé, 1995/99

• MÉDIA DE 4 LOCALIDADES SOBRE SOLOS ÁCIDOS DE BAIXA FERTILIDADE

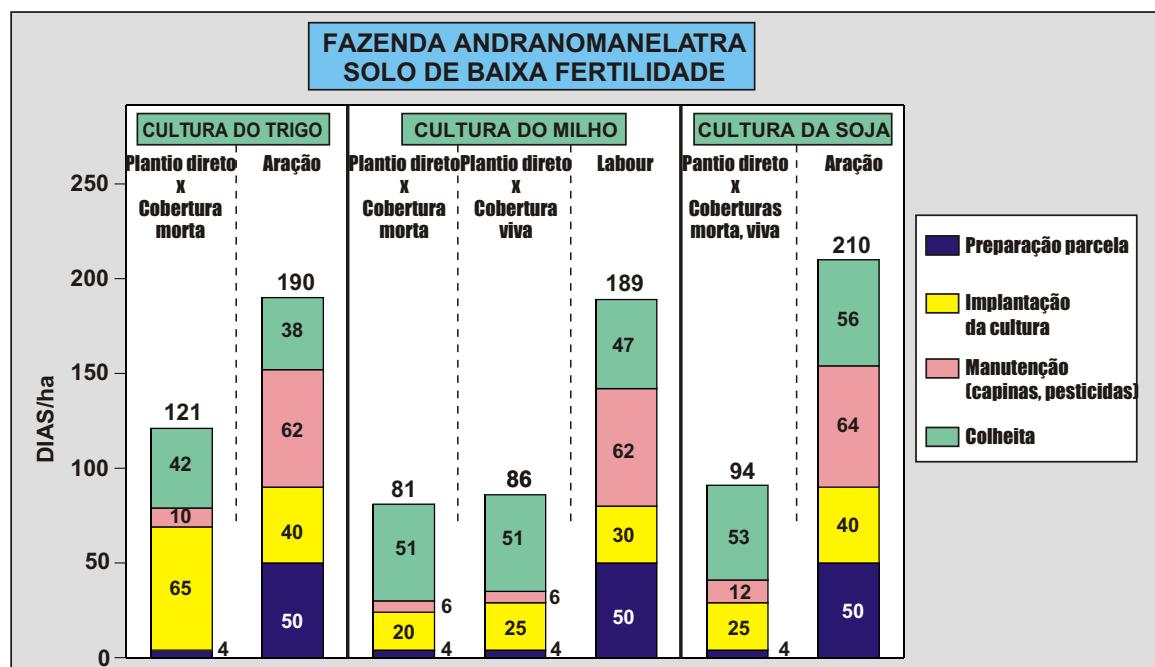


FONTE: L. Séguy, CIRAD/GEC - ONG TAFA, Antsirabé, 1999

**FIG. 23 TEMPOS GASTOS NAS OPERAÇÕES MANUAIS POR ITINERÁRIO TÉCNICO EM DIAS/ha EM FUNÇÃO DOS MODOS DE GESTÃO DOS SOLOS E DAS CULTURAS**  
 - Latossolos e solos vulcânicos das altas terras de Madagascar - Antsirabé, 1994/99



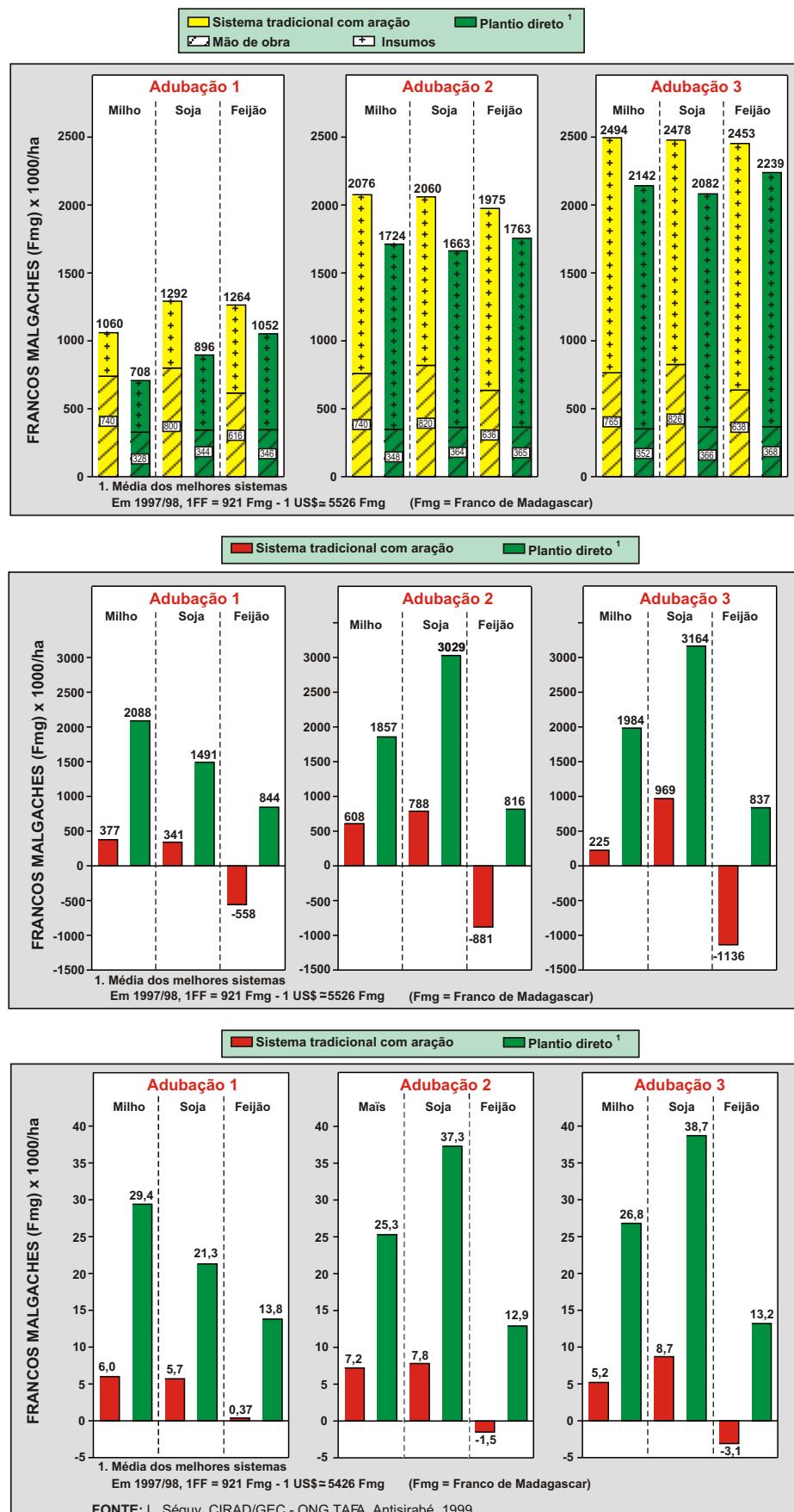
**COMPARAÇÃO DOS TEMPOS MÉDIOS GASTOS NAS OPERAÇÕES EM FUNÇÃO DOS MODOS DE GESTÃO DOS SOLOS E DAS CULTURAS NA SOJA, NO MILHO E NO TRIGO.**  
 - Latossolos e solos vulcânicos das altas terras de Madagascar - Antsirabé, 1994/99



FONTE: L. Séguy, CIRAD/GEC - ONG TAFA, Antsirabé, 1999

**FIG. 24 CUSTOS DE PRODUÇÃO, MARGENS LÍQUIDAS E VALORIZAÇÃO DO DIA DE TRABALHO DAS CULTURAS DE MILHO, SOJA E FEIJÃO EM FUNÇÃO DOS MODOS DE GESTÃO DOS SOLOS E DAS CULTURAS EM AGRICULTURA MANUAL - Latossolos e solos vulcânicos das terras altas de Madagascar - Antsirabé, 1997/98**

• MÉDIA DE 4 LOCALIDADES: Solos ácidos de baixa fertilidade natural



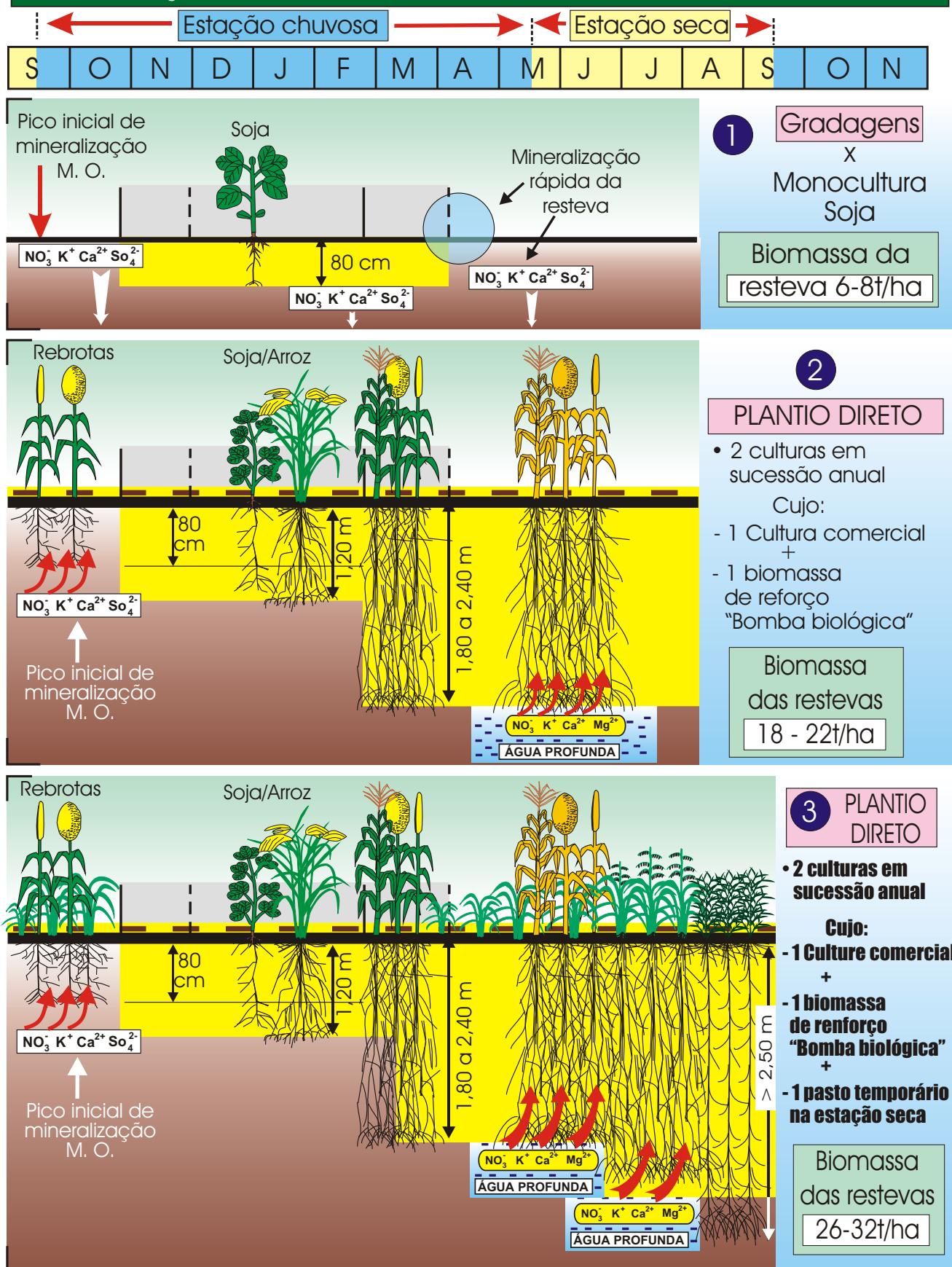
FONTE: L. Séguy, CIRAD/GEC - ONG TAFA, Antsirabé, 1999

Adubação 1 = 5 t/ha esterco

Adubação 2 = 5 t/ha esterco + 500 kg/ha/ano Calc. Dolom. + 100N + 68P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 48K<sub>2</sub>O/ha /ano - Milho + 30N + 68P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 48K<sub>2</sub>O/ha /ano - Leg.

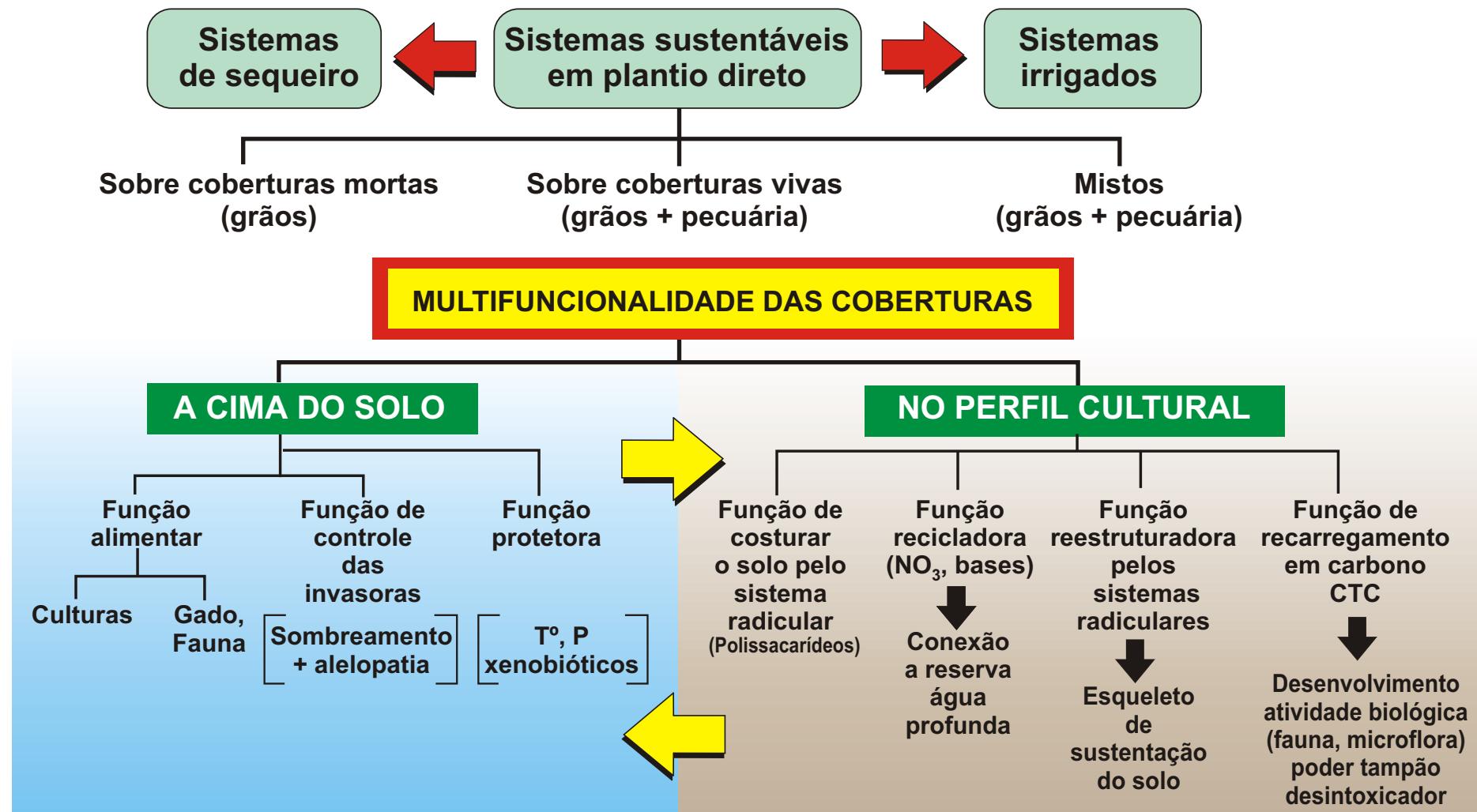
Adubação 3 = 5 t/ha esterco + 2000 kg/ha/ano Calc. Dolom. + 130N + 136P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 96K<sub>2</sub>O/ha /ano - Milho + 60N + 136P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 96K<sub>2</sub>O/ha /ano - Leg.

**FIG. 25 EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE CULTIVO, DA BIOMASSA DAS RESTEVAS E DA UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS -**  
Ecologia dos cerrados e florestas úmidas do Centro Norte Mato Grosso - 1986/2000



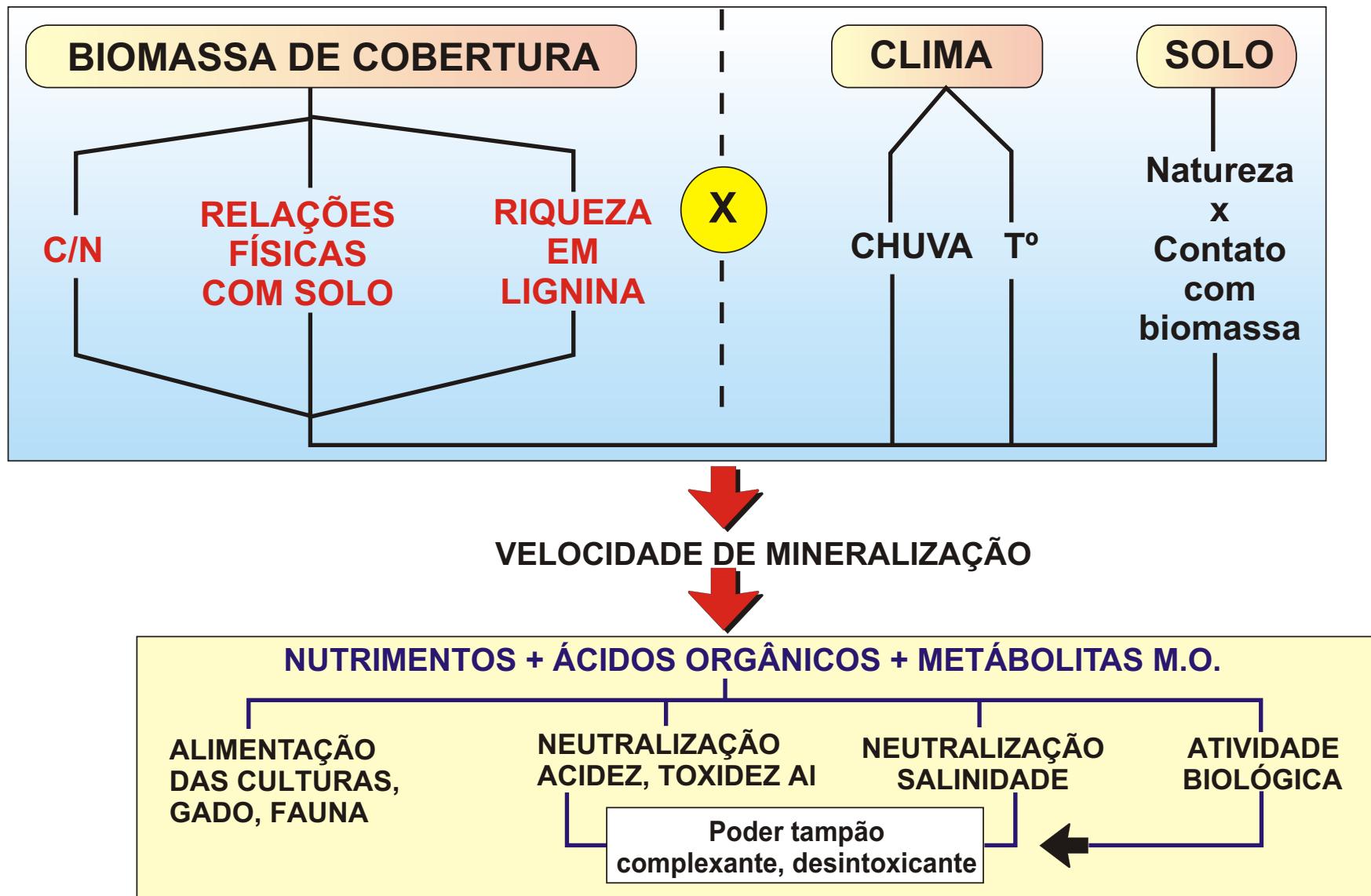
FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA; A. Maronezzi, Agronorte - Sinop/MT - 2001

## FIG. 26 O CONCEITO DE MULTIFUNCIONALIDADE DAS BIOMASSAS DE COBERTURA EM PLANTIO DIRETO



FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, AGRONORTE, Sinop/MT - 1978/2000

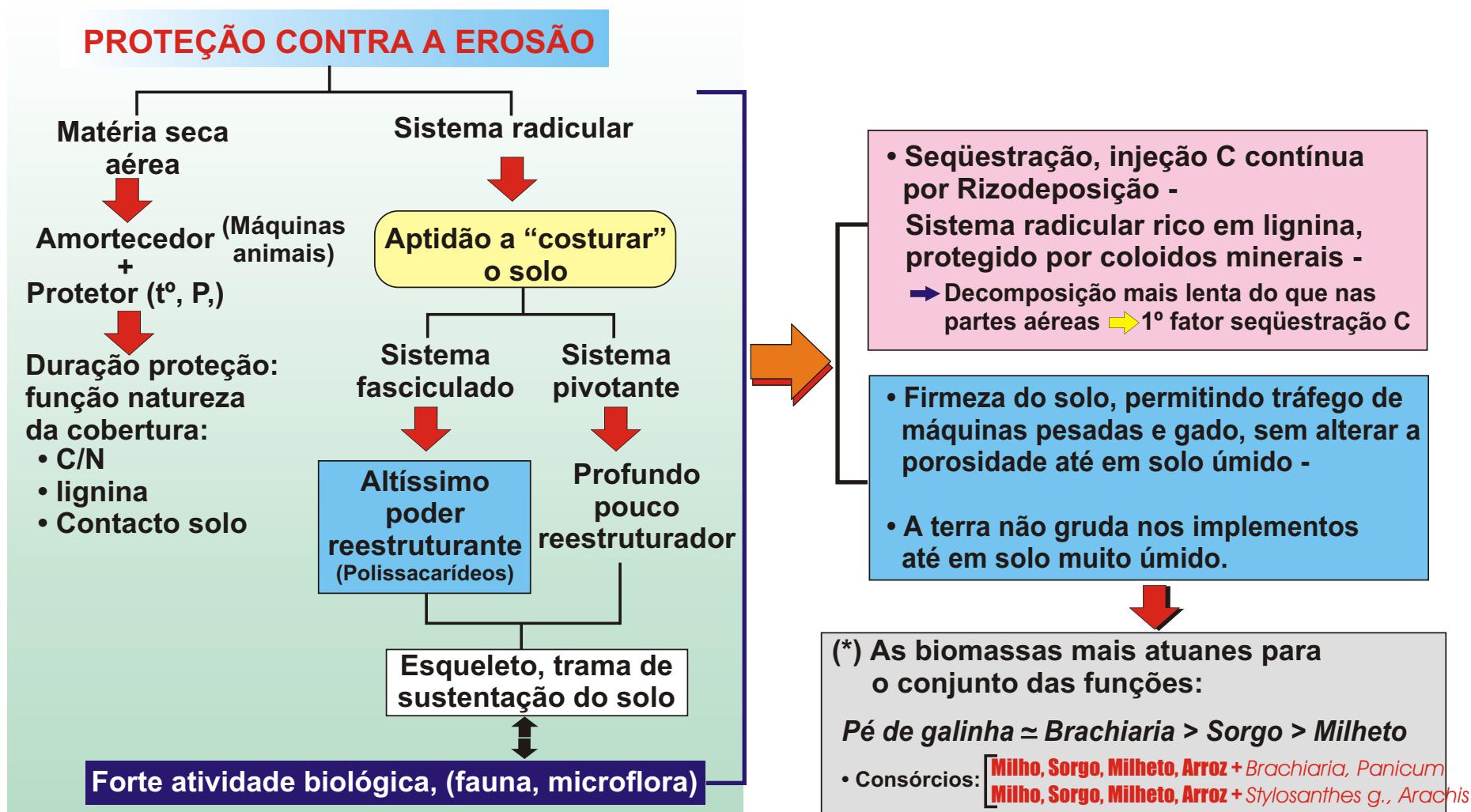
**FIG. 27 FUNÇÃO ALIMENTAR**



FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, AGRONORTE, Sinop/MT - 1978/2000

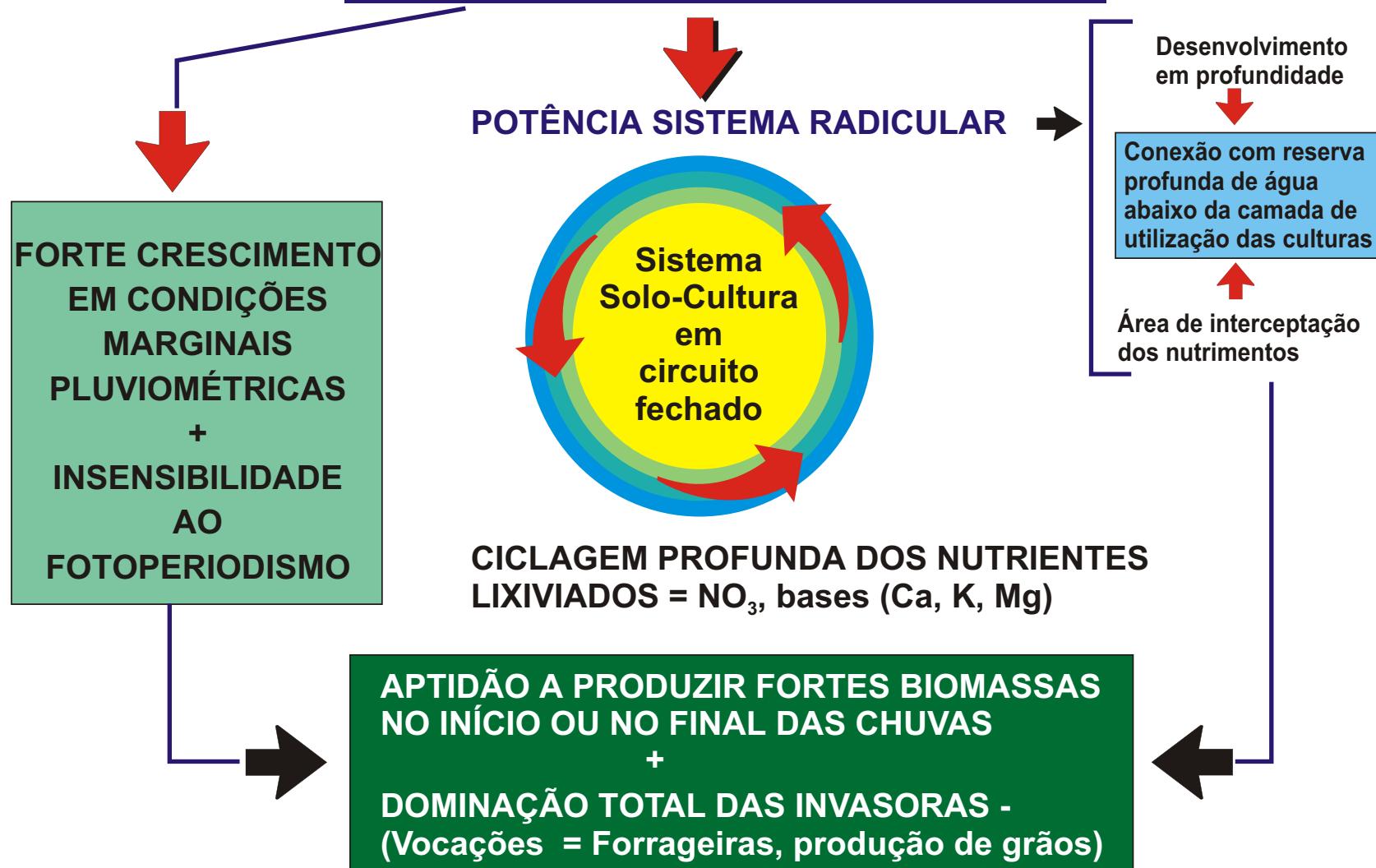
**FIG. 28  
FUNÇÕES:**

- PROTEÇÃO CONTRA A EROSÃO
- PODER REESTRUTURANTE
- RECARGAMENTO DO CARBONO



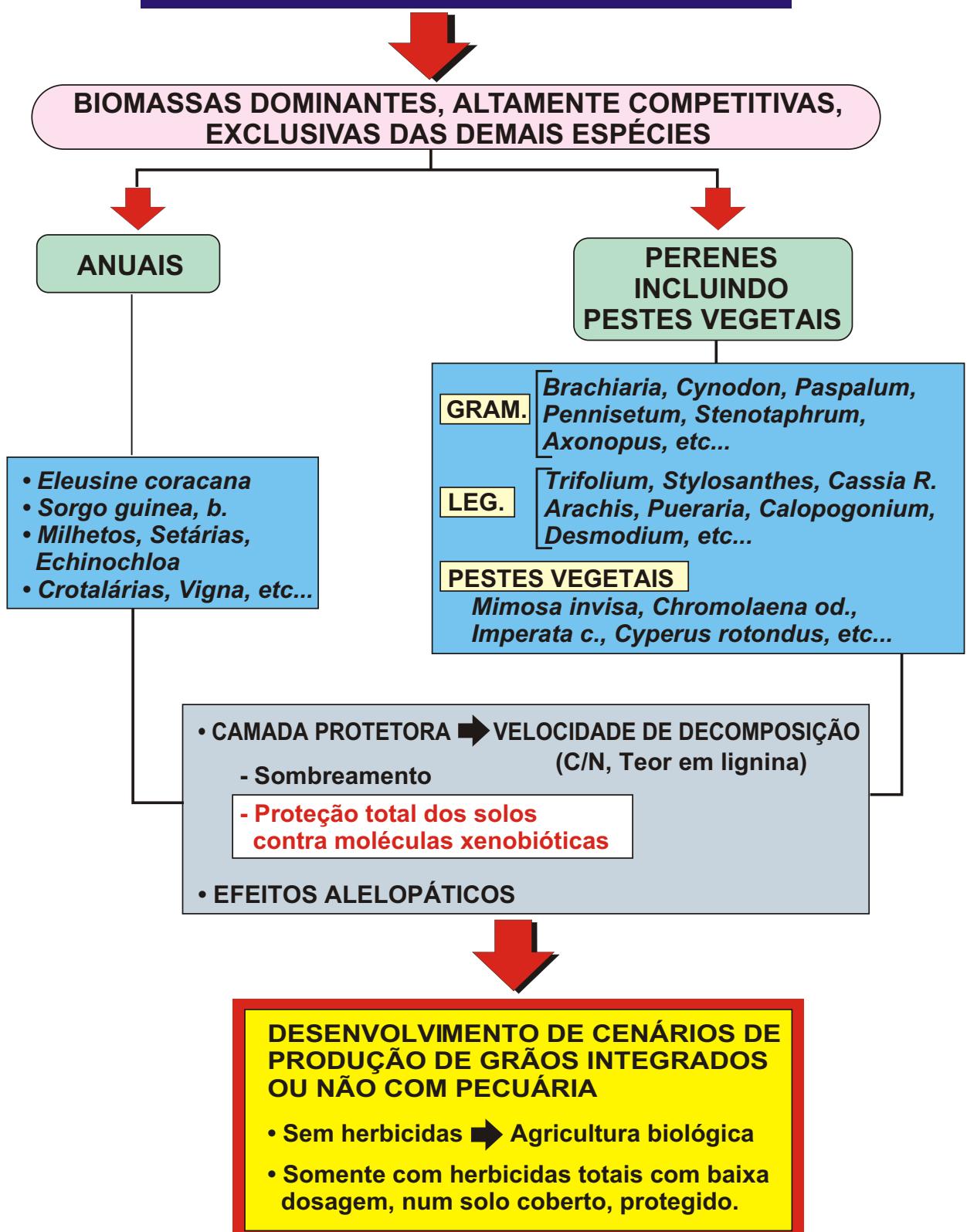
FONTE: L. Séguay, S. Bouzinac, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, AGRONORTE, Sinop/MT - 1978/2000

## FIG. 29 FUNÇÃO RECICLADORA



FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, AGRONORTE, Sinop/MT - 1978/2000

## FIG. 30 FUNÇÃO: CONTROLE DAS INVASORAS



FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, AGRONORTE, Sinop/MT - 1978/2000

# ALTERNATIVAS PARA COBERTURAS DO SOLO, VIAVEIS PARA O CERRADO

Lucien Séguyl  
Serge Bouzinac<sup>2</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

No início deste novo milênio, a agricultura mundial deverá efetuar uma verdadeira revolução para se adaptar, simultaneamente, à globalização dos mercados e do conhecimento, à pressão crescente dos consumidores que exigem produtos sadios e de qualidade, e a dos pesquisadores e da sociedade civil em geral para a salvaguarda do planeta.

As estratégias e os modelos de desenvolvimento terão de levar em conta a necessidade de produzir mais por unidade de recursos naturais, e assim sendo, será imperativo reduzir e até suprimir os efeitos negativos provocados pela atividade agrícola na natureza. Atualmente, estimativas oriundas de pesquisas recentes (LAL et al., 1995; IPCC 1996) evidenciam que o volume de CO<sub>2</sub> emitido do planeta para a atmosfera contribua com 50% para o efeito estufa e que a atividade agrícola representa mais de 23% do CO<sub>2</sub> total emitido.

Há mais de 20 anos no Brasil, mais de 15 anos na ilha da Réunion, mais de 10 anos em Madagascar e mais recentemente na Ásia (Viênam e Laos), o CIRAD constrói, com seus parceiros de pesquisa e de desenvolvimento no Sul, diversos sistemas de cultivo em Plantio Direto que devem responder a essas exigências.

• A análise das performances comparadas dos sistemas de cultivos praticados com preparo convencional e em Plantio Direto em várias grandes eco-regiões do mundo tropical levam a algumas conclusões de âmbito geral,

Se a destruição da matéria orgânica (M.O.) dos solos submetidos a modos de gestão inadaptados, pode acontecer de modo muito rápido, sua recuperação pode andar na mesma velocidade em Plantio Direto, praticando os sistemas construídos para este fim (Fig. 1, 2 e 3).

O poder de seqüestração do carbono depende, em primeiro lugar, da natureza dos sistemas de cultura criados em cada eco-região. Os mais atuantes a esse respeito são aqueles que produzem o máximo de matéria seca de resíduos tanto na superfície do solo quanto no perfil cultural durante toda a estação chuvosa, mas também na época seca quando as condições de mineralização da M.O. estão quase parando. A escolha das

<sup>1</sup> Eng° Agr° do CIRAD-CA, sediado em Goiânia-GO, coordenador da Rede Plantio Direto do Programa GEC. Telefone: (62) 280-6286. E-mail: lseguy@zaz.com.br

<sup>2</sup> Eng° Agr° do CIRAD-CA, trabalha em equipe com L. Séguyl no Brasil e na Rede Plantio Direto do Programa GEC. E-mail: lseguy@zaz.com.br

<sup>3</sup> Para mais informações, o leitor poderá consultar o Dossiê "Sistemas de cultivo e dinâmica da matéria orgânica" de L. Séguyl, S. Bouzinac e A.C. Maronezzi, 2001. 203p. (Documento Interno CIRAD-CA) 34398 Montpellier Cedex 5 França, 2001, ou o encarte in "Informações Agronômicas" da POTAPOS, nº 96, Dez. 2001.

plantas de cobertura também é determinante: as mais eficientes são as que são mais possantes e capazes de melhor desenvolver simultaneamente as funções de proteção da superfície, de reestruturação do peul, de reciclagem profunda dos nutrientes, a qual exige a utilização de água profunda do solo, aumentando assim a capacidade de produção de matéria seca desses sistemas, até durante a estação seca, a exemplo do ecossistema florestal (Fig. 12).

Nos melhores sistemas de cultivo em PD, os níveis de M.O. podem então logo alcançar e até ultrapassar os dos ecossistemas naturais, mesmo partindo de condições iniciais muito degradadas (Fig. 2 e 3).

A evolução das performances da produção agrícola que: interessa em primeiro lugar os agricultores, acompanha a da M.O. = os sistemas de cultivo mais produtivos, mais estáveis, mais atrativos economicamente e de menor risco, são os que mais seqüestram carbono (Fig. 4 e 5). Nesses sistemas, a parte da fertilidade gratuita construída em PD por via organo-biológica se torna mais importante na capacidade produtiva do solo com o passar do tempo: a produtividade aumenta com menos adubos minerais, e o potencial de produção cresce.

Se todos os exemplos apresentados são demonstrativos a esse respeito, o dos latossolos dos Trópicos Ilmidos (TU), que são "vazios quimicamente", revela hoje capacidades de produção sustentáveis, não igualadas em nenhum outro lugar do globo, na presença de níveis baixíssimos de adubação mineral: num mesmo ano agrícola, se pode produzir (*e reproduzir*) 6 a 7 t/ha de arroz de sequeiro de grão agulhinha ou 4 a 5 t/ha de soja, seguidos em safrinha, de 3 a 5 t/ha de cereais "bombas biológicas", consorciadas com espécies forrageiras que formarão uma pastagem durante toda a estação seca, a qual pode alimentar 1,5 a 2,0 cabeças de gado por ha nesses 3 meses; estes 3 culturas anuais sucessivas, que abrangem os 12 meses do ano, são obtidas em Plantio Direto, consumem no total 50 a 115 N.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> conforme a cultura de cabeceria (*soja ou arroz, respectivamente*), 100 a 110 PZO.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, 110 a 130 KZO.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>(Fig. 19).

Também é possível produzir entre 3.000 e 5.200 kg/ha de algodão (200 a 350 @/ha) em plantio direto após possantes biomasses de cobertura., em rotação com sucessões precedentes (Fig. 19).

Os melhores sistemas em Plantio Direto produzem entre 26 e 32 t/ha/ano de resíduos de matéria seca (Fig. 12); os sistemas mais fáceis a serem praticados (*e geralmente menos atuantes*) conquistaram mais de 6 milhões de hectares em menos de 10 anos nos cerrados do Centro Oeste brasileiro.

Para enfrentar as condições excepcionalmente altas de mineralização de M.O. nos Trópicos, o C1RAD teve de imaginar novos concertos de gestão da MO, inspirados diretamente do funcionamento estável do ecossistema florestal, na efetivação dos quais, os solos, como sob a floresta, devem ser totalmente mantidos cobertos e protegidos por uma cobertura vegetal e nunca são trabalhados (Seguy L. et al., 1998 a).

## **2. OS CONCEITOS INOVADORES DE GESTÃO SUSTENTÁVEL DO RECURSO SOLO: O PLANTIO DIRETO SOBRE COBERTURA VEGETAL PERMANENTE**

As técnicas de Plantio Direto (PD), sejam nenhuma preparo de solo, desenvolvidas em regiões subtropicais (Brasil) e temperados (Estados Unidos), que estão construídas basicamente sobre restevas, são insuficientes em clima tropical quente e úmido para restaurar rapidamente, e depois manter a fertilidade global do solo, ao menor custo (Séguin L. et al., 1996):

- O "reator - mineralização da M.O." consome mais húmus do que recebe dos sistemas de cultivo (exceto pastos e forrecimentos exógenos de M. O.);
- A reestruturação do espaço poral a partir tão somente dos sistemas radiculares das culturas comerciais é insuficiente para o desenvolvimento favorável e duradouro da maioria das culturas;
- A cobertura do solo não é mais assegurada após algumas semanas, deixando exposto as agressões climáticas, a passagem dos implementos, e facilita a proliferação das invasoras .

A partir destes fatos comprovados, o C>IZAD-CA concebeu e colocou em prática novas técnicas de PD, inspiradas diretamente do funcionamento do ecossistema florestal: o Plantio Direto sobre Cobertura Permanente do Solo.

Se na construção destes sistemas, a pesquisa do C1RAD toma como modelo global de funcionamento o do ecossistema florestal, ela teve, para conseguir chegar lá, de desenvolver uma série de conceitos fundamentais complementares, relativos a gestão da M.O.

### **2.1. O CONCEITO DE BIOMASSA RENOVÁVEL, CHAMADA "BOMBA BIOLÓGICA"**

Esta biomassa "de intercultura" garante, a cada ano, a cobertura permanente do solo, até as condições mais propícias a mineralização ativa da MO. (pluviometria e temperaturas elevadas nos Trópicos Úmidos) e possui múltiplas funções essenciais e complementares que podem ser expressadas através dos princípios e conceitos de multifuncionalidade das coberturas (Fig. 6 e 7):

#### **• ACIMA DO SOLO**

- \* **Proteção total** e permanente da superfície contra os excessos climáticos e controle total da erosão (papel regulador para a água e a temperatura, protetor para a fauna e as moléculas de pesticidas, amortecedor para as passagens de máquinas e animais pesados),
- \* **Função alimentar** para a cultura principal (regida pela relação C/N e pelo teor em lignina das partes aéreas e radiculares) e função alimentar para os animais

(integração da pecuária, vocação forrageira das biomasses), para a fauna e a microflore do solo (Fig. 8 e 9);

- \* Função de controle das invasoras por sombreamento e/ou alelopatia (Fig. 14).

- ABAIXO DA SUPERFICIE DO SOLO

- \* Reestruturação do solo através de um alto poiler agregante do sistema radicular (*Trama emaranhada radicular = estrutura de sustentação do solo, a exemplo do vergalhão no concreto armado*), que lhe dá propriedades físicas e biológicas muito mantes = qualidade do espaço poral que é simultaneamente muito filtrante, arejado, propiciando um enxugamento rápido do perfil cultural (*escoamento rápido dos excessos*) e uma boa capacidade de retenção em água (*microporosidade*), e que se mostra muito resistente a deformação por pressão exercida pelas máquinas ou pelo gado (Fig. 7). A reestruturação eficaz do perfil cultural fez-se graças à produção de substâncias muito eficientes para agrregar: os polissacarídeos, as endomicorhizas vesículo-arbusculares (Doss D. D. et al., 1989); as espécies *Eleusine coracana*, *Brachiaria ruziziensis*, *decumbens*, *humidicola* são exemplares a esse respeito, pois as raízes apresentam amas espessas bainhas protetoras de microagregados.
- \* Reciclagem dos nutrientes lixiviados em profundidade, especialmente os nitratos, o potássio e o cálcio (*fechamento do sistema "solo-cultura"*), os quais são recolocados na superfície a cada ano graças aos sistemas radiculares das biomasses "bombas biológicas" muito potentes tanto na sua capacidade de desenvolvimento em profundidade quanto no seu alto poiler de interceptação dos nutrientes minerais e das moléculas orgânicas (Vide Fig. 10 e 11).
- \* Utilização da água profunda do solo, abaixo da área de bombeamento das culturas comerciais, a exemplo do ecossistema florestal na estação seca. Este capacidade de se conectar com a reserva de água profunda permite produzir biomassa verde na estação seca, de injetar carbono de modo contínuo no peul cultural e de sustentar uma atividade biológica intensa no ano todo (Cf Fig. 12).
- \* Capacidade em mobilizar a fertilidade: extração de nutrientes pelo sistema radicular, que em seguida são recolocados à disposição das culturas pela mineralização da matéria seca, e isto, sobretudo em condições de solos considerados improdutivos para a maioria das culturas comerciais alimentares e/ou industriais (As espécies dos gêneros *Eleusine* e *Brachiaria* fixam nitrogênio nas suas rizosferas através de bactérias livres, não simbióticas e são capazes graças à endomicorização vesículo-arbuscular de mobilizar também formas insohíbeis de fósforo).
- \* Desenvolvimento de uma forte atividade biológica constante durante o ano todo: os potentes sistemas radiculares de sustentação do solo constituem ambientes privilegiados, pois são protegidos e nunca remanejados e propiciam assim o desenvolvimento e a atividade da fauna e da microflore.
- \* **Poiler desintoxicante das biomassas vegetais** de cobertura ("biorremediação"): contra a toxidez em alumínio por exemplo (gênero *Brachiaria*) ou contra a salinidade

*(ácidos orgânicos diversos liberados durante a mineralização das biomassas de cobertura que exercera um forte poder neutralizador, complexante) [Miyazawa M., Pavan MA., Franchini J. C. 2000].*

Enfim, a permanência de uma cobertura total da superfície do solo representa a melhor e mais eficaz proteção contra a poluição pelos pesticidas (*Xenobidicos*), para qualquer tipo de agricultura:

Costurando realmente o solo por tramas radiculares potentíssimas e estruturadoras, o risco de perdas dos coloides e dos demais componentes do solo é completamente eliminado (*controle perfeito das externalidades sólidas, exceto os solutos*).

O espesso tapete protetor, sempre mantido acima da superfície do solo, intercepta totalmente os produtos pesticidas (*sempre coexiste na superfície, mesmo nos Trópicos húmidos onde o "reator mineralização" é mais ativo em intensidade e duração, ao mesmo tempo: resíduos mais ricos em lignina em via de humificação sobrando dos ciclos anteriores, e as "bombas biológicas" vendem e em pé que produzem entre 7 e mais de 15 t/ha de matéria seca, seja um protetor verde, vivo, com 35 a mais de 70 t/ha de matéria verde na hora da dessecção com herbicidas de manejo*) ; portanto, a superfície do solo está fora do perigo de um contato direto com os pesticidas.

Os volumes de caldas de herbicidas totais podem ser reduzidos para menos de 50 l/ha e são absorvidos em totalidade pela biomassa verde antes de tocar o solo.

Desenvolvendo uma fortíssima atividade biológica no horizonte nutritivo 0-5 cm, sempre protegido da agressão antrópica o sistema de PD sobre cobertura monta ou vive dispõe de um possante aparelho de degradação para algumas moléculas que poderiam eventualmente atravessar o protetor da superfície; o Plantio Direto sobre cobertura permanente mostra-se, será dúvida, um modo de produzir mais limпamente.

### **3. APLICAÇÃO E ADAPTAÇÃO DESTES PRINCIPIOS A REGIÃO DO GESTE DA BAHIA - Recomendações para a construção dos Sistemas em PD**

Estes princípios e regras básicas de construção de sistemas de cultivo em PD, estáveis e lucrativos, devem ser adaptados às condições pedoclimáticas e socioeconômicas do oeste da Bahia.

3.1. Nas microrregiões, onde o risco climático é mínimo = chuvas entre 1.200 e mais de 1.600 mm, sobre 5,5 a 6,5 meses e solos de textura argilosa a franca-argilosa com boa capacidade de retenção de água e nutrientes, os sistemas de cultivos em PD, desenvolvidos no centro norte do Mato Grosso podem ser aplicados com sucesso (Fig. 13, 15, 16, 17 e 18).

- **Na cultura da Soia**

— Soja de ciclo curto à intermediário, de plantio direto precoce, seguido de =

- a) entre 20/01 e 10/02 b milho variedade consorciada coin *Brachiaria ruziziensis*, ou com *Stylosanthes* g. b) entre 10/02 e final de fevereiro b sorgo variedade ou híbrido, ou milheto,  
consorciados coin *Brachiaria ruziziensis* ou com *Stylosanthes* g. b Pé de Galinha em cultura purs ou  
consorciado coin *Crotalaria spectabilis* c) entre final de fevereiro e final de março b Milheto (*Variedade insensível ao fótoperiodismo*)

biomassa de milheto ou sorgo guinea ou Pé de Galinha, plantado nas primeiras chuvas e seguido de PD Tardio, de soja de ciclo médio (e%u de algodoeiro)

- **Na cultura do Milho**

— Híbrido de Plantio Precoce em PD, seguido de:

- a) milho variedade consorciada coin a leguminosa *Stylosanthes*, ou com Pé de Galinha, ou coin Guandu, ou coin *Brachiaria ruziziensis*. b) *Crotalaria spectabilis*, *Juncea*, *Cajanus cajan* (Guandu)

- **Na cultura do Alzodoeiro**

Plantio Direto, uni ano em 2 ou uni ano em 3 na medida gleba, em rotação com os sistemas precedentes a base de soja ou milho

(\*) Nestes sistemas, as espécies = *Brachiaria ruziziensis*, *Stylosanthes guyanensis*, *Cajanus cajan* (Guandu) ficam verdes na estação seca, produzindo matéria seca e injetando carbono no perfil de solo; elas podem ser utilizadas como feno, pastoreio durante a estação seca e por isto são espécies chaves da integração lavoura-pecuária em PD.

- 3.2. Nas microrregiões onde o risco climático é forte = chuvas muito irregulares de um ano para o outro (fatores quantidade e distribuição, aleatórios) e solos de textura arenosa dominante. Estas características pedoclimáticas amplificam o risco e os prejuizos da seca; além disto, estes solos, pobres em matéria orgânica, apresentam estrutura extremamente frágil, quando preparado mecanicamente, que facilita a formação de crosta superficial, e o endurecimento - cimentação do perfil de solo quando em via de dessecção; estas características físicas negativas podem ser muito

prejudiciais ao desenvolvimento das culturas, ao limitar a reserva ntil de água e, nutrientes. Mais do que qualquer outro solo, estes devem ser protegidos por uma biomassa permanente na superfície e sempre reestruturados, tanto nas camadas superficiais como em profundidade pelo uso annal de "bombas biológicas" potentes. Um plantio Direto construido sobre estes principios essenciais, aumentará a eficiência da água, minimizará os efeitos dos excessos climáticos (*seca, excesso d'água*) sobre a produtividade das culturas que deverão ser praticadas em rotação. Nestes solos, pobres em matéria orgânica e de textura arenosa dominante, deverá se dar muita atenção, na construção dos sistemas de cultivo em PD, as seguintes recomendações (*Tabela I*):

- Respeitar, na escolha das safrinhas que sucedem a cultura principal (*soja, milho*), as mesuras sequencias de culturas que no capitulo precedente em função das disponibilidades decrescentes de água em final de ciclo chuvoso, ou seja =

final de Janeiro - inicio de fevereiro, na presença de forte disponibilidade de água ,a safrinha de milho variedade.

entre 10/02 e final de fevereiro a safrinha de sorgo variedade, (*sem tanhos -maior valor agregado por ser um produto de alimentação humana*) e depois, em março, a safrinha de milheto.

- Dentro das espécies cour aptidões agronômicas excelentes para o sucesso e a perenização do PD, e que podem ser consorciadas cour as safrinhas de grãos (*milho, sorgo, milheto*), deverão ser experimentadas

No lugar, ou em comparação da *Brachiaria ruziziensis*, o capim Buffel (*Cenchrus ciliaris* cultivares Biloela, Gayndah, Americano).

*O Stylosanthes guyanensis (chamata, humilis)* deverá ter uma presença preponderante, pois, como o capim buffet, é muito resistente a seca; Buffet e *Stylosanthes* poderão também ser utilizados em mistura.

Do mesmo modo, o Siratro (*Macroptilum atropurpureum*) pelas mesuras razões deverá ser experimentado nos consorcios cour safrinhas de grãos (*milho, sorgo, milheto*), ou puro, ou em mistura cour o capim Buffet.

A leguminosa *Dolichos lablab*, também, deverá ser experimentada: resistente a seca, ela tem um ciclo longo, bem mais longo que o ciclo do milho e faz pouca competição para ele quando plantados juntos (*hibrido de milho plantado em linhas alternadas cour Dolichos*)

É óbvio que o milheto terá um papel sempre importante no PD sobre estes solos arenosos, pela sua excelente adaptação, resistente a seca e capacidade em explorar a reserva de água profunda do solo, não utilizada pelas culturas comerciais -

(\*) as leguminosas propostas dos gêneros *Stylosanthes*, *Macroptilum*, *Dolichos*, são todas fixadoras efficientes de N.

Para ganhar tempo de maquinário, e principalmente mais água acessível as safrinhas em cultura Aura ou consorciadas, a técnica de sobressemeadura pode constituir uma ferramenta preciosa; esta técnica é recomendada para implantar as safrinhas na soja no inicio da desfolha; quando se usam sementes pequenas, tipo Pé de Galinha, *Crotalaria*, Milheto, Sorgo, *Brachiaria*, Siratro, *Stylosanthes*, uma peletização destas sementes traz sempre benefícios significativos na implantação da safrinha.

A peletização pode ser efetuada com fosfato natural ou melhor com termofosfato Yoorin master = 180 a 200 gr de pô/kg de sementes, adicionada de uma pequena quantidade de inseticidas e fungicidas que são peletizados nas sementes com goura arábica; esta técnica, aumenta o peso das sementes facilitando o seu semeio aéreo, e garantindo excelentes condições de germinação (*L. Séguy et al., 1992/95*).

Como no caso das microrregiões com risco climático mínimo (*favorecidas*), as rotações de culturas são obrigatórias (*critérios agronômicos e de estabilidade econômica, gestão do risco*); diversas estratégias de construção do sistema de PD, podem ser adotadas

Para os agricultores que querem explorar só os grãos e fibras, as propostas de sistemas em rotações (*descritas no capítulo 3.1, são recomendadas : rotações entre sistemas em PD, à base de soja e milho + safrinhas e algodoeiro*)

para os agricultores que querem integrar a produção de grãos e fibras com a pecuária (*carne, leite*), neste tipo de solo arenoso de baixa fertilidade =

Instalar as espécies forrageiras, ao menor custo, juntas com as safrinhas de grãos, em PD: gêneros *Brachiaria r.*, *Stylosanthes g.*, Siratro, Buffel, em consórcio com milho ou sorgo ou milheto, após soja de PD precoce ;

Dividir a fazenda entre as duas atividades = pecuária e produção de grãos + fibras, que serão em rotação a cada 2-4 anos; a área reservada a produção de grãos + fibras terá sempre parte cultivada com espécies forrageiras consorciadas com as safrinhas de grãos (*milho, sorgo, milheto*), para complementar a alimentação do gado na estação seca.

#### 4. CONCLUSÃO

A capacidade dos sistemas de cultivo em seqüestrar carbono, como suas performances agronômicas e técnico-econômicas dependem em primeiro lugar da capacidade dos atores da Pesquisa e do Desenvolvimento (*produtores, associações de produtores, extensão*) em construir, juntos e no campo, sistemas de cultivo cada vez mais atuantes.

Em todas as grandes eco-regiões, qualquer que seja o tipo de agricultura, os sistemas em PD controlam totalmente a erosão e são sempre nitidamente mais estáveis, lucrativos do que os sistemas com preparo do solo; as economias de mão de obra ou de máquinas e combustível são espetaculares sempre a favor do Plantio Direto (PD).

Mais do que qualquer outro tipo de solo, a exemplo dos resultados obtidos pelo CIR\_AD nas regiões secas e arenosas do sudoeste de Madagascar, o sistema de plantio é também incorrotável no oeste da Bahia, para construir uma agricultura performante, sustentável e ao menor custo.

O Plantio Direto sobre coberturas permanentes do solo é, sem dúvida, o paradigma mais completo que tenha sido construído até hoje para o desenvolvimento planetário de uma agricultura sustentável, preservadora do meio ambiente, quando manejado de modo mais "biológico" possível.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

DOSS, D.D.; BAGYARAJ, D.J.; SYAMASUNDAR, J. Morphological and histochemical changes in the roots of finger millet *Eleusine coracana* colonized by VA mycorrhiza, Proc. India Natl. Sei. Acad., v.54, p.291-293, 1989.

IPCC. Climate change 1995. **Working group 1**, Cambridge: Cambridge University Press, 1996.

LAL, R.; LOGAN, T.J. Agricultural activities and greenhouse gas emissions from soils of the tropics. In.: LAL, R.; KIVIVILE, J.M.; LEVINE, E.; STEWART, B. A. (eds.), **Soil management greenhouse**. Boca Raton: CRC Press, 1995, p.293-307.

LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E.; WHITMAN, C. World soils and greenhouse effect: An overview. In: LAL, R.; KIVIVILE, J.; LEVINE, E.; STEWART, B.A. (eds.). **Soils and global change**, Boca Raton: CRC Press, 1995. p.1- 7.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; FRANCHINI, J.C. Neutralização da acidez do peul de solo por resíduos vegetais, **Informações Agronômicas**, POTAPOS, n.92, Dezembro/2000,

SÉGUY, L.; BOUZINAC, S. **Rapports annuels de recherches sur les fronts pionniers du Mato Grosso. ZTH -1992/2000.** (Doc. INTERNES CIRAD).

SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; TRENTINI, A.; CORTEZ, N.A. L'agriculture brésilienne des fronts pionniers **Agriculture et développement**, n.12, décembre 1996, p.2-61.

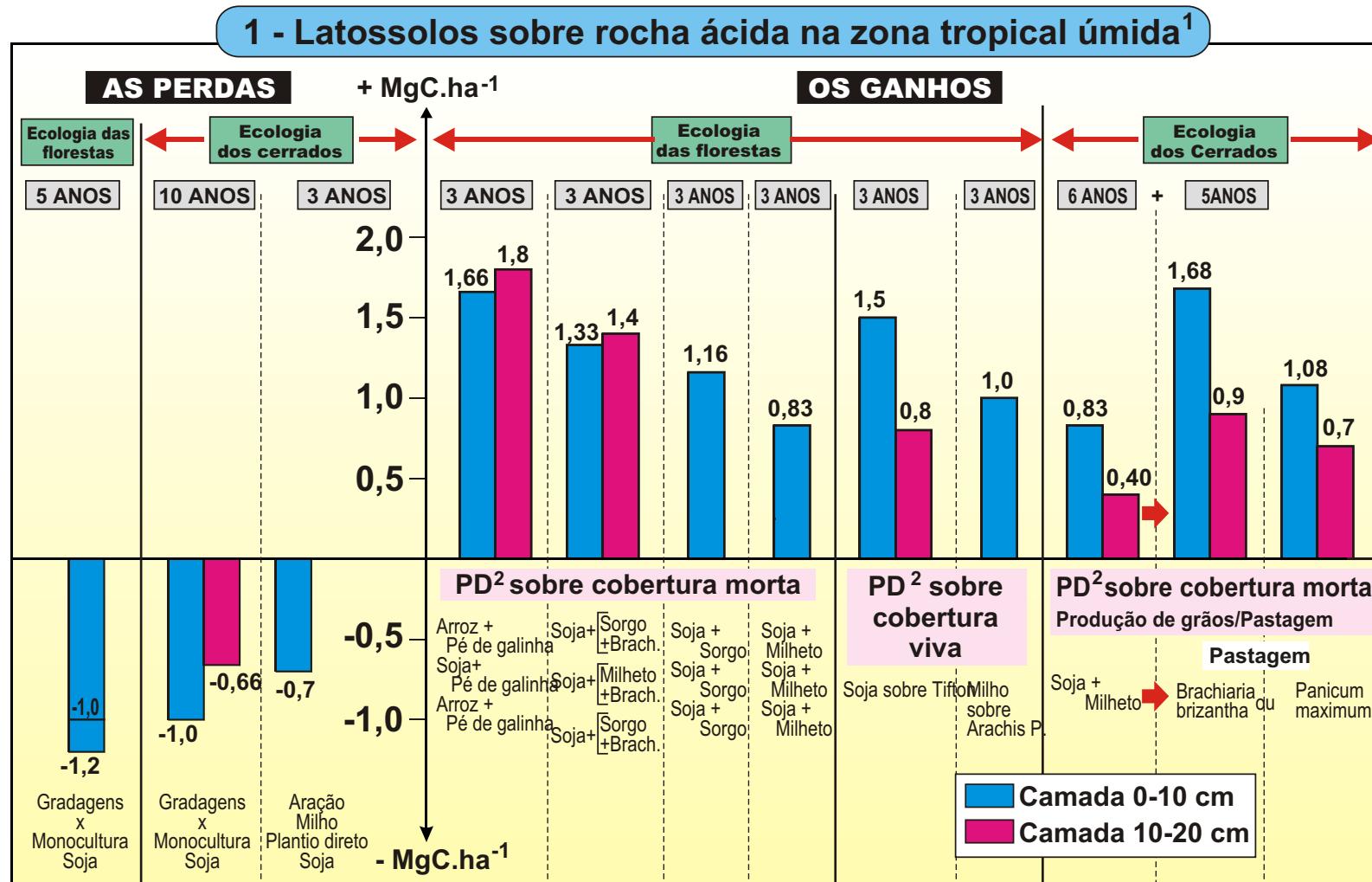
SÉGUY, L.; BOUZINAC, S. **Cultiver durablement et proprement les sols de la planète, en Semis direct**, France, 1998 a, 45p. (Doc.INTERNE CIRAD).

SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; MAEDA, E.; MAEDA, N. Large scale mechanized direct drilling of cotton in Brazil, The ICAC Recorder, **Technical Information Section**, v,16, n.1, march 1998 b, p.1-17.

SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; MARONEZZI, A.C. Systèmes de culture et dynamique de la matière organique, France, 200 p. (Doc, e CD Rom em francês e português - CIRAD 2001).

SEGUY, L.; BOUZINAC, S.; MARONEZZI, A.C. Sistemas de cultivo e dinâmica da matéria orgânica in **Informações Agronômicas** n. 96, dezembro 2001: Encarte técnico de 32 páginas.

**FIG. 1 RESUMO DAS TENDÊNCIAS DE EVOLUÇÃO DOS TEORES MÉDIOS ANUAIS DE CARBONO DO SOLO (em MgC.ha<sup>-1</sup>), EM FUNÇÃO DA NATUREZA DOS SISTEMAS DE CULTIVO PRATICADOS -**

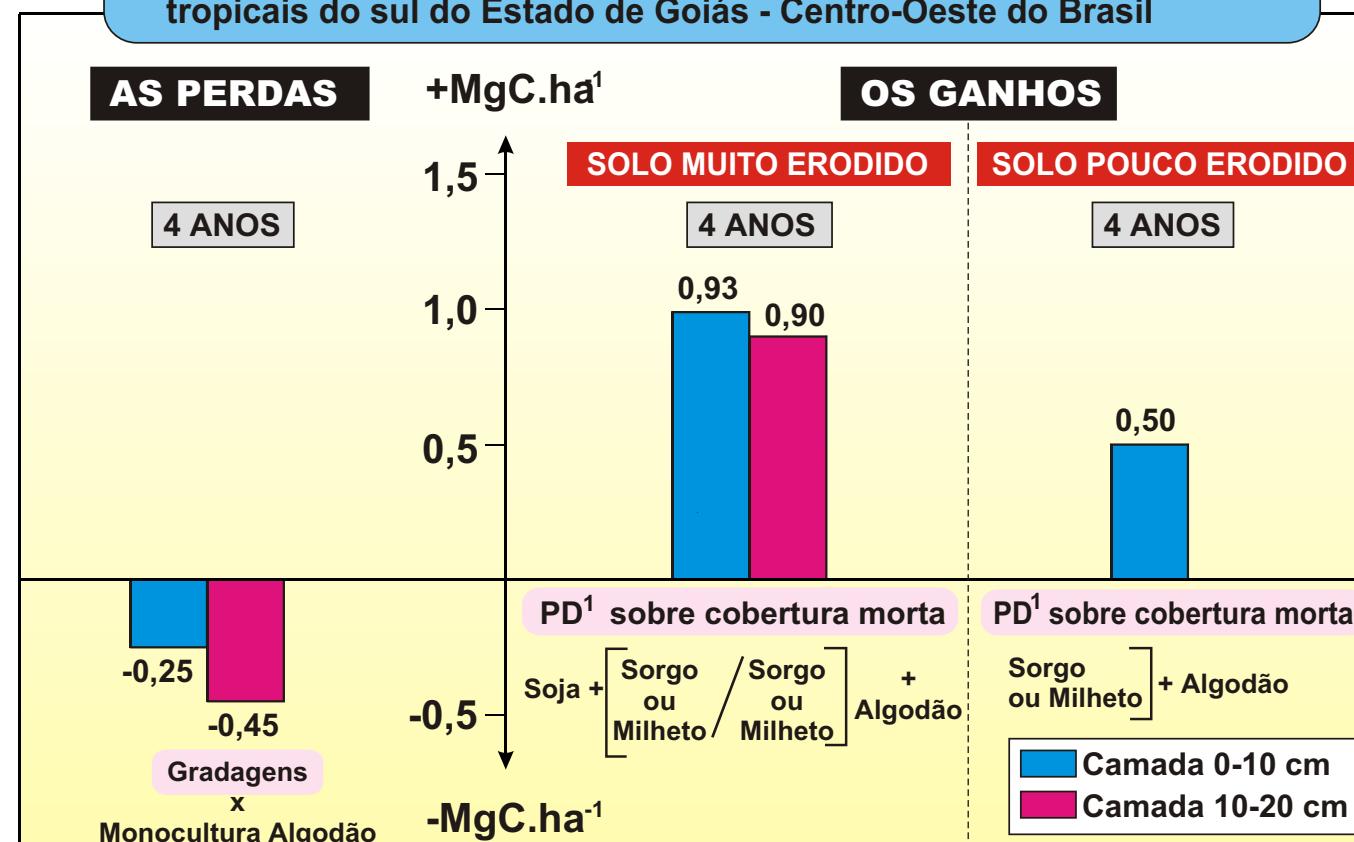


1- Brasil e Gabão; 2 - PD = Plantio direto

FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA/GEC; M. Matsubara, Faz. Progresso; A. C. Maronezzi, Agronorte; S. Boulakia et al., CIRAD - 1994/99 - Sinop/MT

**FIG. 1bis RESUMO DAS TENDÊNCIAS DE EVOLUÇÃO DOS TEORES MÉDIOS ANUAIS DE CARBONO DO SOLO (em MgC.ha<sup>-1</sup> ), EM FUNÇÃO DA NATUREZA DOS SISTEMAS DE CULTIVO PRATICADOS -**

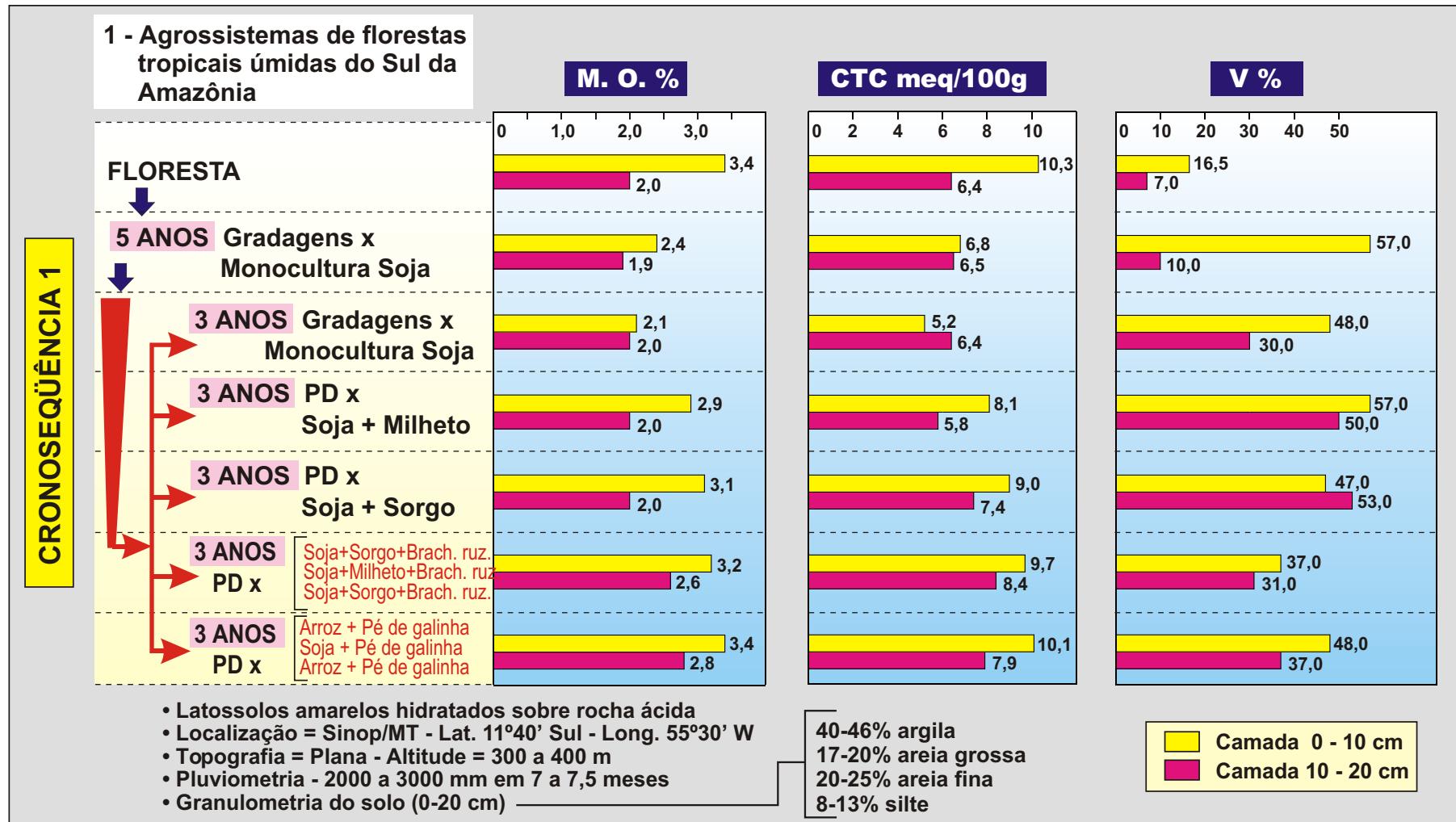
**2. Latossolos vermelho-escuros sobre basalto da ecologia das florestas tropicais do sul do Estado de Goiás - Centro-Oeste do Brasil**



1- PD = Plantio direto

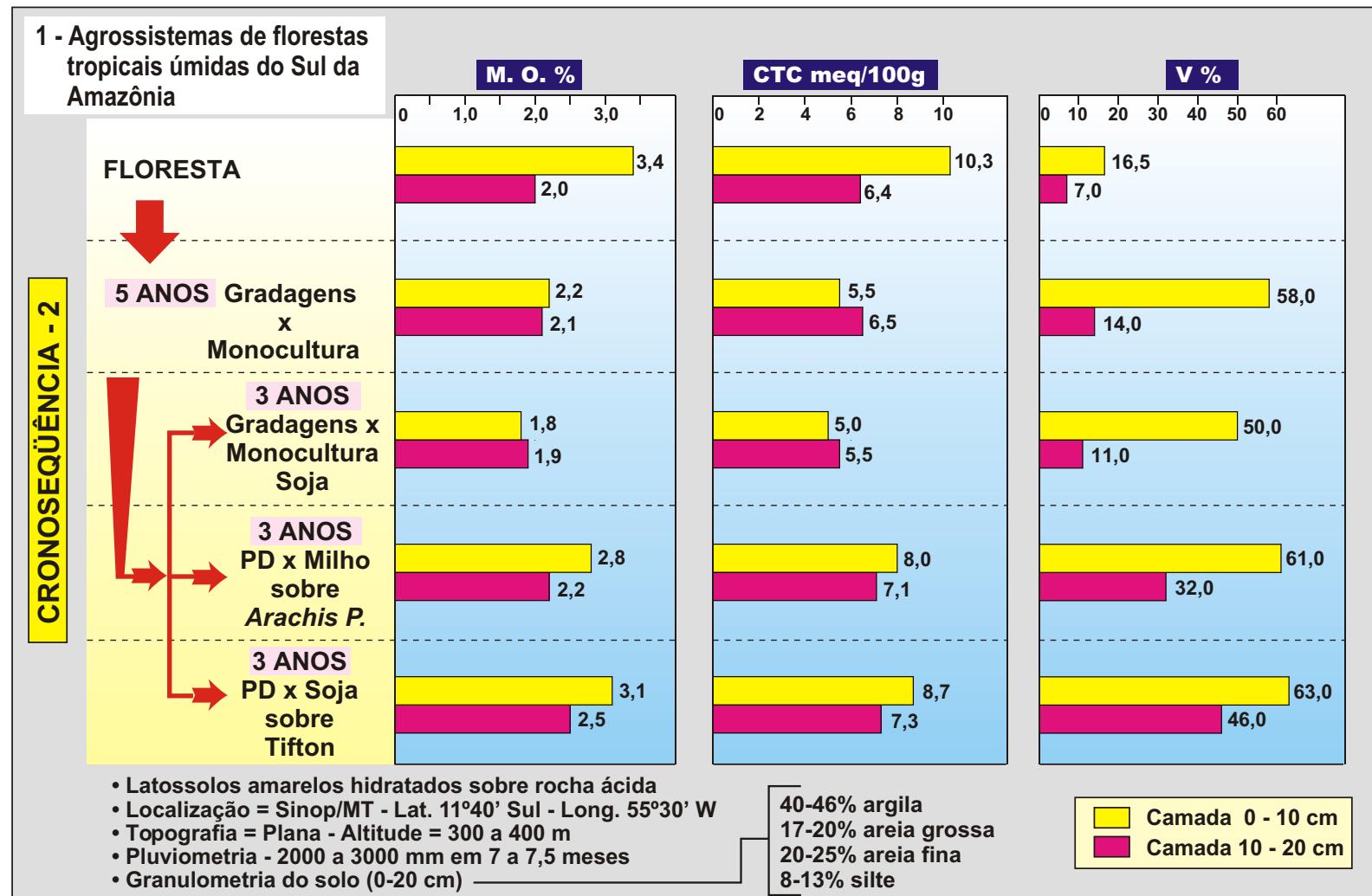
FONTE: E. Maeda, M. Esaki, Grupo Maeda; L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA/GEC; Porteirão/GO, 1995/1999

FIG. 2 TENDÊNCIAS DE EVOLUÇÃO DOS TEORES DE MATÉRIA ORGÂNICA (M. O. em %), DA CAPACIDADE DE TROCA CATIÔNICA (CTC em meq/100g) E DA TAXA DE SATURAÇÃO DE BASES (V em %), EM FUNÇÃO DA NATUREZA DOS SISTEMAS DE CULTIVO PRATICADOS EM VÁRIOS AGROSSISTEMAS CONTRASTADOS, TROPICais E SUBTROPICais -



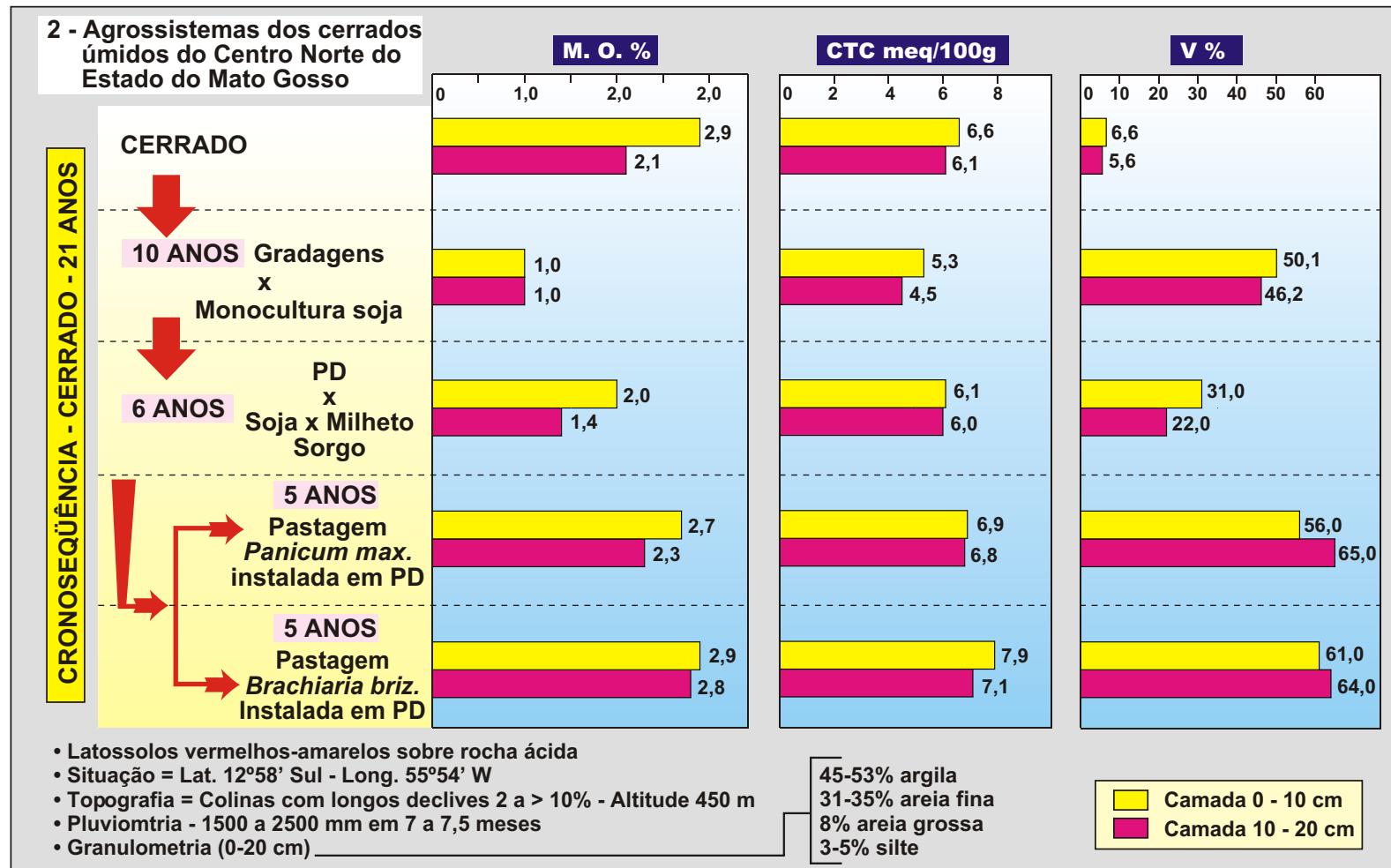
FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA/SCV; A. C. Maronezzi, Agronorte - Sinop/MT - 2000

FIG. 2 bis TENDÊNCIAS DE EVOLUÇÃO DOS TEORES DE MATÉRIA ORGÂNICA (M. O. em %), DA CAPACIDADE DE TROCA CATIÔNICA (CTC em meq/100g) E DA TAXA DE SATURAÇÃO DE BASES (V em %), EM FUNÇÃO DA NATUREZA DOS SISTEMAS DE CULTIVO PRATICADOS EM VÁRIOS AGROSSISTEMAS CONTRASTADOS, TROPICais E SUBTROPICais -



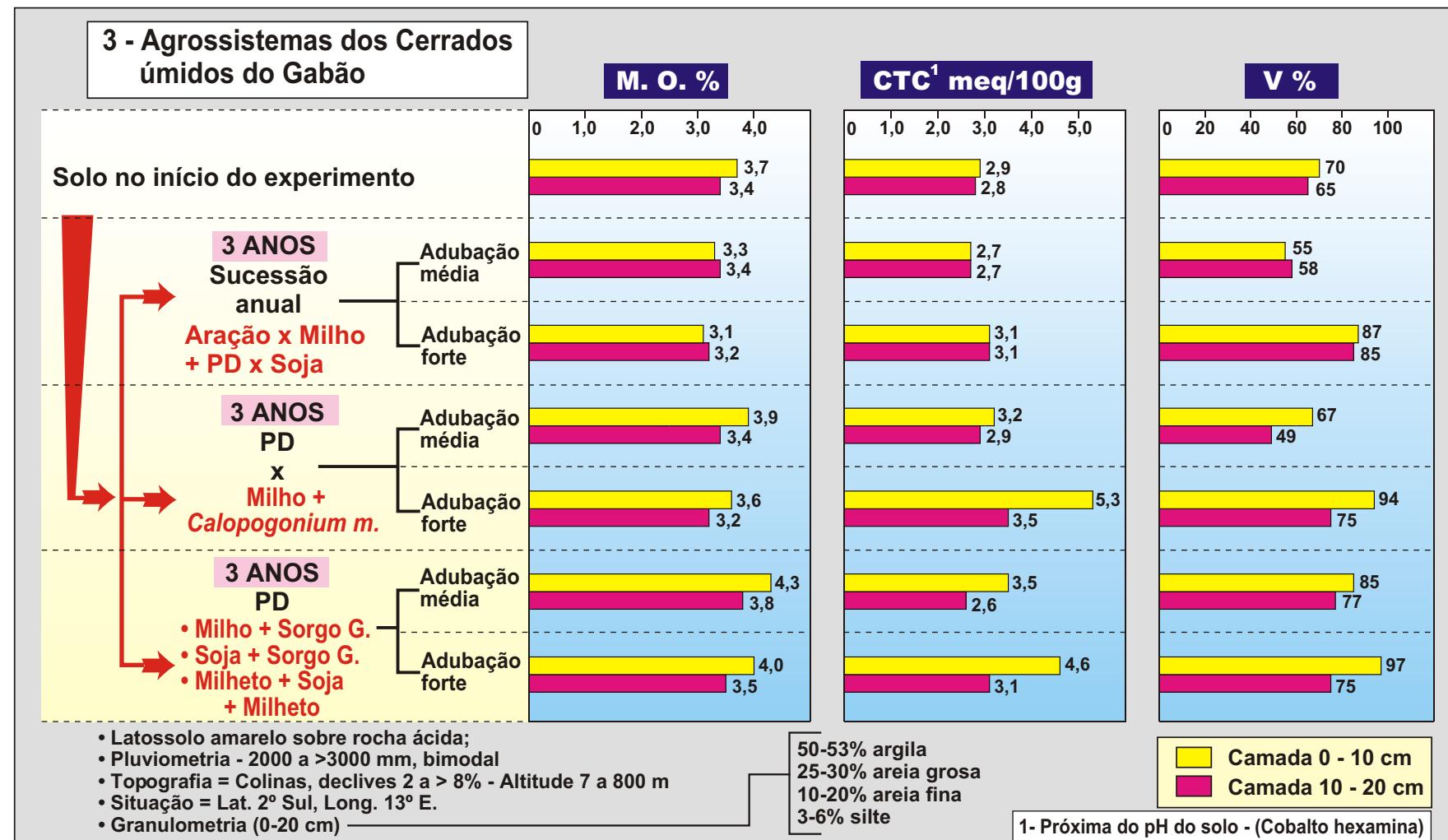
FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA/SCV; A. C. Maronezzi, Agronorte - Sinop/MT - 2000

FIG. 2 ter TENDÊNCIAS DE EVOLUÇÃO DOS TEORES DE MATÉRIA ORGÂNICA (M. O. en %), DA CAPACIDADE DE TROCA CATIÔNICA (CTC em meq/100g) E DA TAXA DE SATURAÇÃO DE BASES (V em %), EM FUNÇÃO DA NATUREZA DOS SISTEMAS DE CULTIVO PRATICADOS EM VÁRIOS AGROSSISTEMAS CONTRASTADOS, TROPICais E SUBTROPICais -



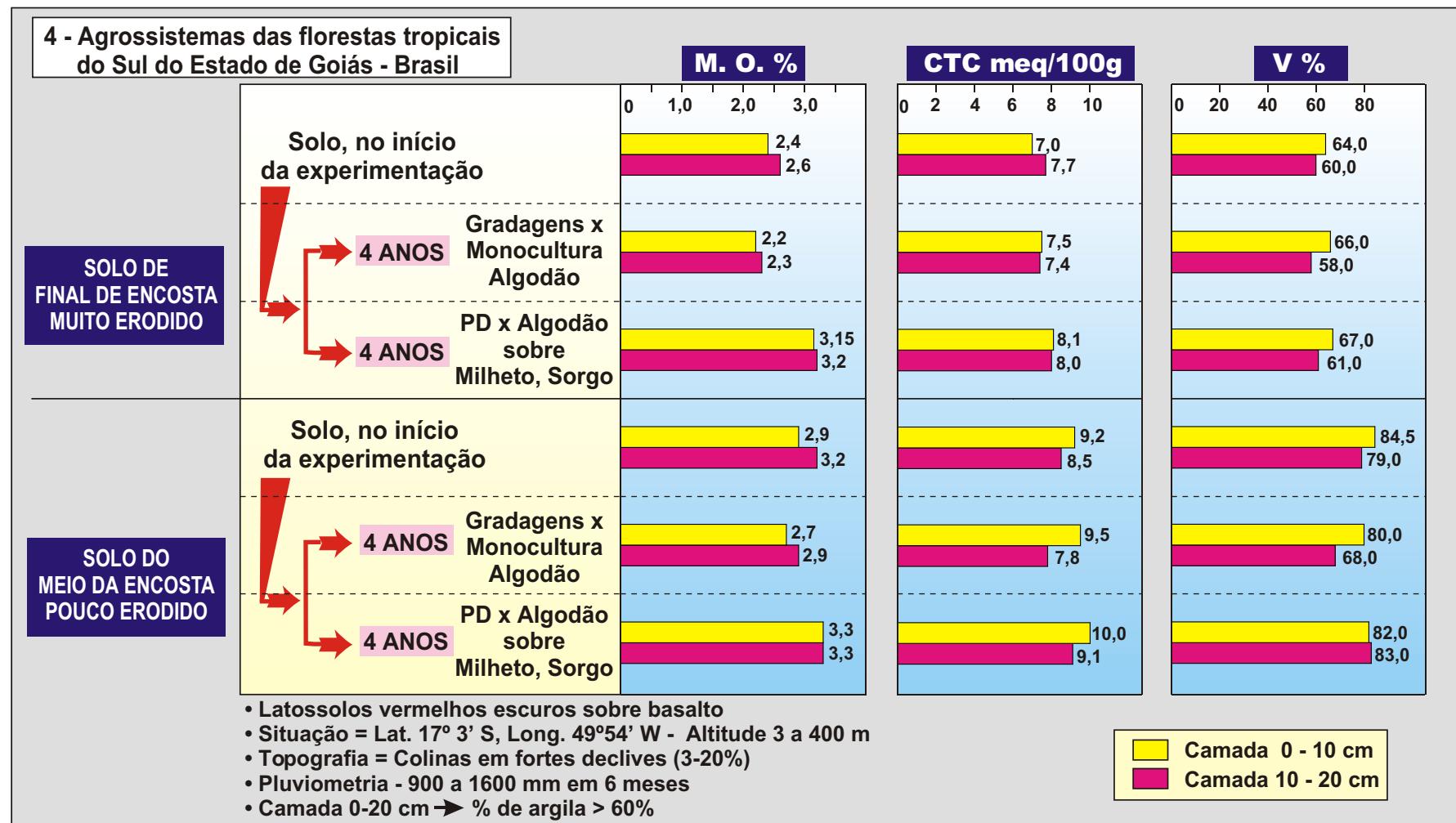
FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA/SCV; Munefumi Matsubara, Fazenda Progresso - Lucas do Rio e Verde/MT - 1978/1998

FIG. 3 TENDÊNCIAS DE EVOLUÇÃO DOS TEORES DE MATÉRIA ORGÂNICA (M. O. em %), DA CAPACIDADE DE TROCA CATIÔNICA (CTC em meq/100g) E DA TAXA DE SATURAÇÃO DE BASES (V em %), EM FUNÇÃO DA NATUREZA DOS SISTEMAS DE CULTIVO PRATICADOS EM VÁRIOS AGROSSISTEMAS CONTRASTADOS, TROPICais E SUBTROPICais -



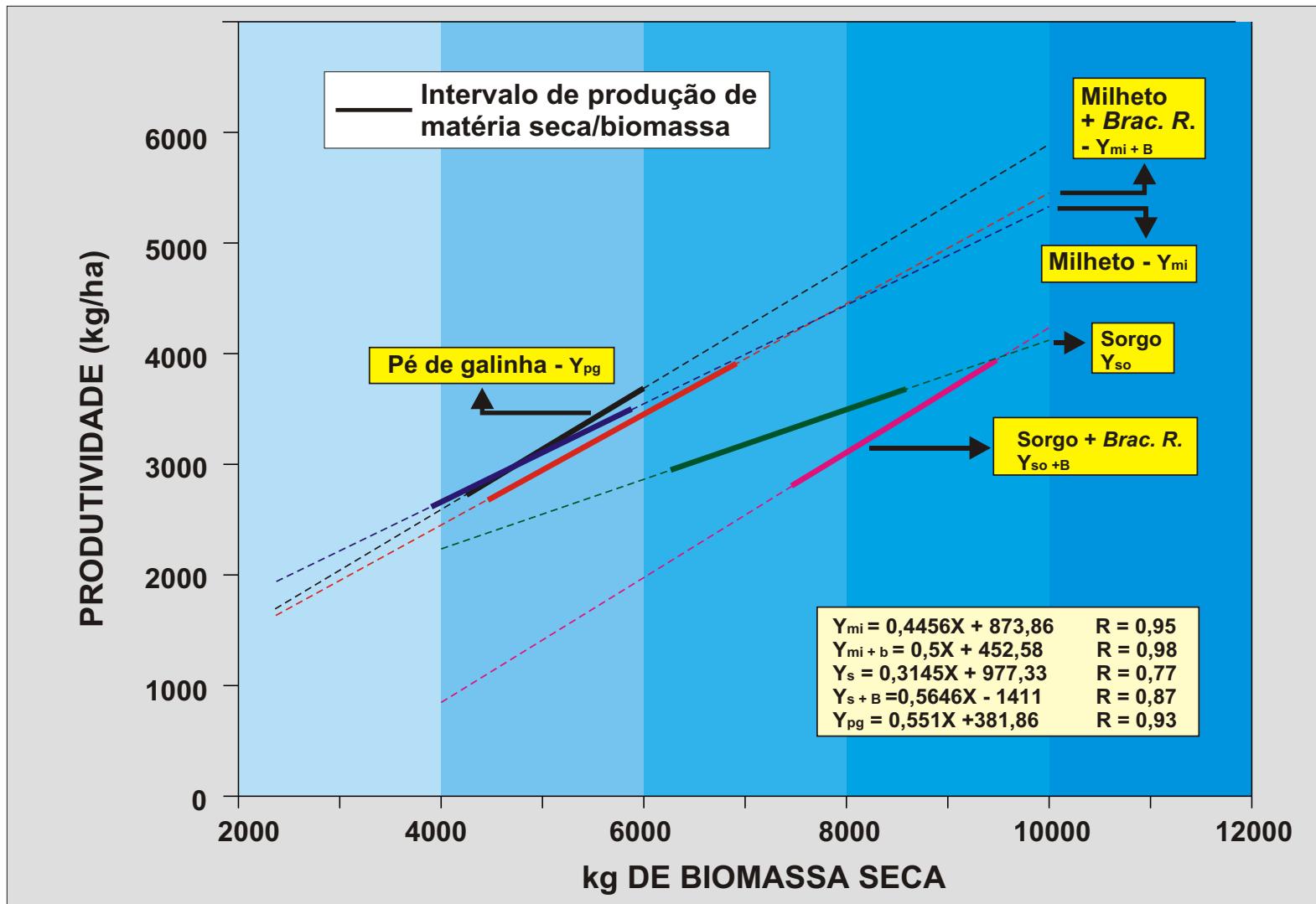
FONTE: S. Boulakia, L. Séguy, CIRAD; C. Madjou, CRAB; Franceville, Gabão - 1999 -

FIG. 3 bis TENDÊNCIAS DE EVOLUÇÃO DOS TEORES DE MATÉRIA ORGÂNICA (M. O. en %), DA CAPACIDADE DE TROCA CATIÔNICA (CTC em meq/100g) E DA TAXA DE SATURAÇÃO DE BASES (V em %), EM FUNÇÃO DA NATUREZA DOS SISTEMAS DE CULTIVO PRATICADOS EM VÁRIOS AGROSSISTEMAS CONTRASTADOS, TROPICAIS E SUBTROPICAIS -



FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA/SCV; E. Maeda, N. Maeda, M. A. Ide, Grupo Maeda, Fazenda Canadá - Porteirão/GO - 1999

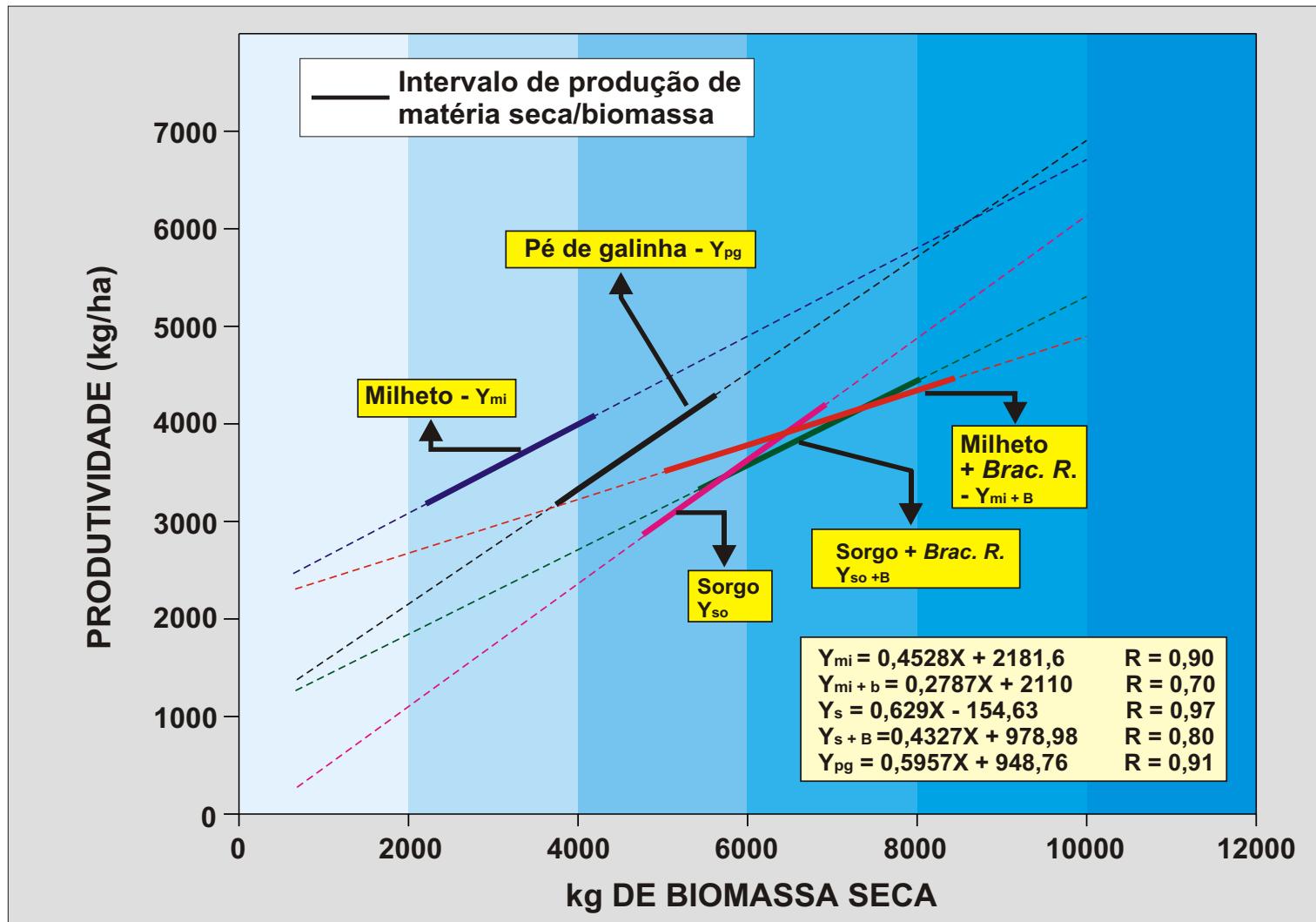
**FIG. 4 REGRESSÕES<sup>1</sup> ENTRE A QUANTIDADE E NATUREZA DA BIOMASSA SECA  
E A PRODUTIVIDADE DA SOJA DE CICLO INTERMEDIÁRIO (CV. Conquista)  
SOBRE 3 ANOS DE PLANTIO DIRETO - (1997/2000) - AGRONORTE - SINOP/MT, 2000**



**(1) 6 Repetições/nível de adubação/cada ano**

FONTE: Ségu L., Bouzinac S., CIRAD-CA; Maronezzi A., Lucas G. L., Bianchi M., AGRONORTE - Sinop/2000

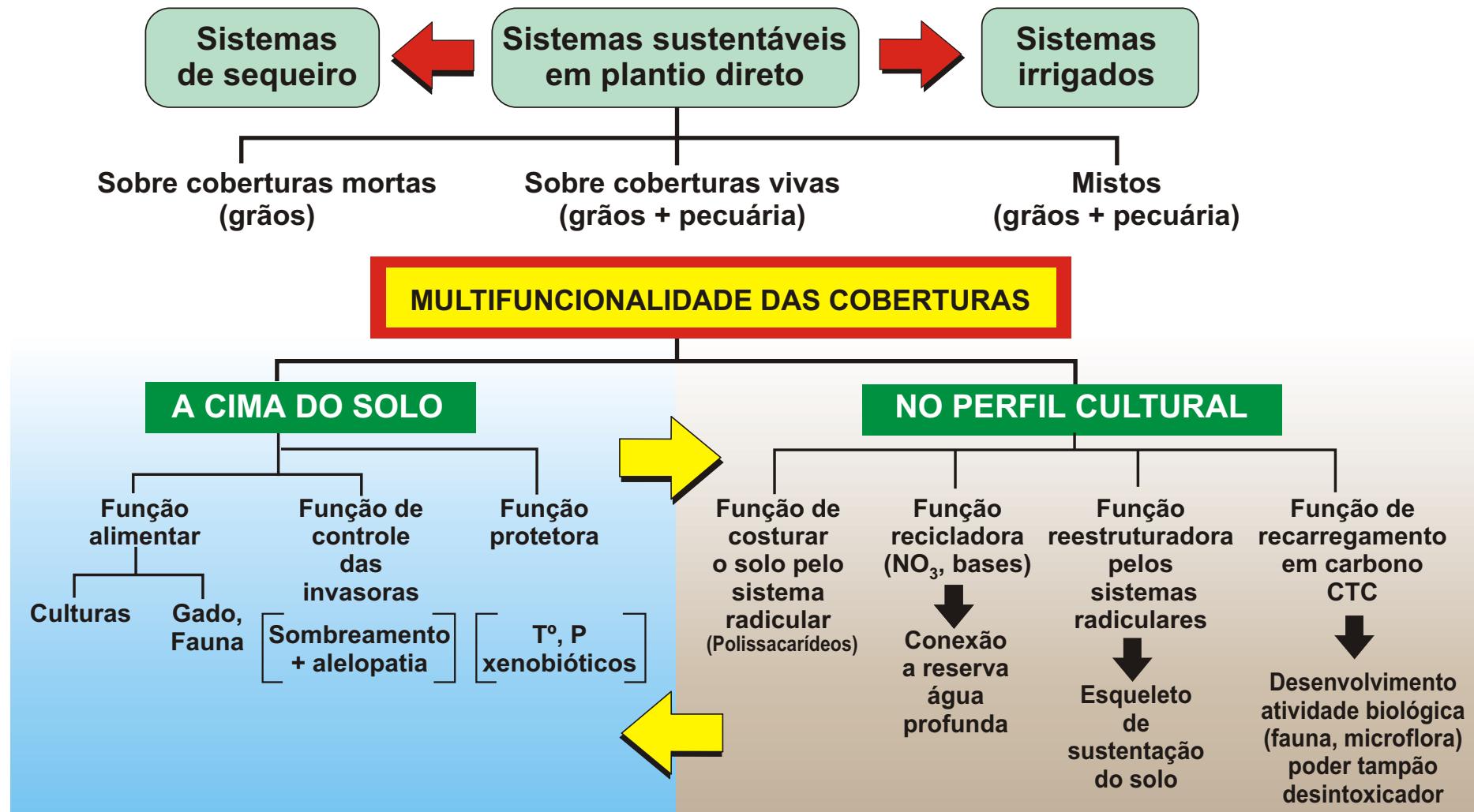
**FIG. 5 REGRESSÕES<sup>1</sup> ENTRE A QUANTIDADE E NATUREZA DA BIOMASSA SECA E A PRODUTIVIDADE DA SOJA DE CICLO MÉDIO (FT 114) SOBRE 3 ANOS DE PLANTIO DIRETO - (1997/2000) - AGRONORTE - SINOP/MT, 2000**



**(1) 6 Repetições/nível de adubação/cada ano**

FONTE: Ségu L., Bouzinac S., CIRAD-CA; Maronezzi A., Lucas G. L., Bianchi M., AGRONORTE - Sinop/2000

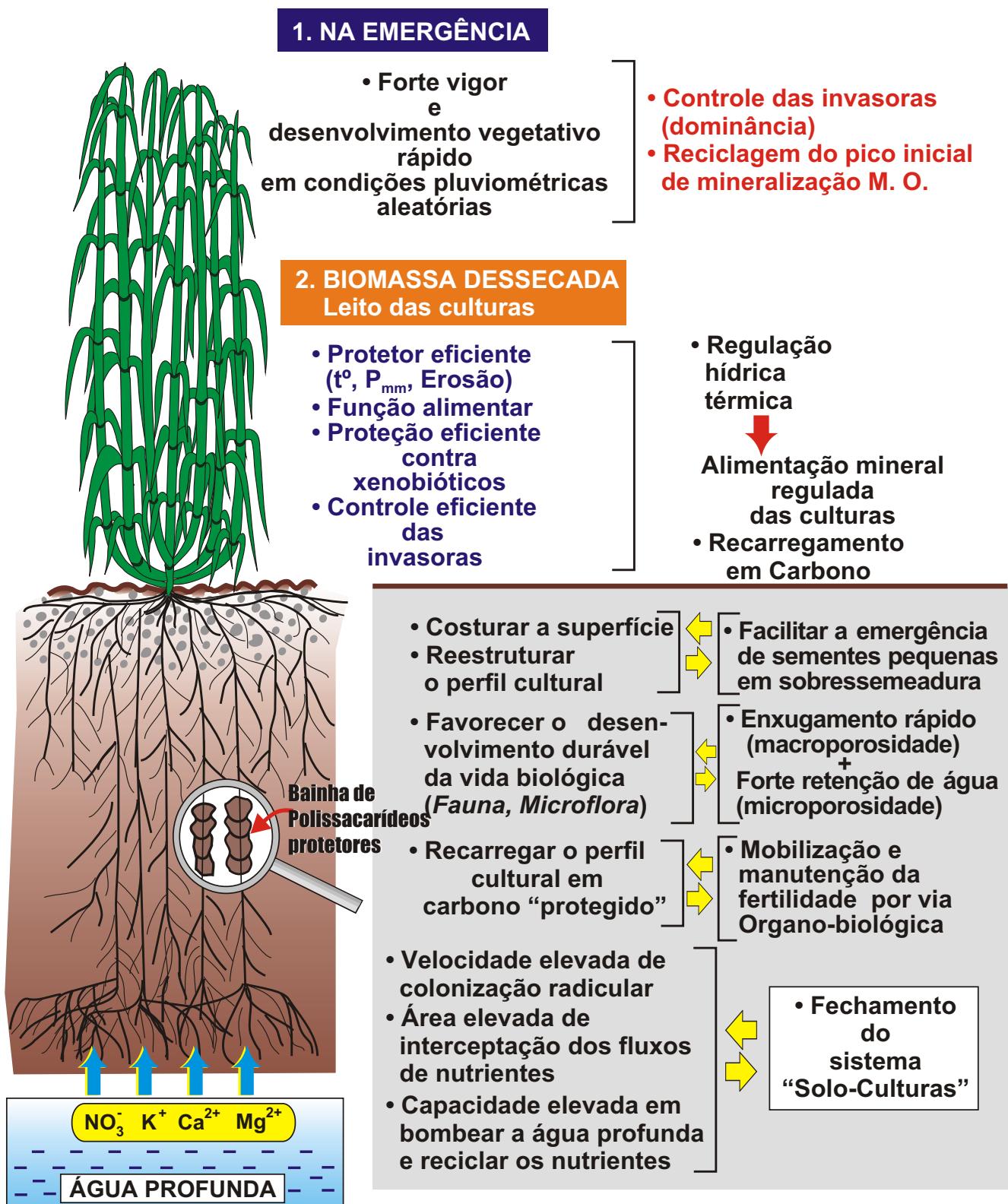
## FIG. 6 O CONCEITO DE MULTIFUNCIONALIDADE DAS BIOMASSAS DE COBERTURA EM PLANTIO DIRETO



FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA; A. C. Maronezzi, AGRONORTE, Sinop/MT - 1978/2000

**FIG. 7 ANATOMIA, PROPRIEDADES E FUNÇÕES DAS PLANTAS DE COBERTURA EM PLANTIO DIRETO**  
**- Bombas biológicas como interculturas -**

Exemplo: *Eleusine coracana* (Pé de galinha)



**FIG. 8 MINERALIZAÇÃO DAS COBERTURAS MORTAS = MILHETOS  
E SORGO GUINEA DEBAIXO DA CULTURA DE ALGODÃO -  
FAZENDA RECANTO - ITUMBIARA/GO, 1997**

Macro nutrientes	Milheto <sup>(3)</sup>		Sorgo guinea <sup>(3)</sup>	
	Quantidade mineralizada (kg/ha) <sup>(1)</sup>	Quantidade restante (kg/ha) <sup>(2)</sup>	Quantidade mineralizada (kg/ha) <sup>(1)</sup>	Quantidade restante (kg/ha) <sup>(2)</sup>
N	69,0	30,0	47,0	31,0
P	3,4	0,4	4,1	0,5
K	97,0	2,9	41,0	28,0
Ca	5,6	11,4	7,7	15,3
Mg	8,2	1,8	5,9	3,3
S	3,0	0,9	3,0	1,9

1 - Diferença entre elementos minerais contidos na biomassa na dessecação logo antes do plantio direto e elementos minerais restantes na biomassa, 1 mês antes da colheita do Algodão.

2 - Elementos minerais restantes na biomassa, 1 mês antes da colheita do Algodão.

3 - • Milheto forrageiro ⇒ Biomassa seca na dessecação = 3830 kg/ha; Biomassa restante = 1360 kg/ha (35%)

• Sorgo guinea ⇒ Biomassa seca na dessecação = 4600 kg/ha; Biomassa restante = 2780 kg/ha (60%)

- Taxa de mineralização do Milheto debaixo do Algodão = 65%;

- Taxa de mineralização do Sorgo debaixo do Algodão = 40%

FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD CA - GEC; Grupo Maeda, Itumbiara/GO, 1997

**FIG. 9 FUNÇÕES = ALIMENTAR, NEUTRALIZAÇÃO DA ACIDEZ**

	Velocidade de decomposição após dessecação	Imobilização N no início do ciclo <sup>2</sup>	Neutralização da acidez	Valor forrageira
<b>Milheto<sup>(1)</sup></b>	Rápida	<b>Fraca (C/N = 22 a 27) (10-15N/ha localizados no plantio)</b>	-	<b>Bom (pastoreio, silagem)</b>
<b>Sorgos<sup>(1)</sup></b>	Lenta	<b>Forte (C/N = 41 a 49) (30N/ha localizados no plantio )</b>	-	<b>Bom (pastoreio após 40 dias, silagem)</b>
<b>Eleusine C.<sup>(1)</sup></b>	Média	<b>Média (C/N = 35) (15-20N/ha localizados no plantio)</b>	-	<b>excelente (pastoreio, feno)</b>
<b>Milho, Milheto, Sorgos + Brachiaria R. Stylosanthes G.</b>	Média	<b>Média (C/N = 37) (15-20N/ha localizados no plantio)</b>	<b>Forte</b>	<b>excelente (pastoreio)</b>
<b>Cynodon D. Tifton 85</b>	Lenta	<b>Média (20-25N/ha Localizados no plantio)</b>	-	<b>excelente (pastoreio, feno)</b>
<b>Arachis P. Amarillo</b>	Rápida	<b>Baixíssima -</b>	<b>Forte</b>	<b>excelente (pastoreio)</b>

(1) Milhetos, Sorgos. *Eleusine C.*, de alimentação humana. Farinhas com alto valor nutritivo, sem taninos, ricas em proteínas (11 a 14%)

- Milhetos CIRAD, Índicos
- Sorgos Africanos, CIRAD
- Sementes disponíveis
  - GRUPO MAEDA - Ituverava -SP
  - AGRONORTE - Sorriso, MT
  - EMGOPA - Goiânia, GO

((2) Recomendação fertilização de N no plantio direto de Cereais e Algodão

FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD CA - GEC; Agronorte, 1998

**FIG. 10 TEORES EM MACRO E MICRO NUTRIENTES RECICLADOS  
NAS COBERTURAS MORTAS (*Bombas biológicas*),  
NA COLHEITA - LATOSOLOS OXIDADOS -  
ECOLOGIA DE FLORESTA -SINOP/MT, 1998**

Natureza da cobertura morta	Macro nutrientes(kg/ha)								Micro nutrientes (g/ha)				
	N	P	K	Ca	Mg	S	C	C/N %	Zn	Cu	Fe	Mn	B
1. PARTE AÉREA <sup>(1)</sup>													
• <i>Eleusine C.</i> (CV 5352)	65	2,5	145	60	17	8	2275	35	115	34	915	205	12
• Sorgo (CIRAD 321) + <i>Brachiaria R.</i> (100 dias)	104	4	120	29	15	5	3830	37	132	63	1912	293	51
1. RAÍZES <sup>(2)</sup>													
• <i>Eleusine C.</i> (CV 5352)	44	2	6,4	12,8	2	3,6	2240	51	94	52	23592	138	135
• Sorgo (CIRAD 321) + <i>Brachiaria R.</i> (100 dias)	52	2,4	24,8	12,8	4	2,8	2000	38	104	46	7532	114	57

(1) - Produtividade de matéria seca aérea → *Eleusine C.* = 5t/ha; Sorgo + *Brachiaria R.* = 8t/ha

(2) - Produtividade de matéria seca radicular → *Eleusine C.* = 4t/ha; Sorgo + *Brachiaria R.* (100 dias) = 4t/ha

FONTE: L. Séguay, S. Bouzinac, - CIRAD CA - GEC; Agronorte - Sinop/MT, 1998

## FIG. 11 FUNÇÃO RECICLADORA DAS RAÍZES

	Velocidade de enraizamento	Biomassa radicular (90 dias)	poder reestruturador	Recarregamento em carbono do perfil cultural
Milheto <sup>(1)</sup>	Rápida 2,0-3,0 cm/dia	Média (C/N = 41)	médio	Médio (90 dias)
Sorgos <sup>(1)</sup>	Rápida 2,0-3,0 cm/dia	Elevada (C/N = 60)	Alto	Forte (90-110 dias)
<i>Eleusine C.</i> <sup>(1)</sup>	muito rápida 3,0-5,0 cm/dia	Muito elevada (C/N = 51)	Altíssimo	Forte (90-100 dias)
Milho, Milhetos, Sorghos + <i>Brachiaria R.</i> , <i>Stylosanthes G.</i>	Rápida	Muito elevada <sup>(2)</sup> (Atividade radicular contínua do <i>Brachiaria R.</i> ) (C/N = 35-38)	Altíssimo	Forte (90-100 dias) a fortíssimo (150-210 dias)
<i>Cynodon D. Tifton 85</i>	Rápida	Muito elevada (Rizomas + Estolões)	Altíssimo	Forte (contínuo)
<i>Arachis P. Amarillo</i>	Rápida	Média (Estolões)	Médio	Médio (contínuo)

(1) Milhetos, Sorgos, *Eleusine C.*, de alimentação humana. Farinhas com alto valor nutritivo, sem taninos, ricas em proteínas (11 a 14%)

- Milhetos CIRAD, Índicos
  - Sorgos Africanos, CIRAD
- {
GRUPO MAEDA - Ituverava -SP
- {
AGRONORTE - Sorriso, MT
- {
EMGOPA - Goiânia, GO

(2) Mais rico en nitrogênio - (1,3 a 1,5% N)

FONTE: L. Séguay, S. Bouzinac, CIRAD CA - GEC; Agronorte, 1998

## FIG. 13 CONDIÇÕES DE INSTALAÇÃO, PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA

	Condições de instalação	Modo de plantio (kg/ha)	PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA <sup>(2)</sup>			Possibilidade de rebrotação, após a estação seca, dentro da cultura no início das chuvas
			Início das chuvas Palhas (após 45-60 dias) (t/ha)	Final das chuvas Palhas (t/ha)	Grãos kg/ha	
<b>Milheto <sup>(1)</sup></b>	Muito fácil	• PD(7-10) • Lanço(20)	4 - 6	PP = 4 - 6 PT = 3 - 4	1300 - 2100 800 - 1500	Forte (pelo grãos)
<b>Sorgos <sup>(1)</sup></b>	Muito fácil	• PD(7-10) • Lanço(20)	4 - 6	PP = 6 - 10 PT = 4,5 - 6	1500 - 4000 700 - 1500	Forte (rebrota + grãos)
<b>Eleusine C. <sup>(1)</sup></b>	Muito fácil	• PD(2 - 3) • Lanço(5-7)	5 - 8	PP = 4,5-5,5 <sup>(3)</sup> PT = 3 - 4	1800 - 2200 1000 - 1300	Forte (pelos grãos)
<b>Milho, Milhetos, Sorgos + Brachiaria R. Stylosanthes G.</b>	Muito fácil	• PD(7 - 10) + Brachiaria R. (6 - 10)	Rebrota Brachiaria total > 10	PP = 7 a > 10t PT = 6 a 8t	1300 - 2000 400 - 1200	<i>Brachiaria</i> fica verde na estação seca. Rebrota rápida após fogo acidental, pastoreio
<b>Cynodon D. Tifton 85</b>	Difícil onerosa	Mudas	Estimativa final estação seca > 8t/ha			• Biomassas verdes na estação seca
<b>Arachis P. Amarillo</b>	Difícil onerosa	Sementes mudas	Estimativa final estação seca > 8t/ha			• Rebrota rápida, após fogo acidental pastoreio. Verde na estação seca

PD = Plantio direto, PP = Plantio Precoce, PT = Plantio Tardio

(1) Milhetos, Sorgos. *Eleusine C.*, de alimentação humana. Farinhas com alto valor nutritivo, sem taninos, ricas em proteínas (11 a 14%)

• Milhetos CIRAD, Índicos  
• Sorgos Africanos, CIRAD { • Sementes disponíveis { GRUPO MAEDA - Ituverava -SP  
AGRONORTE - Sorriso, MT  
EMGOPA - Goiânia, GO

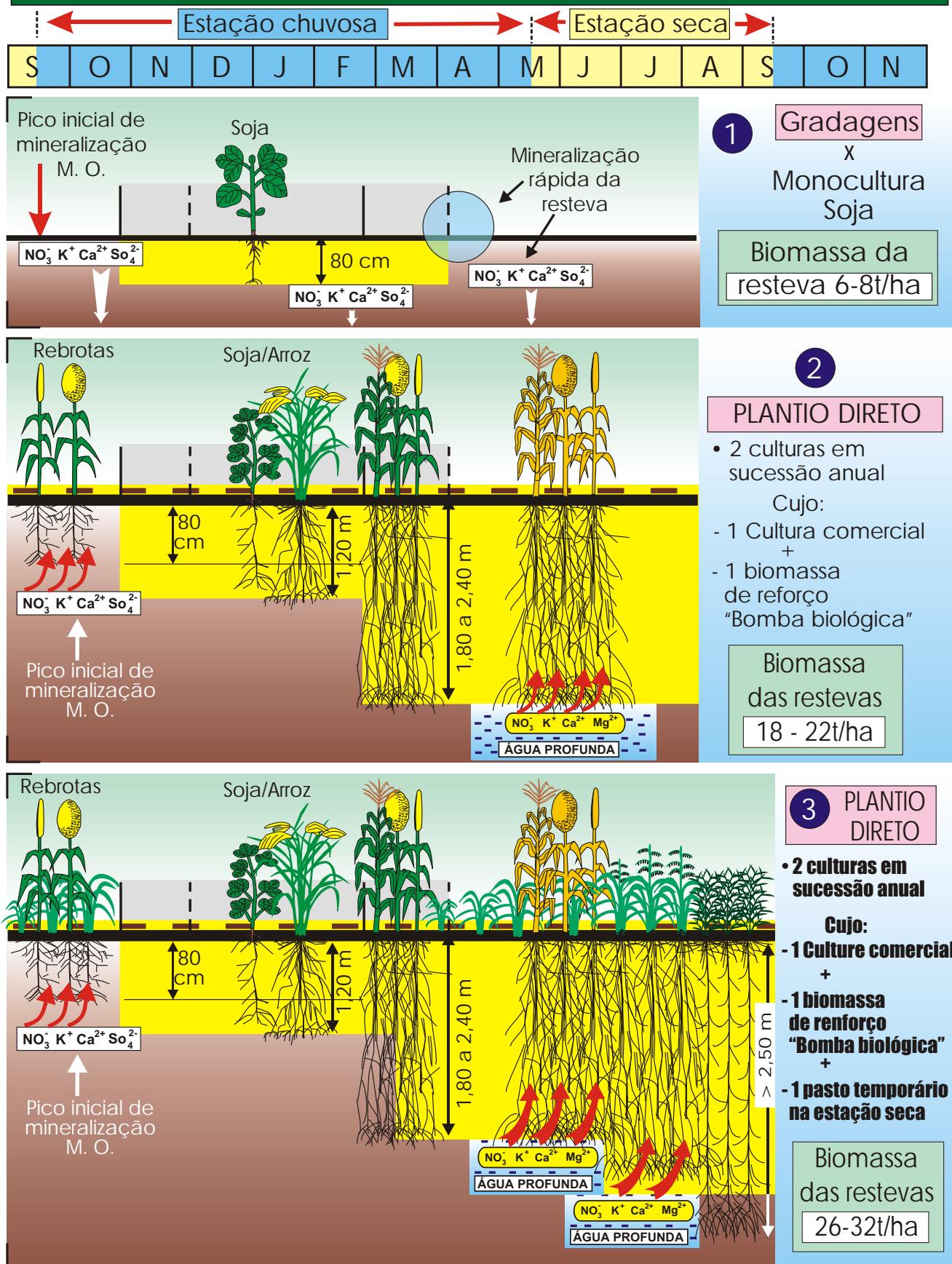
(2) Em função do nível de adubação e dos cultivares

(3) As palhas de *Eleusine* são muito ricas em K (2,9%), Ca (1,2%), Mg (0,34%), S (0,16%)

As de *Milheto*, são ricas em K (2,6%)

FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD CA - GEC; Agronorte, 1998

**FIG. 12 EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE CULTIVO, DA BIOMASSA DAS RESTEVAS E DA UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS -**  
Ecologia dos cerrados e florestas úmidas do Centro Norte Mato Grosso - 1986/2000



FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA; A. Maronezzi, Agronorte - Sinop/MT - 2001

**FIG. 14 FUNÇÃO = CONTROLE DAS INVASORAS ANUAIS E PERENES**

	Capacidade de controle dicotiledôneas	Capacidade de controle gramíneas	Capacidade de controle das pestes vegetais ( <i>Cyperus rotundus</i> )	Poder de infestação da cultura pela cobertura após dessecação	Dessecação da cobertura antes do plantio	Necessidade de herbicida na cultura
<b>Milheto<sup>(1)</sup></b>	Média	Média	Baixa	Médio (grãos)	Fácil Roundup + 2.4D	Média a alta
<b>Sorgos<sup>(1)</sup></b>	Elevada	Muito elevada	Muito elevada <b>EFEITOS DE SOMBREAMENTO + ALELOPATIA</b>	Forte (grãos + rebrotas)	Fácil Roundup	Baixa <sup>(2)</sup> a baixíssima
<b>Eleusine C.<sup>(1)</sup></b>	Elevada	Elevada	-	Forte (grãos)	Fácil Roundup + 2.4D	Média
<b>Milho, Milhetos, Sorgos + Brachiaria R. Stylosanthes G.</b>	Muito elevada <b>EFEITOS DE SOMBREAMENTO + ALELOPATIA</b>	Muito elevada	Muito elevada <b>EFEITOS DE SOMBREAMENTO + ALELOPATIA</b>	Baixíssimo até nulo	Fácil Roundup	Baixa <sup>(2)</sup> a nula
<b>Cynodon D. Tifton 85</b>	Muito elevada <b>EFEITOS DE SOMBREAMENTO + ALELOPATIA</b>	Muito elevada	Muito elevada <b>EFEITOS DE SOMBREAMENTO + ALELOPATIA</b>	Fortíssimo	Fácil Paraquat sequencial	Baixa
<b>Arachis P. Amarillo</b>	Muito elevada <b>EFEITOS DE SOMBREAMENTO</b>	Muito elevada	Muito elevada	Fortíssimo	Fácil Diquat sequencial	Baixa

(1) Milhetos, Sorgos. *Eleusine C.*, de alimentação humana. Farinhas com alto valor nutritivo, sem taninos, ricas em proteínas (11 a 14%)  
 • Milhetos CIRAD, Índicos      • Sementes disponíveis GRUPO MAEDA - Ituverava -SP  
 • Sorgos Africanos, CIRAD      AGRONORTE - Sorriso, MT  
     EMGOPA - Goiânia, GO

(2) As culturas implantadas nas coberturas mortas de Sorgo, e nos Milheto e Sorgo consorciados com *Brachiaria R.*, se beneficiam de uma gestão fácil das invasoras, e pouco onerosa (Soja, Algodão)

FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD CA - GEC; Agronorte, 1998

**FIG. 15 INTERVALOS DE PRODUTIVIDADE DE GRÃOS, DAS SAFRINHAS EM DIVERSOS SISTEMAS DE CULTIVO EM PLANTIO DIRETO - Ecologias de florestas e cerrados úmidos do Centro Norte Mato Grosso**

**AGRONORTE/MT - 2000**

Safrinha x Data de plantio direto	Níveis de adubação aplicados na cultura principal <sup>1</sup>		
	250 kg/ha	500 kg/ha	500 kg/ha + termofosfato ym 1500 kg/ha/3 anos
<b>■ APÓS SOJA CICLO CURTO ➔ Plantio direto entre 10-25/02</b>			
<b>Adubação baixa<sup>2</sup></b>			
• Milheto Nangagolo	1000 - 1300	1300 - 1800	1800 - 2500
• Sorgo 321	1200 - 1600	1600 - 2000	2000 - 3200
• Sorgo 321 + <i>Brachiaria</i>	1100 - 1500	1500 - 1800	1800 - 3000
• Sorgo pool preto	1000 - 1200	1200 - 1700	1700 - 2200
• Pé de galinha (PG 5352)	1200 - 1500	1500 - 1800	1800 - 3000
• Pé de galinha (PG 5352) + <i>Crotalaria spectabilis</i>	600 - 900 300 - 500	900 - 1300 500 - 850	1300 - 1800 850 - 1200
<b>■ APÓS ARROZ CICLO CURTO ➔ Plantio direto entre 10-25/02</b>			
<b>Adubação baixa<sup>2</sup></b>			
• Pé de galinha (PG 5352) + <i>Crotalaria spectabilis</i>	500 - 700 200 - 400	700 - 900 400 - 600	900 - 1200 600 - 800
<b>■ APÓS SOJA CICLO MÉDIO ➔ Plantio direto entre 10-20/03</b>			
<b>Sem adubação</b>			
• Milheto Nangagolo	1100 - 1300	1300 - 1600	1600 - 2200
• Sorgo pool preto	1100 - 1400	1400 - 1800	1800 - 2300
• <i>Crotalaria spectabilis</i>	350 - 550	550 - 700	700 - 900
• Pé de galinha (PG 6240)	700 - 900	900 - 1200	1200 - 1800

1 - Adubo formulado - 6-16-16 + micros no Arroz; 0-16-16 + micros na Soja

2 - Adubo formulado { No nível 250 kg/ha aplicado a cultura principal ➔ 100 kg/ha 6-16-16  
Nos níveis 500 kg/ha e 500 kg/ha + termofosfato ➔ 200 kg/ha 6-16-16

FONTE: Séguy L., Bouzinac S., CIRAD-CA; Maronezzi A., Lucas G. L., Bianchi M., AGRONORTE - Sinop/2000

**FIG. 16 PRODUTIVIDADE DAS BIOMASSAS "BOMBAS BIOLÓGICAS" DE SARINHA,  
EM PLANTIO DIRETO PRECOCE DE 15-20 DE FEVEREIRO E EM SUCESSÃO  
DA SOJA DE CICLO CURTO OU INTERMEDIÁRIO**

AGRONORTE - SINOP/MT - 2000

BIOMASSA <sup>1</sup>	INTERVALO DE PRODUTIVIDADE DE MATÉRIA SECA (t/ha)					
	Adubação baixa <sup>2</sup>		Adubação média <sup>2</sup>		Adubação alta <sup>2</sup>	
	Grãos	Palha	Grãos	Palha	Grãos	Palha
Milheto Nangagolo	1,1 - 1,9	5,0 - 5,6	1,9 - 2,7	6,4 - 10,4	1,8 - 2,6	8,0 - 9,1
Sorgo CIRAD 155	1,0 - 1,6	6,4 - 8,4	1,8 - 3,0	10,9 - 13,2	2,1 - 2,3	10,3 - 13,9
Sorgo CIRAD 321	1,3 - 1,5	6,7 - 7,0	2,3 - 2,8	11,8 - 12,6	2,7 - 2,9	12,8 - 14,0
Sorgo CIRAD 202	-	-	3,6 - 4,9	11,8 - 14,2	-	-
Sorgo CIRAD 203	-	-	3,6 - 3,9	9,7 - 10,4	-	-
Pé de galinha (CV. 6240)	1,3 - 1,8	9,1 - 11,2	1,8 - 2,2	12,7 - 14,3	1,9 - 2,6	12,6 - 14,6
Adlai <sup>3</sup>	-	-	2,4 - 3,6	19,1 - 20,4	-	-

1. Adubação baixa ➔ 100 kg 5 - 15 - 15/ha

Adubação média e alta ➔ 200 kg 5 - 15 - 15/ha

2. Níveis de adubação aplicados por ha, a cultura principal que precede a biomassa safrinha:

- Adubação baixa ➔ 40P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 40 K<sub>2</sub>O na Soja; 56 N + 38 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 62 K<sub>2</sub>O no Arroz e Milho
- Adubação média ➔ 80P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 80 K<sub>2</sub>O na Soja; 89 N + 75 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 119 K<sub>2</sub>O no Arroz e Milho
- Adubação alta ➔ 80P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 80 K<sub>2</sub>O na Soja; 89 N + 75 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 119 K<sub>2</sub>O no Arroz e Milho + 1500 kg Termofosfato ym/3 anos

3. Plantio direto de dezembro, após biomassa de Pé de galinha ➔ opção para pecuaristas.

FONTE: Séguy L., Bouzinac S., CIRAD-CA; Maronezzi A. C., Lucas G. L., Bianchi M., AGRONORTE - SINOP/MT, 2000

**FIG. 17 PRODUTIVIDADE DAS BIOMASSAS "BOMBAS BIOLÓGICAS" EM DEZEMBRO 1999, ANTES DO PLANTIO DIRETO DAS CULTURAS DE ARROZ, ALGODÃO SAFRINHA E MILHO SAFRINHA**

AGRONORTE - SINOP/MT - 2000

BIOMASSA <sup>1</sup>	INTERVALO DE PRODUTIVIDADE DE MATÉRIA SECA (t/ha)		
	Adubação baixa <sup>2</sup>	Adubação média <sup>2</sup>	Adubação alta <sup>2</sup>
<i>Brachiaria r.</i>	4,3 - 8,0	6,0 - 8,1	7,6 - 10,4
Pé de galinha (CV 5352)	4,8 - 7,6	6,2 - 8,0	8,3 - 10,0
Pé de galinha (CV 5352) + <i>Crotalaria spectabilis</i>	4,2 - 6,4	4,6 - 6,7	5,8 - 8,9

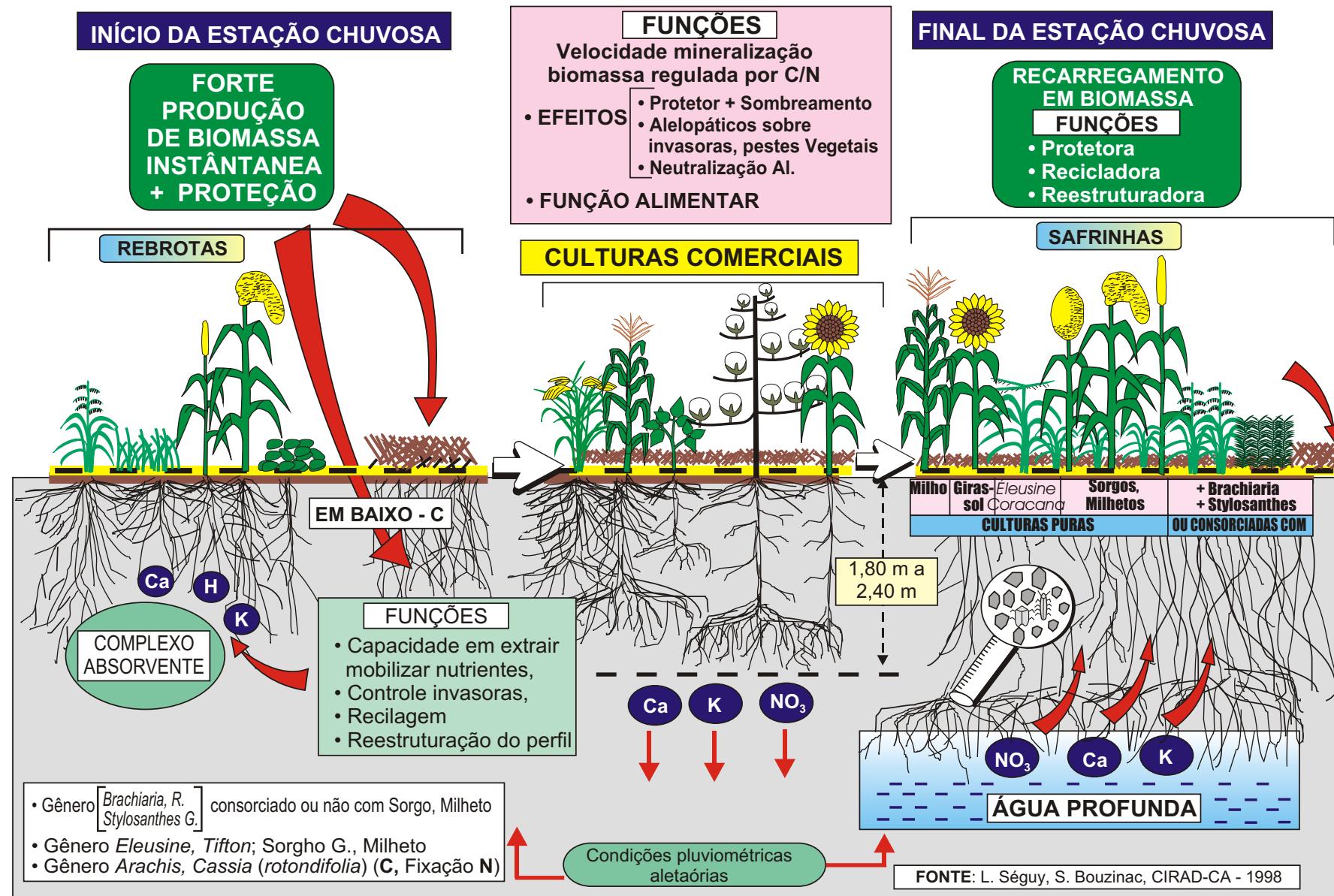
1. Sem nenhuma adubação, nem herbicida

2. Níveis de adubação aplicados a cultura principal que segue =

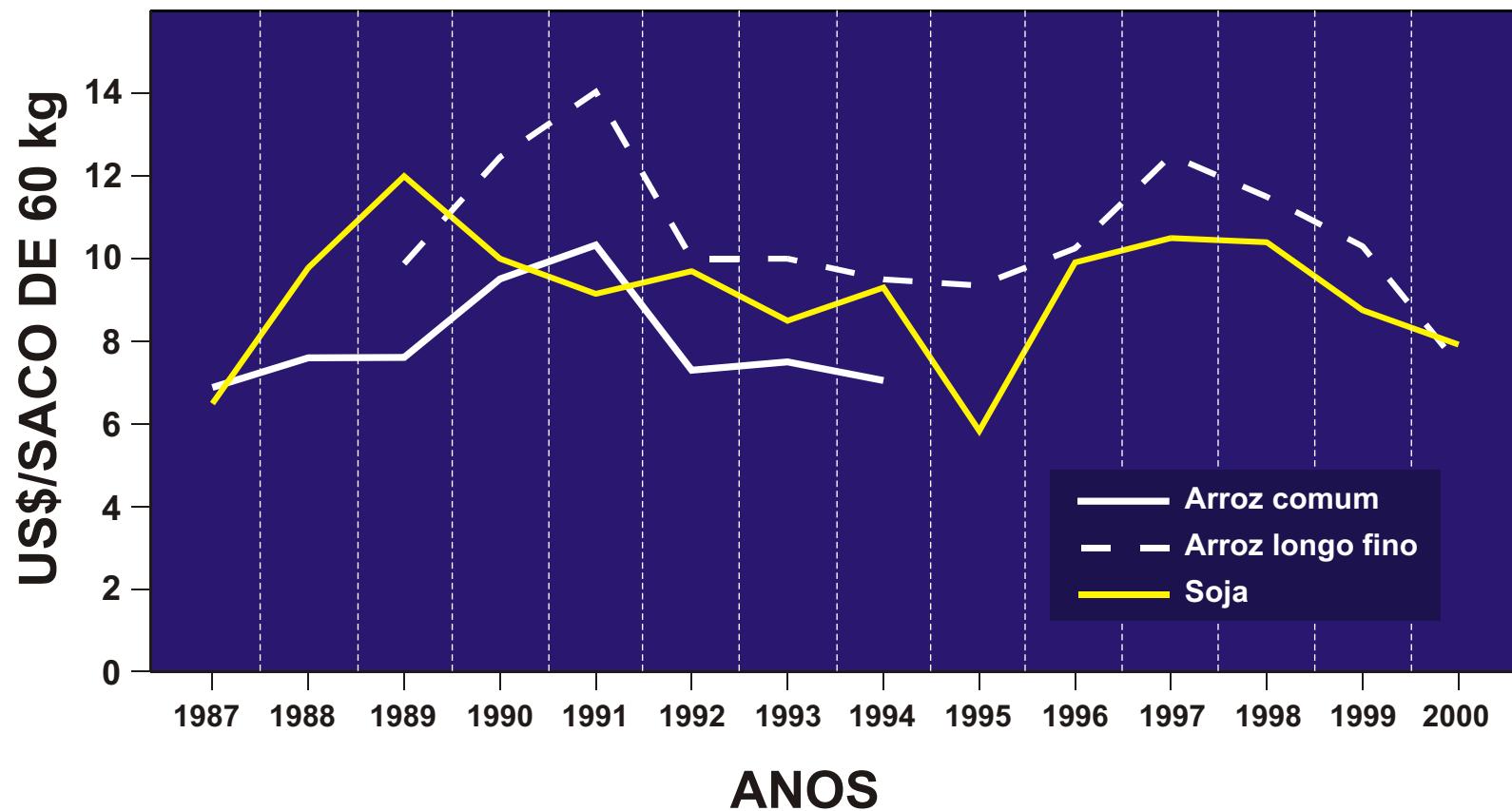
- Adubação baixa → 40P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 40 K<sub>2</sub>O na Soja; 56 N + 38 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 62 K<sub>2</sub>O no Arroz e Milho
- Adubação média → 80P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 80 K<sub>2</sub>O na Soja; 89 N + 75 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 119 K<sub>2</sub>O no Arroz e Milho
- Adubação alta → 80P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 80 K<sub>2</sub>O na Soja; 89 N + 75 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 119 K<sub>2</sub>O no Arroz e Milho + 1500 kg Termofosfato ym/3 anos

FONTE: Séguy L., Bouzinac S., CIRAD-CA; Maronezzi A. C., Lucas G. L., Bianchi M., AGRONORTE - SINOP/MT, 2000

**FIG. 18 SISTEMAS DE CULTURAS DIVERSIFICADAS NOS TRÓPICOS ÚMIDOS, NO PLANTIO DIRETO**  
 → Integração: Produções alimentares e industriais com a pecuária



**FIG. 19 EVOLUÇÃO DOS PREÇOS PAGOS AOS PRODUTORES<sup>1</sup> PARA AS PRODUÇÕES PRINCIPAIS DE ARROZ E SOJA SOBRE AS FRONTEIRAS AGRÍCOLAS DO CENTRO NORTE DO ESTADO DO MATO GROSSO - Sinop/MT - 1987/2000**



1 - Período Fevereiro - Março, a cada ano

FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA/SCV - A. C. Maronezzi, Agronorte; Cooperlucas; Cooasol; Comicel; Prefeitura de Sinop - Sinop/MT - 1987/2000

**FIG. 20 INTEGRAÇÃO DE TODAS AS CULTURAS EM SISTEMAS DE PLANTIO DIRETO DIVERSIFICADOS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS OU INTEGRADOS COM A PECUÁRIA.**

+

- CRIAÇÃO DE MATERIAL GENÉTICO COM ALTO VALOR AGREGADO NOS SISTEMAS DE CULTIVO EM PLANTIO DIRETO  
Écologia das florestas e cerrados do Mato Grosso - MT/2000

(\*) Sistemas ainda não difundidos (Reprodutíveis, apropriáveis)

Performances das culturas nos sistemas de cultivo em plantio direto	Custo (C) US\$/ha	Benefício(B) US\$/ha	C/B
SOJA + SAFRINHA <sup>1</sup> + ENGORDA NA SECA • 4000 a 4600 kg/ha soja + • 1500 a 3500 kg/ha safrinha (Sorgo, Milheto, Pé de galinha) + • 1 a 1,5 UGB/ha, 90 dias de estação seca	450 a 520	150 a 350	1,3 a 3,4
SOJA SOBRE COBERTURA VIVA DE TIFTON • 3200 a 4600 kg de Soja +1 a 1,5 UGB/ha, 90 dias de estação seca	300 a 380	200 a 400	0,75 a 1,9
ARROZ DE SEQUEIRO DE ALTA TECNOLOGIA - 4200 a > 7000 kg/ha	420 a 630	100 a 500	0,84 a 6,3
ARROZ DE SEQUEIRO DE ALTA TECNOLOGIA como reforma de pasto - 3000 a 4000 kg/ha	450 a 550	100 a 150	3,0 a 5,5
ALGODÃO COMO CULTURA PRINCIPAL - 3000 a > 5000 kg/ha	900 a 1300	100 a 400	2,25 a 13
• ALGODÃO COMO SAFRINHA <sup>1</sup> Sobre forte biomassa ou em sucessão de Soja ou Arroz, de ciclo curto - 2400 à >3000 kg/ha	500 a 650	200 a 600	0,8 a 3,2

1 - Safrinha = Cultura de sucessão, com insumos mínimos ou sem insumos -

FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac - CIRAD-CA/ GEC; N. Maeda, M. A. Ide, A. Trentini, Grupo Maeda;  
A. C. Maronezzi, AGRONORTE, Sinop/MT, 2000

**TABELA 1 PROPOSTAS DE ROTAÇÕES E SISTEMAS DE CULTIVO  
EM PLANTIO DIRETO PARA O OESTE DA BAHIA**

OPÇÕES DE SAFRINHAS		PG = Pé de Galinha; Mi = Milheto; M = Milho variedade; BR = Brachiara ruziziensis; SO = Sorgo (variedades sem taninos); ST = Stylosanthes guyanensis; CB = Capim Buffel ( <i>Cenchrus ciliaris</i> ); SIR = Siratro ( <i>Macroptilium atropurpureum</i> ) DL = Dolichos lab lab					
PRODUÇÃO DE GRÃOS E FIBRAS	ANO 1	ANO 2		ANO 3			
		ALGODÃO ou MILHO + HÍBRIDO	SOJA + MILHO + HÍBRIDO	ALGODÃO ou MILHO + HÍBRIDO	SOJA + MILHO + HÍBRIDO		
PRODUÇÃO DE GRÃOS E FIBRAS	SOJA + Mi SO + Soja Algodão	PG M SO Mi BR ST CB SIR DL Mi	ALGODÃO ou MILHO + HÍBRIDO	PG M SO Mi BR CB Mi	ALGODÃO ou MILHO + HÍBRIDO	PG M SO Mi BR CB Mi	
INTEGRAÇÃO PRODUÇÃO DE GRÃOS, FIBRAS E PECUÁRIA	SOJA + Mi SO Mi	BR <sup>1</sup> ST <sup>1</sup> CB <sup>1</sup> SIR <sup>1</sup>	2 - 4 anos		SOJA + Mi SO Mi BR ST CB SIR DL Mi	ALGODÃO ou MILHO + HÍBRIDO	PG M SO Mi BR CB Mi

(1) Em cultura pura ou consorciados (*Capim Buffel e Brachiaria r. em consórcio com Stylosanthes g. ou Siratro*)

FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac., CIRAD -CA - 2002

# SISTEMAS DE CULTIVO E DINAMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA

Lucien Séguy<sup>1</sup>, Serge Bouzinac<sup>2</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

No inicio deste novo milênio, a agricultura mondial deverá efetuar uma verdadeira revolução para se adaptar, simultaneamente, à globalização dos mercados e do conhecimento, à pressão crescente dos consumidores que exigem produtos saudáveis e de qualidade, e a dos pesquisadores e da sociedade civil em geral para a salvaguarda do planeta.

As estratégias e os modelos de desenvolvimento terão de levar em conta a necessidade de produzir mais por unidade de recursos naturais, e assim sendo, será imperativo reduzir e até suprimir os efeitos negativos provocados pela atividade agrícola na natureza. Atualmente, estimativas oriundas de pesquisas recentes (*LAL et al., 1995, IPCC 1996*) evidenciam que o volume de CO<sub>2</sub> emitido do planeta para a atmosfera contribui com 50% para o efeito estufa e que a atividade agrícola representa mais de 23% do CO<sub>2</sub> total emitido.

Há mais de 20 anos no Brasil, mais de 15 anos na ilha da Réunion, mais de 10 anos em Madagascar e mais recentemente na Ásia (*Vietnam e Laos*), o CIRAD constrói, com seus parceiros de pesquisa e de desenvolvimento no Sul, diversos sistemas de cultivo em Plantio Direto<sup>3</sup> que devem responder a essas exigências.

Levando em consideração os inúmeros resultados já acumulados no que diz respeito às performances dos sistemas de cultivo na "Rede Plantio Direto do CIRAD-CA", só trataremos neste trabalho de alguns exemplos mais destacados nos planos ecológicos e sócio-econômicos que tiveram comprovação efetiva, e que alimentam ativa e significativamente a difusão e a apropriação pelos agricultores dos sistemas de cultivo preservadores do meio-ambiente.

Dentro deste estudo, três grandes ecologias foram escolhidas a título de exemplos demonstrativos. Elas são muito diferentes nos planos geomorfológico, pedológico, climático e sócio-econômico, porém, todas são submetidas a uma erosão intensa quando os solos forem preparados.

- Os Trópicos Úmidos (TU) foram representados pela região das favelas pioneiras do Sul da Bacia Amazônica no Brasil (*de 11 a 12° de latitude Sul*) e a região de Boumango, no Gabão, no Oeste da África (*2° de latitude N*). Elas correspondem ao domínio dos Latossolos sobre rocha ácida, altamente dessaturados, sob clima quente com alta pluviometria anual, com uma ou duas estações chuvosas, variando entre 2.000 e mais de 3.000 mm, distribuídas em 7 a 8 meses. As unidades geomorfológicas mais representativas são as colinas em meia-laranja, cujo declive vai de 2% até mais de 6%. Dois grandes ecossistemas estão lado a lado: o das FLORESTAS e o dos CERRADOS (savanas).

- Região das FLORESTAS TROPICAIS do Centro-Oeste brasileiro (*17° latitude Sul*), representativa dos Latossolos Vermelho-Escuros eutróficos com fortes potencialidades sobre rochas basálticas (os "tramps basálticos" cobrem 750.000 km<sup>2</sup> no Brasil); o clima é mais fresco na estação seca e a pluviometria variável de um ano para outro, oscila entre 900 e 1.600 mm, em 6 meses. As unidades geomorfológicas são constituídas de "dedos" basálticos com fortes declives (6 a 20%).

Nessas duas grandes ecologias abertas para a agricultura no final dos anos 70 desenvolveu-se uma agricultura mecanizada, praticada em grandes fazendas dominantes, e baseada em monoculturas industriais, tais como soja, algodão, ou em culturas alimentares, como arroz e milho, ou ainda a pecuária extensiva.

<sup>1</sup> Eng. Agr. do CIRAD-CA, sediado em Goiânia-GO, coordenador da Rede Plantio Direto do Programa GEC. Telefone: (62) 280-6286.  
E-mail: lseguy@zaz.com.br

<sup>2</sup> Eng Agr do CIRAD-CA, trabalha em equipe com L. Séguy no Brasil e na Rede Plantio Direto do Programa GEC. E-mail: lseguy@zaz.com.br

<sup>3</sup> Para mais informações, o leitor poderá consultar o Dossiê "Sistemas de cultivo e dinâmica da matéria orgânica" de L. Séguy, S. Bouzinac e A.C. Maronezzi, 2001. 203p. (Documento Interno CIRAD-CA) 34398 - Montpellier Cedex 5 França, 2001, ou o encarte em "Informações Agronômicas" da POTAPOS, nº 96, Dez. 2001

- **Região das Altas Terras da ilha de Madagascar**, que se beneficia de condições climáticas subtropicais, frescas e iunidas ( $19^{\circ}$  de latitude Sul), com altitude entre 1.200 e 2.000 m, e submetida a um regime ciclônico de chuvas; a pluviometria varia de 1.200 a 1.800 mm e as chuvas podem ser excepcionalmente agressivas durante os ciclones. Os solos são Latossolos sobre maciços cristalinos (localidade de Ibity), ou sobre aluvões lacustres antigos (localidade de Sambaina ), e são geralmente ricos em matéria orgânica de baixíssima atividade. Se a agricultura concentra suas atividades na rizicultura irrigada dos vales de altitude, praticada manualmente ou com tração animal, a densidade crescente de ocupação dos solos leva à colonização cada vez maior das colinas com fortíssimo declive, cobertas de latossolos humíferos fortemente dessaturados; a agricultura praticada manualmente é de baixíssima produtividade, sein insumos químicos, os solos são "arados" com pás tradicionais (Angady).

## 2. RESULTADOS

### 2.1. DINÂMICA DO CARBONO, DA CTC E DO TEOR DE SATURAÇÃO (V%)

Em todas as cronosequências estudadas em latossolos vazios quimicamente no inicio e com CTC efetiva baixa (LOPES 19&4), as tendências de evolução da CTC acompanham estritamente as da M.O.: nos sistemas de cultivo que perdem M.O. (com preparo de solo x monocultura), a CTC dos horizontes de superfície decresce; pelo contrário, ela cresce junto com a M.O., quando o teor desta aumenta nos sistemas em Plantio Direto. Com as técnicas de Plantio Direto, cria-se um poder de retenção dos adubos minerais proporcional ao nível de seqüestração do C, e se pode assim reduzir suas perdas por lixiviação (SÉGUY et al., 2001).

- O Plantio Direto influencia igualmente, de modo significativo, o teor de saturação das camadas superiores do perfil cultural, e principalmente na camada 10-20 cm onde as variações se mostram mais sensíveis (SEGUY et al., 2001). Para um mesmo nível de adubação mineral aplicado, o teor de saturação acompanha as variações da M.O. e da C. T.C.. O caso mais demonstrativo a esse respeito é o da cronosequência Cerrado dos Trópicos Úmidos, na qual as espécies forrageiras implantadas em Plantio Direto, para 5 anos, em rotação com as sucessões anuais soja + safrinhas, têm o papel de "bombas de cátions" e fazem crescer fortemente o teor de saturação das camadas superficiais, como se fossem aplicadas calagens em altas dosagens, enquanto nenhuma adubação mineral nem calagem foram aplicadas durante esses 5 anos

- A taxa de seqüestração de C nos sistemas de Plantio Direto mais atuante pode ser tão rápida e importante quanto são as perdas sob gestão inadequada com preparo do solo. Os sistemas em Plantio Direto mais eficientes a esse respeito são os que usam safrinhas a base de "biomassas de cobertura" ou "bombas biológicas", possantes fornecedoras de biomassa (*matéria seca aérea e radicular*) tais como milhetos ou sorgos, consorciados com *Brachiaria ruziziensis*, *Eleusine coracana*, *Cynodon dactylon*, nos Trópicos Úmidos, e as espécies forrageiras perenes dos gêneros *Pennisetum (clandestinum)*, *Desmodium (intortum)* nas regiões subtropicais de altitude. Estes sistemas levam, até em períodos curtos de 3 a 5 anos, a recuperar as taxas de M.O. dos ecossistemas originais e até a ultrapassá-las.

- O recarregamento em carbono, a curto prazo, do perfil cultural com os melhores sistemas de Plantio Direto interessa, de modo preferencial, a camada 0-10 cm, mas também a camada 10-20 cm, quando espécies forrageiras forem usadas em rotação, dos gêneros *Brachiaria*, *Eleusine*, *Cynodon*, *Pennisetum* (Fig. 1).

### 2.2. PERFORMANCES AGRONÔMICAS, TÉCNICAS E ECONOMICAS DOS SISTEMAS DE CULTIVO CONFRONTADAS COM A DINÂMICA DA M.O.

#### 2.2.1. ECO-REGIÃO DOS TRÓPICOS ÚMIDOS (TU)

- Num mesmo ano agrícola, pode-se produzir hoje (*e reproduzir*) 6 a 7 t/ha de arroz de sequeiro de grão agulhinha ou 4 a 5 t/ha de soja, seguidos em safrinha, de 3 a 5 t/ha de cereais "bombas biológicas", consorciadas com espécies

forrageiras que formarão uma pastagem durante toda a estação seca, a qual pode alimentar 1,5 a 2,0 cabeças de gado/ha nesses 4 meses (*produção de 50 a 90 kg/ha de carne*); estas três culturas anuais sucessivas, que abrangem os 12 meses do ano, conduzidas em Plantio Direto, consomem muito pouca adubação mineral: 50 a 115 kg N.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> no total, conforme a cultura de cabeceira (*soja ou arroz, respectivamente*), 100 a 110 kg P2O5.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, 110 a 130 kg K2O.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (Fig. 3).

Também é possível produzir entre 3.000 e 5.200 kg/ha de algodão (200 a 350 @/ha) em plantio direto após possantes biomassas de cobertura, em rotação com sucessões precedentes (Fig. 3).

No total, a produtividade das principais culturas quase triplicou em 15 anos; os progressos marcantes realizados são imputáveis mais aos avanços decisivos, que foram progressivamente construídos e conquistados na gestão dos solos e das culturas em Plantio Direto do que aos do melhoramento varietal (SÉGUY & BOUZINAC, 1992/2000; SÉGUY et al., 1996). -

- As consequências técnico-econômicas da utilização dos sistemas de cultivo em PD ou em solo preparado refletem as suas performances agronômicas.

As melhores performances técnico-econômicas são sempre obtidas em plantio direto; elas permitem, apesar da situação econômica muito instável nas fronteiras agrícolas, construir distribuição anual das diversas culturas na fazenda mais estáveis e de menor risco econômico. Em função do nível de risco escolhido pelo agricultor, os custos de produção podem variar de US\$ 300 a 600/ha nos sistemas em PD com base em arroz, soja, milho + safrinhas seguidas de engorda na estação seca, ou praticados sobre coberturas vivas e até US\$ 1.300/ha com a cultura algodoeira de alta tecnologia (PD + nível alto de insumos). As margens líquidas por hectare podem variar de 100 a mais de US\$ 600/ha, apesar da penalização econômica, e em função das escolhas e dos preços pagos aos produtores (Fig.2).

Os encargos de mecanização puderam ser reduzidos drasticamente com a adoção do PD: o número de tratores e de plantadeiras pode ser dividido por dois, assim como o consumo de combustível.

Pressões e penalizações econômicas que levaram à adoção maciça do PD desde 1995 transformaram essa região na campeã brasileira de produtividade em soja e arroz de sequeiro de alta tecnologia. Se a média de produtividade da soja ultrapassa amplamente 3.000 kg/ha (50 sclha) na região, em mais de 1,3 milhão de ha, produtividades de arroz de sequeiro entre 4.000 e 5.500 kg/ha (67 e 92 sclha) são, hoje em dia, corriqueira para os agricultores. Pouco a pouco, "na marra", nasceu, e em seguida se fortaleceu, um perfil de agricultores muito atuantes, aptos a afrontar a globalização, sem subsídios.

## **2.2.2. ECO-REGIÃO DAS FLORESTAS TROPICAIS SOBRE BASALTO DO CENTRO-OESTE BRASILEIRO (Sul do Goiás, Norte de São Paulo )**

- Na presença de um nível de adubação mineral médio de 85 N + 50 PZOg + 100 KZO + micros, os sistemas em Plantio Direto (PD) são sempre mais produtivos do que os sistemas em solo preparado: a diferença de produtividade do algodão em rotação a favor do PD varia de +15 a +18% nos anos climáticos favoráveis, qualquer que seja o estado de degradação do solo no início, a mais de 30% em solo pouco degradado, e até mais de 65% em solo muito erodido nos anos climáticos muito desfavoráveis ao algodoeiro, tais como 1997/98 e 1998/99.

- **NO PLANO ECONÔMICO**, os custos de produção do PD, cada vez mais dominados, revelam-se, em média, 5 a 10% inferiores aos dos preparos convencionais; como nas fases pioneiras do Mato Grosso, o número de máquinas pode ser reduzido em 50%, assim como o consumo de combustível (SÉGUY et al., 1998d).

As margens sempre são, como as produtividades, mais estáveis e nitidamente maiores no PD do que no preparo convencional: de 30 a 50% em função dos anos.

## **2.2.3. ECO-REGIÃO DAS ALTAS TERRAS DE MADAGASCAR**

Nas propriedades dos agricultores das Terras Altas, as performances agroeconômicas e técnicas dos sistemas de cultivo tradicionais praticados nos Tanety (colinas), com solos ácidos, são irrelevantes: para a cultura do milho,

por exemplo, a qual é importantíssima nesta região, a produtividade nos solos ácidos, varia entre 700 e 1.000 kg/ha com 5 t/ha de esterco e um calendário cultural extremamente carregado com mais de 200 dias/homem/ha em cultivo manual (De RHAM et al., 1995 ; FEYT et al., 1999). Estes números indicam bem, ao mesmo tempo, um calendário cultural muito constrangedor e condições de baixíssima fertilidade dos solos quando se usa tão somente a adubação orgânica (*o rendimento do milho cai para menos de 400 kg/ha sein nenhuma adubaçâo*).

• Os sistemas de cultivo em PD sobre as culturas de milho, soja e feijão produzem mais a cada ano, qualquer que seja o nível de adubação; com aração, a produtividade fica estagnada ou se mostra muito flutuante em presença dos mesmos níveis de insumos.

• Nos solos ácidos, improdutivos com as técnicas tradicionais de aração, o plantio direto permite alcançar, no 4º ano, de 3.000 até 6.000 kg/ha de milho dependendo do nível de adubação utilizado, de 1.400 a 2.300 kg/ha de feijão, e de 1.800 a 3.000 kg/ha de soja, nessas mesmas condições.

• Os sistemas de plantio direto consomem muito menos mão-de-obra do que os sistemas com aração: os manejos técnicos relativos às culturas de trigo, milho, arroz de sequeiro, feijão e soja necessitam respectivamente, em média: 74, 84, 96 e 90 dias/ homem/ha qualquer que seja o tipo de solo, contra 190 a mais de 220 dias/homem/ha para os manejos das mesmas culturas com aração;

• O Plantio Direto proporciona, portanto, uma grande economia de mão-de-obra em relação à aração, e justamente nas operações mais penosas do calendário cultural: preparo do solo e capinas. A aração faz uso de 50 dias/ha, em média, contra somente 4 dias/ha para tratar as biomassas da parcela ou com herbicida total de pré-plantio, ou para trazer biomassa seca exógena e assim reforçar a cobertura do solo.

• O controle das invasoras nas parcelas cultivadas necessitam de 60 a 70 dias/ha de capinas na aração, contra somente 6 a 12 dias/ha nos sistemas em PD (*uso de herbicida seletivo ou capina manual mínima ou ambos combinados*).

• No final, os tempos gastos nos itinerários técnicos em PD são reduzidos de 58 a 65% em relação aos conduzidos com aração e capinas tradicionais.

### 3. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O Plantio Direto sobre coberturas permanentes do solo é, sem dúvida, o paradigma mais completo construído até hoje para o desenvolvimento planetário de uma agricultura sustentável, preservadora do meio ambiente, manejado de modo mais "biológico" possível.

Mais do que portador de esperança, o PD mostra sua capacidade de restauração do estatuto orgânico dos solos tão rapidamente quanto este se degrada com o preparo destruidor nas grandes eco-regiões subtropicais e tropicais. O exemplo dos Trópicos Úmidos é eloquente a este respeito, onde os processos que comandam a degradação do recurso-solo (erosão) e a mineralização da M.O. andam mais depressa do que em qualquer outro lugar do planeta. O estatuto orgânico dos solos pode, com o uso dos sistemas em PD mais atuantes, alcançar logo e ainda ultrapassar os ecossistemas naturais (*florestas, cerrados*), até nessas eco-regiões com climas excessivos, onde temperatura e pluviometrias são altas e onde os solos são "vazios quimicamente", e apresentam um poder de retenção irrelevante em relação aos adubos minerais.

Se o Plantio Direto (PD) sobre cobertura vegetal propicia sempre, em todas as grandes eco-regiões estudadas, a seqüestração do carbono, a importância desta seqüestração depende da natureza e da tipologia dos sistemas de cultivo praticados: os mais atuantes para esta função são aqueles que produzem mais biomassa aérea com C:N e teor de lignina elevados, e que possuem sistemas radiculares muito desenvolvidos na superfície e em profundidade para poder utilizar eficientemente a água profunda do solo, abaixo da área de atuação radicular das culturas comerciais. Os sistemas radiculares mais resistentes à mineralização estão cercados de "mangas" importantes

de microagregados que protegem a M.O. (*pofssacarideos, endomicorras vesiculo-arbusculares, polifenéis*) como se encontram na espécie *Eleusine coracana*, cultivada pura ou consorciada coin leguminosas pivotantes, ou nas do gênero *Brachiaria*, consorciadas coin bombas biológicas recicladoras, tais como milheto e sorgo.

Nestes sistemas, a produção de matéria seca é continua durante o ano todo, através da utilização progressiva de uma enorme reserva hidrica, numa grande espessura de solo, e as concentrações em M.O. aumentam na superficie do solo. O recarregamento em carbono interessa principalmente a camada de 0-10 cm, mas também a de 10-20 cm, quando gramineas coin sistema radicular mais potente são usadas a cada ano: *Eleusine, Brachiaria* consorciada coin sorgo, milheto ou em pastagem durante 4 a 5 anos e espécies perenes usadas como coberturas vivas, tais como *Cynodon dactylon* ou *Pennisetum clandestinum*. O acréscimo de M.O. na superficie aumenta a resistência dos microagregados e a proteção da M.O.; ou seja, a M.O. aumenta a estabilidade dos agregados onde se encontra, e os agregados mais estáveis, por sua vez, protegem a M.O. neles incorporada, estabelecendo assim relações reciprocas entre dinâmica da M.O. e estabilidade da agregação (*autoregulação, auto proteção*).

A evolução das performances agronômicas e "técnico-económicas" dos sistemas de cultivo acompanha, em todas as grandes eco-regiões, a evolução do estatuto orgânico dos solos:

- Nos Trópicos Úmidos, entre 1986 e 2000, em agricultura moderna mecanizada, os rendimentos das culturas tropicais soja e arroz foram mais do que duplicados e a produção de matéria seca total por hectare foi multiplicada por 4 a 5, permitindo produzir duas culturas anuais de grãos em sucessão seguidas de carne ou leite na estação seca, e ao mesmo tempo proteger totalmente o solo;

- Na ecologia das florestas tropicais do Centro-Oeste do Brasil, sobre latossolos oriundos de basaltos, coin fortes declives, o plantio direto, em cultivo moderno e mecanizado, propicia a controle total da erosão, o acréscimo de 10 a 30% nas produtividades do algodoeiro e da soja em rotação, e a diversificação da produção, controlando a peste vegetal "tiririca" (*Cyperus rotundus*).

- Na **eco-região subtropical de altitude das terras altas de Madagascar**, local coin erosão catastrófica, onde se pratica pequena agricultura familiar, manual e coin tração animal coin insumos minimos, a produtividade dos sistemas em PD é de 2 a 5 vezes superior à dos sistemas coin preparo do solo para as culturas principais de milho, feijão e soja.

Em todas as grandes eco-regiões, qualquer que seja o tipo de agricultura, os sistemas em PD controlam totalmente a erosão e são sempre nitidamente mais lucrativos do que os sistemas coin preparo do solo; as economias de mão-de-obra ou de máquinas e combustível são espetaculares, a favor do Plantio Direto.

Estes resultados obtidos em eco-regiões muito diferenciadas evidenciam que o Plantio Direto na cobertura vegetal permanente do solo propicia maior produção de modo mais estável e mais limpo, dando uma parte crescente para a fertilidade de origem organobiológica na capacidade do solo em produzir. Este tipo de agricultura que integra a noção de "biomassa anual", "bomba biológica" como "reforço" das culturas comerciais, pode agir como armazenador líquido de CO<sub>2</sub> e não mais como produtor líquido.

Os efeitos benéficos na qualidade biológica dos solos, da água, podem ser muito rápidos, permitindo caracterizar esta atividade como despoluidora, e, nesse sentido, receber subsídios da sociedade civil por sua participação na limitação do efeito estufa, na preservação das paisagens, das infra-estruturas rurais e da fauna: "créditos-carbono" poderiam constituir um meio estimulador para fomentar e sustentar o desenvolvimento agrícola nessa direção. Estes créditos poderiam ser modulados em função da capacidade dos manejos técnicos e dos sistemas de cultivo em seqüestrar o carbono e poluir menos, constituindo então argumentos decisivos na escolha dos agricultores.

Porém, estes cenários só serão mais e possíveis se os diversos acores do desenvolvimento, trabalhando de mãos dadas *in situ*, forem capazes de criar e aprimorar sempre esses sistemas de cultivo do futuro, mais atuantes em, simultaneamente, seqüestrar o carbono, reciclar os nitratos e as bases, degradar os xenobióticos (critérios *científicos e da sociedade civil*), e que satisfaçam os critérios de escolha da agricultura sustentável e os dos agricultores (*agronômicos e técnico-económicos*).

#### 4. BIBLIOGRAFIA

]PCC. Climate change 1995. Working group 1. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.

LAL, R.; LOGAN, T.J.. Agricultural activities and greenhouse gas emissions from soils of the tropics. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; LEVINE, E.; STEWART, B.A. (eds.). Soil management greenhouse. Boca Raton: CRC Press, 1995. p.293-307.

LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E.; WHITMAN, C. World soils and greenhouse effect: An overview. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E.; STEWART, B.A. (eds.). Soils and global change. Boca Raton: CRC Press, 1995. p.1-7.

LOPES, A.S. Solos do Cerrado - características, propriedades e manejo. Piracicaba: POTAPOS, 1984. 162p.

SÉGUY, L.; BOUZINAC, S. **Rapports annuels de recherches sur les fronts pionniers du Mato Grosso. ZTH -1992/2000.** (Doc. INTERNES CIRAD).

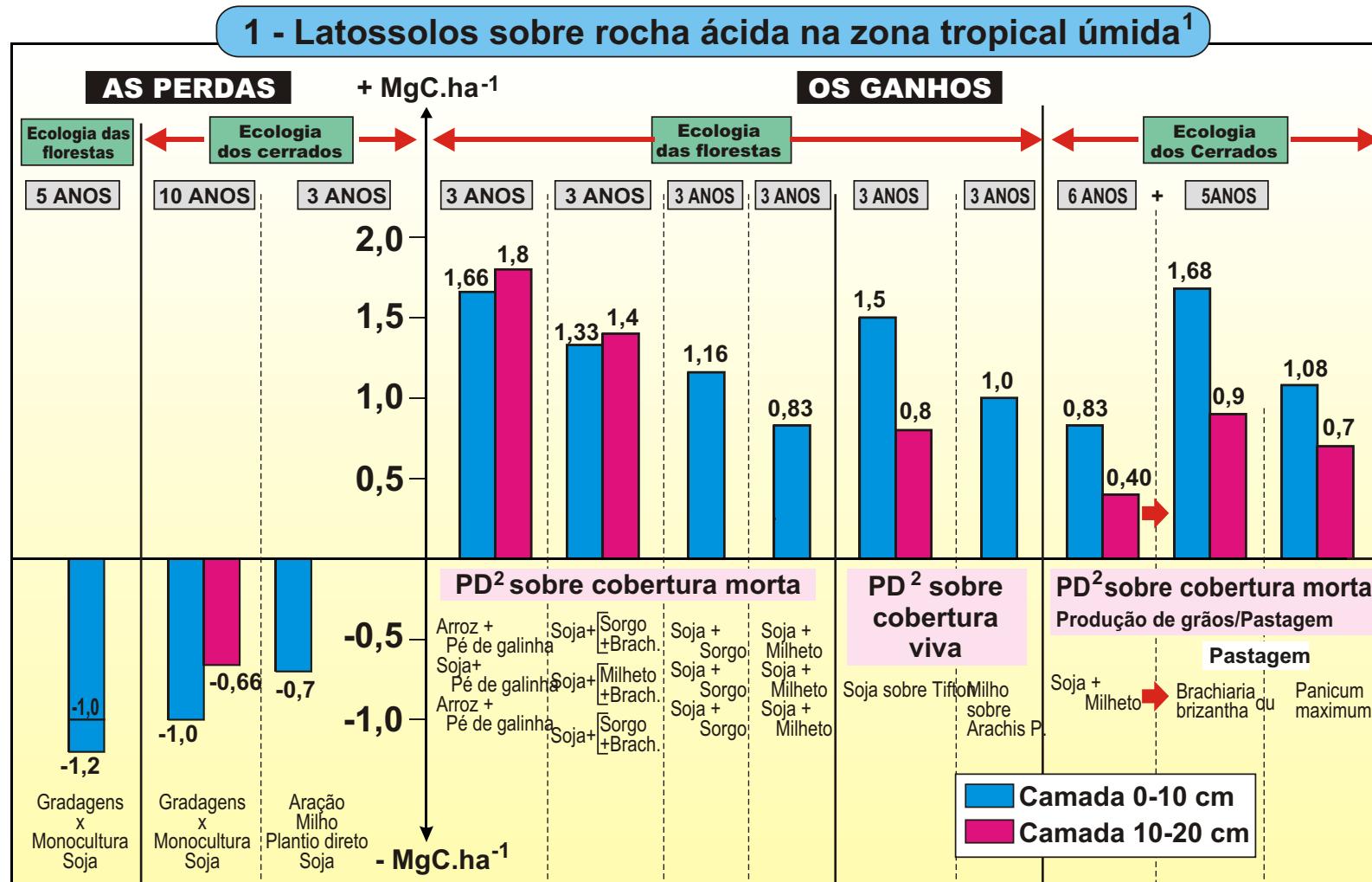
SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; TRENTINI, A.; CORTEZ, N.A. L'agriculture brésilienne des fronts pionniers. Agriculture et développement, n.12, décembre 1996. p.2-61.

SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; MAEDA, E.; MAEDA, N. Large scale mechanized direct drilling of cotton in Brazil. The ICAC Recorder. **Technical Information Section**, v.16, n. 1, march 1998d. . p.11-17.

SÈGUY, L.; BOUZINAC, S.; MARONEZZI, A.C. Systèmes de culture et dynamique de la matière organique. France, 200 p. (Doc. CIRAD).

SÈGUY, L.; BOUZINAC, S.; MARONEZZI, A.C. Sistemas de cultivo e dinâmica da matéria orgânica. in Informações Agronômicas n. 96, dezembro 2001: Encarte técnico de 32 páginas.

**FIG. 1 RESUMO DAS TENDÊNCIAS DE EVOLUÇÃO DOS TEORES MÉDIOS ANUAIS DE CARBONO DO SOLO (em MgC.ha<sup>-1</sup>), EM FUNÇÃO DA NATUREZA DOS SISTEMAS DE CULTIVO PRATICADOS -**

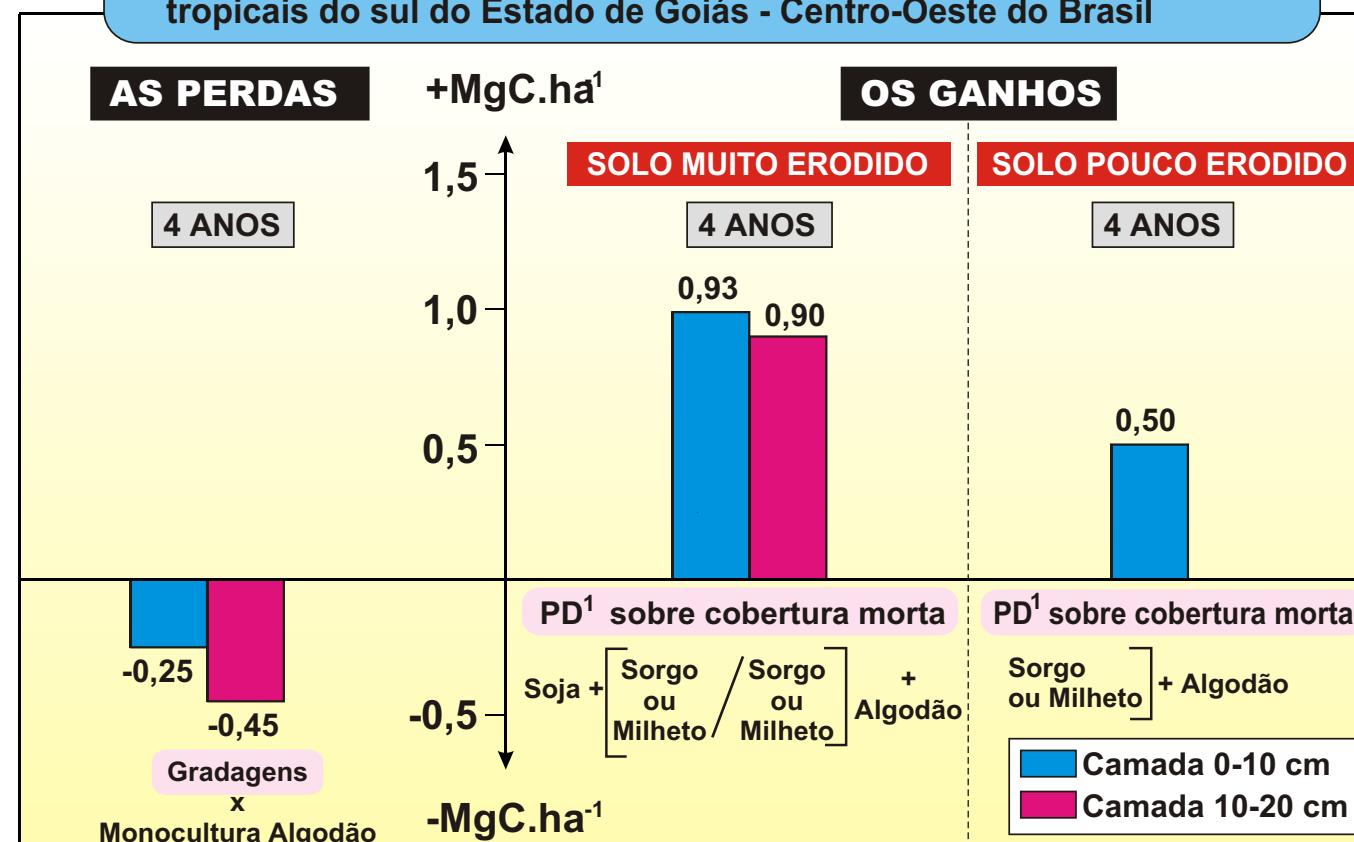


1- Brasil e Gabão; 2 - PD = Plantio direto

FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA/GEC; M. Matsubara, Faz. Progresso; A. C. Maronezzi, Agronorte; S. Boulakia et al., CIRAD - 1994/99 - Sinop/MT

**FIG. 1bis RESUMO DAS TENDÊNCIAS DE EVOLUÇÃO DOS TEORES MÉDIOS ANUAIS DE CARBONO DO SOLO (em MgC.ha<sup>-1</sup> ), EM FUNÇÃO DA NATUREZA DOS SISTEMAS DE CULTIVO PRATICADOS -**

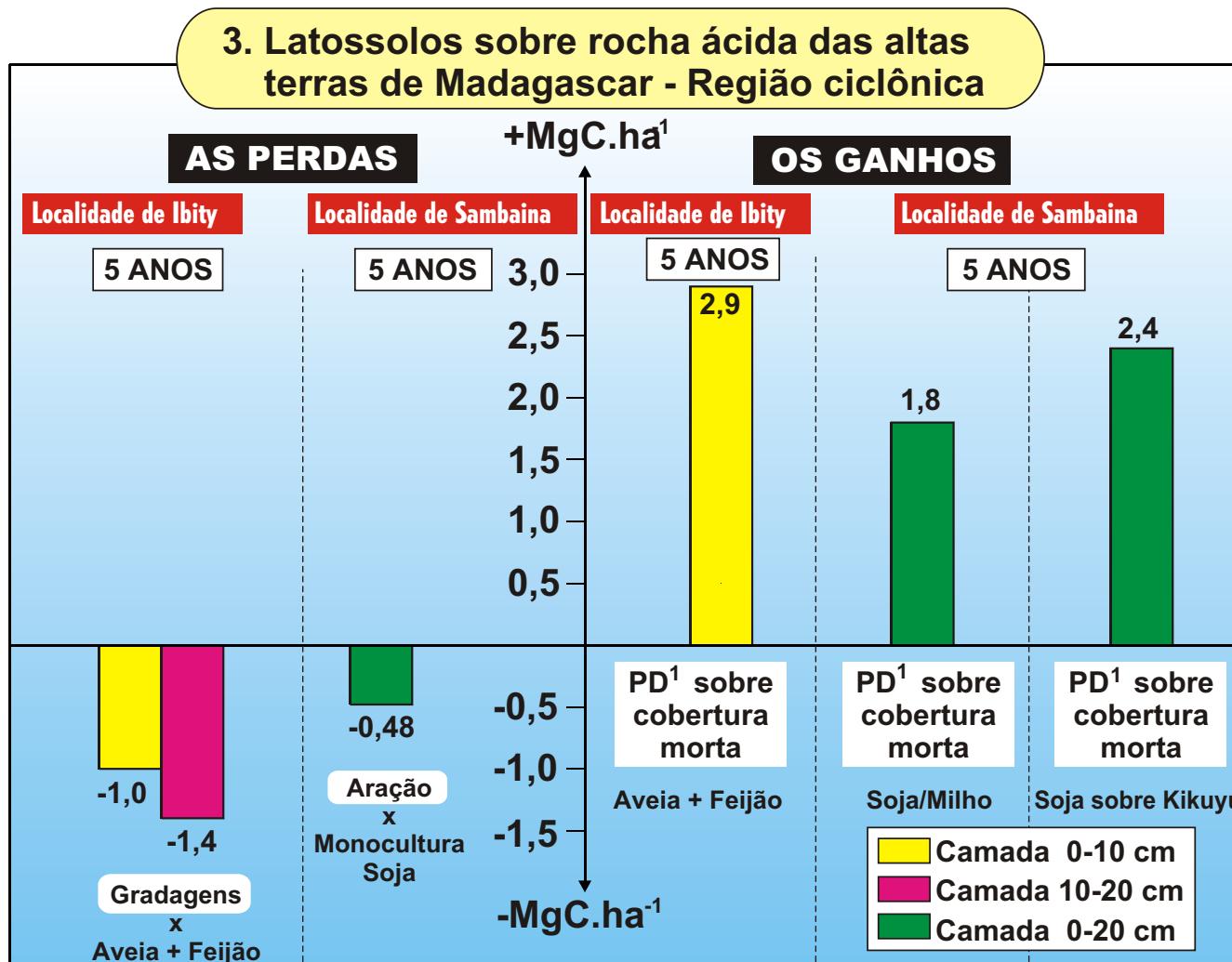
**2. Latossolos vermelho-escuros sobre basalto da ecologia das florestas tropicais do sul do Estado de Goiás - Centro-Oeste do Brasil**



1- PD = Plantio direto

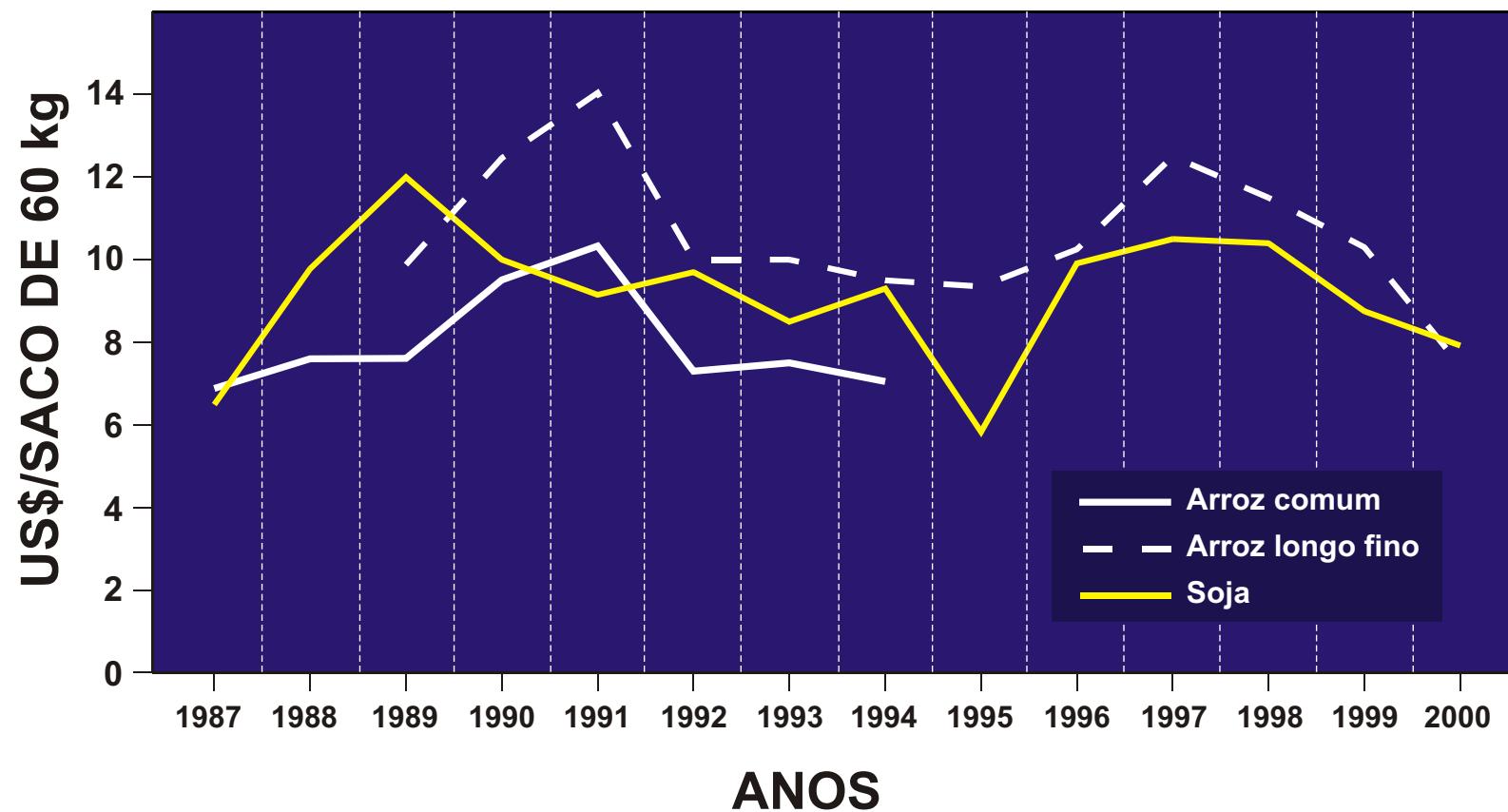
FONTE: E. Maeda, M. Esaki, Grupo Maeda; L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA/GEC; Porteirão/GO, 1995/1999

**FIG. 1 ter RESUMO DAS TENDÊNCIAS DE EVOLUÇÃO DOS TEORES MÉDIOS ANUAIS DE CARBONO DO SOLO (em  $MgC.ha^{-1}$ ), EM FUNÇÃO DA NATUREZA DOS SISTEMAS DE CULTIVO PRATICADOS -**



FONTE: ONG TAFA; R. Michellon, P. Julien, CIRAD-CA/GEC - Antsirabé, 1999 - MADAGASCAR

**FIG. 2 EVOLUÇÃO DOS PREÇOS PAGOS AOS PRODUTORES<sup>1</sup> PARA AS PRODUÇÕES PRINCIPAIS DE ARROZ E SOJA SOBRE AS FRONTEIRAS AGRÍCOLAS DO CENTRO NORTE DO ESTADO DO MATO GROSSO - Sinop/MT - 1987/2000**



1 - Período Fevereiro - Março, a cada ano

FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA/SCV - A. C. Maronezzi, Agronorte; Cooperlucas; Cooasol; Comicel; Prefeitura de Sinop - Sinop/MT - 1987/2000

**FIG. 3 INTEGRAÇÃO DE TODAS AS CULTURAS EM SISTEMAS DE PLANTIO DIRETO DIVERSIFICADOS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS OU INTEGRADOS COM A PECUÁRIA.**

+

- CRIAÇÃO DE MATERIAL GENÉTICO COM ALTO VALOR AGREGADO NOS SISTEMAS DE CULTIVO EM PLANTIO DIRETO  
Écologia das florestas e cerrados do Mato Grosso - MT/2000

(\*) Sistemas ainda não difundidos (Reprodutíveis, apropriáveis)

Performances das culturas nos sistemas de cultivo em plantio direto	Custo (C) US\$/ha	Benefício(B) US\$/ha	C/B
SOJA + SAFRINHA <sup>1</sup> + ENGORDA NA SECA • 4000 a 4600 kg/ha soja + • 1500 a 3500 kg/ha safrinha (Sorgo, Milheto, Pé de galinha) + • 1 a 1,5 UGB/ha, 90 dias de estação seca	450 a 520	150 a 350	1,3 a 3,4
SOJA SOBRE COBERTURA VIVA DE TIFTON • 3200 a 4600 kg de Soja +1 a 1,5 UGB/ha, 90 dias de estação seca	300 a 380	200 a 400	0,75 a 1,9
ARROZ DE SEQUEIRO DE ALTA TECNOLOGIA - 4200 a > 7000 kg/ha	420 a 630	100 a 500	0,84 a 6,3
ARROZ DE SEQUEIRO DE ALTA TECNOLOGIA como reforma de pasto - 3000 a 4000 kg/ha	450 a 550	100 a 150	3,0 a 5,5
ALGODÃO COMO CULTURA PRINCIPAL - 3000 a > 5000 kg/ha	900 a 1300	100 a 400	2,25 a 13
• ALGODÃO COMO SAFRINHA <sup>1</sup> Sobre forte biomassa ou em sucessão de Soja ou Arroz, de ciclo curto - 2400 à >3000 kg/ha	500 a 650	200 a 600	0,8 a 3,2

1 - Safrinha = Cultura de sucessão, com insumos mínimos ou sem insumos -

FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac - CIRAD-CA/ GEC; N. Maeda, M. A. Ide, A. Trentini, Grupo Maeda;  
A. C. Maronezzi, AGRONORTE, Sinop/MT, 2000



# **DES SYSTÈMES DE CULTURE DURABLES EN SEMIS DIRECT**

**Les voies agronomiques  
de la suppression des  
herbicides dans les cultures  
Alternatives aux OGM**

## UN DÉFICIT HYDRIQUE SÉVÈRE



## LES VOIES AGRONOMIQUES DU SEMIS DIRECT SANS HERBICIDE POST - DESSICATION



Sorgho IRAT 202 + *Brachiaria r.*



Mil Nangagolo + *Brachiaria r.*



Riz pluvial sur paille d'Éleusine



Riz pluvial sur paille de Sorgho  
+ *Brachiaria ruziziensis*



Riz pluvial sur paille de Sorgho  
+ *Brachiaria ruziziensis*



Riz pluvial sur couverture  
de *Stylosanthes g.*



Riz à la récolte sur paille Stylo.



Sol couvert à 100% à la récolte du Riz



Sorgho Hybride + *Brachiaria r.*



*Éleusine c.* + *Crotalaria sp.*



*Éleusine c.* + *Cajanus c.*



Sorgho IRAT 203 + *Stylosanthes g.*



Sorgho IRAT 203 + *Stylosanthes g.*



Dessication du Sorgho + *Brachiaria r.*



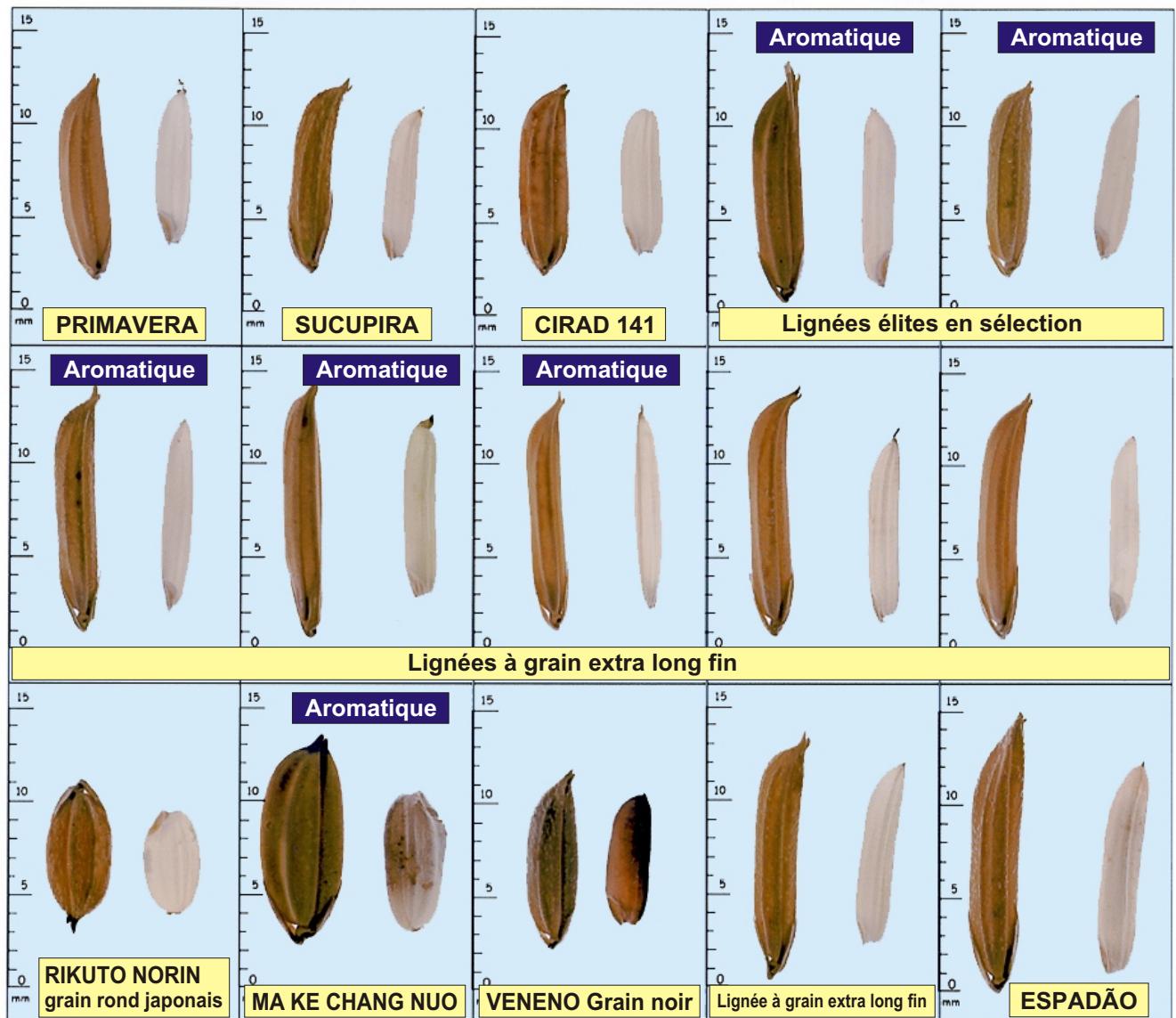
# **UN PATRIMOINE GÉNÉTIQUE TRÈS IMPORTANT CRÉÉ PAR LE CIRAD, DANS DES SYSTÈMES DE CULTURE EN SEMIS DIRECT, DURABLES ET TRÈS DIVERSIFIÉS, PROTECTEURS DE L'ENVIRONNEMENT**

- PLUS DE 250 VARIÉTÉS DE RIZ PLUVIAL DE HAUTE TECHNOLOGIE**

- Des rendements qui peuvent atteindre 10 tonnes/ha, en conditions favorables de culture
- Des Riz à très haute productivité adaptés aussi bien aux conditions de culture pluviale qu'irriguée (*par aspersion, avec lame d'eau*)
- Une source précieuse de Riz restaurateurs pour la création d'hybrides
- Une très large gamme de qualités qui porte aussi bien sur le format (*grain long à très long fin*) que sur comportement à la cuisson et le goût (*Riz plus ou moins fermes, Riz aromatique*)

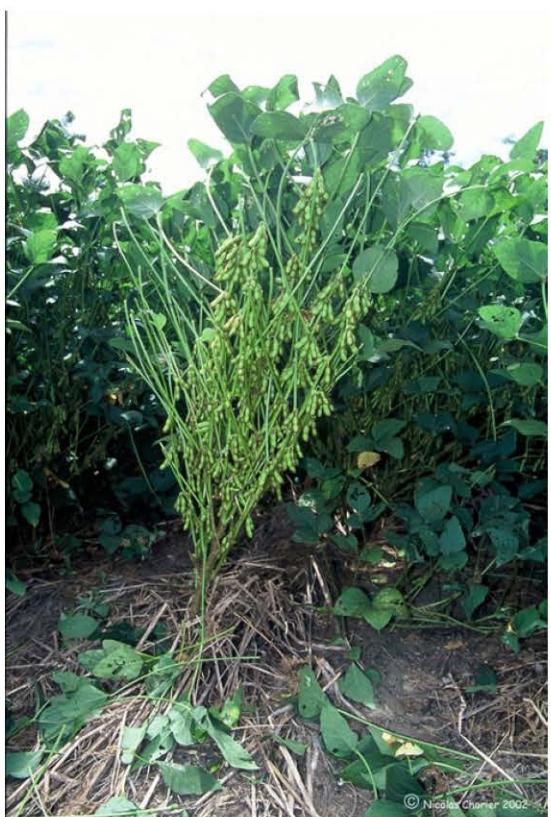
- DES VARIÉTÉS DE SOJA TRÈS PERFORMANTES EN SEMIS DIRECT, DONT LES MEILLEURES PRODUISENT ENTRE 4,5 ET 7 tonnes/ha**

# FORMATS ET QUALITÉS









## **ANEXOS**

**PUBLICAÇÕES EM 2001/2002**