

RAPPORT

L. SEGUY et S. BOUZINAC

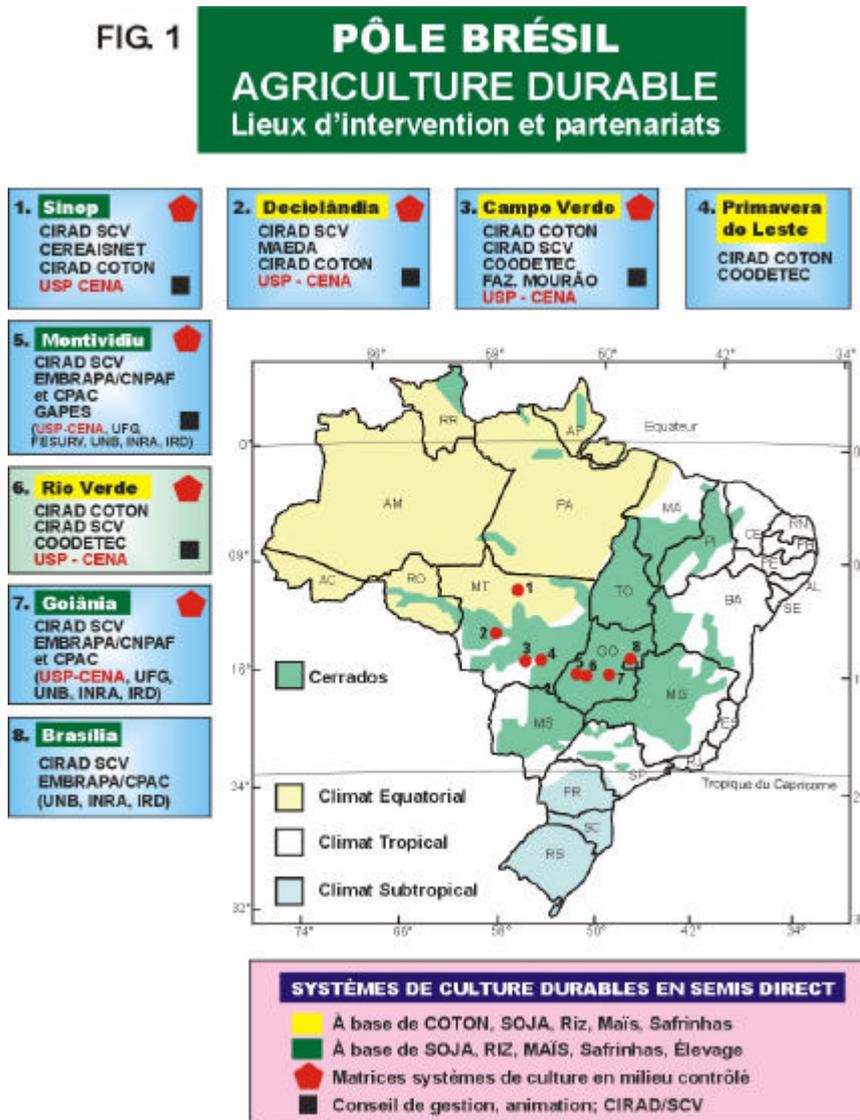
CIRAD BRESIL

2002-2004

Serge Bouzinac, Marc Corbeels, Jean-Marie Douzet, Eric Scopel et Lucien Seguy (Cirad-Ca gec), Jean-Louis Belot, José Martin, Pierre Silvie (Cirad-ca coton), James Taillebois (Cirad-ca calim)

Alexandre Cardoso et Fernando Macena (Embrapa Cerrados), José Aloísio Alves Moreira et Luis Fernando Stone (Embrapa Arroz e Feijão), Wilson Leandro (Ufg), Mercedes Bustamante (Unb), Carlos Cerri (Usp/Cena), João Carlos de Moraes Sà (UEPG), Luiz Saucedo (Cereaisnet), Université de Rio Verde, Groupement de producteurs d'appui à la recherche de Rio Verde (Gapes), Edson et Adalcio Maeda (groupe Maeda), Clayton Bortolini (Fondation Rio Verde), Paulo Machado, Marcos Rodrigo Pinheiro da Silva et Marcos Cecconi (Faz. Mourão).

1. Animation d'un pôle de recherche « agriculture durable » dans les zones humides au Brésil [Fig. 1]



Au cours des 4 dernières années, trois équipes du Cirad travaillant sur les systèmes de semis direct sur couverture végétale (SCV) dans les Cerrados brésiliens et leurs partenaires (Embrapa, Agronorte, Cereaisnet, Maeda, Coodetec et Fundação Rio Verde) ont poursuivi leur collaboration pour partager leurs dispositifs, leurs méthodologies et leurs questionnements. Des expérimentations, raisonnées et suivies conjointement, ont été mises en place et pérennisées dans le Sud de l'état de Goiás et dans le Mato Grosso : matrices « systèmes de culture » de Campo Verde et de Deciolândia (*diversification des SCV sur coton*), matrice Giovanni Paludo à Rio Verde (*diversification des SCV à base de soja et maïs et d'étude d'impacts sur la matière organique et le carbone*) et une nouvelle matrice à Sinop chez Cereaisnet sur la diversification des SCV à base de riz poly-aptitudes de haute technologie, intégrés avec l'élevage. Ce pôle permet de joindre des efforts pour

produire et de diffuser des solutions techniques en SCV appropriables par les agriculteurs, de faire progresser les connaissances scientifiques dans ces domaines, et de contribuer à la formation de chercheurs du Cirad, de nos partenaires brésiliens et d'autres pays du Sud.

Au niveau recherche, l'accent est mis sur les plus valeurs scientifiques et institutionnelles d'une telle synergie pour le Cirad et ses partenaires locaux, ainsi que pour le transfert-adaptation chez ses autres partenaires dans le monde tropical. Ce pôle a poursuivi ses travaux dans trois grandes directions : 1/ La création de SCV diversifiés et performants autour de différentes cultures pivots dans les rotations ; 2/ L'amélioration variétale en prise directe avec ces nouveaux systèmes, en particulier riz et coton, et 3/ L'évaluation des impacts de ces SCV sur la productivité et l'environnement.

2. Gestion agrobiologique des sols ferrallitiques en régions tropicales humides et chaudes (Cerrados et forêts du Centre Ouest brésilien)

Conventions de recherche Cirad/USP-Cena (2000-2004) et Cirad/UEPG (2004-2009), et conventions de recherche privées Cirad/ Maeda (1995-2004), Cirad /Agro Norte (2000-2002) et Cirad/Cereaisnet (2003-2008)

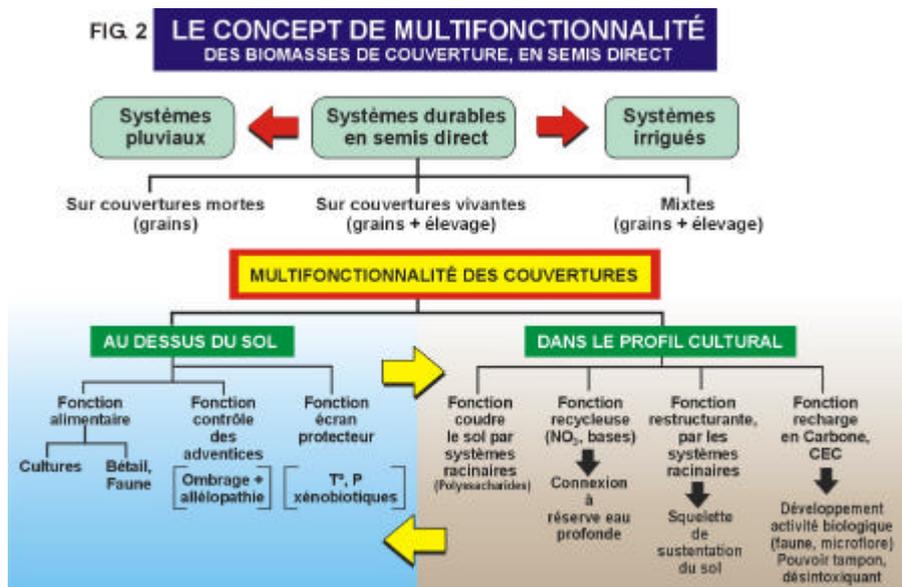
Lucien Ségué et Serge Bouzinac (Cirad-Ca gec, actuellement UR1),
João Carlos de Moraes Sá et Márcia Freire Machado Sá (UEPG: Université d'état de Ponta Grossa - Paraná),
Carlos Cerri (USP/ Cena), Edson Maeda, Adécio Maeda (Maeda), Ângelo Carlos Maronezzi (Agronorte),

Clayton Bortolini (Fundação Rio Verde), Jean-Louis Belot, José Martin, Pierre Silvie (Cirad-Ca Coton), Paulo Machado et Marcos Cecconi (Faz. Mourão) e Marcos Rodrigo Pinheiro da Silva (Coodetec)

Au Brésil Central, dans les zones agricoles traditionnelles ainsi que sur les fronts pionniers du sud de l'Amazonie, l'utilisation indiscriminée d'équipements à disques et la pratique continue de grandes monocultures de soja d'abord et de coton ensuite, ont déstructuré les sols et alourdi les coûts de production en raison de l'augmentation de l'érosion, des adventices, des maladies et des ravageurs. Ce projet a conçu des systèmes de culture très diversifiés en semis direct sur couverture végétale permanente du sol (SCV), adaptés aux zones tropicales chaudes, en particulier pour des cultures réputées difficiles comme le riz pluvial et le coton. Il a fortement contribué à leur diffusion et les a transférés et adaptés à d'autres conditions pédoclimatiques et socio-économiques tropicales et subtropicales du Sud (*Réseau SCV tropical du Cirad, animé par L. Séguy*). Actuellement ce travail se réalise dans le cadre de conventions de recherche avec le Groupe Maeda, important producteur de coton du Brésil dans les états de GO et MT, avec l'entreprise de recherche Cereaisnet et la fondation Rio Verde au MT et en collaboration avec des agriculteurs leaders.

L'objectif du projet est d'assurer la progression continue de systèmes novateurs en semis direct par l'amélioration de leurs performances agro-économiques - en particulier par la réduction des coûts de production, leur capacité à séquestrer le carbone et à minimiser les impacts sur l'environnement - la création de matériels génétiques spécifiques à ces systèmes et la formation des acteurs du développement. Les travaux sont essentiellement orientés vers les cultures de riz, de coton et de soja mais incluent également de nouvelles d'espèces pour la production de biomasse en "safrinhas", cultures de succession pratiquées avec très peu ou pas d'intrants. Ces biomasses doivent répondre à la fois :

- aux critères de multifonctionnalité des plantes de couverture (Fig. 2 - *Concepts- L. Séguy, 2001*), qui doit assurer la progression de la capacité de production des écosystèmes cultivés avec moins d'intrants et minimiser leurs impacts négatifs sur l'environnement (*qualité biologique des sols, des eaux de drainage et externalités, et des productions*);



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

- à l'accroissement des revenus, compatible avec une prise de risque économique minimum;
- à l'augmentation régulière (*et gratuite*) de la fertilité des sols qui permet d'accroître leur capacité de production par voie organo-biologique avec moins d'intrants chimiques au cours du propre processus de production.

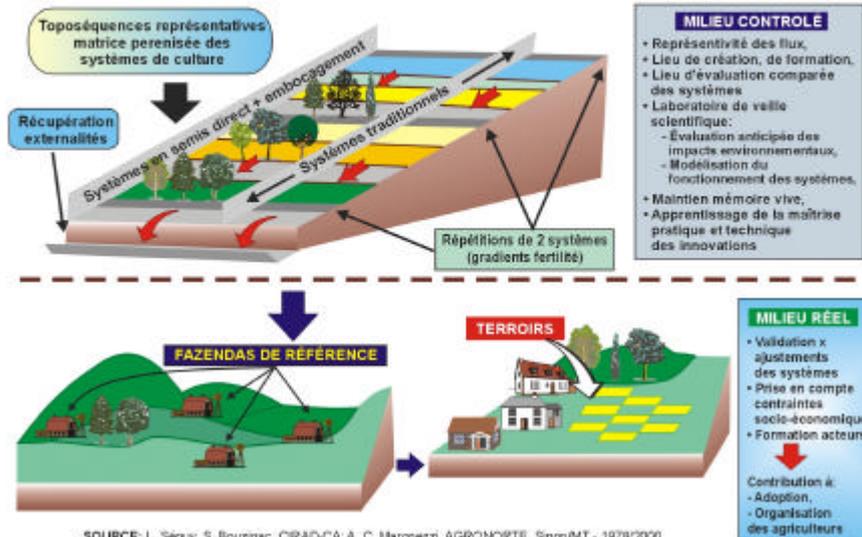
Les systèmes construits, maîtrisés et évalués, en semis direct, peuvent intégrer l'élevage tous les ans, ou selon des rotations comportant 3 ou 4 ans de cultures sur biomasse de couverture et 3 ou 4 ans de pâturages, ou enfin avec des systèmes sur couvertures vivantes fourragères sur lesquelles des grains (riz, maïs, soja et coton) sont produits en semis direct.

2.1 Résumé des acquis SCV entre 1985 et 2002, supports des recherches actuelles au Brésil et transférés comme outils de construction du réseau tropical SCV du Cirad (*Coopération Sud-Sud*)

Ces acquis ont pu être élaborés au cours des 20 dernières années de recherche, d'abord grâce à des outils méthodologiques performants :

La méthodologie de recherche-action participative utilisée permet de concilier les exigences de la société civile, de la recherche et des professionnels de l'agriculture. Elle met en évidence les recherches fondamentales à conduire, les replace *in situ* dans la dynamique des réalités agricoles d'aujourd'hui et dans ses perspectives

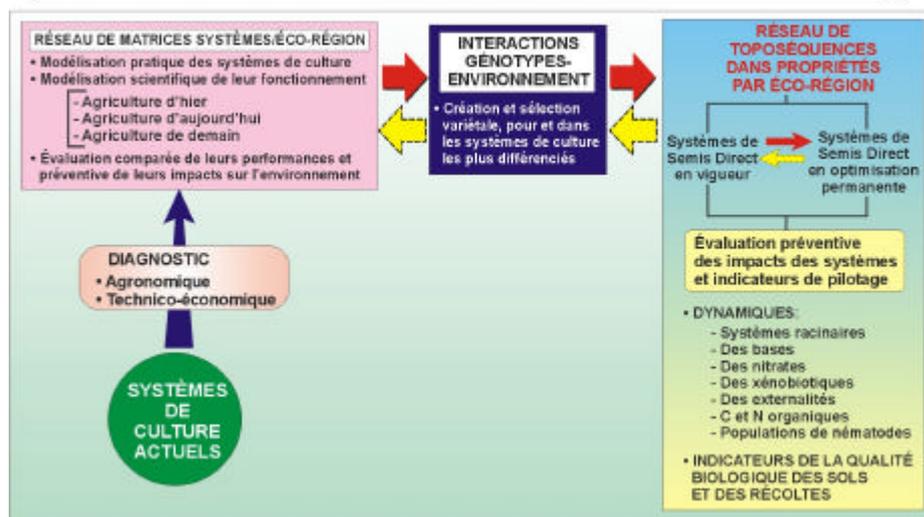
FIG 3 DÉMARCHE DE LA RECHERCHE-ACTION, POUR, AVEC ET CHEZ AGRICULTEURS - NIVEAUX D'ÉCHELLES ET FONCTIONS -



expérimentales, les systèmes de culture sont organisés en matrice sur des toposéquences représentatives du milieu (*types de sols, états de dégradation, etc....*) [Fig. 3].

Partant des systèmes traditionnels, les nouveaux systèmes sont élaborés par l'incorporation progressive, organisée et contrôlée de facteurs de production plus performants ; la construction des matrices obéit à des règles précises, qui permettent l'interprétation des effets directs et cumulés des composantes des systèmes au cours du temps. Les matrices et les fermes de référence sont des lieux d'action, de création de l'innovation et de formation ; elles constituent un laboratoire de veille précieux pour les scientifiques, et un vivier de systèmes de culture diversifiés (SCV de production exclusive de grains, ou intégrant l'élevage, ou l'élevage plus l'arbre dans le paysage cultivé) [Fig. 4].

MÉTHODOLOGIE D'INTERVENTION DE LA RECHERCHE-ACTION POUR, AVEC ET CHEZ LES AGRICULTEURS



Les systèmes SCV, qui fonctionnent à l'image de l'écosystème forestier dont ils sont inspirés, ont été perfectionnés au cours du temps aux plans écologique, agronomique et technico-économique. Ils offrent, aujourd'hui, toutes les garanties de l'agriculture durable : de plus en plus productifs (*plus de 28-30 t/ha de phytomasse sèche annuelle*), avec de moins en moins d'intrants chimiques, ils sont tous construits sur une reconquête de la biodiversité = rotations de cultures (*soja, riz, coton et cultures de succession*), intégration agriculture-élevage, sols toujours protégés sous couvertures mortes et/ou vivantes, biologiquement très actifs, qui séquestrent efficacement le carbone, favorisent la rétention des nutriments (*CEC plus élevée*) et fonctionnent en circuit fermé comme la forêt (*recyclage profond des bases et nitrates, injection de carbone en profondeur*) . La

d'évolution de demain. Cette démarche expérimentale s'appuie sur un réseau régional d'unités expérimentales et de fermes de référence qui constitue un support de formation, où la recherche pratique et maîtrise une agronomie préventive qui modélise le fonctionnement comparé des systèmes, évalue leurs performances agronomiques et technico-économiques et leurs impacts sur le milieu physique avant qu'ils ne soient diffusés à grande échelle. Dans les fermes

ZTH du Mato Grosso est devenue championne de productivité du Brésil pour le soja, le riz pluvial et le coton de haute technologie [Fig. 5, 6, 7, 8 e 9].

FIG 5 **PROGRÈS DES PERFORMANCES DES SYSTÈMES DE CULTURE EN SEMIS DIRECT SUR COUVERTURE PERMANENTE DU SOL¹ (SCV)**
Écologie des sols ferrallitiques des savanes et forêts de la zone tropicale humide (ZTH)

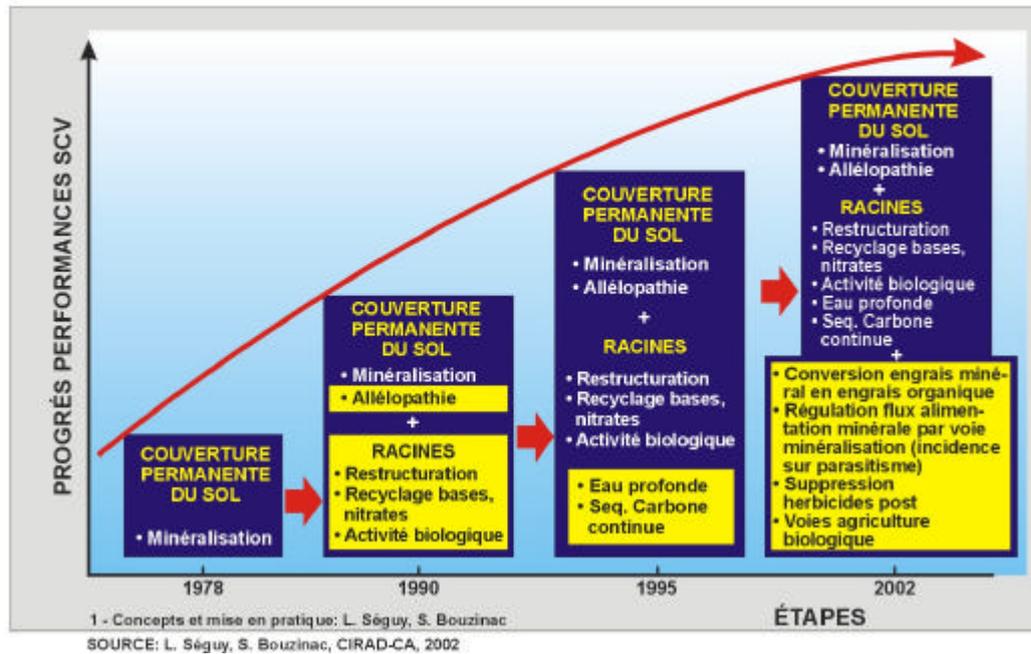


FIG 6 **ÉVOLUTION DE L'AMÉLIORATION DES PERFORMANCES AGRONOMIQUES DES BIOMASSES DE COUVERTURE DU SOL, "POMPES BIOLOGIQUES", DANS LES SYSTÈMES DE CULTURE EN SEMIS DIRECT DE PRODUCTION DE GRAINS ET INTÉGRANT AGRICULTURE ET ÉLEVAGE**

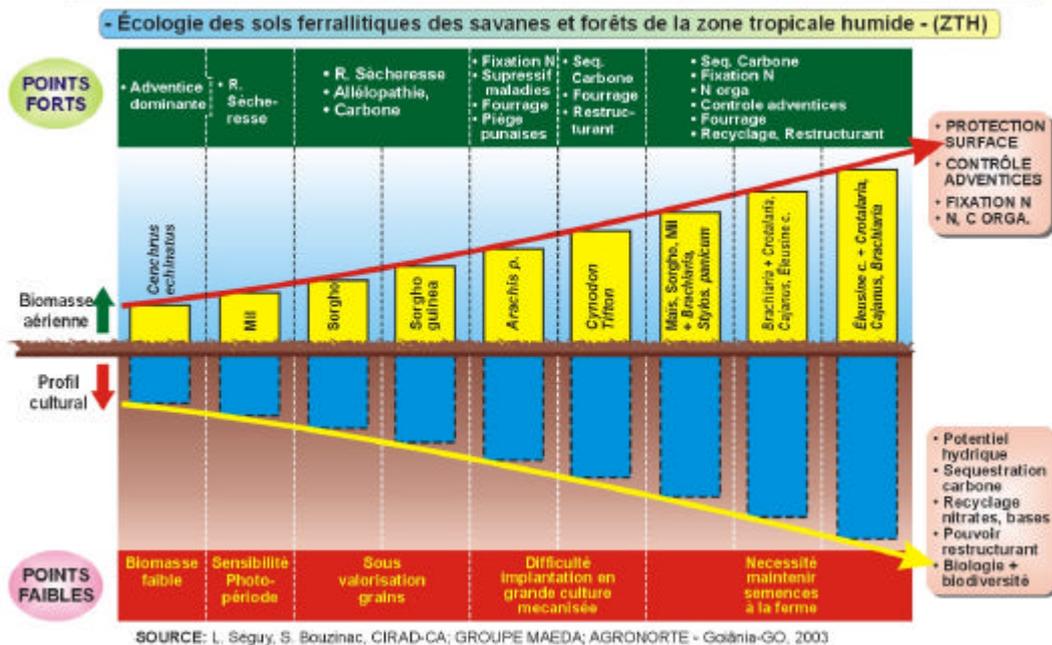


FIG. 7

**CONSTRUCTION DES SYSTÈMES DE CULTURE EN SEMIS DIRECT SUR COUVERTURE VÉGÉTALE PERMANENTE (SCV)
- Étapes et progrès sur 20 ans, en zone tropicale humide (ZTH)**

Soils ferrallitiques des savanes et forêts du Mato Grosso - Brésil

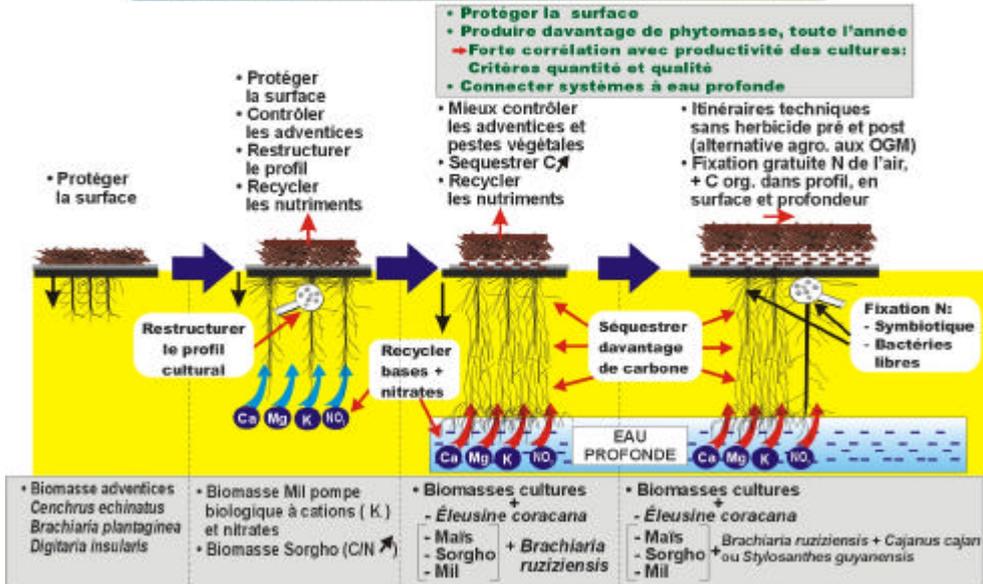


FIG. 8

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

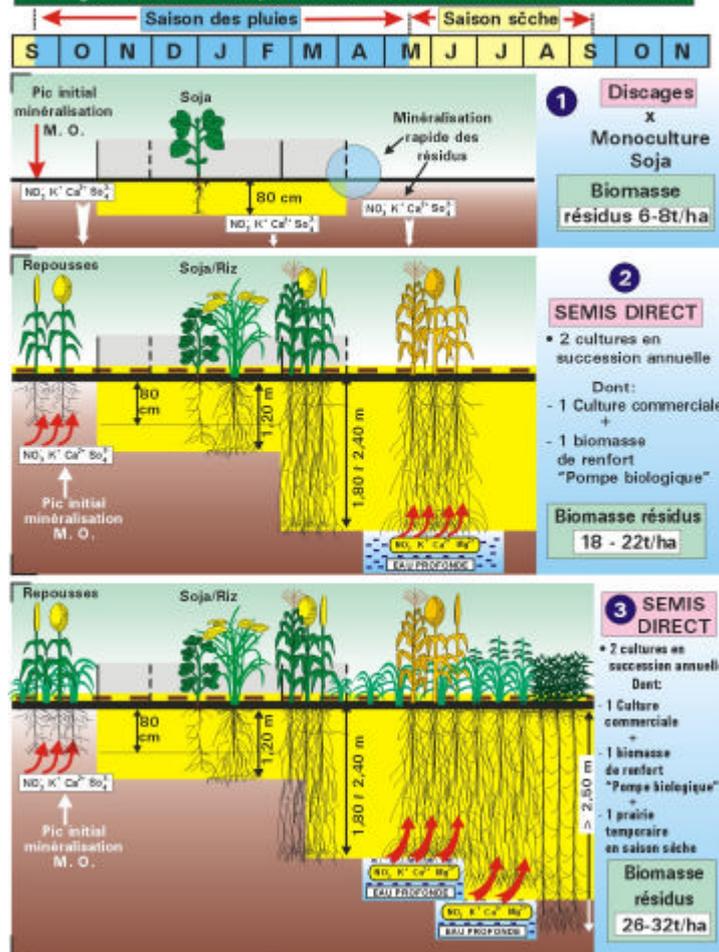
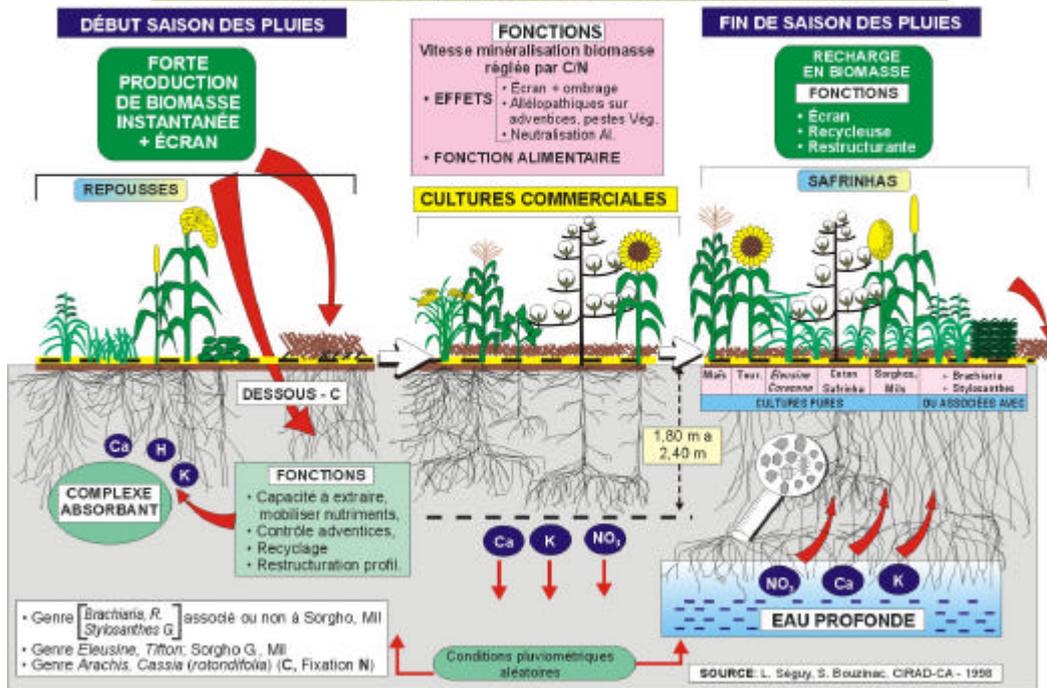


FIG. 9 SYSTÈMES DE CULTURE DIVERSIFIÉS DE LA ZTH, EN SEMIS DIRECT
 → Intégration: Productions alimentaires, industrielles et élevage

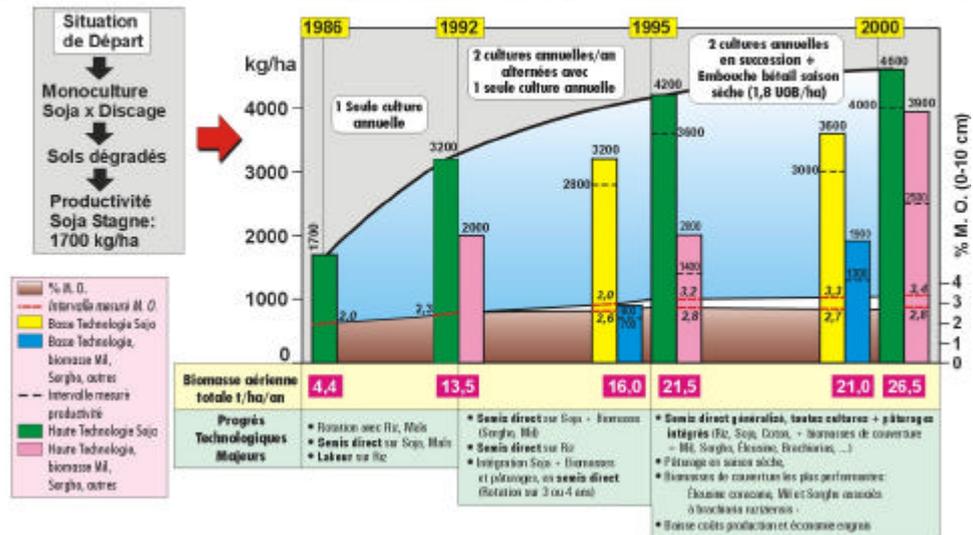


Impacts des SCV sur les perspectives de production : des rendements triplés en 15 ans pour le soja et le riz pluvial, et des rendements records pour le coton, nouvelle culture de la ZTH.

- **La productivité du soja**, principale culture de la région Centre Nord du Mato Grosso, est passée de 1.700-2.000 kg/ha en 1986 à plus de 4.500 kg/ha à partir de l'année 2000 [Fig. 10]. Les résultats de recherche du CIRAD montrent que les rendements de soja sont étroitement corrélés à la quantité et à la qualité de la biomasse de graminées qui sert de couverture morte ou vivante (couverture morte :

FIG. 10

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 -



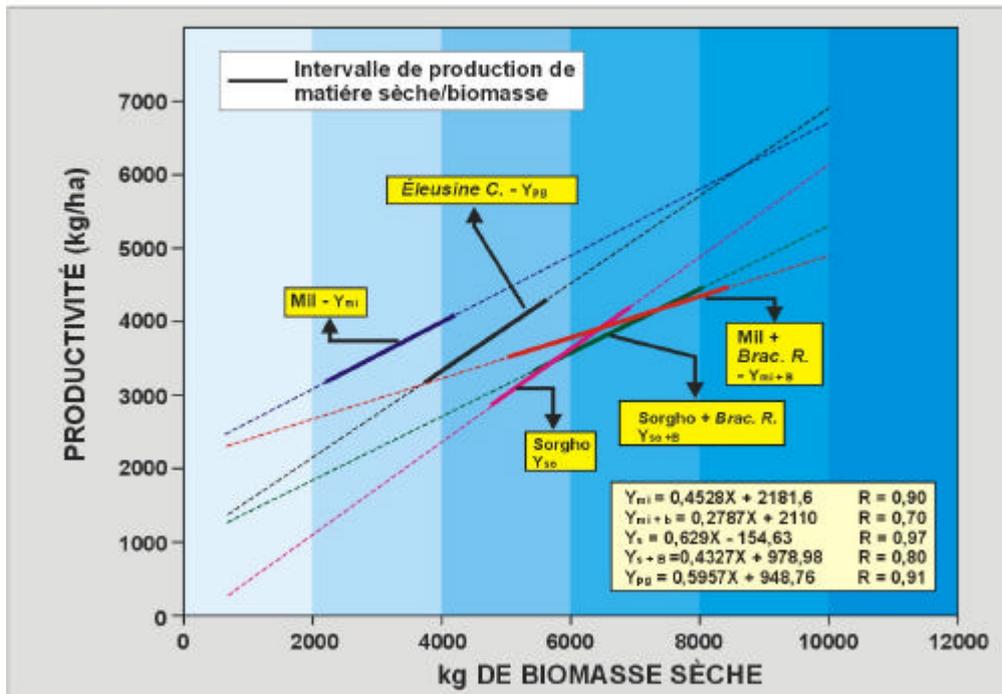
SOURCE: L. Seguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA; M. Matsubara, Faz. Progresso; A. Trentini, Cooperlucas; A. C. Maronezzi, Agronorte - MT, 1986/2000

mais, sorgho, mil associés à *Brachiaria ruz.*, *Eleusine cor.*; couverture vivante: *Cynodon d.*) [Fig. 11].

En présence d'un très faible niveau de fumure minérale de 40 P₂O₅ + 40 K₂O/ha, qui met en évidence la capacité du sol à produire par voie organo-biologique, les gains de productivités des meilleurs SCV par rapport au système « monoculture x disques » s'accroissent tous les ans, quel que soit le cycle de la variété utilisée = de 12-15% en 1^o année à 45-52% en 5^o année; le gain moyen annuel de rendement en faveur des SCV, sur 5 ans, est de plus de 700 kg/ha [Fig. 13].

Sur ce très faible niveau de fumure, dès la 3^e année, les productivités de soja sur les meilleurs SCV vont de 3.100 kg/ha pour les cycles courts à plus de 3.500 kg/ha pour les cycles moyens. Quel que soit le cycle du soja, le rendement moyen sur 5 ans du soja est plus élevé sur les meilleurs SCV avec fumure faible (40 P₂O₅ + 40 K₂O/ha) que sur le système « monoculture x discages » avec fumure double (80 P₂O₅ + 80 K₂O/ha), et voisine de celle obtenue sur ce même système travaillé avec fumure non limitante (160 P₂O₅ + 110 K₂O/ha) [Fig. 12, 13 e 14].

FIG. 11 REGRESSIONS¹ 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: Séguy L., Bouzinac S., CIRAD-CA; Maronezzi A., Lucas G. L., Bianchi M., AGRONORTE - Sinop/2000

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

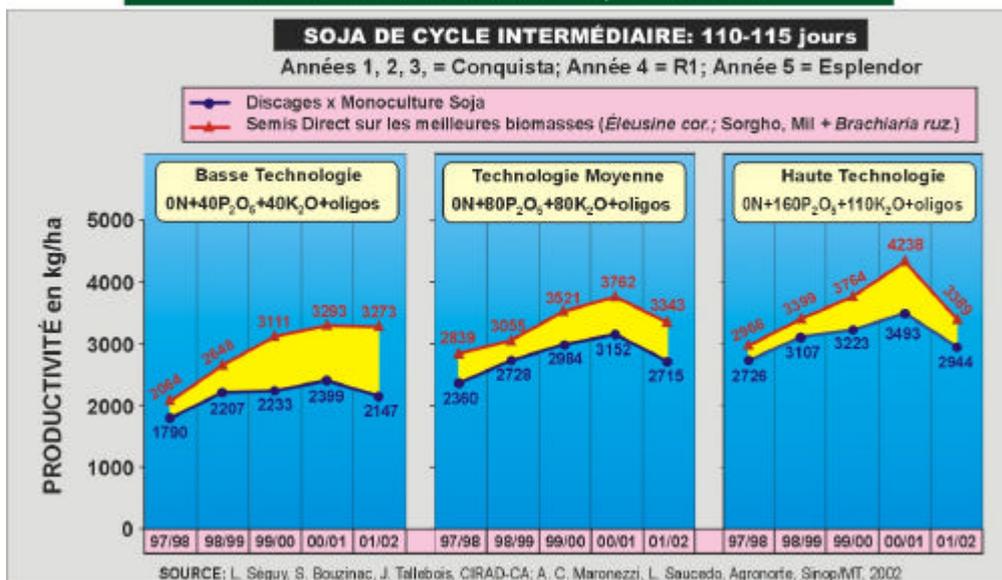
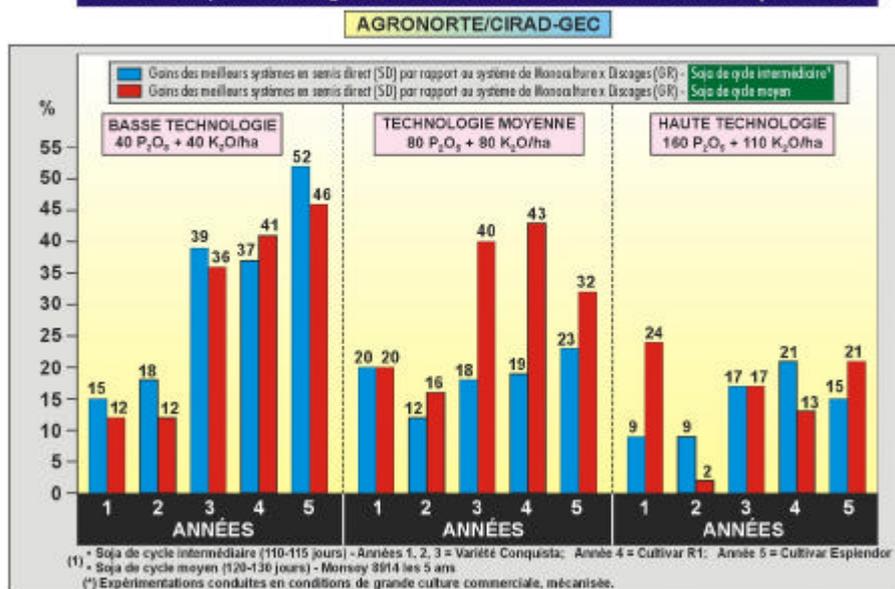


FIG. 13 ÉVOLUTION DES GAINS DE PRODUCTIVITÉ DU SOJA⁽¹⁾, EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE ET DU NIVEAU TECHNOLOGIQUE
Sols ferrallitiques de l'écologie des forêts humides du sud de l'Amazonie - Sinop/MT - 2002



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

FIG. 14

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	3304	3551
Gains cumulés de rendement en faveur du semis direct (kg/ha)	2155	2788	3099
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	4006	4185
Gains cumulés de rendement en faveur du semis direct (kg/ha)	2584	3072	3651
Gain moyen annuel de rendement en faveur du semis direct (kg/ha)	3800	4672	2668
Sacs 60 kg	760	934	534
Sacs 60 kg	12,7	15,6	8,9

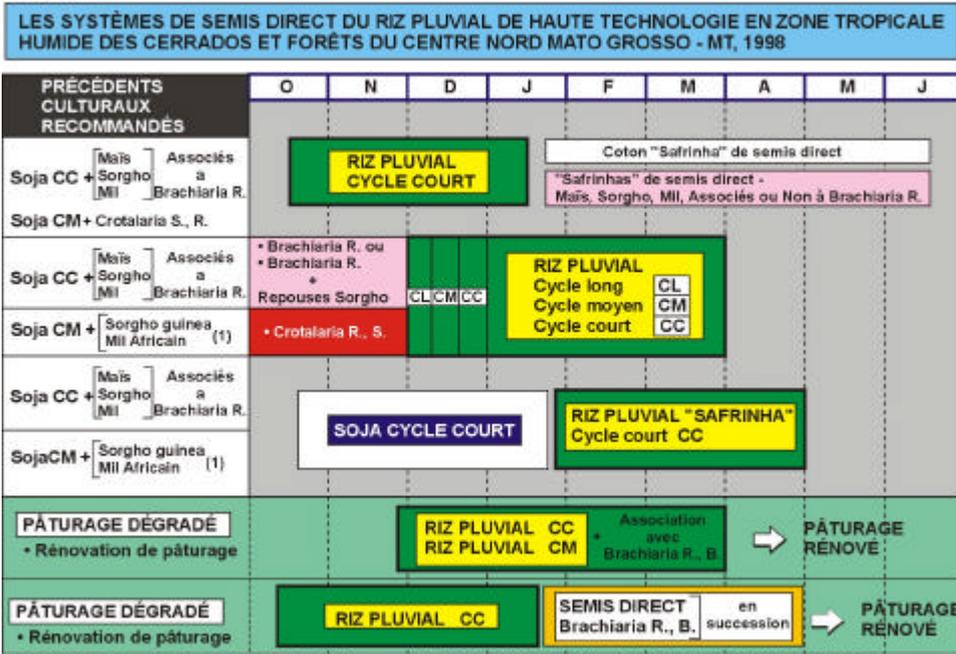
SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA/SCV; A. C. Maronezzi, AGRONORTE - Sinop/MT - 2002

Avec la fumure moyenne (80 P₂O₅ + 80 K₂O/ha), la plus utilisée dans la région, les cultivars de soja de cycle moyen, à fort potentiel, expriment une productivité croissante avec le temps sur les meilleurs SCV, qui produisent, sur 5 ans, de 16 à 40% de plus que sur le système travaillé en monoculture ; leur rendement dépasse 4.300 kg/ha dès la 3^e année de culture sur SCV ; les variétés de cycle court, de plus faible potentiel, offrent un gain annuel moyen de rendement sur SCV plus limité, de 516 kg/ha contre 934 kg/ha pour les cultivars de cycle moyen [Fig. 14].

Ces résultats font la preuve de la capacité croissante de production du sol par voie organo-biologique sous SCV, qui permet de produire plus et avec beaucoup moins d'engrais minéral, et montrent que le choix des meilleurs cultivars doit se faire pour et dans les meilleurs SCV (*justification des recherches sur l'optimisation des relations « géotypes x modes de gestion du milieu »*).

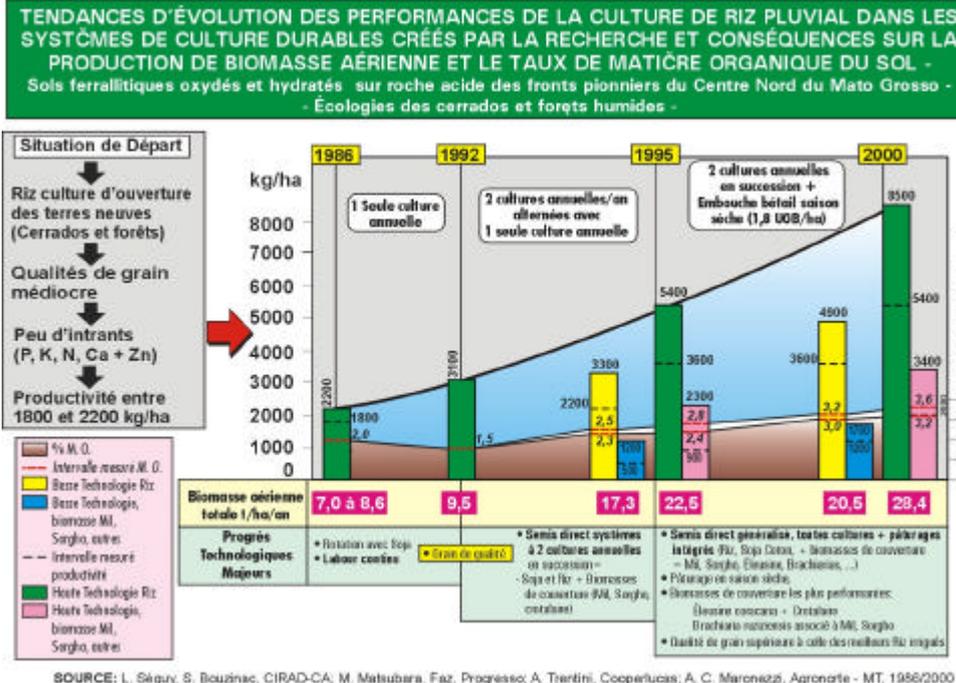
- La productivité du riz pluvial est passé dans la région de 1.800-2.000 kg/ha en 1986 à plus de 8.000 kg/ha en 2000 (avec record à 8.500 kg/ha en grande culture à Campo Novo dos

FIG. 15



entre des graminées qui ont les systèmes racinaires restructurants les plus puissants (*Eleusine coracana* ; maïs ou sorgho ou mil associés à *Brachiaria ruziziensis*), et des légumineuses à enracinement profond, fixatrices d'azote (*Crotalaria sp.*, *Cajanus cajan*, *Stylosanthes guyanensis*) [Fig.15 et 17].

FIG. 16



aptitudes pluviales, adaptées à des déficits hydriques et leur résistance stable aux maladies leur confèrent une place d'élection aussi bien dans les SCV pluviaux de la ZTH qu'en conditions irriguées par aspersion en régions peu ou pas pluvieuses, et que dans les bas-fonds et périmètres rizicoles à mauvaise maîtrise de l'eau (*aménagements dégradés*).

- La culture cotonnière est la nouvelle grande culture des Cerrados de la ZTH :

Le Mato grosso est devenu le premier producteur du Brésil en 3 ans (1998 – 2001), avec une production de plume supérieure à 300.000 tonnes en 2001.

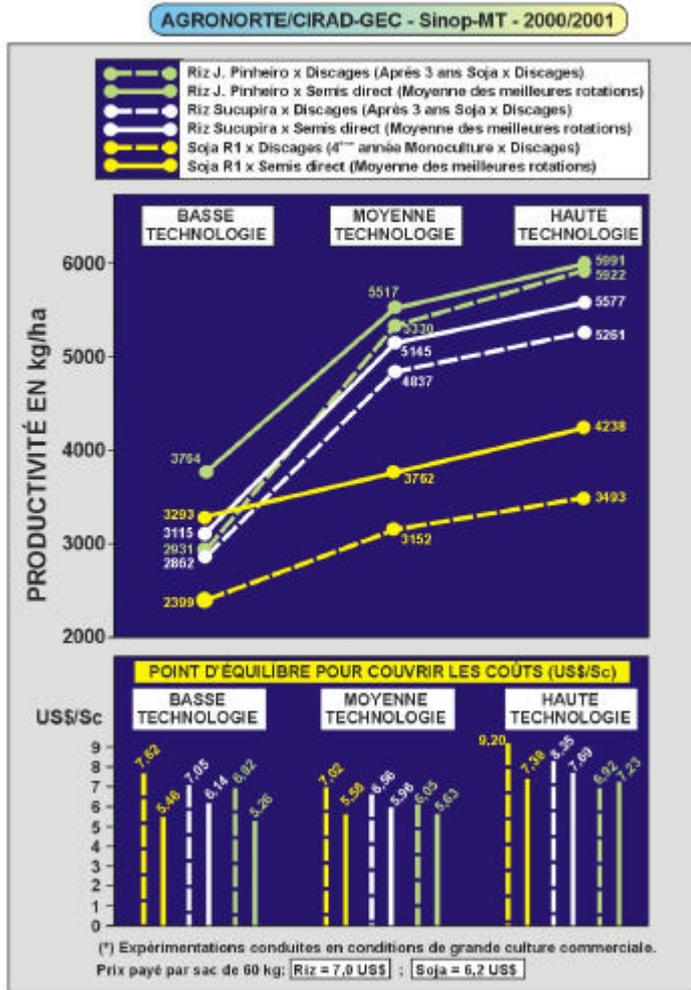
Parecis en 1998/99), accompagné d'une véritable révolution sur la qualité du grain, qui est aujourd'hui égale, voire supérieure à celle des meilleures variétés irriguées [Fig. 16].

Comme pour la culture de soja, les gains de rendements en faveur des meilleurs SCV, sur 5 ans, vont de 23 à plus de 43% ; la productivité du riz est étroitement corrélée à la quantité et à la qualité de la biomasse produite à partir d'associations

a création de variétés et d'hybrides riz pluvial s'est faite pour et dans les meilleurs SCV ; ce matériel génétique, très diversifié au plan commercial (*des riz longs à très longs fins, aromatiques, à teneurs variables en amylose*), montre un potentiel de production voisin de 9.000 kg/ha dans les SCV pluviaux et très largement supérieur à 10.000 kg/ha en conditions irriguées. Leurs

FIG. 17

RÉPONSE DES CULTURES DE SOJA ET RIZ GRAIN LONG FIN EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE ET DU NIVEAU TECHNOLOGIQUE
Sols ferrallitiques de l'écologie des forêts humides du Centre Nord du Mato Grosso



SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA/GECC, A. C. Maronezzi, L. Saucedo, AGRONORTE - Sinop/MT, 2001

Les recherches conduites par le CIRAD avec ses partenaires brésiliens (MAEDA, COODETEC et UNICOTTON) a bénéficié d'acquis antérieurs établissant les règles de conduite de la culture cotonnière en semis direct qui ont été élaborées dans les régions moins pluvieuses (000-1600 mm) du Sud de l'état de Goiás et du Nord de l'état de São Paulo entre 1994 et 1999 [Fig. 18].

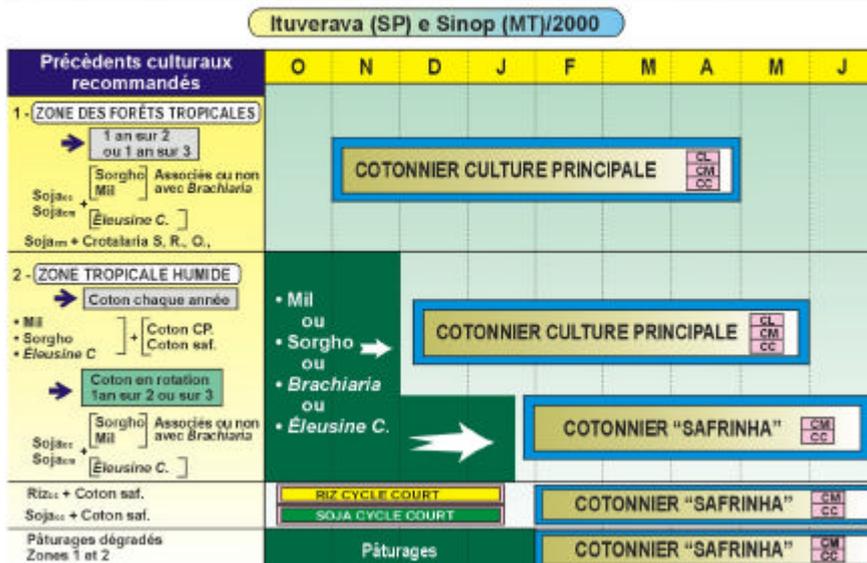
Elles mettent en évidence que la culture cotonnière à très fort niveau d'intrants chimiques n'est pas durable dans ses pratiques actuelles.

Les résultats de recherche les plus récents sur la gestion optimisée des sols et des cultures en SCV montrent que la productivité cotonnière peut être durable si, à la fois : un véritable semis direct est pratiqué (contrôle chimique des repousses, semis direct des biomasses de couverture : sol jamais travaillé), et maintenu dans le cadre de rotations diversifiées, très fortes pourvoyeuses de biomasse (dessus et dans le sol), où la culture cotonnière s'insère un an sur deux ou sur trois (successions annuelles soja + maïs ou sorgho ou mil associés à Brachiaria ruz. ; soja + Eleusine cor.).

Cette gestion en SCV diversifiés, permet d'utiliser des niveaux d'intrants chimiques plus faibles (amendements, engrais, pesticides) et de maintenir des rendements de coton graine élevés, entre 3.500 et 5.000 kg/ha.

FIG. 18

LES SYSTÈMES DE CULTURE DU COTONNIER, EN SEMIS DIRECT, DANS LA RÉGION DES FORÊTS TROPICALES DU SUD DE L'ÉTAT DE GOIÁS, MINAS GERAIS, NORD DE L'ÉTAT DE SÃO PAULO ET DANS LA RÉGION DES FORÊTS ET CERRADOS HUMIDES DU MATO GROSSO -



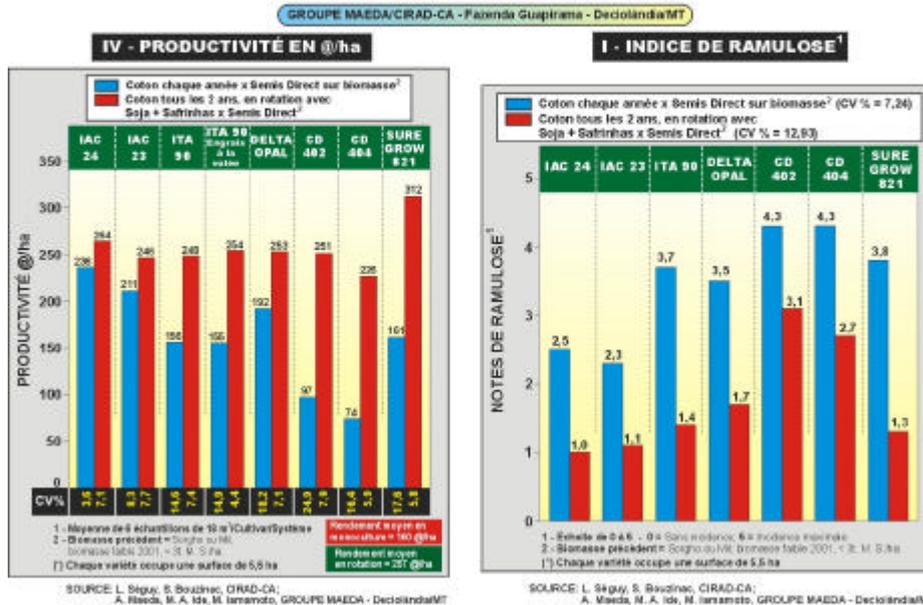
SOURCE: Séguy L., Bouzinac S., CIRAD-CA; Maeda E., Maeda N., Ide M. A., Trenini A., Groupe Maeda; Maronezzi A., Agronorte - Ituverava (SP) e Sinop (MT)/2000

Le choix des cultivars doit se faire en fonction de la qualité biologique des sols : variétés rustiques (telles IAC 23 et 24) sur forte pression biologique négative (monoculture), cultivars plus sophistiqués à haut potentiel et meilleure qualité de fibre dans le cadre des SCV diversifiés (FIBERMAX 966, COODETEC 406 et 407, SURE GROW 821) [Fig. 19].

En 15 ans, dans le cadre des recherches sur les SCV pratiqués

FIG. 19

PERFORMANCES DE VARIÉTÉS DE COTON EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE
Sols ferrallitiques de l'écologie des cerrados humides de l'ouest du Mato Grosso



être suivies d'embouche en saison sèche lorsque des cultures fourragères leurs sont associées (*cas du maïs, sorgho et mil*). Hormis le coton, si la valeur commerciale de ces cultures de succession est encore très sous-exploitée dans la région, elles peuvent toutefois servir à l'alimentation des animaux (bovins, porcs) en saison sèche et être converties avec profit en production de viande ou de lait. Les meilleurs systèmes de culture en semis direct permettent ainsi de produire aujourd'hui sur une année = 4.500 kg/ha de soja ou plus de 6.000 kg/ha de riz, suivis de 2.000 à 4.500 kg/ha de maïs ou sorgho ou mil ou Eleusine cor. et de 65 à 90 kg/ha de viande en saison sèche, ou encore 2.500 à 4.500 kg/ha de coton en rotation avec les systèmes précédents de production de grains + pâturage.

Ces avancées spectaculaires de la recherche-action participative ont pu être obtenues sur ces sols les plus pauvres du monde, et sous ce climat particulièrement agressif grâce à l'optimisation concomitante de la gestion de la ressource sol et de celle des ressources génétiques sélectionnées pour et dans les SCV.

Conséquences économiques :

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.

Ce sont ces contraintes économiques qui expliquent l'adoption exponentielle du Semis Direct à partir de 1995 dans la région où l'activité agricole sans subventions a dû, pour

en grande culture, la productivité totale par unité de surface des systèmes de culture qui se sont graduellement diversifiés, à

considérablement avancé grâce aussi aux cultures de succession annuelles telles le maïs, le mil, le sorgho et l'Eleusine qui produisent entre 2.000 et 4.000 kg/ha, et le coton dont les rendements vont de 2.250 à plus de 3.000 kg/ha ; ces cultures de succession, appelées "safrinhas", sont pratiquées avec un minimum d'intrants ou sans intrants et peuvent

FIG. 20

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 + SAFRINHA¹ + EMBOUCHE SAISON SÈCHE			
• 4000 à 4600 kg/ha soja +	450	150	1,3
• 1500 à 3500 kg/ha safrinha (Sorgho, Mil, Eleusine) +	520	350	3,4
• 1 à 1,5 UGB/ha sur 90 jours saison sèche			
SOJA SUR COUVERTURE VIVANTE DE TIFTON	300	200	0,75
• 3200 à 4600 kg de Soja +	à	à	à
• 1 à 1,5 UGB/ha sur 90 jours saison sèche	380	400	1,9
RIZ PLUVIAL HAUTE TECHNOLOGIE	420	100	0,84
• 4200 à > 7000 kg/ha	à	à	à
RIZ PLUVIAL HAUTE TECHNOLOGIE comme réforme des pâturages	450	100	3,0
• 3000 à 4000 kg/ha	à	à	à
	550	150	5,5
COTON COMME CULTURE PRINCIPALE	900	100	2,25
• 3000 à > 5000 kg/ha	à	à	à
	1300	400	13
COTON COMME SAFRINHA¹	500	200	0,8
• Sur forte biomasse ou en succession de Soja ou Riz, de cycle court	à	à	à
• 2400 à > 3000 kg/ha	650	600	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

se maintenir, produire plus et le moins cher possible. Actuellement, plus de 80% des surfaces sont en Semis Direct, mais pratiquent, pour la majorité un système dominant : soja + culture de succession maïs ou mil ou sorgho et plus récemment, à partir de 1998, la culture de coton.

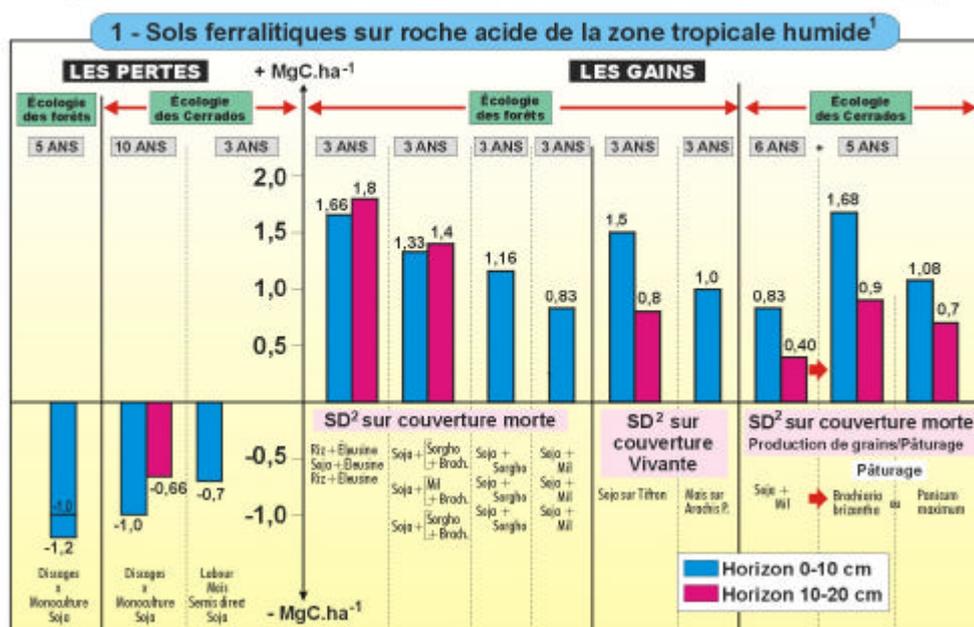
.Dans un tel contexte de trop faible diversification, les systèmes de culture récents créés par la recherche CIRAD/MAEDA/COODETEC, qui rendent possible l'intégration de toutes les cultures en SD avec l'élevage, sont ceux qui offrent les coûts de production les plus bas et les marges brutes les plus élevées et ceux qui doivent être le plus rapidement diffusés. Au-delà des bénéfices attractifs et de la stabilité qu'ils procurent, ils permettent de s'affranchir davantage de la politique agricole régionale très chaotique. Les performances économiques de ces systèmes de culture conduisent à construire des assolements plus stables et de moindre risque économique. 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 SCV à base de riz, soja, maïs + cultures de succession suivies d'embouche en saison sèche ou pratiquées sur couvertures vivantes et de 500 à plus de 1.300 U.S.\$/ha avec la culture cotonnière de haute technologie.

Les marges nettes par ha peuvent aller, malgré la pénalisation économique, en fonction des choix retenus et des conditions économiques annuelles, de 100 à plus de 600 U.S.\$/ha [Fig. 20].

IMPACTS DES SCV SUR LES SOLS = Quantité et qualité de biomasse, donc la nature des SCV commande les fonctions agronomiques essentielles, la dynamique de leurs relations avec les cultures et leur capacité à transformer les propriétés physico-chimiques et biologiques du profil cultural .

- Si les pertes en carbone sont toujours la règle en sol travaillé et monoculture (soja, coton) et peuvent être estimées sur 5 ans, entre -0,25 et -1,40 MgC.ha⁻¹.an⁻¹ en fonction des conditions pédoclimatiques, les gains en carbone peuvent être aussi rapides que les pertes, et dépendent de la nature des SCV pratiqués ; Les systèmes en semis direct les plus efficaces à cet égard sont ceux qui utilisent des successions annuelles à base de « biomasses de couverture », très fortes pourvoyeuses de phytomasse (matière sèche aérienne et racinaire) telles que mils et sorghos associés à *Brachiaria ruz.*, *Eleusine coracana*, *Cynodon dactylon*, espèces fourragères à croissance active en saison sèche en ZTH ; 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 . La séquestration annuelle de C, sur 3 à 5 ans, va de 0,83 à 1,50 MgC.ha⁻¹.an⁻¹ dans l'horizon 010 cm en fonction de la nature des SCV, mais peut atteindre 1,40 à 1,80 MgC.ha⁻¹.an⁻¹ dans l'horizon 1020 cm, lorsque les espèces fourragères pourvues de systèmes racinaires plus puissants et profonds sont utilisées dans les successions annuelles en fin de saison des pluies (*Brachiaria ruziziensis* e

FIG. 21 RESUMÉ DES TENDANCES D'ÉVOLUTION DES TENEURS MOYENNES ANNUELLES DE CARBONE DU SOL (en Mg C.ha⁻¹), 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

manchons importants de micro agrégats qui protègent la M.O. (polysaccharides, endomycorhizes vésiculo - arbusculaires, polyphénols), tels qu'en possèdent l'espèce *Eleusine coracana*, cultivée pure ou en association

ruziziensis e *brizantha*, *Eleusine coracana*][Fig. 21-]. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Corraza E. J. et al. (1999) dans les Cerrados du Centre Ouest brésilien, ceux de Cerri C.C. et al. en Amazonie (1992) et ceux de João Carlos Moraes de Sá (2004).

Les systèmes racinaires les plus résistants à la minéralisation sont ceux qui sont entourés de

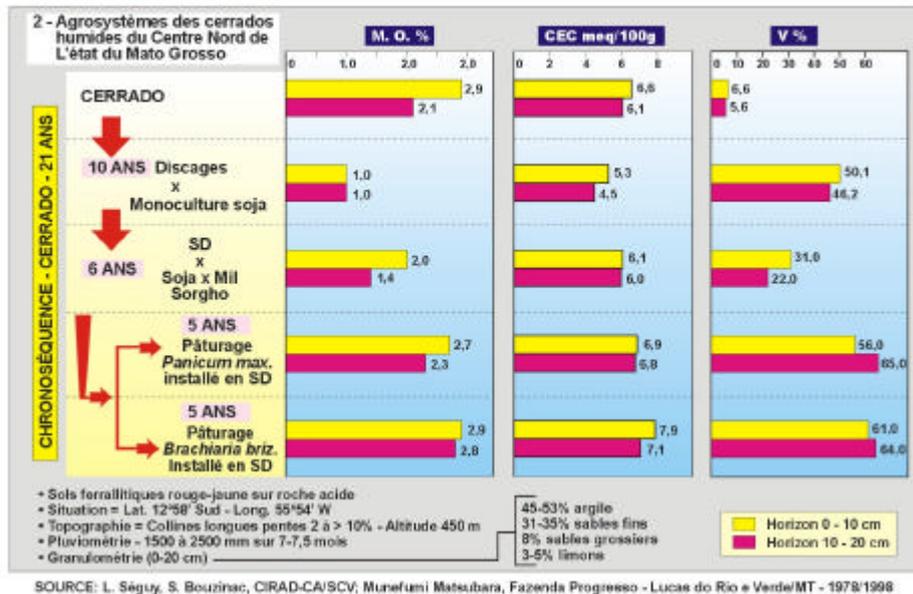
avec des légumineuses pivotantes (*Cajanus cajan*), ou le genre *Brachiaria* associé aux pompes biologiques recycleuses telles que mil et sorgho, *Cajanus cajan*.

L'augmentation de la M.O. en surface accroît la résistance des micro agrégats 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 de la capacité d'échange cationique (CEC) suit strictement celle du carbone : les SCV les plus performants créent un pouvoir de rétention des éléments nutritifs qui limite leur lixiviation [Fig.22 et 23].

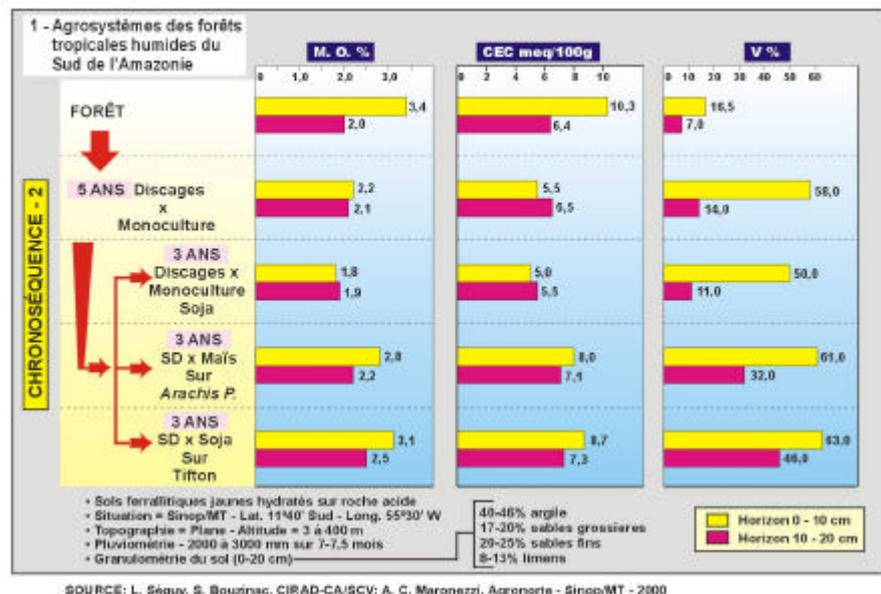
FIG. 22 TENDANCES D'ÉVOLUTION DU TAUX DE MATIÈRE ORGANIQUE (M. O. en %), DE LA CEC (en meq/100g) ET DU TAUX DE SATURATION (V en %), EN FONCTION DE LA NATURE DES SYSTÈMES DE CULTURE PRATIQUÉS DANS DIVERS AGROSYSTÈMES CONTRASTÉS, TROPICAUX ET SUBTROPICAUX -



Ce sont ces mêmes SCV, connectés à l'eau profonde du sol en saison sèche (au-delà de 2 m de profondeur), qui possèdent les plus puissants systèmes recycleurs = sorgho et mil associés à *Brachiaria ruziziensis*, *Stylosanthes guyanensis*,

l'Eleusine coracana en culture pure ou associée à *Cajanus cajan*, ce dernier associé à *Brachiaria ruz.*, et enfin les espèces fourragères *Brachiaria brizantha*, *Panicum maximum* implantées pour 3, 4 ou 5 ans en rotation avec les meilleurs SCV; toutes ces biomasses sont des «pompes à cations et nitrates» qui exercent leur fonction recycleuse au-delà de 2 m de profondeur (Les nombreux profils cultureux, réalisés pendant 15 ans, ont montré des densités racinaires très élevées sous ces espèces et associations, jusqu'à plus de 3 m de profondeur).

FIG. 23 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 -



Les remontées très significatives dans l'horizon 0-10 cm du taux de saturation en bases, mesurées sous ces «pompes biologiques», sont très démonstratives à cet égard [Fig. 22].

Si toutes recyclent des bases, les légumineuses du genre *Stylosanthes g.* et *Arachis p.*, lorsqu'elles occupent une place importante dans la rotation des SCV recyclent très fortement le potassium et les oligo-éléments Mn, Cu, Zn.

Les SCV, en fonction de leur nature, exercent donc bien des actions sélectives sur la dynamique des éléments nutritifs comme l'ont montré les travaux de Miyazawa M., Pavan M.A., Franchini J.C. (2000). Ces résultats peuvent conduire à proposer aux agriculteurs des règles de décision pour le choix et la conduite des SCV.

La rotation des meilleurs SCV permet, non seulement d'injecter du carbone en profondeur, mais aussi d'exercer un pouvoir restructurant très efficace dans l'horizon 0-20 cm : après 5 ans, l'indice MWD caractérisant l'état structural montre des valeurs proches de celles existantes sous les milieux naturels de forêts et savanes, comprises entre 4 et 5.

Par le choix judicieux des biomasses de couverture dans les SCV, il est maintenant possible, après dessiccation mécanique ou chimique des biomasses qui précèdent le semis direct, de supprimer presque totalement les herbicides dans les cultures ; cette voie agronomique de contrôle naturel des adventices par le choix des couvertures, constitue une alternative aux OGM, très importante et écologique.

2.2 Les progrès les plus récents des SCV, obtenus entre 2001 et 2004

■ Les systèmes SCV cotonniers

Sur la matrice système de la Fazenda Mourão (Sud-Est de l'état du Mato Grosso)

La matrice des systèmes installée depuis 2001 sur une toposéquence de la fazenda Mourão compare les systèmes de l'agriculture d'hier (T_1 = monoculture coton x offset), de l'agriculture d'aujourd'hui (T_2 = Semis "semi-direct" sur mil x coton tous les ans) et de l'agriculture de demain (S_1 et S_3 = innovations Semis Direct x Rotation Soja + Eleusine ou/ sorgho + *Brachiaria ruz.*]).

Cette vitrine des systèmes de culture est conduite en condition d'exploitation réelles mécanisées ; elle comporte 2 modes de gestion de la fertilisation minérale dont un minimum pour à la fois réduire les coûts, mais également mettre en évidence l'impact positif de la régénération organo-biologique des sols par les SCV.

Elle intègre l'amélioration variétale coton, pour et dans les systèmes de culture, dans l'objectif essentiel d'optimiser les relations «génotype x modes de gestion des sols et des cultures».

Elle constitue un «laboratoire d'observation - évaluation scientifique et de modélisation» pour l'étude du fonctionnement agronomique comparé des systèmes de culture et leurs impacts sur la productivité des cultures, sur les transformations des sols : les externalités et les xénobiotiques, la résilience (*composantes de la qualité biologique des sols*), sur la qualité des eaux et des productions.

Les résultats obtenus les plus significatifs, au cours des 2 dernières années d'évaluation, peuvent être résumés comme suit:

➤ les performances agronomiques des systèmes de culture se différencient tous les ans davantage =

- Les systèmes d'hier avec travail du sol sont ceux qui produisent le moins : 20 à 40% de moins que les systèmes en semi-direct, et 40 à 60% de moins que les systèmes SCV qui sont toujours les meilleurs [Fig.24 et 25].

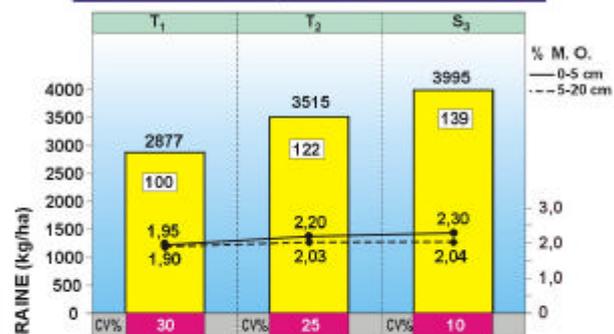
FIG. 24

PRODUCTIVITÉ COMPARÉE DES SYSTÈMES DE CULTURE Fazenda Mourão - Campo Verde, MT - 2003/2004

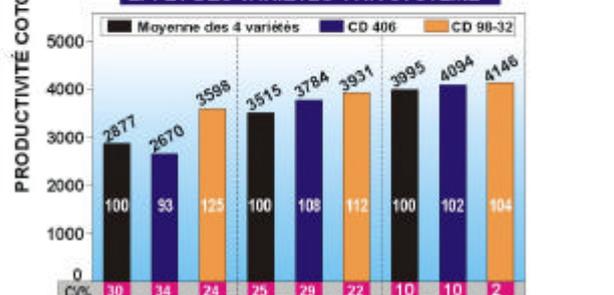
I FUMURE STANDARD¹ DE LA FAZENDA

T_1 - Monoculture Coton x Travail du sol
 T_2 - Discage léger avant Mil - SD Coton sur Mil / tous les ans
 S_1 - SD Coton dans la rotation = Coton/Soja + (Sorgho + *Brachiaria Ruziziensis*)
 ☐ Productivité relative

EFFET DU SYSTÈME², 4 VARIÉTÉS CONFONDUES



EFFET DES VARIÉTÉS³ PAR SYSTÈME



1 - Fumure standard = 130N - 146 P₂O₅ - 180 K₂O + oligos/ha
 2 - Dispositif expérimental: Matrice de systèmes de culture en collection testée, avec 2 témoins répétés à chaque extrémité et intercalés au milieu (T_1 et T_2). Dispositif conduit en conditions réelles d'exploitation mécanisées - Moyenne de 4 variétés sans Tami
 3 - Variétés testées = CD 406; CD 407; CD 98-32; CD 99-2299
 SOURCE: Projet FACUAL/COODETEC-CIRAD/FAZ. MOURÃO - Equipe CIRAD: J. L. Balot, J. Marit, L. Seguy, S. Bauchas - COODETEC: A. Marques, M. Rodrigo

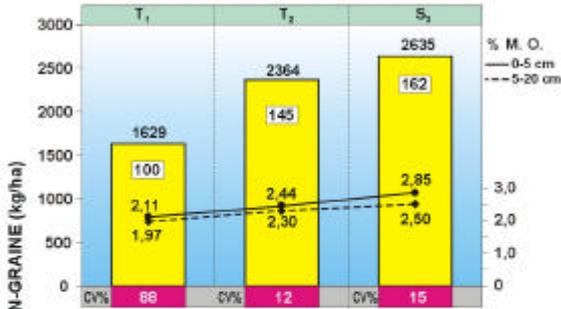
FIG. 25

PRODUCTIVITÉ COMPARÉE DES SYSTÈMES DE CULTURE
Fazenda Mourão - Campo Verde, MT - 2003/2004

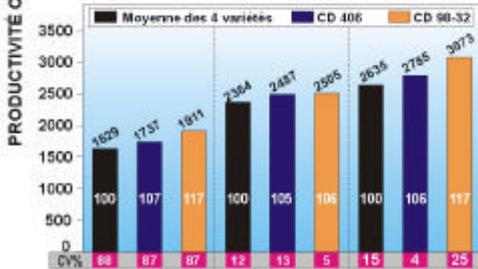
II FUMURE RÉDUITE¹ DE LA FAZENDA

T₁ - Monoculture Coton x Travail du sol
T₂ - Discage léger avant Mil - SD Coton sur Mil / tous les ans
S₂ - SD Coton dans la rotation = Coton/Soja + (Sorgho + *Brachiaria Ruziziensis*)
□ Productivité relative

EFFET DU SYSTÈME², 4 VARIÉTÉS CONFONDUES



EFFET DES VARIÉTÉS³ PAR SYSTÈME



1 - Fumure réduite = 1/3 Fumure standard: 65N - 73P, O₂ - 90 K₂O + oligoséa
2 - Dispositif expérimental: Matrice de systèmes de culture en collection testée, avec 2 témoins répétés à chaque extrémité et intercalés au milieu (T₁ et T₂). Dispositif conduit en conditions réelles d'exploitation mécanisées, sans Terrik.
3 - Variétés testées = CD 406; CD 407; CD 98-32; CD 99-2339
SOURCE: Projet FACUAL/COODETEC/IRAD/FAZ. MOURÃO - Equipe CIRAD: J. L. Bélat; J. Marin; L. Seguy; S. Bauchin - COODETEC; A. Marques; M. Rodrigo

Une pluie de 240 mm (le 24/01/04) a décapé plus de 30 cm d'épaisseur de sol sur l'une des parcelles avec travail du sol (+/- 3.000 t/ha) entraînant une productivité nulle ; ce même évènement climatique majeur n'a entraîné aucun dégâts sur les systèmes SCV, ni altérations visibles de l'état de surface.

- L'évolution de la productivité sur 3 ans, en fonction des systèmes, met en évidence que, seuls les SCV s'inscrivent sur une pente toujours croissante, quel que soit le niveau de fumure utilisé [Fig.26].

- L'importance de la gestion organo-biologique dans les SCV se traduit par des productivités élevées, même en présence de niveaux de fumure minérale très faibles, inférieurs aux exportations par les grains des cultures en rotation sur 2 ans [Fig.27 e 28], entre 2.600 et 3.000 Kg/ha de coton graine et plus de 3.600 kg/ha de soja de cycle court, et entre 2.500 et 3.000 kg/ha de sorgho ;

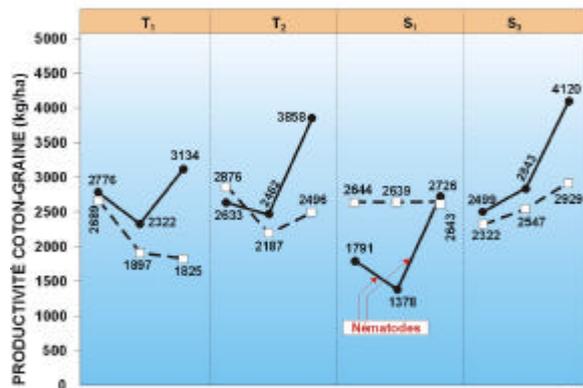
- La fertilisation minérale totale, appliquée sur 2 ans à

FIG. 26

ÉVOLUTION DE LA PRODUCTIVITÉ¹ DES SYSTÈMES DE CULTURE DU COTONNIER (3 ANS), AVEC LES MEILLEURES VARIÉTÉS² ET 2 NIVEAUX DE FERTILISATION³ MINÉRALE

Fazenda Mourão - Campo Verde, MT - 2001/2004

T₁ - Monoculture Coton x Travail du sol
T₂ - Discage léger avant Mil - SD Coton sur Mil / tous les ans
S₁ - SD Coton dans la rotation = Coton/Soja + Eleusine
S₂ - SD Coton dans la rotation = Coton/Soja + (Sorgho + *Brachiaria Ruziziensis*)
● Fumure standard³ □ Fumure réduite³

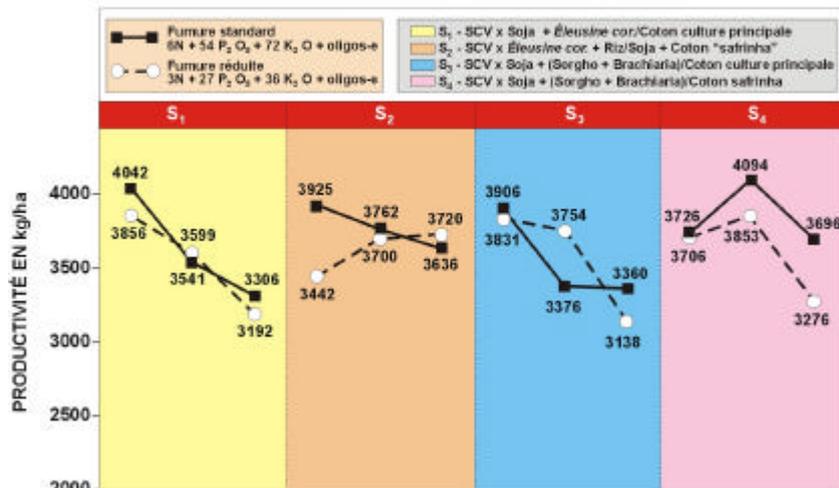


1 - Dispositif expérimental: Matrice de systèmes de culture en collection testée, avec 2 témoins répétés à chaque extrémité et intercalés au milieu (T₁ et T₂).
- Dispositif conduit en conditions réelles d'exploitation mécanisées, sans Terrik.
2 - Meilleures variétés { En 2001/2002: CD 402 + CD 404
En 2002/2003: CD 405 + CD 99-2339
En 2003/2004: CD 405 + CD 98-32
3 - Fumure standard (de la Fazenda Mourão) = 130N - 146 P₂ O₂ - 180 K₂O + oligoséa
- Fumure réduite = { en 2001/2002 = 87N - 97 P₂ O₂ - 120 K₂O + oligoséa (2/3 - Fumure standard)
en 2002/2003 = 65N - 72 P₂ O₂ - 90 K₂O + oligoséa (1/3 - Fumure standard)
SOURCE: Projet FACUAL/COODETEC/IRAD/FAZ. MOURÃO - Equipe CIRAD: J. L. Bélat; J. Marin; L. Seguy; S. Bauchin - COODETEC; A. Marques; M. Rodrigo

FIG. 27

ÉVOLUTION DE LA PRODUCTIVITÉ DE SOJA¹ DE CYCLE COURT DANS DIVERS SYSTÈMES DE SEMIS DIRECT (SCV) SUR FORTES BIOMASSES ET EN PRÉSENCE DE 2 NIVEAUX DE FUMURE MINÉRALE

Fazenda Mourão - Campo Verde (MT) - 2001/2004



1 - En 2001/2002: Conquista; en 2002/2003: Moyenne de CD 211 + Conquista; en 2003/2004: CD 217

SOURCE: Projet FACUAL/COODETEC/IRAD/FAZ. MOURÃO - Equipe CIRAD: J. L. Bélat; J. Marin; L. Seguy; S. Bauchin - COODETEC; A. Marques; M. Rodrigo

FIG 28

PRODUCTIVITÉ DE DIVERSES VARIÉTÉS DE COTON "SAFRINHA" DANS 2 SYSTÈMES DE SEMS DIRECT SUR FORTES BIOMASSES (SCV) ET EN PRÉSENCE DE 2 NIVEAUX BAS DE FUMURE MINÉRALE

la rotation = Soja + (Sorgho + *Brachiaria r.*) / *Brachiaria r.* + Coton safrinha n'est que de 46 N + 76 P₂O₅ + 96 K₂O/ha pour atteindre ces hautes productivités de grains.

- Les teneurs en M.O. se différencient rapidement et significativement en fonction du système de culture : le niveau de M.O. augmente significativement en 3 ans sous les SCV, est à peu près stable sous le système « semi-direct » et diminue sur le travail du sol [Fig. 29]; les paramètres CEC, V% suivent la même évolution.

- Les SCV cotonniers les plus performants (S3) confirment qu'ils peuvent constituer des alternatives bien supérieures à l'utilisation des seuls OGM spécialisés (Bt, RR, etc..) en exprimant des productivités toujours croissantes compatibles avec des coûts de production de plus en plus bas (réductions importantes : de la fumure minérale, des herbicides et pesticides en général) et une fertilité des sols croissante (M.O., qualité biologique).

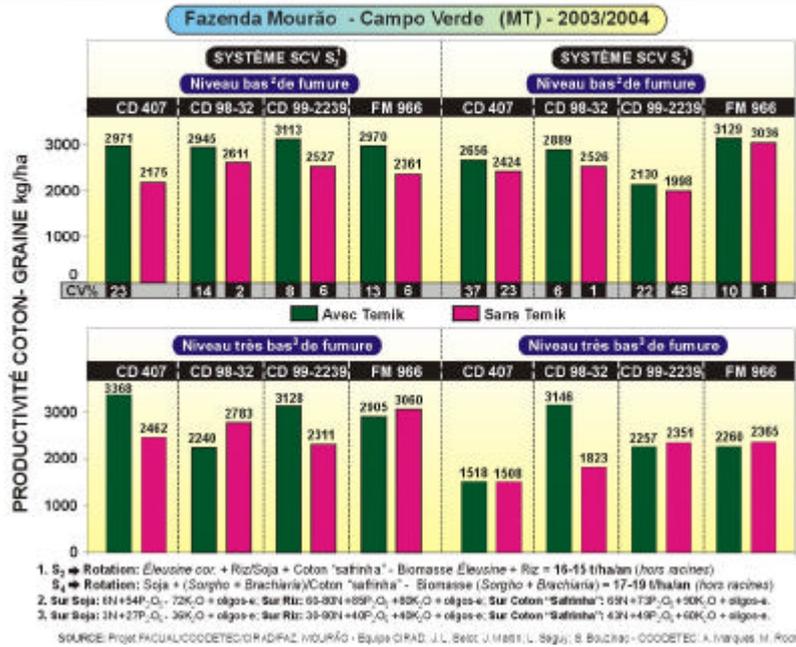
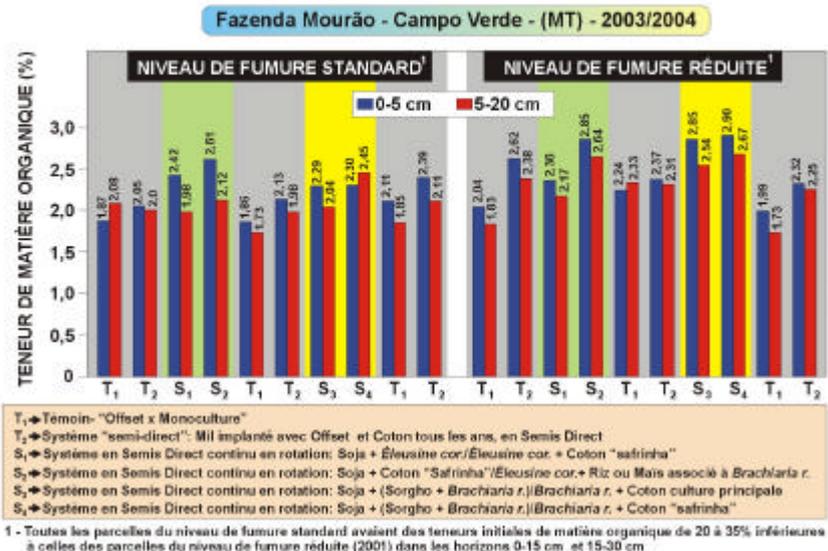


FIG. 29 DIFFÉRENCIATION DE LA TENEUR DE MATIÈRE ORGANIQUE (EN %) EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE



➤ Les interactions «génotypes x modes de gestion des sols et des cultures » sont bien mises en évidence (efficacité de la méthode scientifique d'intervention) :

- La variété CD 98-32 exprime un comportement homéostatique, que lui confère une supériorité à toutes les autres, quel que soit le système de culture ; toutefois, sa productivité maximum s'exprime sur les SCV, et sa productivité minimum sur travail du sol [Fig.24 e 25] ;
- La variété CD 406, au contraire répond fortement au type de système : peu performante sur travail du sol, elle montre une très bonne productivité sur les systèmes semi-direct et SCV (3.700 à plus de 4.000 kg/ha de coton-graine) ;
- Les SCV nivellent les performances variétales par le haut, annulent l'effet « variétal » à l'inverse du travail du sol x monoculture où les réponses variétales sont les plus différenciées. Ce résultat, déjà consolidé depuis plusieurs années (Cf. travaux de recherche avec le groupe MAEDA), montre bien que les objectifs de sélection, ses exigences, peuvent être très différents en fonction des modes de gestion des sols et des cultures qui, en transformant fortement les sols, offrent des conditions de croissance

également fortement différenciées (*efficience de l'eau, états nutritionnels, défenses immunitaires, appareil de protection phytosanitaire, etc...*).

▪ **Sur la fazenda Guapirama (Groupe Maeda- Sud-Ouest de l'état de Mato Grosso)**

Le Cirad et le groupe agro-industriel privé MAEDA se sont associés à partir de 1994 pour, à la fois, améliorer les performances agronomiques et technico-économiques de la culture cotonnière dont MAEDA était le premier producteur brésilien en 1994, et pour minimiser ses impacts sur l'environnement.

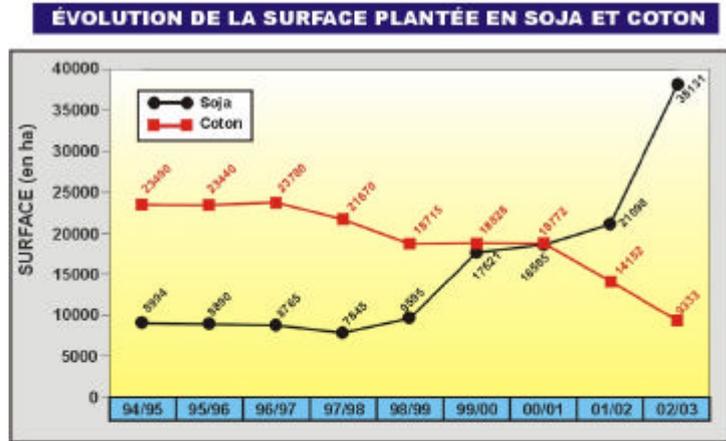
Après 9 ans de collaboration fructueuse entre les 2 institutions, un bilan des résultats est dressé par rapport aux objectifs de départ. Il montre que l'incorporation-adaptation progressive des systèmes de culture en Semis direct sur Couverture Végétale (SCV) créés par la recherche a permis simultanément: d'augmenter de 46% la surface cultivée vers d'autres grandes éco-régions du Brésil Central, de transformer la nature des productions qui ont été fortement diversifiées et qui sont passées de coton dominant en 1994/95 à grains très largement dominants (soja + sorgho, mil et Eleusine) en 2002/03, de faire progresser la productivité des cultures principales de soja et coton respectivement de 25,5% et 45%, et de produire 3 cultures sur 2 ans au lieu de 2 [Fig.30].

Malgré des conditions climatiques défavorables au cours des 2 dernières années (*excès pluviométrique pendant la phase reproductive*), la productivité du coton est en croissance constante dans les meilleurs SCV, malgré une utilisation nettement réduite d'intrants chimiques : fumure minérale, herbicides et fongicides, les meilleures productivités SCV dans la rotation Coton/Soja + (Sorgho + *Brachiaria r.*), sont voisines de 5.000 kg/ha [Fig. 31 e 32].

Au plan économique, les coûts de production ont légèrement baissé grâce aux progrès et à la maîtrise du semis direct et, malgré une conjoncture très difficile, les marges nettes et le taux de rentabilité ont été multipliés par plus de 3; le parc mécanisé a été réduit de moitié, le nombre des prestataires de services a chuté de 71% et la consommation de carburant a diminué de 70% [Fig. 33]

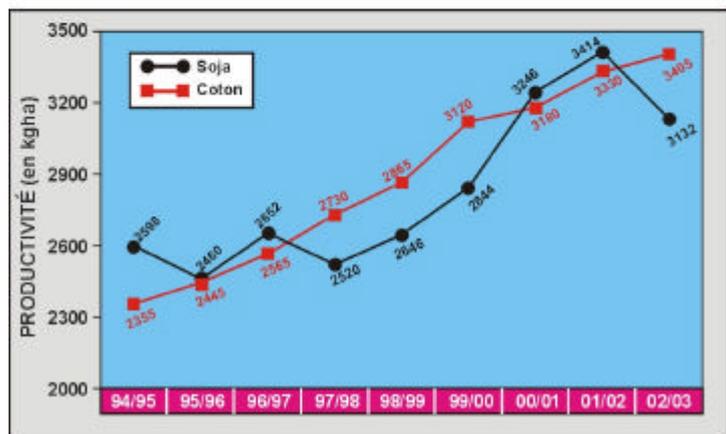
Pour ce qui concerne les impacts des systèmes en Semis Direct, l'érosion et les externalités sont maintenant bien

FIG. 30



SOURCE: GROUPE MAEDA - Ilumbara, GO - 1994/2003

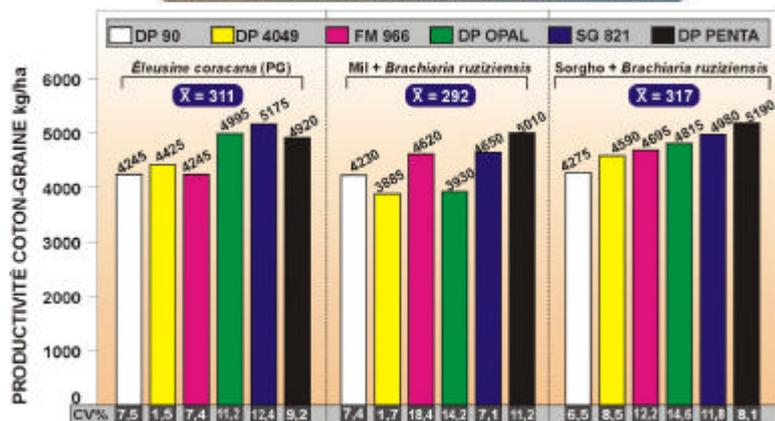
ÉVOLUTION DE LA PRODUCTIVITÉ DE SOJA ET COTON



SOURCE: GROUPE MAEDA - Ilumbara, GO - 1994/2003

FIG. 31 PRODUCTIVITÉ¹ DE 6 VARIÉTÉS DE COTON EN SYSTÈME DE SEMIS DIRECT SUR COUVERTURE VÉGÉTALE PERMANENTE DU SOL², EN FONCTION DE 3 BIOMASSES DE NATURE DIFFÉRENTE

Fazenda Guapirama - Groupe Maeda - Diamantino (MT) 2003/2004



1 - Fumure minérale: 125 N + 120 P₂O₅ + 180 K₂O + oligo-éléments

2 - Rotation: Coton/Soja + "Sofrinhas", alternées

Ferres (biomasses sèches en 2003/2004) (hors masse racinaire) → Eleusine coracana: 12 t/ha;

Mil + Brachiaria ruziziensis: 13 t/ha; Sorgho + Brachiaria ruziziensis: 17 t/ha

SOURCE: Projet GROUPE MAEDA-CIRAD CA-GEC - CIRAD CA: L. Seguy, S. Baudrac; GROUPE MAEDA: E. et A. Maeda, A. Luz

contrôlées, et la pratique des meilleurs systèmes, les plus forts pourvoyeurs de biomasse, surtout en fin de saison des pluies et en saison sèche, permettent de séquestrer efficacement le carbone, entre 0,5 et plus de 2,5 t/ha/an en fonction de la nature des systèmes et des conditions pédoclimatiques. Les perspectives futures de la culture cotonnière en rotation avec la production de grains sont abordées avec la double ambition de produire plus, avec moins d'intrants chimiques, et de fournir des produits sains, totalement exempts de pesticides, dans un environnement de mieux en mieux protégé.

FIG. 32

ÉVOLUTION DE LA PRODUCTIVITÉ DE 5 VARIÉTÉS DE COTON EN SYSTÈMES¹ DE SEMIS DIRECT SUR COUVERTURE PERMANENTE DU SOL

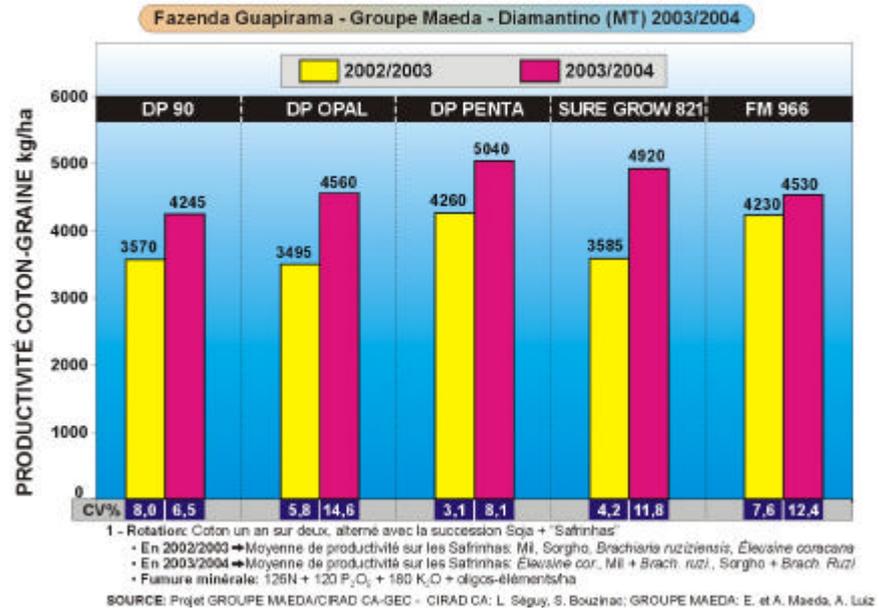
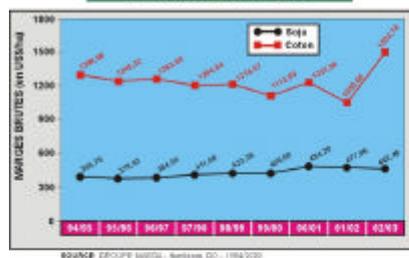
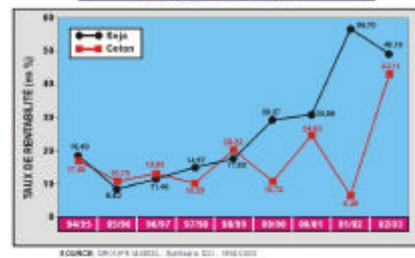


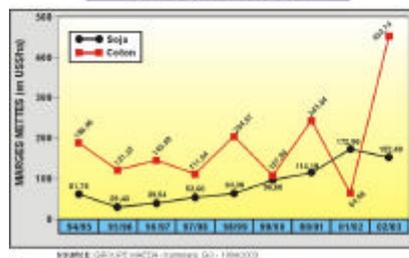
FIG. 33 ÉVOLUTION DES MARGES BRUTES DU SOJA ET DU COTON



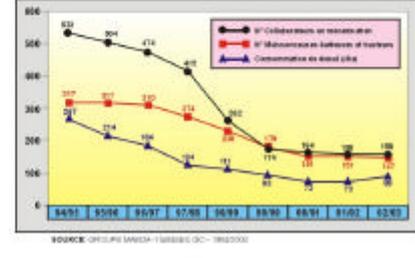
ÉVOLUTION DU TAUX DE RENTABILITÉ DU SOJA ET DU COTON



ÉVOLUTION DES MARGES NETTES DU SOJA ET DU COTON



ÉVOLUTION DU NOMBRE DE COLLABORATEURS EN HÉCARGEMENT DE MOISSEUSES-BATTEUSES ET TRACTEURS, DE LA CONSOMMATION DE DÉPENSES



▪ **CREATION DEZ RIZ POLY-APTITUDES SEBOTA DANS LES SYSTEMES DE CULTURE EN SEMIS DIRECT (SCV)**

Cette opération de recherche a été entreprise il y a déjà 14 ans, pour suppléer les déficiences de la recherche mondiale ; elle visait à concilier “productivité et qualité” et la pérennisation d’une culture moderne de riz pluvial de haute technologie dans la zone tropicale humide.

Les produits obtenus actuels sont (*Tableaux 1 à 4*) :

TABLEAU 1-PERFORMANCES DES MEILLEURES VARIETES CEREASNET/CIRAD EN GRANDE CULTURE (5.000 m²/CULTIVAR) - CEREASNET – SINOP – MT – 2003/04

VARIETE	Productivité En t/ha	Productivité Relative (%T)	Rendement usinage (%)	Grains entiers (%)	Teneur en amylose (%)
PRIMAVERA	3,9	91	72	52	25
CIRAD 141 (T)	4,3	100	66	55	19
SEBOTA 41	5,1	119	72	55	26
SEBOTA 89	5,6	130	74	60	20
SEBOTA 1 (aromatique)	5,8	135	68	45	
SEBOTA 63	6,1	142	69	46	28
SEBOTA 175 (aromatique)	6,7	156	70	52	-
SEBOTA 70	6,8	158	71	61	20
SEBOTA 48	6,9	160	71	56	27
SEBOTA 254 (aromatique)	7	163	70	36	-
SEBOTA 28 (aromatique)	7,1	165	68	46	-
SEBOTA 43	7,3	170	70	60	19
SEBOTA 69	7,4	172	73	64	28
SEBOTA 68	7,5	174	71	65	19

Fumure 1^o année Grandes parcelles :

- Correction du sol avec **1.000 kg/ha de Yoorin Bz** (*Pour 3 ans de culture*) ;
- Fumure à la ligne au semis: 300 kg/ha de 4 -20-20 ;
- Application d’une fumure de couverture à 40 jours après semis : 100 kg/ha de 20-00-20.

Riz planté le 20/12/2003 après défriche de la forêt.

Pluviométrie excellente durant le cycle de culture, sans stress hydrique.

TABLEAU 2 - COLLECTIONS TESTEES : PERFORMANCES DES MEILLEURES VARIETES RIZ CEREASNET/CIRAD – SINOP – MT – 2003/04

Cultivar Riz	sans protection			avec protection		
	Producti- vité Ton./ha	Productivités relatives		Producti- vité Ton./ha	Productivités relatives	
		%CIRAD	%PRMV		%CIRAD	%PRMV
SBT 1141	6,08	100%	125%	6,37	100%	97%
SBT 89	6,38	105%	131%	6,15	97%	94%
INT 231	3,85	63%	79%	8,98	141%	137%
SBT 49	6,73	111%	138%	6,08	95%	93%
SBT 238	6,18	102%	127%	6,93	109%	106%
SBT 130	5,75	95%	118%	7,55	119%	115%
SBT 7	7,20	118%	148%	6,08	95%	93%
SBT 56	6,25	103%	128%	7,08	111%	108%
SBT 64	6,28	103%	129%	7,65	120%	117%
SBT 279	7,45	123%	153%	6,68	105%	102%
SBT 41	7,10	117%	145%	7,13	112%	109%
SBT 88	6,55	108%	134%	7,75	122%	118%
SBT 71	6,25	103%	128%	8,20	129%	125%
SBT 79	5,90	97%	121%	8,75	137%	134%
SBT 239	7,33	120%	150%	7,28	114%	111%
SBT 62	6,18	102%	127%	8,70	137%	133%
SBT 42	9,40	155%	193%	5,65	89%	86%
SBT 53	7,13	117%	146%	8,43	132%	129%
SBT 196	7,50	123%	154%	8,23	129%	126%
SBT 43	8,40	138%	172%	7,40	116%	113%
SBT 123	7,48	123%	153%	8,40	132%	128%
SBT 63	7,05	116%	144%	8,85	139%	135%
SBT 55	6,13	101%	126%	9,93	156%	152%
SBT 70	9,15	150%	188%	6,98	109%	106%
SBT 219	7,88	130%	161%	8,93	140%	136%
SBT 177	8,48	139%	174%	8,30	130%	127%
SBT 216	8,08	133%	165%	8,80	138%	134%
SBT 66	8,75	144%	179%	8,35	131%	127%
SBT 215	9,13	150%	187%	8,43	132%	129%
SBT 69	8,18	134%	168%	9,53	150%	145%
SBT 68	8,65	142%	177%	10,80	170%	165%

Sans protection : sans aucune protection fongicide

Avec protection : 1 application de Bim (Triciclazol) à l'émission de 5% des panicules CV (%) de l'essai: 9,2 %

% CRD = Productivité par rapport au témoin cycle moyen Cirad 141

% PRMV = Productivité par rapport au témoin cycle court Primavera (Embrapa).

Fumure : identique à celle des grandes parcelles.

**TABLEAU 3 – PERFORMANCES DES RIZ PLUVIAUX AROMATIQUES
FAZENDA MOURÃO – CAMPO VERDE – MT - 2003/04**

A) EN GRANDES PARCELLES MECANISEES DE 1 HA PAR CULTIVAR

**PRODUCTIVITE DES MEILLEURES VARIETES PLUVIALES
AROMATIQUES**

SEBOTA 1	= 5.420 kg/ha	(CV % = 8,4)
SEBOTA 28	= 8.210 kg/ha	(CV % = 9,2)
SEBOTA 254	= 11.380 kg/ha	(CV % = 7,6)
SEBOTA 36	= 12.320 kg/ha	(CV % = 6,8)

6 répétitions de 20 m² tirées au hasard sur chaque parcelle/cultivar.

B) COLLECTIONS TESTEES DE RIZ PLUVIAL AROMATIQUES

Cultivar riz	Productivité en kg/ha	Productivité relative (%T)	Sensibilité aux oligo-éléments ¹
SEBOTA 19	4178	73	MS
SEBOTA 11	4850	85	MR
SEBOTA 23	4998	87	S
SEBOTA 21	5270	92	MS
SEBOTA 20	5278	92	MS
INT 84	5383	94	MS
SEBOTA 1	5457	95	MR
SEBOTA 22	5470	96	S
SEBOTA 25	5542	97	MS
SEBOTA 251	5665	99	MR
SEBOTA 1141 (T)	5719	100	R
SEBOTA 16	5792	101	MR
SEBOTA 24	5833	102	MS
SEBOTA 270	5935	104	MR
SEBOTA 252	5963	104	MR
SEBOTA 225	6190	108	MR
SEBOTA 34	6405	112	R
SEBOTA 224	6515	114	MR
SEBOTA 108	6760	118	MR
SEBOTA 255	6880	120	MR

1) Echelle de sensibilité aux micro-éléments (Mn et Zn) :

S= Sensible, MS= moyennement sensible, MR = moyennement résistant, R = Résistante

Fumure de correction : 1.000 kg/ha de Yoorin Bz (pour 3 années de culture)

Fumure sur la ligne au semis: 300 kg/ha de 5-18-18

Fumure de couverture : 60 N + 20 K₂O

CV (%) de l'essai: 8,45 %

**TABLEAU 4 – PERFORMANCES DES MEILLEURES VARIETES RIZ PLUVIAL
FAZ . SÃO JOSÉ – MONTIVIDIU – GO – 2003/04**

VARIETE	Productivité en t/ha	Productivité relative (% T)	Rendement usinage (%)	Grains entiers (%)
PRIMAVERA	3,54	69	64	45
CIRAD 141 (T)	5,12	100	65	60
SEBOTA 89	5,45	106	68	64
SEBOTA 63	5,65	110	69	46
SEBOTA 41	5,92	116	72	55
SEBOTA 70	6,13	120	70	67
SEBOTA 48	6,27	122	64	57
SEBOTA 68	6,51	127	68	65
SEBOTA 43	6,64	130	63	55
SEBOTA 69	6,88	134	69	62

CV de l'essai = 7,54%

Fumure de l'essai :

- Fumure sur la ligne au semis: 350 kg/ha de 4-20-20
- Fumure de couverture : 60 N + 20 K₂O

Essai semé le 28/11/03, sans problèmes de stress hydrique durant tout le cycle.

⇒ **environ 260 variétés et diverses populations récurrentes** (pour le Brésil, mais aussi pour le Laos, Madagascar et le Cambodge, pays partenaires du réseau SCV) qui concilient :

+ Hautes productivités : jusqu'à plus de 10 t/ha en conditions pluviales et dans les meilleurs systèmes de Semis Direct); qualité de grains permettant de répondre à toutes les niches économiques comme marché intérieur brésilien, Europe, Asie : riz à grains longs à très longs fins, à grains ronds, aromatiques ou non, à taux d'amylose variables. Les performances agronomiques des meilleurs cultivars en 2003/04 sont exposées dans les tableaux -- à 1 , et montrent combien nos travaux en matière d'amélioration variétale dans les systèmes de culture ont fait progresser les performances et aptitudes du riz aux milieux de culture pluviaux.

+ Adaptation à tous les milieux de culture: pluvial, bas-fonds, irrigué (sous pivot ou avec aménagement hydraulique). Ces riz peuvent être notamment cultivés avec beaucoup moins d'eau que les riz irrigués et sous régime hydrique irrégulier, et ils constituent ainsi d'excellentes alternatives pluviales à la riziculture irriguée traditionnelle sous les tropiques et en particulier dans les aménagements hydro agricoles dégradés et défectueux.

⇒ **Des systèmes de culture préservateurs de l'environnement** aussi bien en conditions pluviales qu'irriguées (aménagements avec ou sans contrôle de l'eau, pivots), ou qu'en bas-fonds, hors aménagements;

Ces systèmes de culture ont été transférés et sont en voie de développement et de maîtrise à Madagascar, en Afrique (*Tunisie, Cameroun*), en Asie (*Laos, Vietnam*), en Colombie et au Brésil sur le réseau tropical SCV animé par L. Séguy. Ils permettent de produire du riz en répondant aux exigences variées de la demande mondiale, au moindre coût (30 à 70% moins cher que les systèmes irrigués), avec forte économie de main d'oeuvre, dans des systèmes de culture diversifiés (riz - fourrages, riz - légumes,...) et un environnement protégé (*impacts minimums*).

Perspectives riz poly-aptitudes

La nouvelle collaboration avec les partenaires Cereaisnet, El Aceituno (Colombie) et plus récemment (décembre 2004) Aspar (Bolivie) va nous offrir la possibilité de diffuser et de valoriser nos « SCV x Créations variétales ». Avec l'extension de nos interventions sur le réseau SCV CIRAD, le transfert – adaptation de nos innovations technologiques peuvent transformer radicalement les rizicultures tropicales et la production rizicole et devrait constituer une priorité essentielle du CIRAD.

3 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

- De nombreuses démonstrations sont maintenant faites en ZTH :
 - Les SCV fonctionnent bien comme l'écosystème forestier dont ils sont inspirés : hautes productivités stables, reproduites au moindre coût, efficacité de l'eau, regain de biodiversité, résilience, séquestration élevée du carbone, qualité biologique des sols, constituent les mots-clés du fonctionnement agronomique des SCV ;
 - Comme la forêt, les SCV s'alimentent dans la réserve d'eau la plus profonde des sols de la ZTH ; construits pour ce objectif , cette fonction leur permet de produire beaucoup plus de biomasse et en particulier, en saison sèche, plus fraîche, à un moment où la minéralisation de la M.O. du sol en place est à l'arrêt : c'est là que réside l'efficacité du processus de séquestration du carbone des écosystèmes cultivés SCV (*puits de C*), dont une partie abondante, représentée par les racines profondes est protégée des actions anthropiques ;
 - La preuve est faite que par rapport à tous les modes de gestion du sol agricole découverts à ce jour, les SCV confèrent au sol une très forte capacité de production, même en présence de niveaux de fertilisation minérale très faibles en sols très pauvres, dérisoires en regard des rendements obtenus : l'essentiel des nutriments est concentré dans la phytomasse comme dans l'écosystème forestier et retourne aux cultures par la voie de la minéralisation ; les SCV permettent ainsi de s'affranchir très rapidement de l'état initial de fertilité des sols et de produire tout en restaurant la fertilité des sols (*résilience*) ;
 - Les SCV les plus performants sur l'ensemble des fonctions agronomiques favorables à la production et à la protection de l'environnement, constituent des alternatives beaucoup plus puissantes, polyvalentes, bénéfiques et écologiques pour l'environnement que les OGM spécialisés.
- Après avoir beaucoup œuvré sur la création de scénarios de développement, restaurateurs et préservateurs de la ressource sol, les efforts de la recherche sont maintenant orientés vers :
 - une gestion plus proche du biologique des cultures en rotation, en substituant progressivement les molécules chimiques par des molécules organiques (*qualité biologique des sols, des productions et des eaux*) ;
 - donner la priorité à la diffusion-adaptation des SCV qui intègrent agriculture, élevage et biodiversité, des riz poly-aptitudes, chez les petites agricultures familiales deshéritées du Sud, comme alternatives décisives et prioritaires dans la lutte contre la pauvreté.

C'est dans cet exercice de transfert-adaptation dans la très grande variabilité physique et socio-économique des tropiques que surgiront les voies de recherche finalisées du futur.

• PUBLICATIONS

EN 2003

✓ Communications dans des congrès, symposium

SEGUY L.; BOUZINAC S. ; ; BELOT J. L.; MARTIN J. 2003 Systèmes de production durables de coton pour les savanes humides du Brésil Central (*traduit en portugais et anglais*) . **In** : Congrès Mondial Recherche Cotonnière – Le Cap Mars 2003. (*)

SEGUY L.; BOUZINAC S. ; SCOPEL E. ; RIBEIRO F. 2003 New concepts for sustainable management of cultivated soils through direct seeding mulch based cropping systems: the CIRAD experience, partnership and networks (*traduit en portugais et en français*) **In** : II Congresso Mundial sobre Agricultura Conservacionista – Foz do Iguaçu 11-15/08/2003 Vol. I page 142-144 (*)

SEGUY L.; BOUZINAC S. ; MARONEZZI A. C. ; SCOPEL E. ; BELOT J. L.; MARTIN J. 2003 – The success of no-tillage with cover crops for savannah regions “ From destructive agriculture with soil tillage to sustainable agriculture with direct seeding mulch based systems : 20 years of research of CIRAD and its brazilian partners in the Cerrado region in Brasil” (*traduit en portugais et en français*) **In** : II Congresso Mundial sobre Agricultura Conservacionista – Foz do Iguaçu 11-15/08/2003. Vol I page 153-155 (*)

✓ Synthèses scientifiques

(*) Un CD-Rom réunit ces 3 communications en français et en portugais et est déjà disponible au Programme GEC/ CIRAD-CA à 34398 Montpellier Cedex 5 –France sous les titres :

AGRICULTURA SUSTENTÁVEL: 20 anos de pesquisas do CIRAD-CA e de seus parceiros brasileiros em zona tropical úmida.

AGRICULTURE DURABLE : 20 ans de recherches du CIRAD-CA et de ses partenaires brésiliens en zone tropicale humide

Un CD Rom distribué par la FNACS (*association de producteurs français en Semis Direct*) :

SEGUY L.; BOUZINAC S. ; QUILLET J.C. et A., BOURGUIGNON C. et L.

Dossier Séquestration carbone : Et si on avait sous-estimé le potentiel de séquestration pour le semis direct? Quelles conséquences pour la fertilité des sols et la production? 19 p. + 69 fig. + photos.

RAPPORT ANNUEL / RELATORIO ANUAL -

Projeto : Sistemas de plantio direto e pacotes tecnológicos para as cultivares de algodão da COODETEC e demais no Mato Grosso. Safra 2002/2003 – Contrato Facual/Unicotton nº 41/2002.

Un CD- Rom – Resultados de Pesquisa MAEDA/CIRAD 2002-2003

Otimização dos sistemas de cultivo do algodão em plantio direto e conselho de gestão.

EN 2004 (et pour 2005)

➤ **3 chapitres d'un livre** de 510 pages produit par l'UFV (Université Fédérale de Viçosa: Département de phytopathologie – dep. Phytotechnie) en mai 2004 intitulé «**MANEJO INTEGRADO : INTEGRAÇÃO AGRICULTURA-PECUÁRIA** »:

Capítulo 14: SEGUY L.; BOUZINAC S. ; ; BELOT J. L.; MARTIN J. 2004

- Sistemas de produção sustentáveis de algodão para os cerrados úmidos do Brasil Central- [p.385 – p. 419] ;

Capítulo 15: SEGUY L.; BOUZINAC S.; MARONEZZI A.; SCOPEL E.; BELOT J. L.; MARTIN J. 2004

- Da agricultura destruidora com preparo do solo para a agricultura sustentável e diversificada em Plantio Direto – Resultados de 20 anos de pesquisas conduzidas pelo CIRAD-CA e seus parceiros brasileiros nos cerrados e nas florestas do Centro-Oeste do Brasil- [p.421 – p. 473] ;

Capítulo 16: SEGUY L.; BOUZINAC S. ; SCOPEL E. ; RIBEIRO F. 2004

- Conceitos inovadores na gestão sustentável do recurso solo: o Plantio Direto sobre Cobertura Vegetal (SCV) – exemplos, parcerias e redes de aplicação desses conceitos - [p.475 – p. 510].

➤ **Participation à la publication d'un article scientifique de base très important sur la séquestration du carbone dans les agro-systèmes**, avec les Universités de Ponta Grossa (UEPG) et de São Paulo (USP/CENA), la fondation ABC, l'entreprise d'agriculture-élevage Lúcio Miranda dans la revue de référence «Revista Plantio Direto» :

DE MORAES SÁ J.C., CERRI C.C., PICCOLO M.C., FEIGL B.E., BUCKNER J., FORNARI A., SÁ M.F.M., SEGUY L., BOUZINAC S., VENZKE-FILHO S.P., PAULETI V., NETO M.S.

– O plantio direto como base do sistema de produção visando o seqüestro de carbono. *In* «Revista Plantio Direto» ano XIV – Número 84 – Novembro/Dezembro de 2004 p.45 à p. 61

➤ **Production d'un CD-Rom (et article scientifique)=**

SEGUY L., BOUZINAC S., MAEDA E., MAEDA A., DE SOUZA A.L.

- De la monoculture cotonnière avec travail du sol au semis direct sur couverture végétale (SCV) : une conversion complète, effectuée en 9 ans, par le groupe agro-industriel MAEDA dans le Brésil Central – Mai 2004 (*traduit en portugais*).

Evolution des performances agricoles du groupe et ses conséquences agronomiques, techniques et économique.

Perspectives futures de développement de la culture cotonnière et grains dans la Zone Tropicale Humide.

➤ **Participation à un article pour l' « International Congress of Crops Sciences » à Melbourne (Sept. 2004)**

SCOPEL E., TRIOMPHE B., Maria de Fatima dos Santos RIBEIRO M. F. dos s., SEGUY L., DENARDIN J. E., KOCHHANN R; A;

Direct seeding mulch-based cropping systems (DMC) in Latin America