

# RAPPORT ANNUEL D'ACTIVITÉS 2006 UR1/CIRAD-CA BRÉSIL

**Équipe Brésil**  
*Lucien Séguy  
Serge Bouzinac  
et ses partenaires  
brésiliens  
2006*



**UEPG**



**Fazenda  
Mourão**

## SOMMAIRE

FICHE D'IDENTIFICATION DE L'EQUIPE .....	3
PREAMBULE .....	4
INTRODUCTION RAPPORT .....	5
I) RETROSPECTIVES (SCV 1985 - 2002) .....	9
II) LES PROGRES LES PLUS RECENTS DES SCV .....	31
2.1 – FONCTIONNEMENT AGRONOMIQUE COMPARES DES SYSTEMES DE CULTURE .....	34
2.2 OPTIMISATION DES RELATIONS «Géotypes x Environnements » .....	67
2.2.1 Un outil méthodologique de choix .....	68
2.2.2 Le cas du Coton .....	71
2.2.3 Le cas du Riz .....	83
2.3 DOSSIER « GRAINS, SOLS ET EAUX PROPRES » .....	111
1. Résumé introductif .....	112
2. Objectifs de l'étude .....	113
3. Mise en œuvre et méthodologie .....	113
4. Premiers résultats .....	115
5. Conclusions .....	120
III) CONCLUSIONS .....	150
IV) ANNEXES .....	156

## FICHE D'IDENTIFICATION DE L'ÉQUIPE

**Noms :** SEGUY et BOUZINAC

**Prénoms :** Lucien et Serge

**Statut :** CDI

**Nom de l'UR :** UR 1

**Nom du Responsable :** Francis Forest

**Animation scientifique et technique =** Lucien Séguy

### Modalités d'affectation

**Pays d'affectation :** Brésil

**Structure d'accueil :** UEPG = Université d'Etat de Ponta Grossa / Paraná, en collaboration avec l'USP/CENA (Cf. *Collaborations ci-dessous*<sup>1</sup>)

**Date de début et de fin de contrat actuel** (le cas échéant) : 2004/2009

- **Mots clefs** = Concept et maîtrise agronomique, technique et socio-économique des innovations SCV, méthodologie de la Recherche-Action participative, indicateurs de durabilité, fonctionnement agronomique des éco et agrosystèmes, optimisation des relations « Géotypes x Environnement »
- **Fonctions** : => ingénieurs agronomes, spécialistes de Recherche-Action participative : avec, pour et chez les agricultures du Sud ;
- Concepteurs, créateurs et maître d'œuvre des techniques de Semis Direct sur Couverture Végétale permanente (SCV) qui intègrent l'agriculture, l'élevage et l'arbre, au service de l'agriculture de conservation mondiale en général et des agricultures durables tropicales en particulier (*grande agriculture mécanisée et petites agricultures familiales du Sud*) ;
- Concepteurs, créateurs et maître d'œuvre des riz « poly-aptitudes » SEBOTAS à haute valeur ajoutée, sélectionnés pour et dans de nouvelles alternatives rizicoles de haute technologie en Semis Direct, aussi bien en conditions pluviales qu'irriguées, avec et sans le contrôle de l'eau (*rainfed lowland*), à très faible coût d'exploitation [*L. Séguy (SE), S. Bouzinac (BO), J. Taillebois (TA)*].
- Concepteurs, créateurs des systèmes cotonniers de haute technologie (*4,0 à 5,0 t/ha de coton graine*) en Semis Direct, et contribution à la sélection variétale cotonnière pour et dans les systèmes de culture (*optimisation des relations « Géotypes x Environnement » en collaboration avec l'équipe CIRAD/COODETEC*).
- L. Séguy, en tandem avec D. Loyer de l'AFD et l'appui des équipes SCV CIRAD + partenaires du Sud, est l'animateur scientifique et technique du réseau semis Direct tropical du CIRAD/AFD/Pays Partenaires du Sud (*Madagascar, Tunisie, Laos, Cambodge, Cameroun*) et du CIRAD en Amérique du Sud (*Brésil avec UEPG et Colombie avec El Aceituno*).

---

### <sup>1</sup> COLLABORATIONS :

**Equipe CIRAD** = Serge Bouzinac et Lucien Séguy (CIRAD-CA UR1), Jean-Louis Belot, José Martin, Pierre Silvie (CIRAD-CA UR 10), James Taillebois (CIRAD-CA/UR6)

**Partenaires brésiliens** = Carlos Cerri (Usp/Cena), João Carlos de Moraes Sá e Márcia Freire Machado Sá (UEPG), Clayton Bortolini (Fondation Rio Verde), Paulo Machado, , Gilberto Lopes da Costa, Marcos Cecconi et Luciano Dalla Nora (Faz. Mourão), Marcos Rodrigo Pinheiro da Silva (Coodetec), Reginaldo Soares Santos (Secrétariat d'Agriculture de l'Etat du Maranhão).

## PRÉAMBULE

Les objectifs principaux de l'UR 1 sont de concevoir, de maîtriser et de participer activement au transfert – adaptation - diffusion de systèmes de culture durables (SCV) en milieu tropical. L'UR 1 actuelle s'appuie sur de très importants acquis correspondant à ces objectifs, qui sont issus des travaux de Recherche-Action participative ancrés dans les réalités agricoles tropicales et qui ont débuté il y a plus de 20 ans.

L'UR 1 n'est en fait, sous une forme organisationnelle et structurelle différente, que le prolongement optimisé de ces travaux de recherche qui se sont attaqués à de grandes problématiques et contraintes de développement considérées comme prioritaires et communes aux agricultures du Sud, dont parmi les principales :

- L'inversion du cycle de dégradation des sols tropicaux en un cycle de restauration au moindre coût de leur fertilité (*au sens large*), compatible avec la pratique d'une agriculture de conservation durable, plus productive, diversifiée et lucrative : c'est pour répondre à cette problématique que sont nés les SCV.
- Parmi ces SCV, compte tenu de l'importance de la production rizicole sous les tropiques et de sa demande mondiale en forte croissance, le développement des systèmes rizicoles alternatifs en SCV, adaptables au moindre coût et facilement appropriables aussi bien en conditions pluviales qu'en bas-fonds avec irrigation contrôlée ou sans maîtrise de l'eau, qui sont plus productifs et diversifiés que les rizicultures traditionnelles, plus économes en eau, en intrants et main d'œuvre et qui peuvent s'affranchir des aménagements rizicoles coûteux (*alternatives de moindre coût aux réhabilitations à répétitions*) ; la mise au point progressive de SCV adaptés à tous les milieux de culture, a fait appel à l'intégration de l'approche système et de la conception- création de variétés de riz<sup>2</sup> à aptitudes multiples et à très fort potentiel de rendement même en présence de faible niveau d'intrants (*optimisation des relations génotypes - SCV*).
- Alternatives SCV au système « Slash and Burn », sans brûlis de la biomasse originelle = Jardins Tropicaux en SCV, à dominance forestière, associant l'arbre, les cultures annuelles et l'élevage.
- Remise en valeur par les SCV, des vastes zones tropicales, déjà défrichées, très sous-exploitées ou vides de toute agriculture (*sols très acides, sols salés, etc....*)

Les résultats de recherches obtenus au cours de ces 20 dernières années ont permis de multiplier, à l'échelle du réseau tropical SCV et à des niveaux convaincants (*terroirs, régions*), les rendements des cultures alimentaires et industrielles par 2 à 3, aussi bien dans la grande agriculture mécanisée émergente des tropiques brésiliens, que dans les petites agricultures familiales déshéritées du Sud<sup>3</sup> ; ces résultats de recherche ont montré la fiabilité de l'outil de recherche finalisé qui a pu bénéficier ainsi de l'appui très important et continu des bailleurs de fonds privés (*Brésil*) et publics (*AFD, FFEM, MAE, en Afrique, à Madagascar et en Asie*).

Une équipe d'agronomes formée aux SCV et à la démarche systémique de recherche, s'est peu à peu constituée, étoffée, complétée avec la participation de chercheurs plus spécialisés, pour répondre à la demande croissante des bailleurs de fonds et partenaires du Sud ; un réseau tropical s'est tissé progressivement et a pu se pérenniser offrant à l'exercice de la Recherche-Action participative une grande diversité de situations pédoclimatiques et socio-économiques.

Les principaux résultats de recherche obtenus et la méthodologie de Recherche-Action participative élaborée ont fait l'objet de **nombreuses publications**<sup>4</sup> sous forme **d'articles, d'ouvrages de synthèse, manuels, cours de formation** ; des bases de données sont en cours de création ; des

<sup>2</sup> Pool indicas pluvial : Plus de 350 variétés créées (SEBOTAs) et mise au point de la production d'hybrides ; matériel génétique aérobie, poly-aptitudes : les variétés SEBOTA couvraient entre 200.000 et 400.000 ha/an depuis 1998 dans le seul état du Mato Grosso au Brésil.

<sup>3</sup> Plus de 8 millions d'ha utilisent les SCV dans les Cerrados brésiliens, quelques centaines d'hectares de terroirs à Madagascar, au Laos, au Vietnam et au Cameroun.

<sup>4</sup> Malheureusement très sous-exploitées pour la recherche scientifique, Cf. bibliographie en fin de rapport.

centaines de chercheurs, agronomes, techniciens et des milliers d'agriculteurs d'Amérique Latine, Madagascar, Afrique et Asie ont **bénéficié de formation sur les SCV en général** (*intégration Agriculture - Elevage*), les rizicultures en SCV, les SCV cotonniers de haute technologie.

**Cette vaste dynamique d'ensemble et ses perspectives futures peuvent difficilement être réduites à la mise en forme de quelques questions et hypothèses simples sans prendre l'énorme risque de réductionnisme prétentieux. En conséquences, les résultats des travaux 2005/2006 seront replacés dans leur trajectoire d'évolution cohérente**, que nous avons initiée il y a plus de 20 ans et que nous avons continuellement perfectionnée au Brésil, puis transférée et adaptée aux régions tropicales des autres continents (*coopération Sud - Sud*).

Enfin, **en guise d'introduction à la lecture et à la réflexion**, quelques phrases émises par des penseurs célèbres, qui illustrent parfaitement notre démarche et nos convictions :

*« Deux approches possibles du monde : l'approche réductionniste (ou analytique, cartésienne) est une attitude qui consiste à réduire un système ou des phénomènes complexes à leurs composants plus simples et à considérer ces derniers comme plus fondamentaux que la totalité complexe (Schwartz, 1997). L'approche réductionniste s'oppose à l'approche holistique (ou systémique, synthétique). Celle-ci est une attitude qui consiste à considérer qu'un système complexe est une entité qui possède des caractéristiques émergentes liées à sa totalité, propriétés qui ne sont pas réductibles à une simple addition de celle de ces éléments (d'après Schwartz, 1997). »*

**J. M. Gobat, M. Aragno, W. Matthey** (*Le sol vivant*)

*« La sagesse conduit à combiner les 2 approches (réductionniste et holistique) : replacer les processus dans un contexte global et ensuite les analyser à l'échelle des mécanismes qui les expliquent. »*

**Lavelle**

*« Toutes choses étant causées et causantes, aidées et aidantes, médiates et immédiates, et toutes s'entreprenant par un lien naturel et insensible qui lie les plus éloignées et les plus différentes, je tiens impossible de connaître les parties sans connaître le tout, non plus que de connaître le tout sans connaître les parties. »*

**Blaise Pascal**

*« Un des outils les plus puissants de la science, le seul universel, c'est le contresens manié par un chercheur de talent. »*

**B. Mandelbrot**

*« Les chercheurs découvrent des choses qui existent ; les ingénieurs créent des choses qui n'existent pas. »*

**Von Karmann**

*« La vérité scientifique a un bel avenir devant elle. »*

**G. Bachelard**

Les opérations et actions de recherche relatives à l'année 2006 et les résultats correspondants sont exposés au chapitre 2 ; Il est cependant vivement conseillé au lecteur de lire le chapitre 1 : rétrospective résumée, pour mieux comprendre l'évolution et les justifications de ces travaux de recherches qui s'adressent aussi bien aux grandes agricultures modernes mécanisées du Brésil qu'aux petites agricultures familiales déshéritées du Sud sur le réseau agro-écologie AFD/CIRAD (*Afrique, Asie*).

## GESTION AGROBIOLOGIQUE DES SOLS FERRALLITIQUES EN REGIONS TROPICALES HUMIDES ET CHAUDES (Cerrados et forêts du Centre Ouest brésilien)

**Conventions de recherche Cirad/USP-Cena (2000-2004) et Cirad/UEPG (2004-2009), précédées des conventions de recherche privées Cirad/ Maeda (1995-2004), Cirad /Agro Norte (1998-2002) et Cirad/Cereaisnet (2003-2005)**

Lucien Séguéy et Serge Bouzinac (CIRAD-CA / UR1),  
João Carlos de Moraes Sá et Márcia Freire Machado Sá (UEPG: Université d'état de Ponta Grossa - Paraná), Carlos Cerri (USP/ Cena), Clayton Bortolini (Fundação Rio Verde), Jean-Louis Belot, José Martin, Pierre Silvie (CIRAD-CA / UR 10), Paulo Machado, Gilberto Lopes da Costa et Luciano Dalla Nora (Faz. Mourão em Campo Verde) 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 et maîtrisé 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. Séguéy*). Au cours de ces 2 dernières années, ce travail s'est réalisé dans le cadre de la convention de recherche avec l'UEPG, Université de l'état du Parana Ponta Grossa, berceau du Semis Direct du Brésil subtropical et la fondation Rio Verde à Lucas do Rio Verde, Mato Grosso, berceau des SCV tropicaux créés par le CIRAD, et en collaboration avec des agriculteurs leaders [*Fazenda Mourão (MT)*].

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 commerciales 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. 1 et 2 - Concepts- L. Séguéy, 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, des productions, et contrôle des externalités*) ;
- 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 alternées avec 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.

# PÔLE BRÉSIL

## AGRICULTURE DURABLE

### Lieux d'intervention et partenariats 2000 - 2006

**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/CNPAF  
 et CPAC  
 GAPES  
 (USP-CENA, UFG,  
 FESURV, UNB, INRA, IRD) 

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

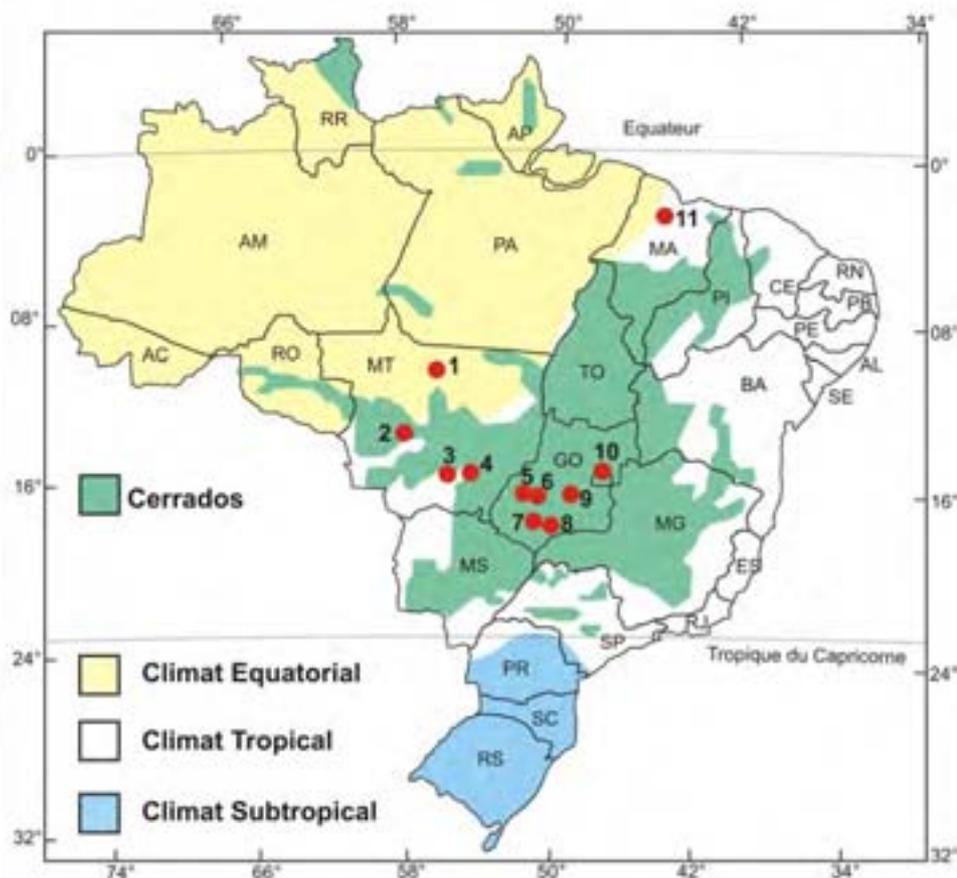
**7. Porteirão**  
 CIRAD SCV  
 MAEDA  
 USP - CENA  
 EMBRAPA/CNPMA 

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

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

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

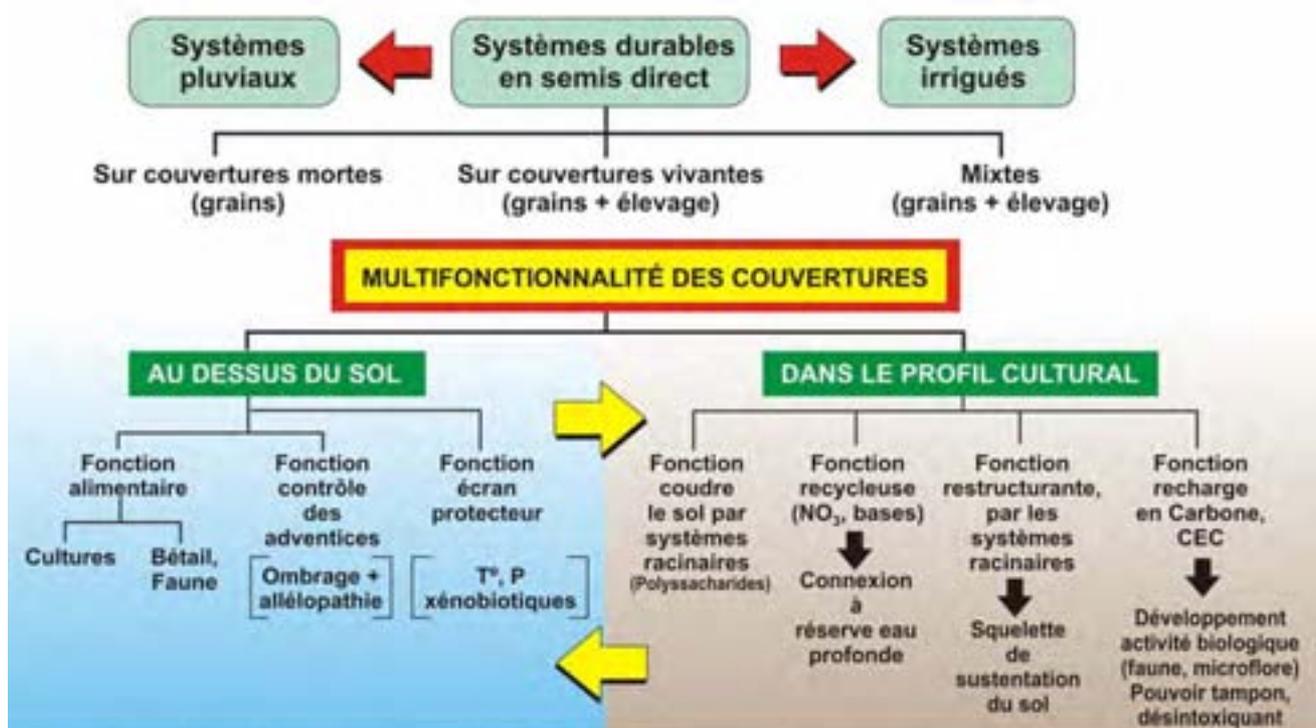
**11. Arari**   
 CIRAD SCV  
 INAGRO



**SYSTÈMES DE CULTURE DURABLES EN SEMIS DIRECT**

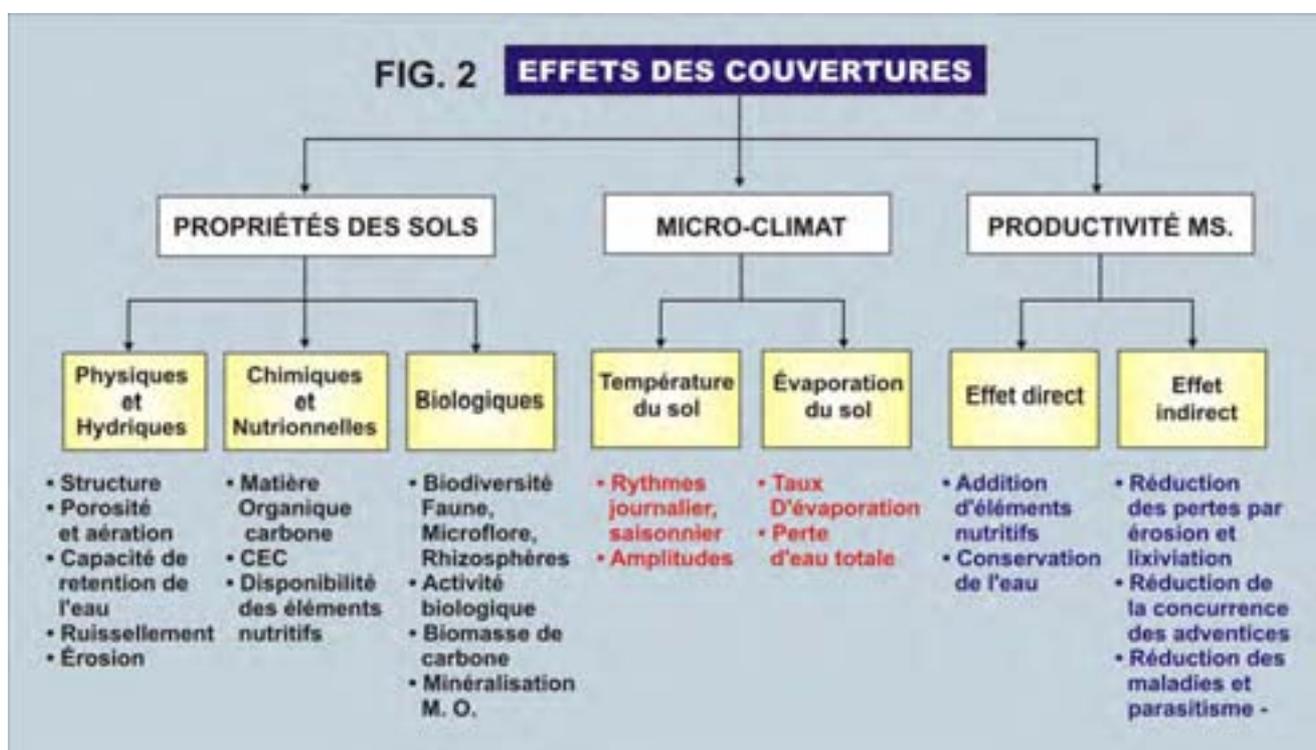
-  À base de COTON, SOJA, Riz, Maïs, Safrinhas
-  À base de SOJA, RIZ, MAÏS, Safrinhas, Élevage
-  Matrices systèmes de culture en milieu contrôlé
-  Conseil de gestion, animation; CIRAD/SCV
-  À base de Riz irrigué et pluvial

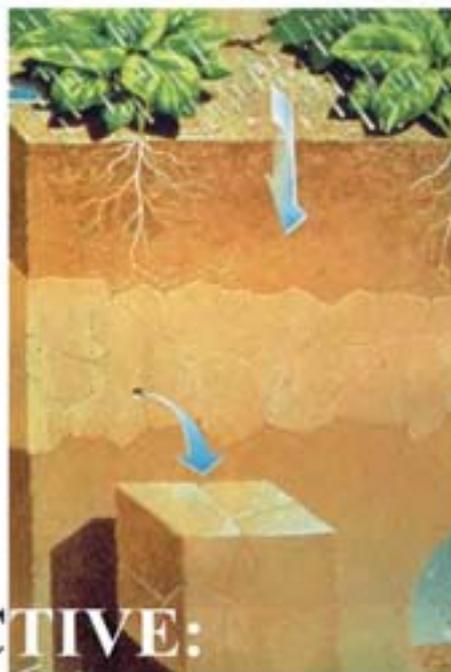
**FIG. 1 LE CONCEPT DE MULTIFONCTIONNalité DES BIOMASSES DE COUVERTURE, EN SEMIS DIRECT**



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

**FIG. 2 EFFETS DES COUVERTURES**





## **I) RETROSPECTIVE:**

*Trajectoire d'évolution du projet SCV Brésil  
et 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 qui a été longuement élaborée et continuellement perfectionnée, 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 (*hiérarchisation des contraintes*), les replace *in situ* dans la dynamique des réalités agricoles d'aujourd'hui et dans ses perspectives 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 d'études scientifiques et 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 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 (*référence*), les nouveaux systèmes sont élaborés par l'incorporation progressive, organisée et contrôlée de facteurs de production plus performants mis en évidence par l'analyse agronomique des systèmes (*profil cultural*) et les contraintes technico-économiques ; la construction des matrices obéit à des règles précises, qui permettent la hiérarchisation et 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].

Les performances technico-économiques des systèmes de culture retenus de concert avec les divers acteurs de la R-D, sont évaluées ensuite à des niveaux d'échelle qui permettent de prendre en compte les contraintes socio-économiques et structurelles : niveaux des unités de paysage, bassins versants, terroirs (Cf. L. Séguy, S. Bouzinac, 2001 - *Méthodologie de la R-D* ; Cf. O. Husson et al. - *Approche terroir – Madagascar, 2004*).

Au plan mondial, avec ces méthodes de Recherche-Action et ses nombreux partenaires du Sud et du Nord, le CIRAD développe un important réseau de recherches pour adapter ces techniques conservatoires au plus large éventail possible d'éco-régions de la planète avec l'appui des bailleurs de fonds français (AFD, FFEM, MAE) et européens et constituer une vaste base de données tropicale sur le fonctionnement agronomique des systèmes de culture et sur leurs impacts (*séquestration carbone, évolution de la fertilité au sens large, qualité biologique des sols des eaux et des productions*).

▪ **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, utilisation de la réserve hydrique profonde*) . La 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 et 9].

▪ **Impacts des SCV sur la production des cultures en rotation :** 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 : maïs, 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 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 40 K<sub>2</sub>O/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 discages » s'accroissent tous les ans, quel que soit le cycle de la variété utilisée : de 12-15% en 1<sup>o</sup> année à 45-52% en 5<sup>o</sup> année ; le gain moyen annuel de rendement en faveur des SCV, sur 5 ans, est de plus de 700 kg/ha [Fig. 12].

Sur ce très faible niveau de fumure, dès la 3<sup>o</sup> 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 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 40 K<sub>2</sub>O/ha) que sur le système « monoculture x discages » avec fumure double (80 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 80 K<sub>2</sub>O/ha), et voisine de celle obtenue sur ce même système travaillé avec fumure non limitante (160 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 110 K<sub>2</sub>O/ha) [Fig. 13, 14 et 15].

Avec la fumure moyenne (80 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 80 K<sub>2</sub>O/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<sup>o</sup> 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. 16].

**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 suggèrent 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 passée 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 Parecis en 1998/99), accompagnée d'une véritable révolution sur la qualité du grain, qui est aujourd'hui égale, voire supérieure à celle des meilleures variétés irriguées [Fig. 19].

Comme pour la culture de soja, les gains de rendements annuels 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 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. 17 et 18].

La création de variétés et d'hybrides riz pluvial s'est faite pour et dans les meilleurs SCV ; le meilleur matériel génétique, très diversifié au plan commercial (*des riz longs à très longs fins, à grains aromatiques ou non, 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 (*Arari -Etat du Maranhão*). Leurs 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 (*Brésil*) et de la zone soudanienne africaine à faible pluviométrie (*Nord Cameroun*) 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*), comme le montrent les résultats obtenus à Madagascar, en Asie (*Cambodge, Laos*) et en Colombie (*El économiques*).

- **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.

Les recherches conduites par le CIRAD avec ses partenaires brésiliens (*Maeda, Coodetec et Unicotton*) ont bénéficié d'acquis antérieurs du CIRAD, établissant les règles de conduite de la culture cotonnière en semis direct qui ont été élaborées dans les régions moins pluvieuses (1000-1600 mm) du Sud de l'état de Goiás et du Nord de l'état de São Paulo entre 1994 et 1999 [Fig. 20].

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.

Les résultats obtenus ces 3 dernières années montrent que le choix des cultivars doit se faire en fonction de la qualité biologique des sols : variétés très 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. 21], à très forte capacité de production et sur lesquels les contraintes biologiques sont réduites au minimum.

▪ **Au total**, en 15 ans, dans le cadre des recherches sur les SCV pratiquées en grande culture, la productivité totale par unité de surface des systèmes de culture qui se sont graduellement diversifiés, a 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 «safrinha» 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 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, selon le niveau d'intrants utilisé.

Ces avancées spectaculaires de la Recherche-Action participative n'ont pu être obtenues sur ces sols les plus pauvres du monde, et sous ce climat particulièrement agressif que 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 les contraintes économiques récurrentes (*isolement, instabilité des prix payés, précarité des routes*) et la restructuration économique du « plan real » qui expliquent l'adoption exponentielle du Semis Direct à partir de 1995 dans la région où l'activité agricole sans subventions a dû, pour 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 en système « semi-direct » (TCS) dans lequel le coton est implanté en Semis Direct sur une couverture de mil ou de sorgho semée par dischage léger du sol.

.Dans un tel contexte de encore 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 une forte pénalisation économique de cette région (*éloignement, état de précarité endémique du réseau routier*), en fonction des choix retenus et des conditions économiques annuelles, de 100 à plus de 600 U.S.\$/ha [Fig. 27].

▪ **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 Mg C.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> dans l'horizon 0-10 cm en fonction de la nature des SCV, mais peut atteindre 1,40 à 1,80 MgC.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> dans l'horizon 10-20 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 brizantha, Eleusine coracana*) [Fig. 29]. 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) dans l'état du Paraná.

Chez les biomasses de couverture, les systèmes racinaires les plus résistants à la minéralisation sont ceux qui sont entourés de manchons importants de micro agrégats qui protègent la M.O. (*polysaccharides, endomycorhizes vésiculo - arbusculaires, poly phénols*), tels qu'en possèdent l'espèce *Eleusine coracana*, cultivée pure ou en association 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 accroissent le pouvoir de rétention des éléments nutritifs, ce qui limite leur lixiviation [Fig. 30 et 31].

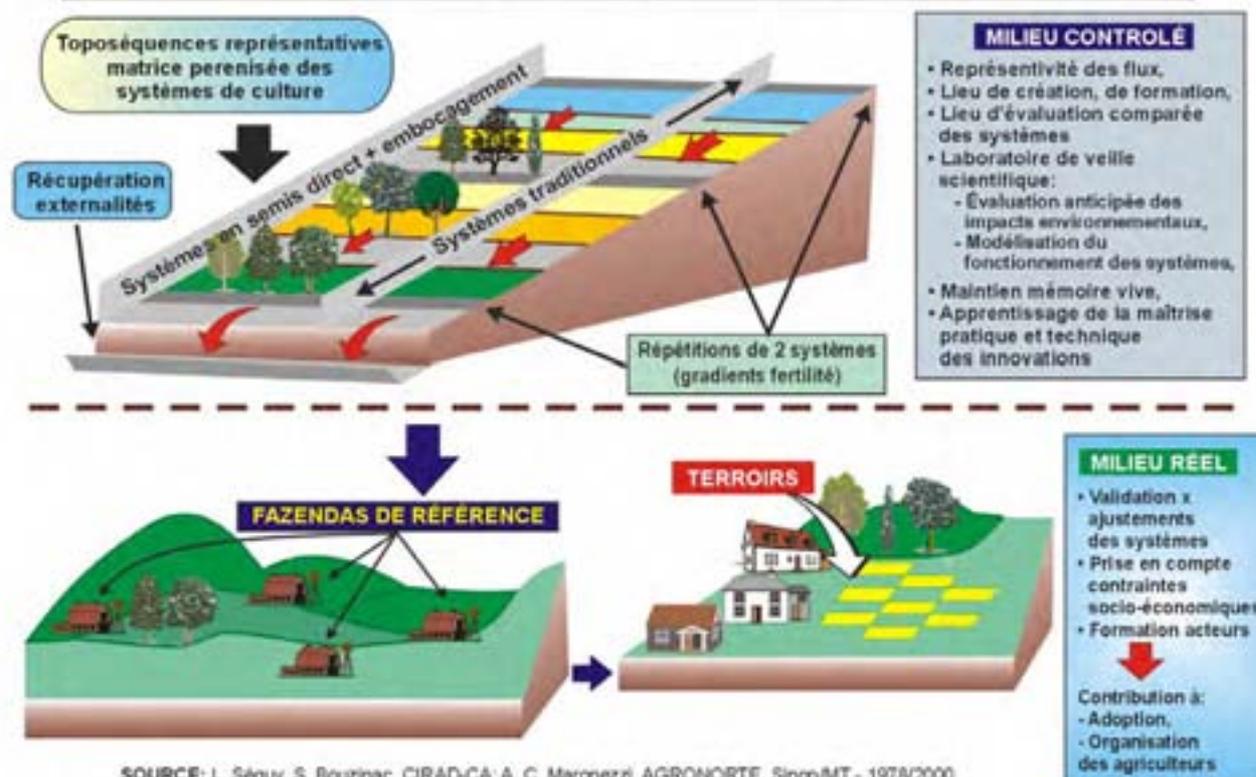
Ce sont ces mêmes SCV, connectés à l'eau profonde du sol en saison sèche (*au-delà de 2 m de profondeur*), qui possèdent les plus puissants systèmes recycleurs : sorgho et mil associés à *Brachiaria ruziziensis*, *Stylosanthes guyanensis*, l'*Eleusine coracana* en culture pure ou associée à *Cajanus 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*). 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. 30], et confirment la fermeture du système « Sol-Cultures » sous SCV, qui fonctionne à l'image de la forêt, avec un minimum de pertes de nutriments, exceptés les éléments exportés par les grains des récoltes. 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 [Fig.32].

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.

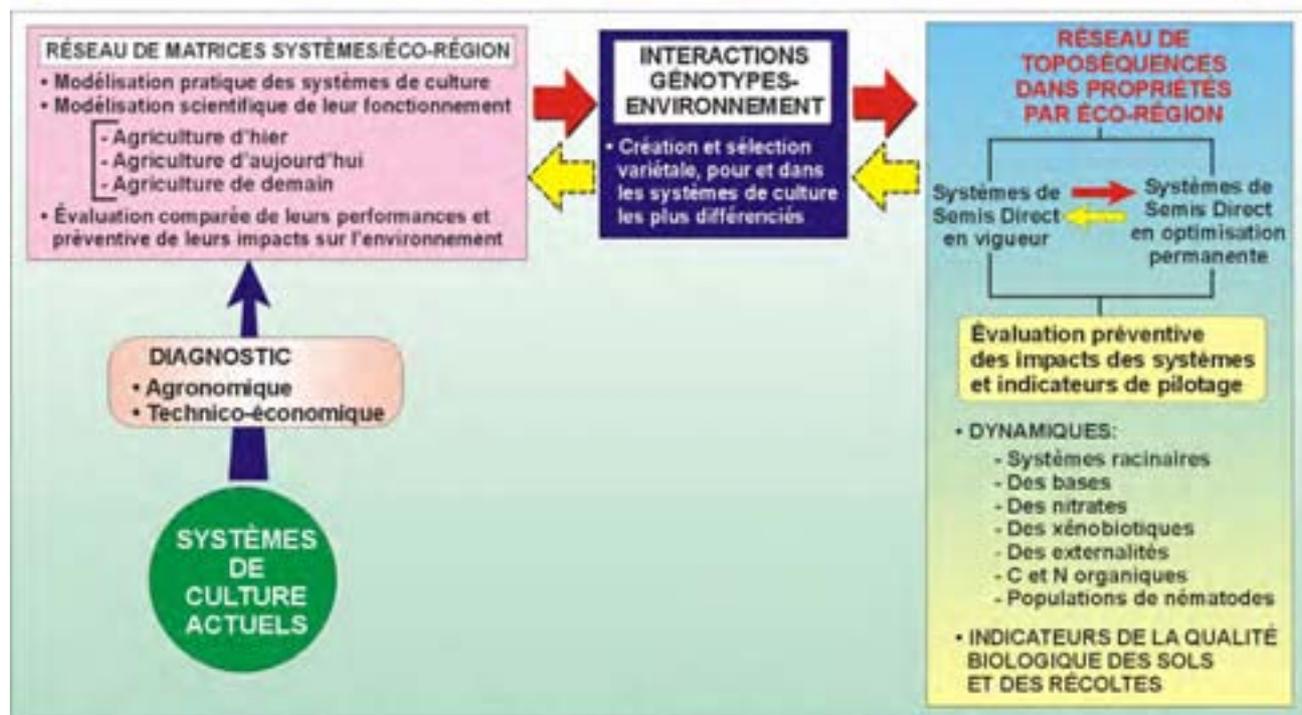
La rotation des meilleurs SCV permet, non seulement d'injecter du carbone en profondeur, mais aussi d'exercer un pouvoir restructurant très efficace dans l'horizon 0-20 cm : après 5 ans, l'indice MWD caractérisant l'état structural montre des valeurs proches de celles existantes sous les milieux naturels de forêts et savanes, comprises entre 4 et 5 [Fig. 33].

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.

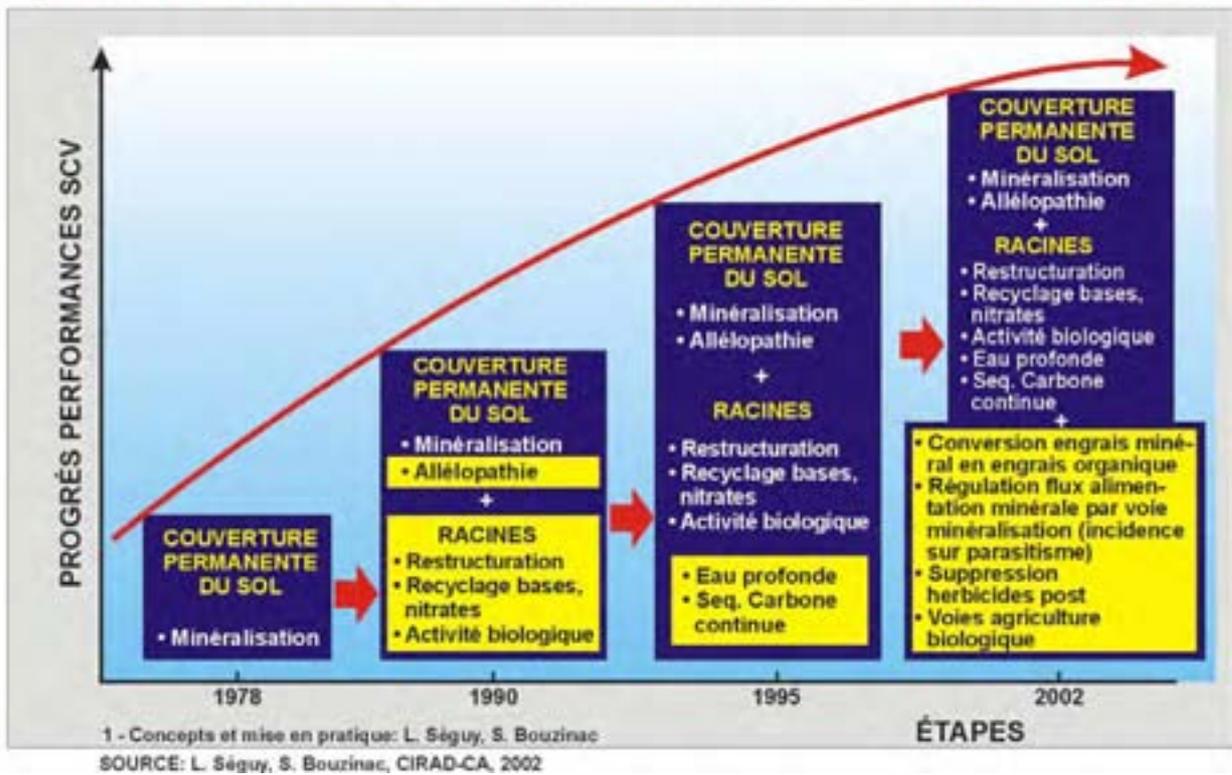
**FIG. 3 DÉMARCHE DE LA RECHERCHE-ACTION, POUR, AVEC ET CHEZ AGRICULTEURS - NIVEAUX D'ÉCHELLES ET FONCTIONS -**



**FIG. 4 MÉTHODOLOGIE D'INTERVENTION DE LA RECHERCHE-ACTION POUR, AVEC ET CHEZ LES AGRICULTEURS**



**FIG 5** **PROGRÈS DES PERFORMANCES DES SYSTÈMES DE CULTURE EN SEMIS DIRECT SUR COUVERTURE PERMANENTE DU SOL<sup>1</sup> (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**

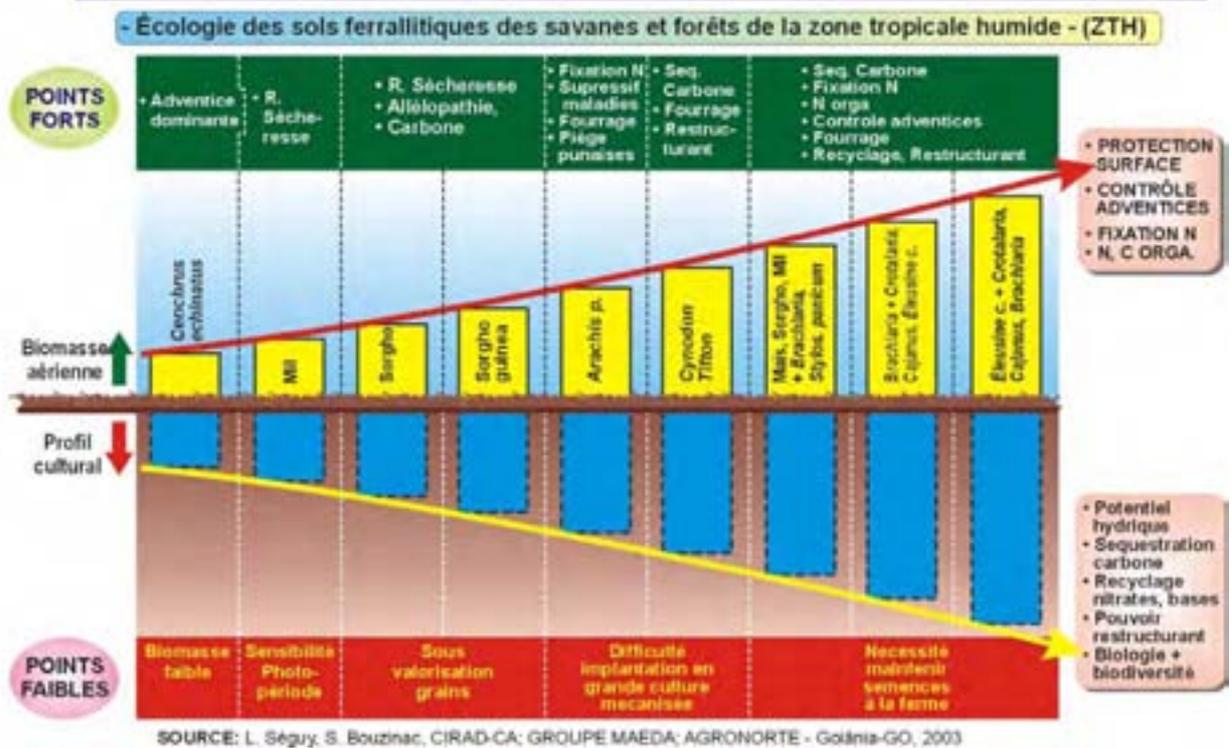


FIG 7

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

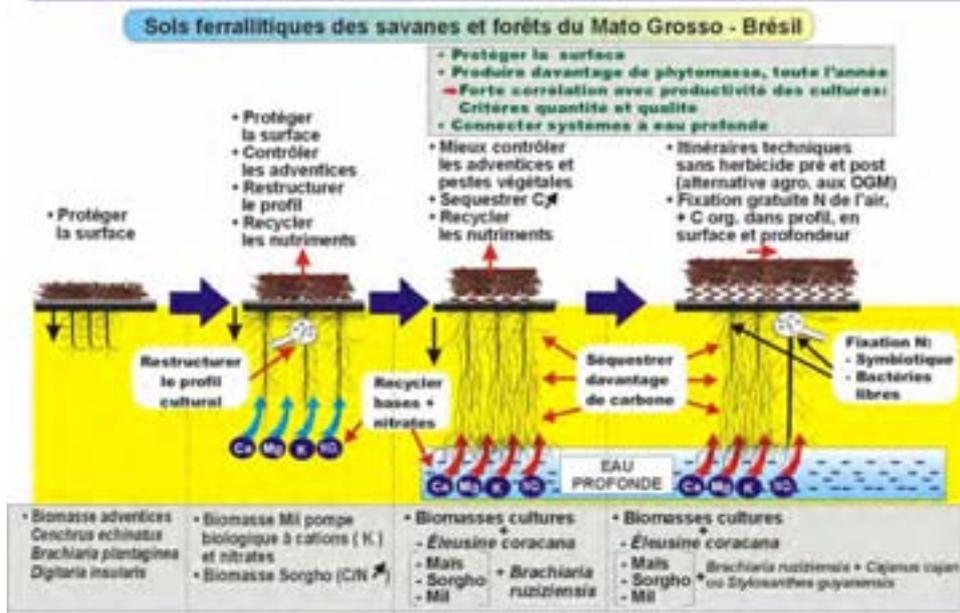
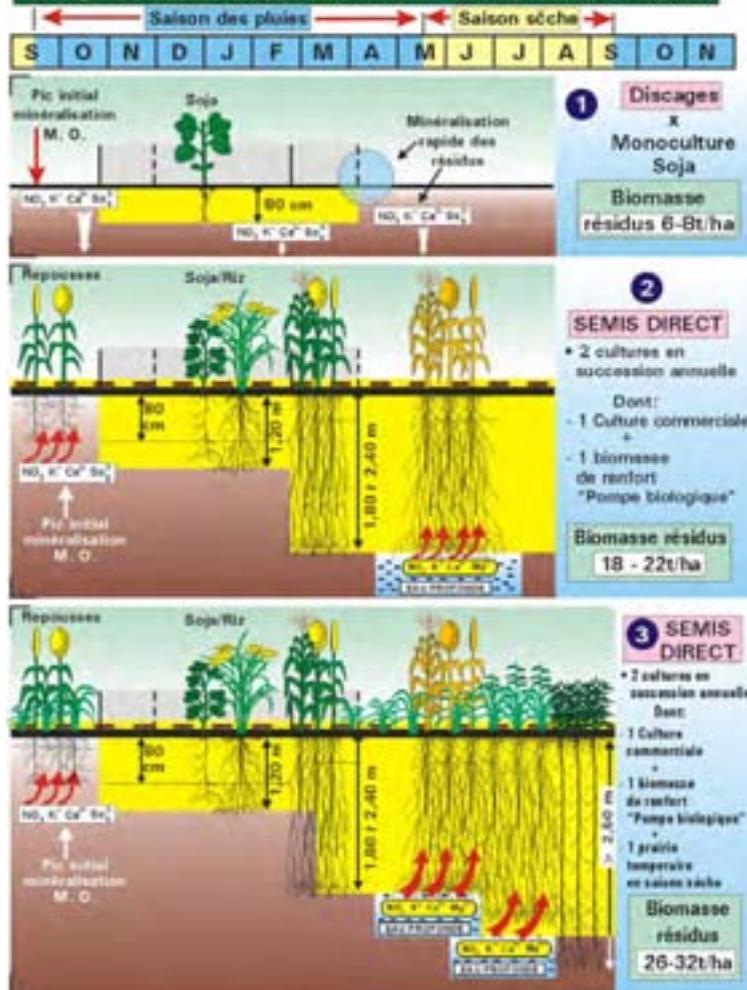


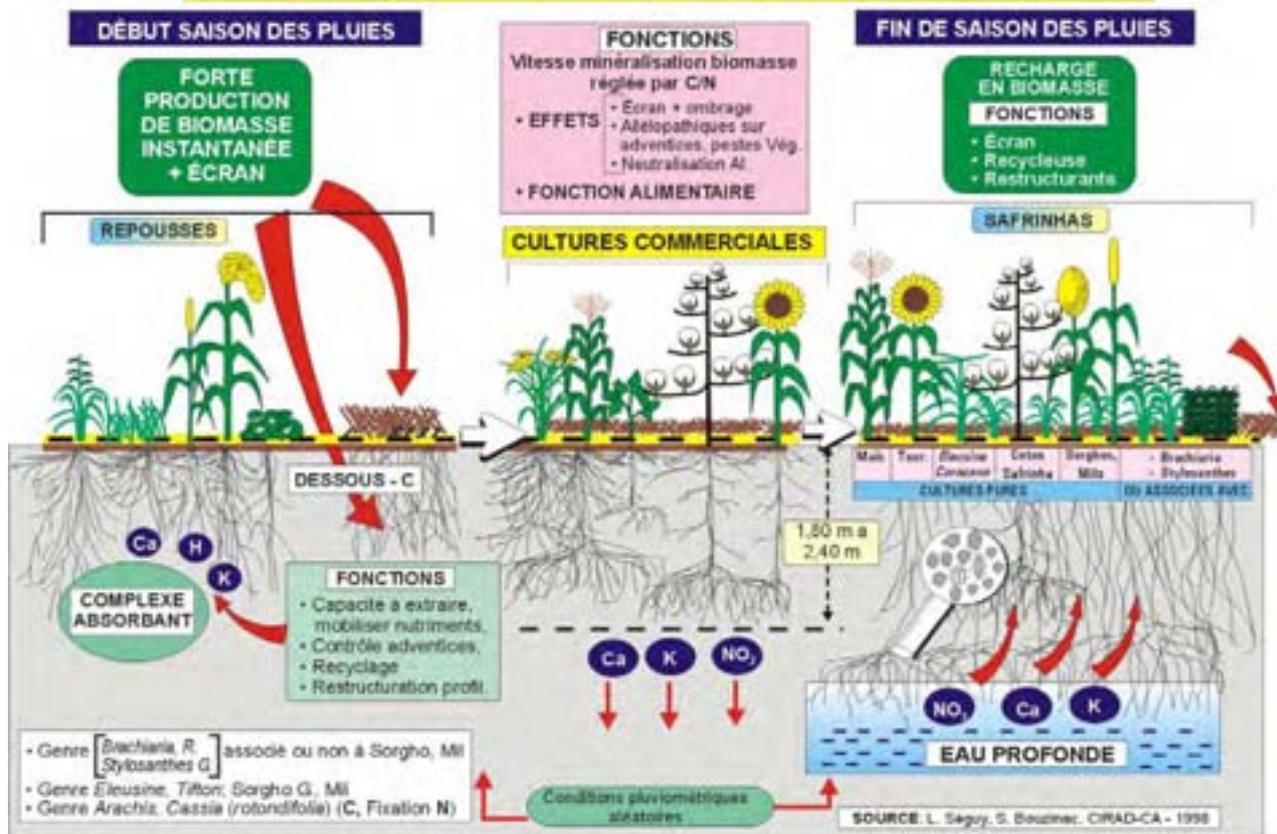
FIG 8

**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 - 1988/2000



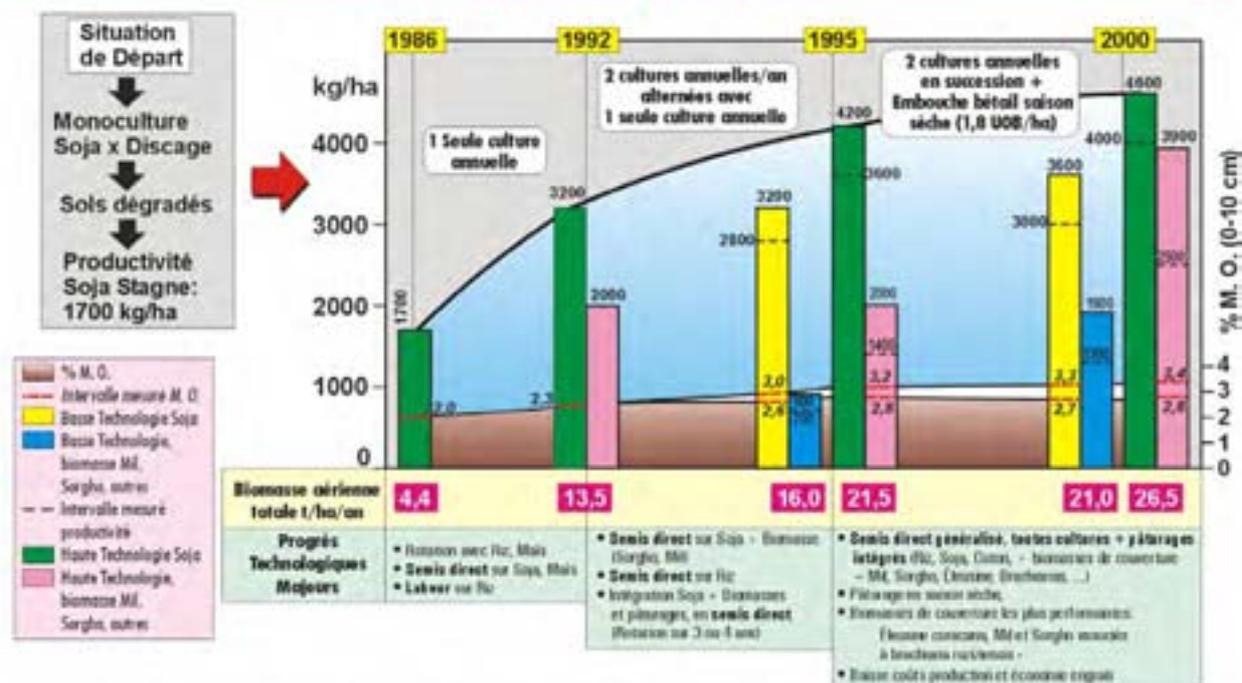
**FIG. 9** SYSTÈMES DE CULTURE DIVERSIFIÉS DE LA ZTH, EN SEMIS DIRECT

→ Intégration: Productions alimentaires, industrielles et élevage

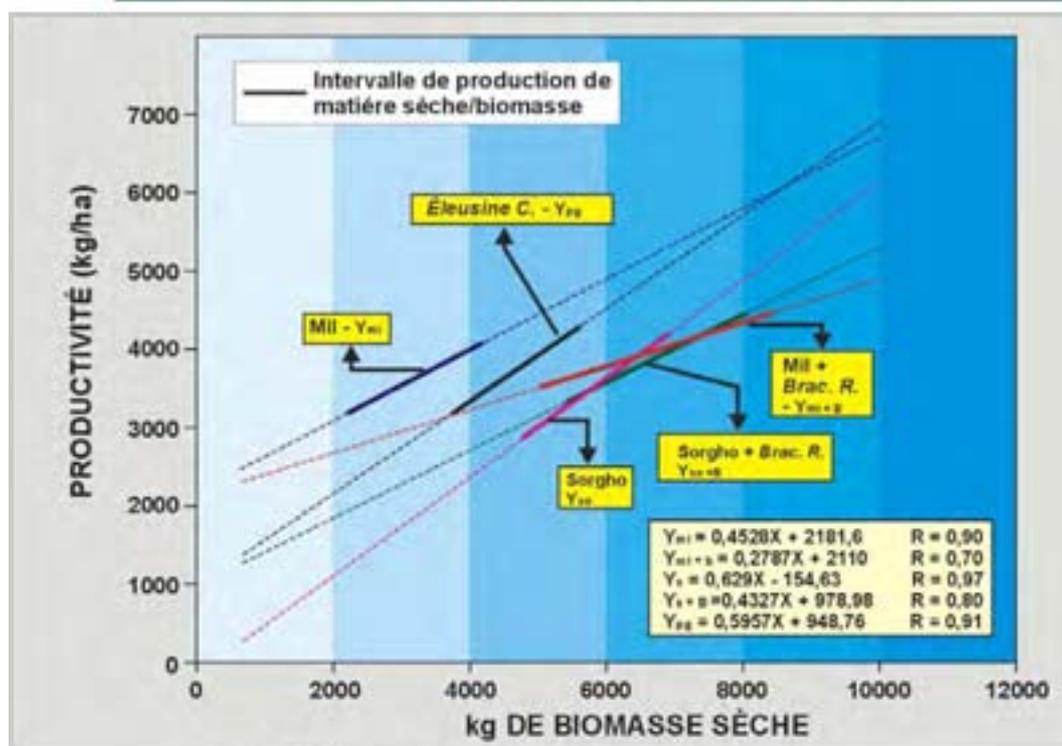


**FIG. 10**

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 -



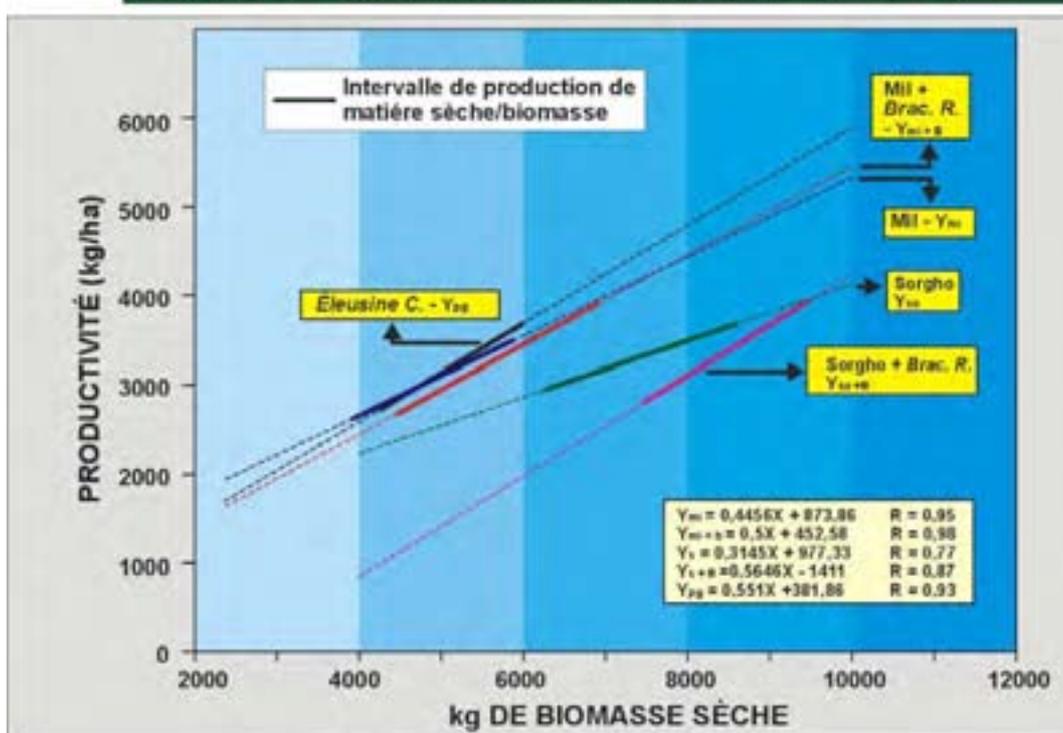
**FIG. 11** REGRESSIONS<sup>1</sup> ENTRE LA QUANTITÉ ET LA NATURE DE LA BIOMASSE SÈCHE ET LA PRODUCTIVITÉ DU SOJA DE CYCLE MOYEN (FT 114) SUR 3 ANS DE SEMIS DIRECT - (1997/2000) - AGRONORTE - SINOP/MT, 2000



(1) 6 Répétitions/niveau de fumure/an

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

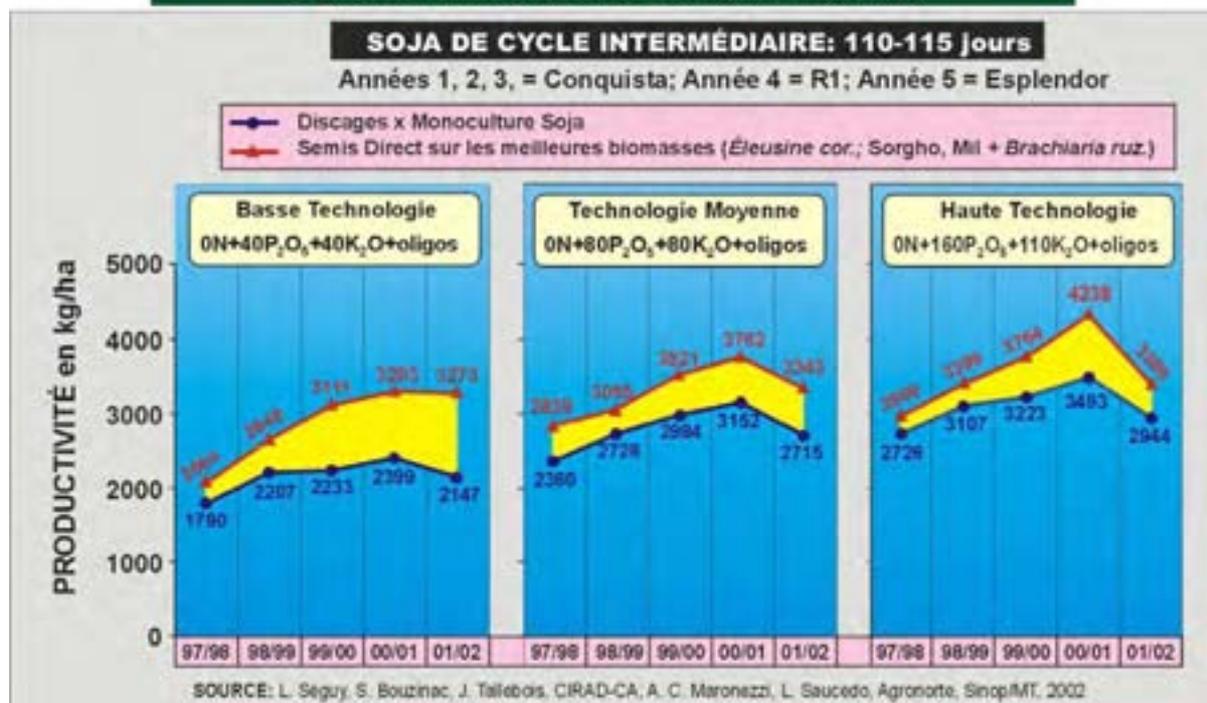
**FIG. 12** REGRESSIONS<sup>1</sup> ENTRE LA QUANTITÉ ET LA NATURE DE LA BIOMASSE SÈCHE ET LA PRODUCTIVITÉ DU SOJA DE CYCLE INTERMÉDIAIRE (CV. Conquista) SUR 3 ANS DE SEMIS DIRECT - (1997/2000) - AGRONORTE - SINOP/MT, 2000



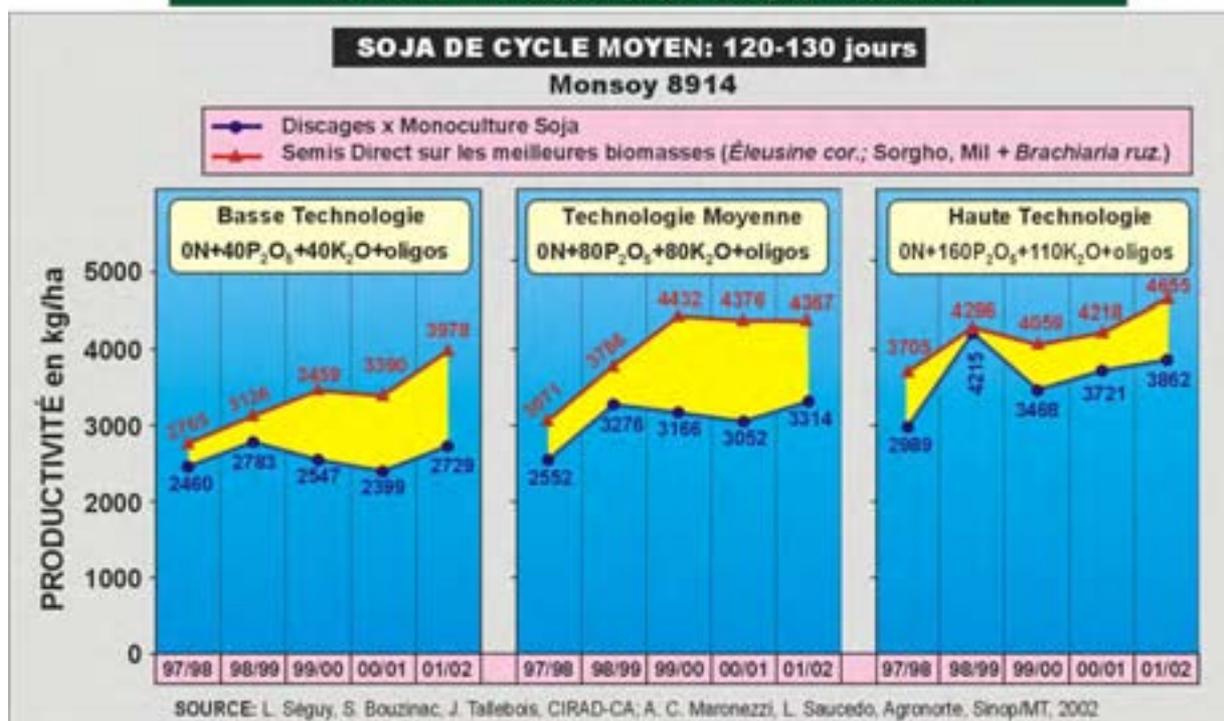
(1) 6 Répétitions/niveau de fumure/an

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

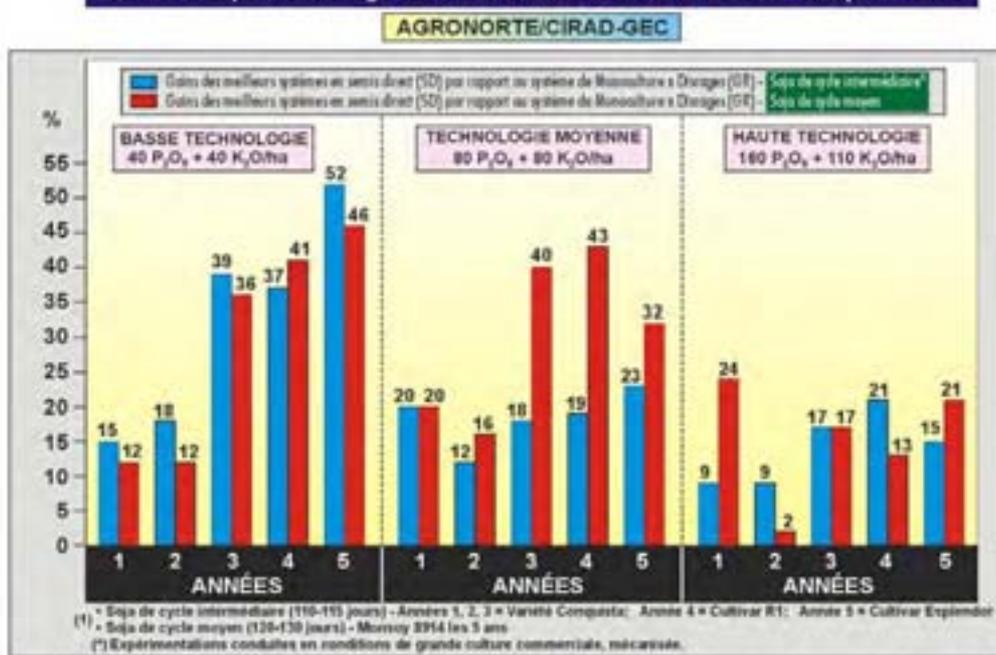
**FIG 13 ÉVOLUTION SUR 5 ANS DE LA PRODUCTIVITÉ DE SOJA, EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE**  
Sols ferrallitiques de l'écologie des forêts humides du Centre Nord Mato Grosso - Sinop/MT - 1997/2002



**FIG 14 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. 15** ÉVOLUTION DES GAINS DE PRODUCTIVITÉ DU SOJA<sup>(1)</sup>, EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE ET DU NIVEAU TECHNOLOGIQUE  
Soils ferrallitiques de l'écologie des forêts humides du sud de l'Amazonie - Sinop/MT - 2002



SOURCE: L. Séguy, G. Bouzhat, J. Tailleux, CIRAD-CAGEC; A. C. Maroncelli, 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	3304	3551
	2155	2788	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	4006	4185
	2584	3072	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. Séguy, S. Bouzhat, CIRAD-CA/SCV; A. C. Maroncelli, AGRONORTE - Sinop/MT - 2002

FIG. 17

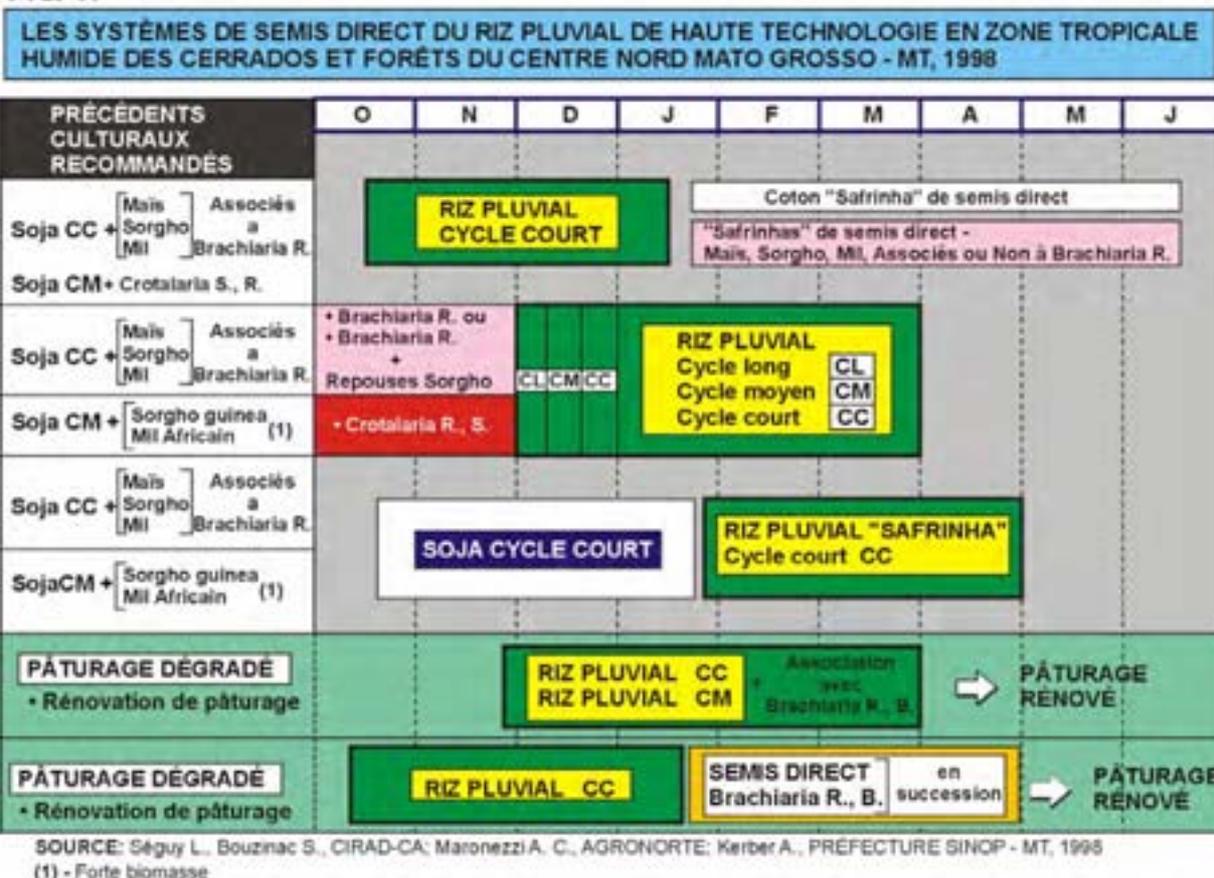


FIG. 18

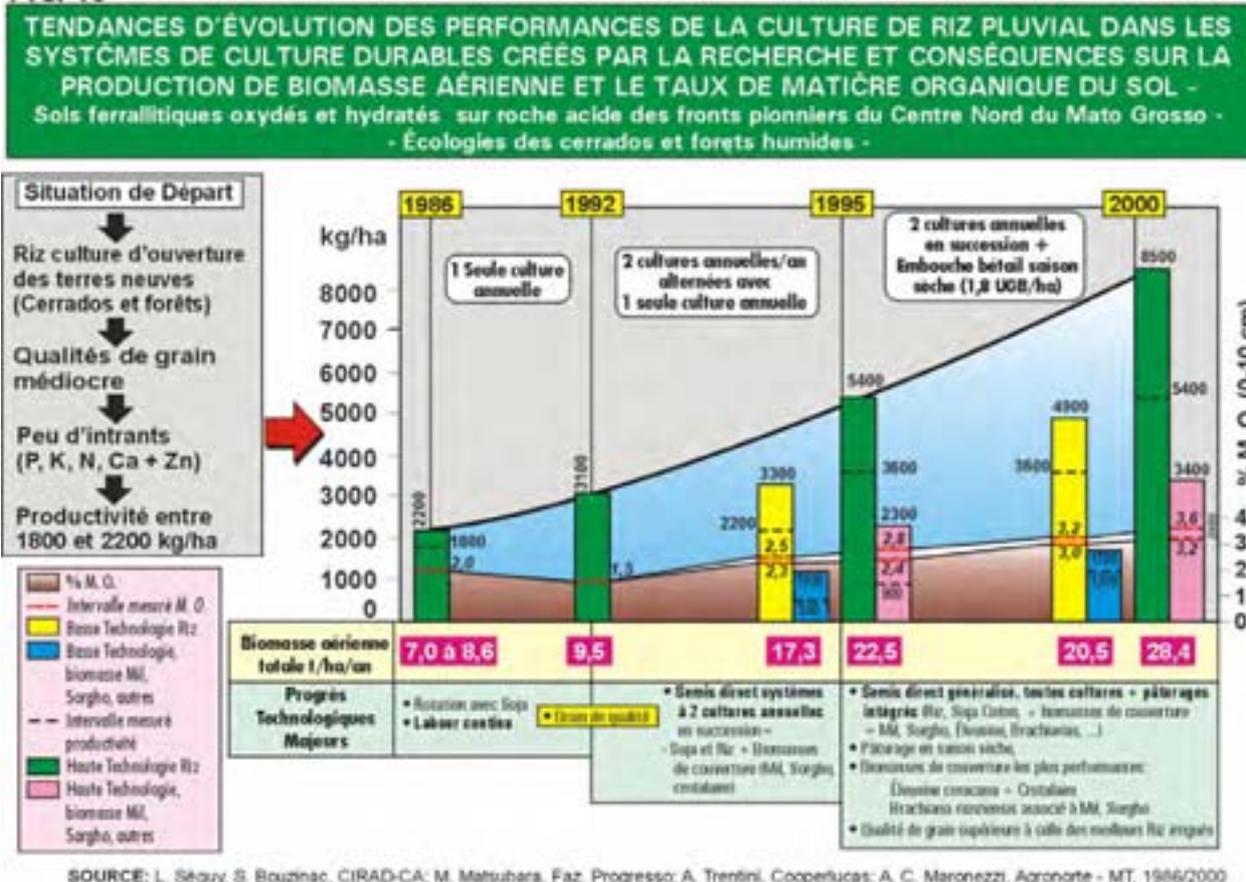
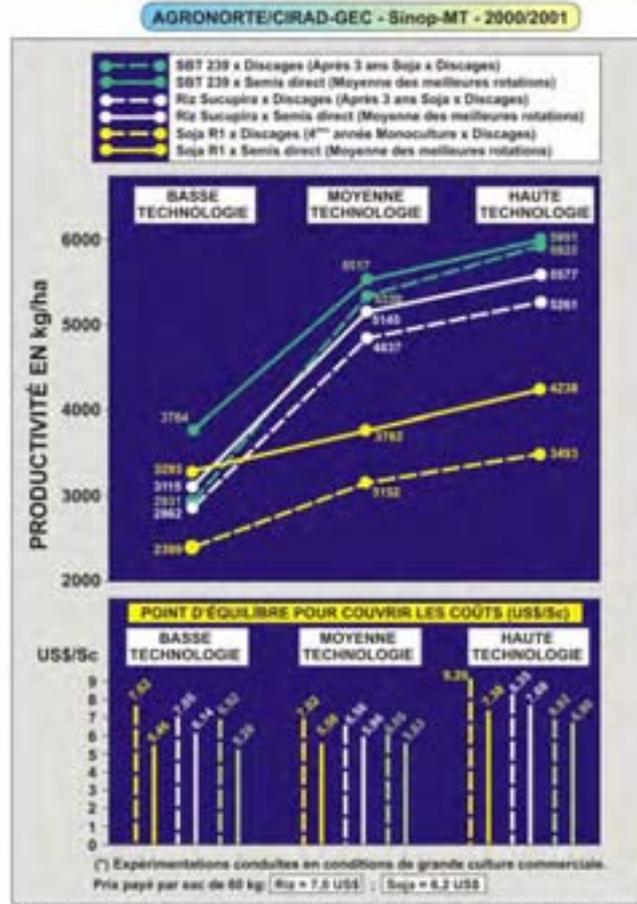


FIG. 19

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

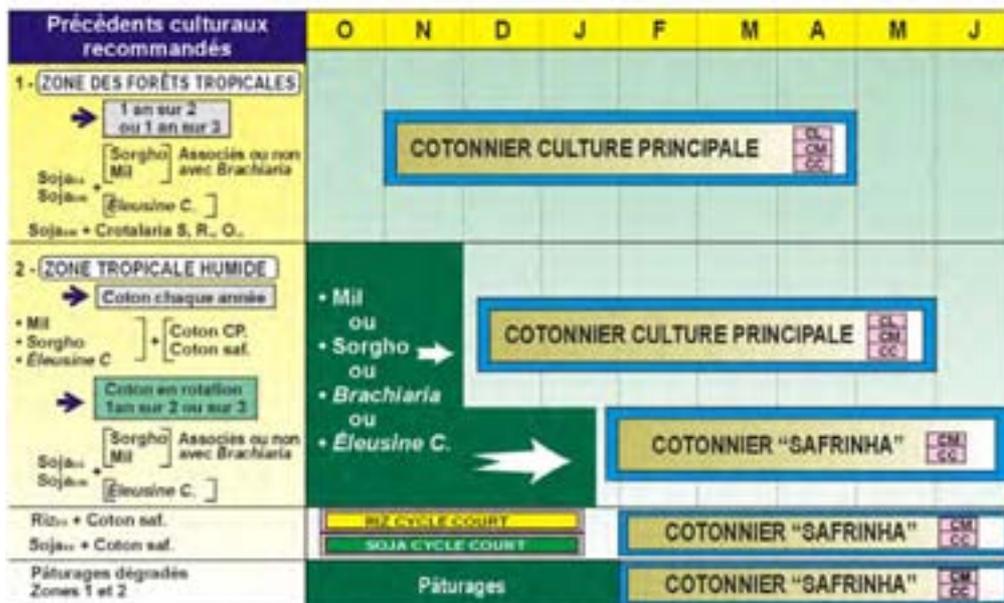


SOURCE: L. Sigau, S. Boumac, CIRAD-CA/GEIC, A. C. Marinacci, L. Siqueira, AGRONORTE - Sinop/MT 2001

FIG. 20

**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 -**

Ituverava (SP) e Sinop (MT)/2000

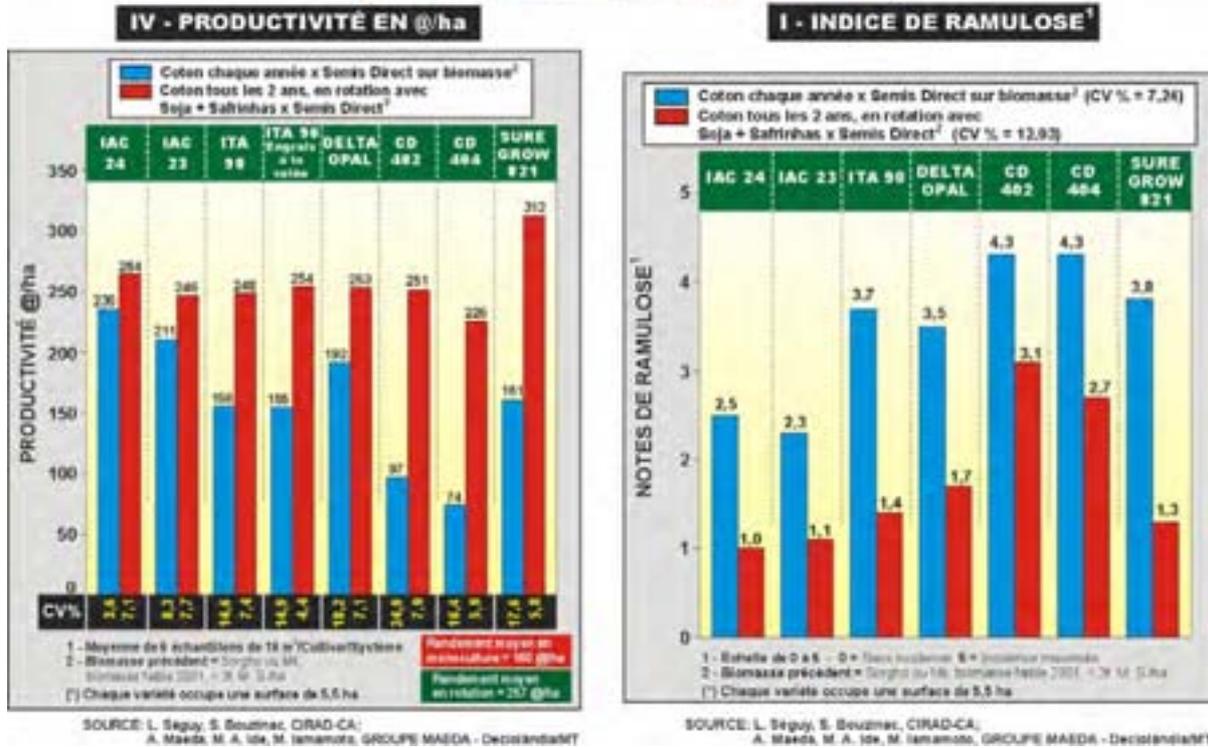


SOURCE: Sigau L., Boumac S., CIRAD-CA, Meada E., Meada N., Ite M. A., Terribi A., Graça Meada, Marinacci A., Agronorte- Ituverava (SP) e Sinop (MT)/2000

**FIG. 21**

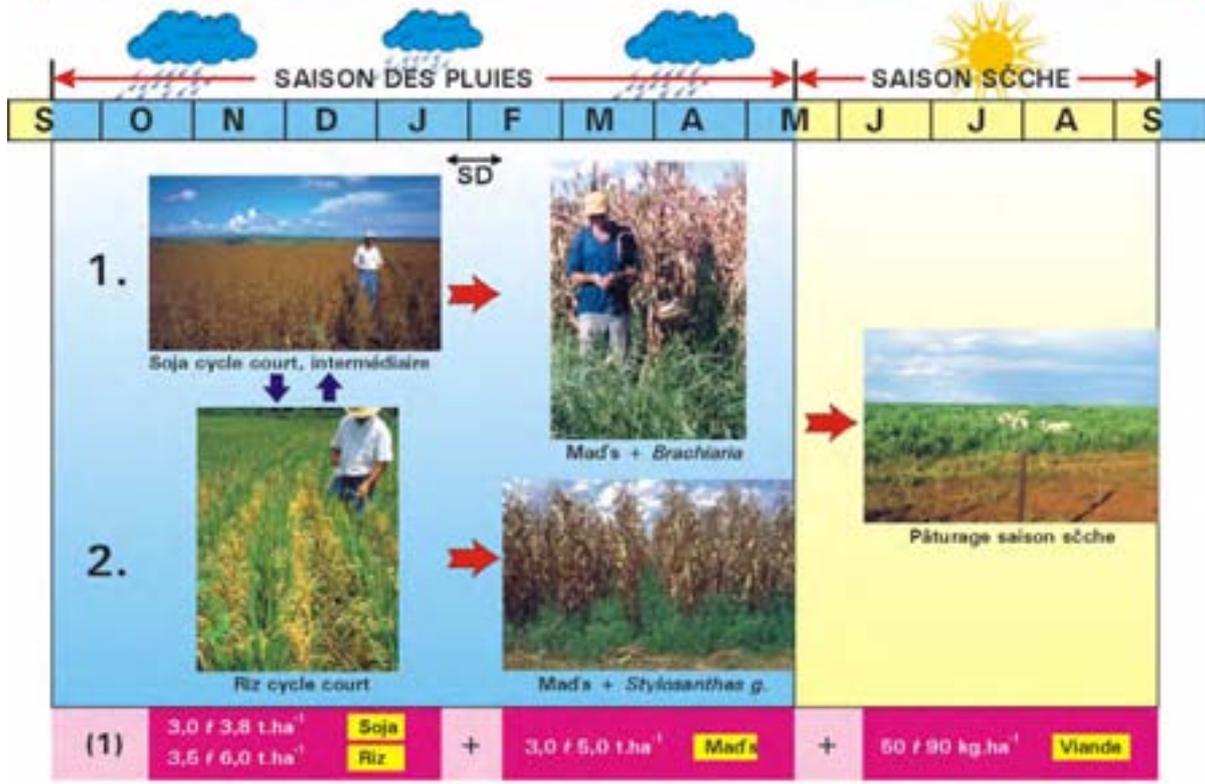
**PERFORMANCES DE VARIÉTÉS DE COTON EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE**  
**Sols ferrallitiques de l'écologie des cerrados humides de l'ouest du Mato Grosso**

GRUPE MAEDA/CIRAD-CA - Fazenda Guapirama - Decolândia/MT



**FIG. 22**

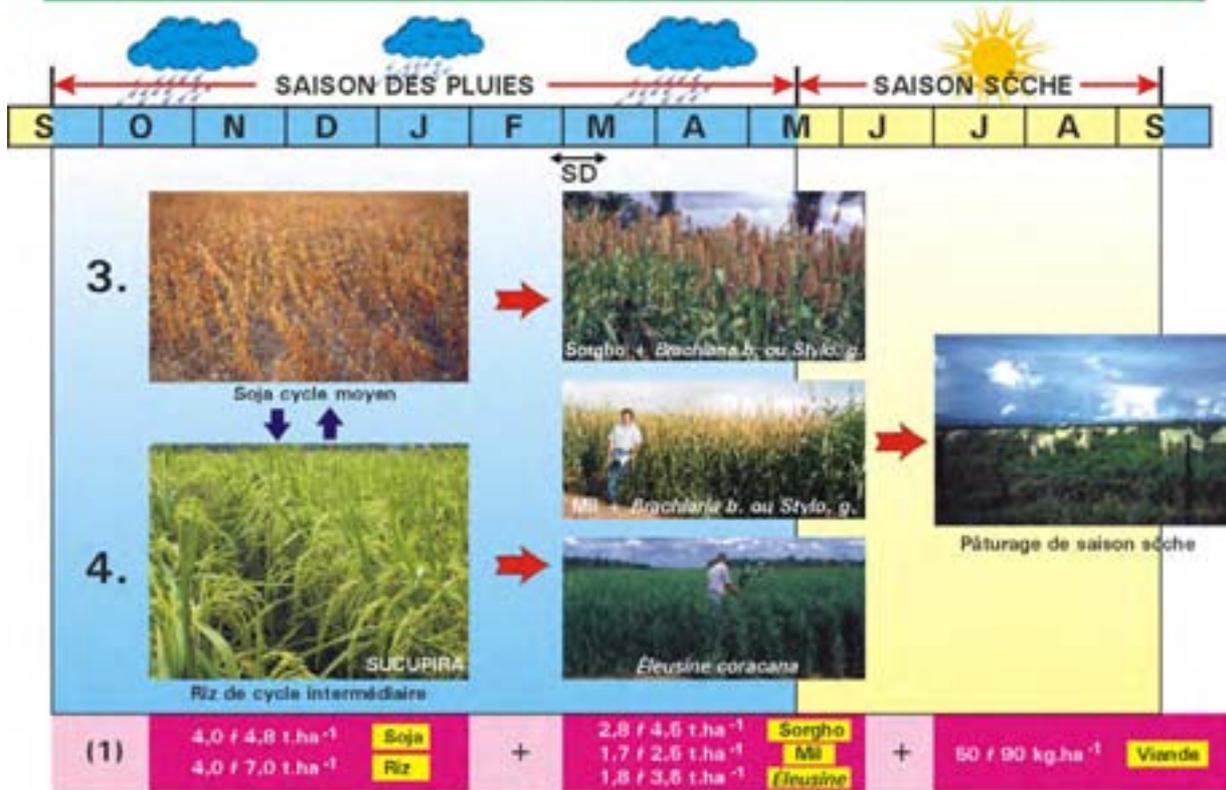
**SEMIS DIRECT SUR COUVERTURES MORTES + VIVANTES**



(1) Fonction niveau technologique - SD = Semis Direct

FIG. 23

## SEMIS DIRECT SUR COUVERTURES MORTES + VIVANTES

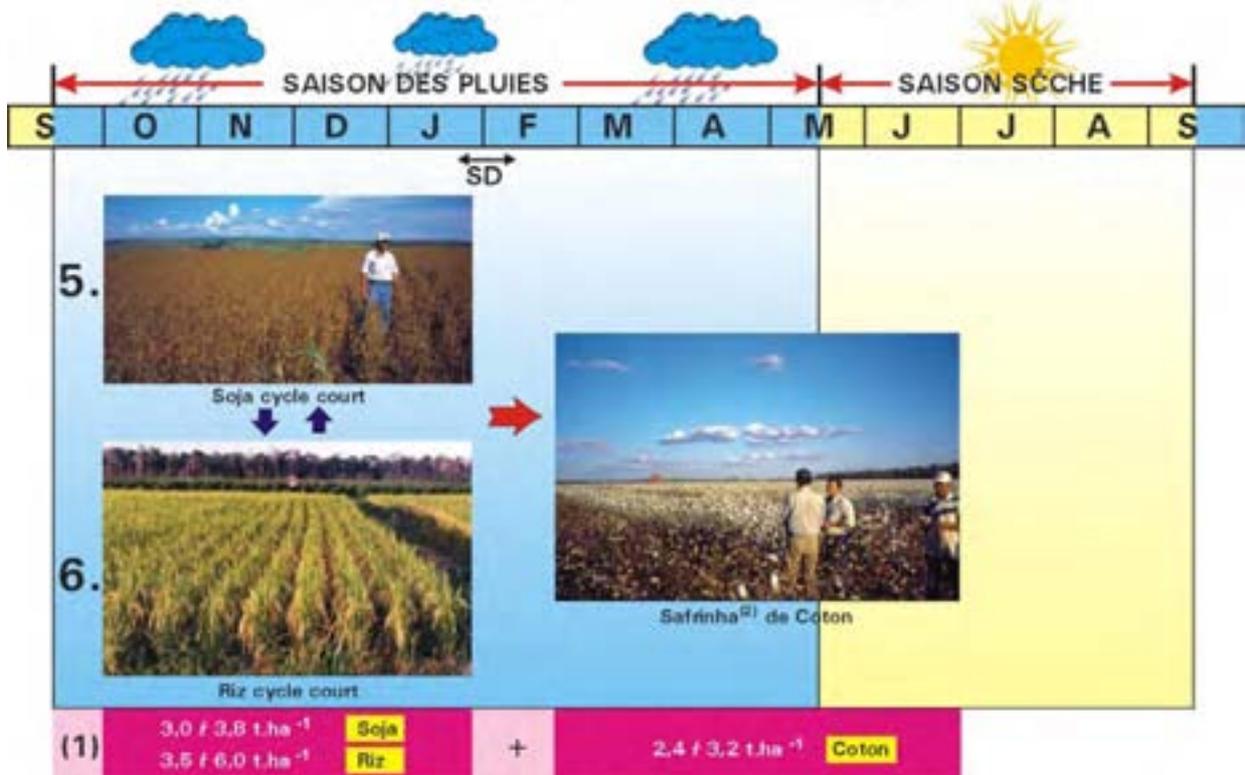


(1) Fonction niveau technologique - SD = Semis Direct

FIG.24

## SEMIS DIRECT SUR COUVERTURE MORTE

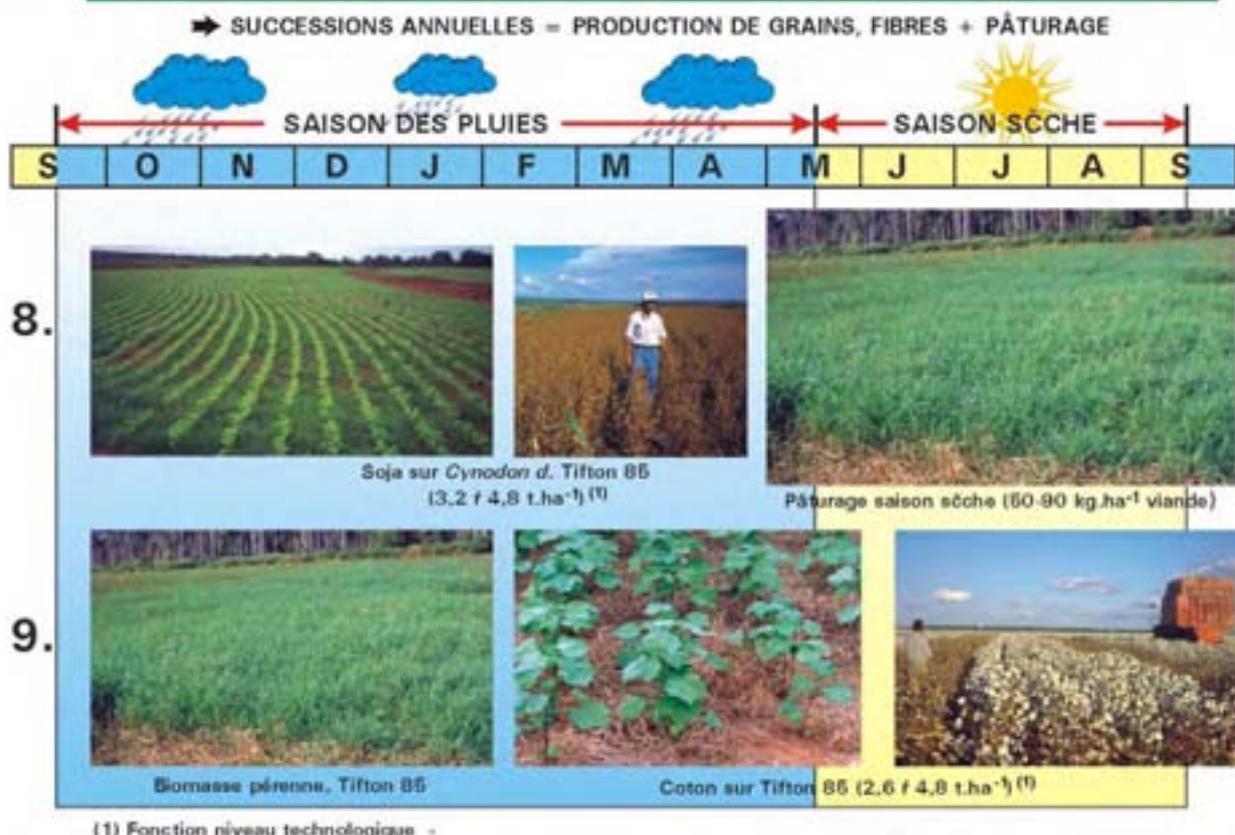
➔ ITINÉRAIRES TECHNIQUES 5 ET 6, EN ROTATION AVEC ITINÉRAIRES 1, 2, 3, 4



(1) Fonction niveau technologique - SD = Semis Direct

(2) Culture à faible niveau d'intrants - (500 - 600 US\$/ha)

**FIG. 25 SEMIS DIRECT SUR COUVERTURES VIVANTES PÉRENNES**



**FIG. 26 SEMIS DIRECT SUR COUVERTURES VIVANTES PÉRENNES**

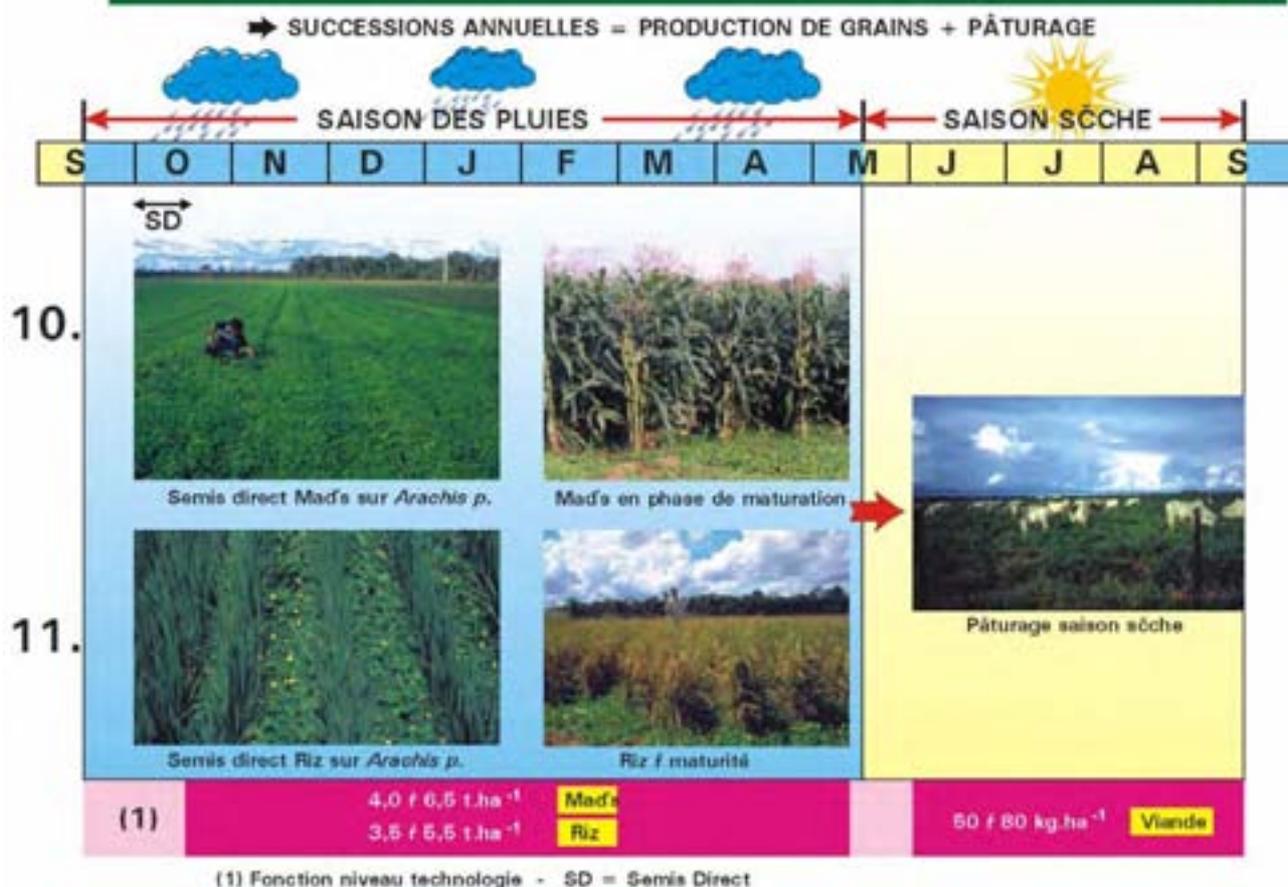


FIG. 27

**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

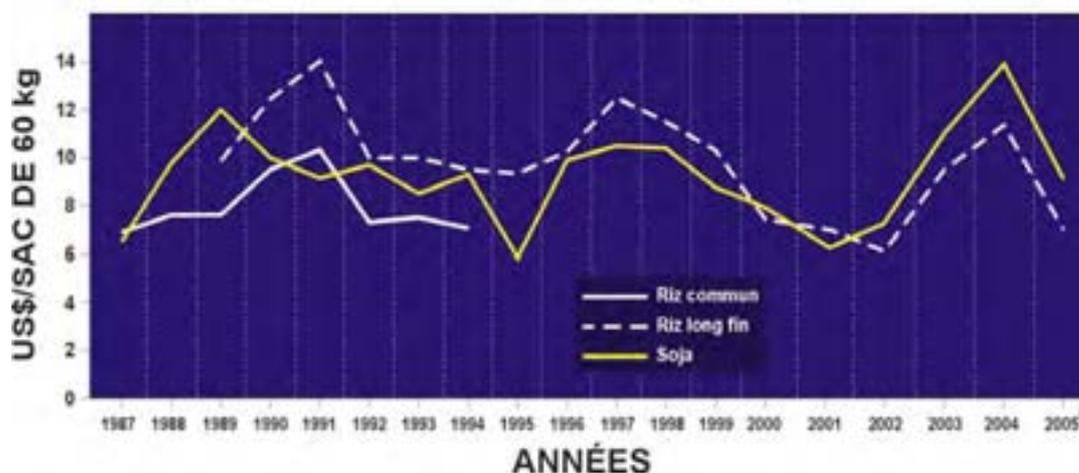
(\*) Systèmes reproductibles, appropriables

Performances des cultures dans les systèmes, en semis direct	Coût (C) US\$/ha	Bénéfice(B) US\$/ha	C/B
<b>SOJA + SAFRINHA<sup>1</sup> + EMBOUCHE SAISON SÈCHE</b> • 4000 à 4600 kg/ha soja + • 1500 à 3500 kg/ha safrinha (Sorgho, Mil, Élevaine) + • 1 à 1,5 UGB/ha sur 90 jours saison sèche	450 à 520	150 à 350	1,3 à 3,4
<b>SOJA SUR COUVERTURE VIVANTE DE TIFTON</b> • 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
<b>RIZ PLUVIAL HAUTE TECHNOLOGIE</b> • 4200 à > 7000 kg/ha	420 à 630	100 à 500	0,84 à 6,3
<b>RIZ PLUVIAL HAUTE TECHNOLOGIE</b> <i>comme réforme des pâturages</i> • 3000 à 4000 kg/ha	450 à 550	100 à 150	3,0 à 5,5
<b>COTON COMME CULTURE PRINCIPALE</b> • 3000 à > 5000 kg/ha	900 à 1300	100 à 400	2,25 à 13
<b>COTON COMME SAFRINHA<sup>1</sup></b> Ser 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. 28 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 - 1987/2005**

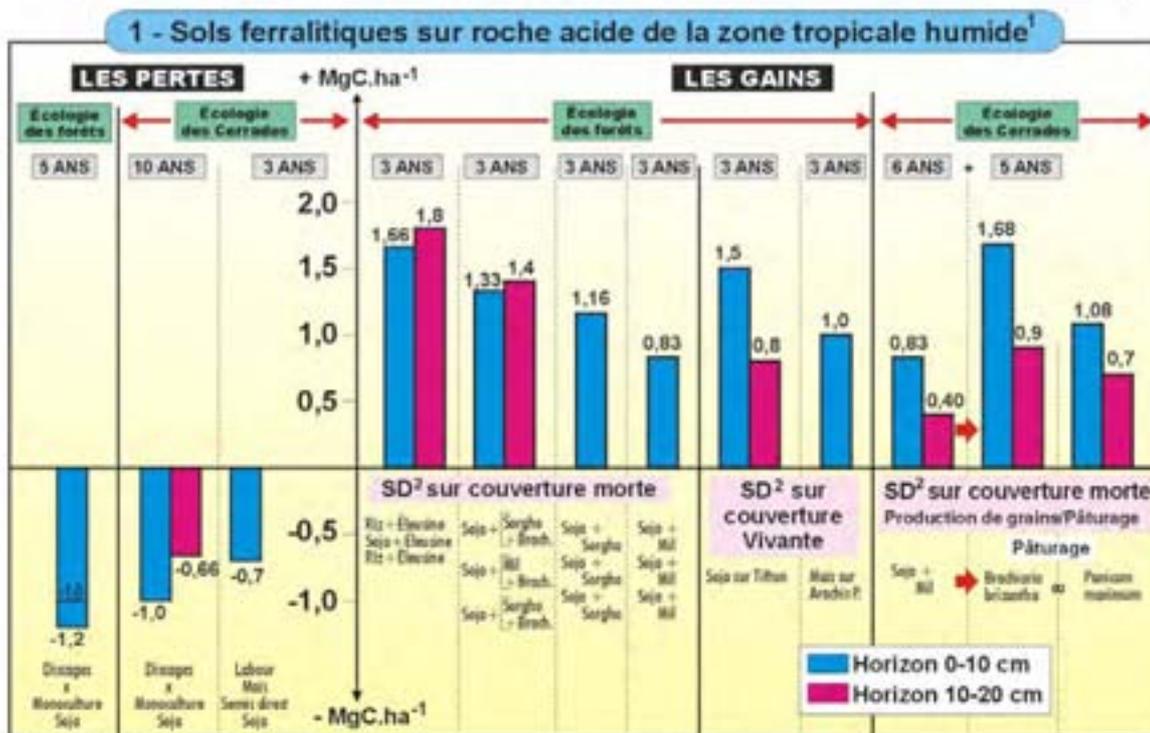


1 - Période février - Mars, chaque année

2 - Moyenne annuelle

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA/SCV - A. C. Maronezzi, Agronorte, Cooperlucás, Coosacol, Comicef, Prefeitura de Sinop, SEDER - Sinop/MT - 1987/2005

**FIG. 29 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 -**



**FIG. 30 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 -**

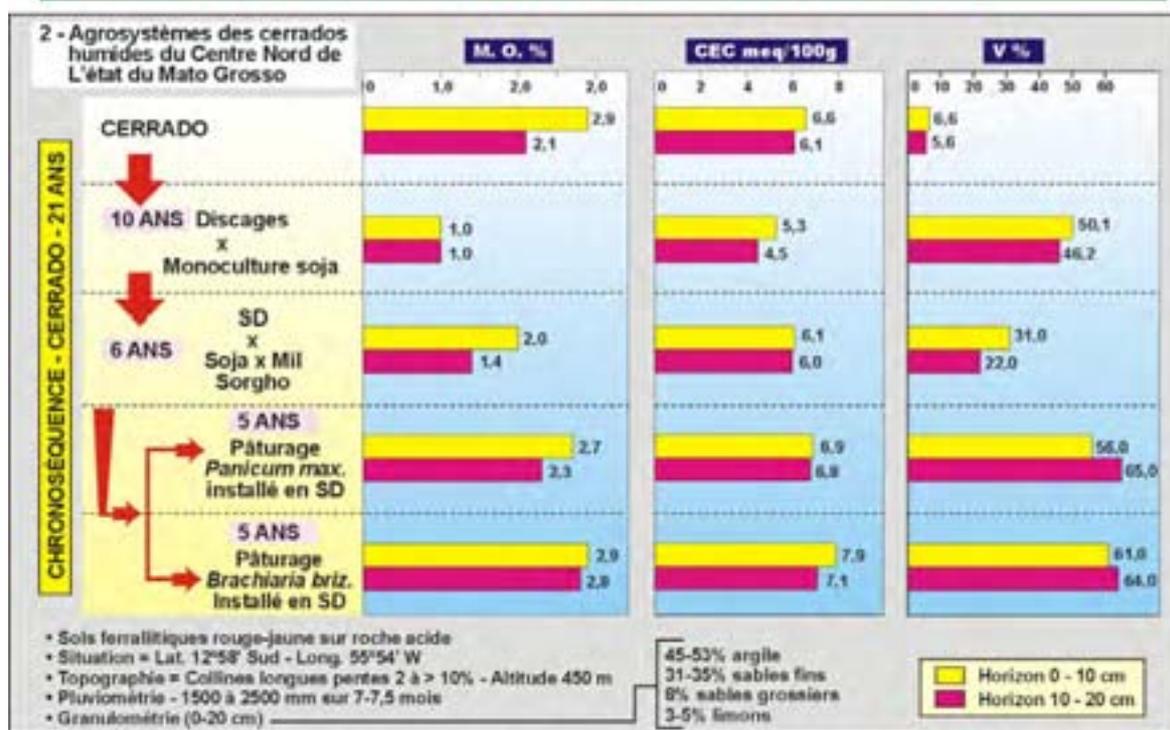


FIG. 31

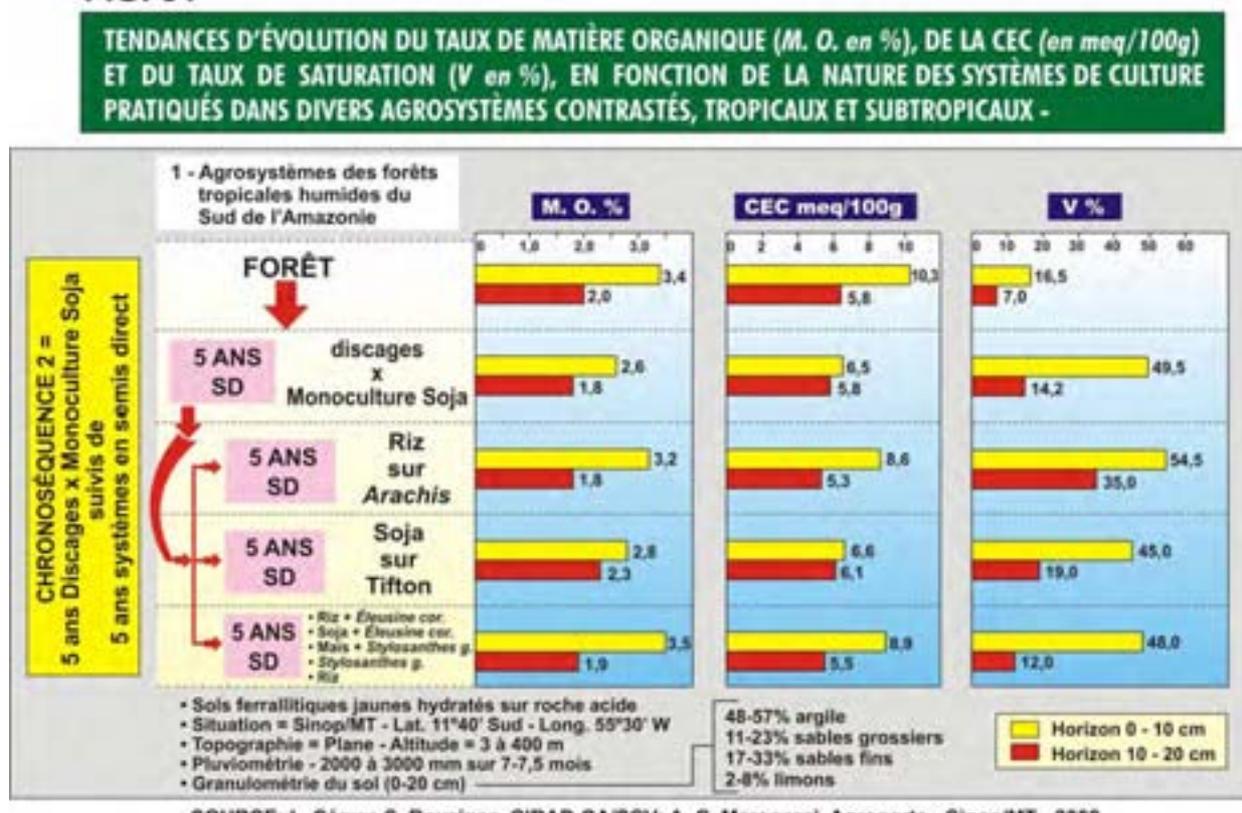


FIG. 32

**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 Arachis p.	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 + Eleusine, Soja + Eleusine, Mais + Stylosanthes g., Stylosanthes g., 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

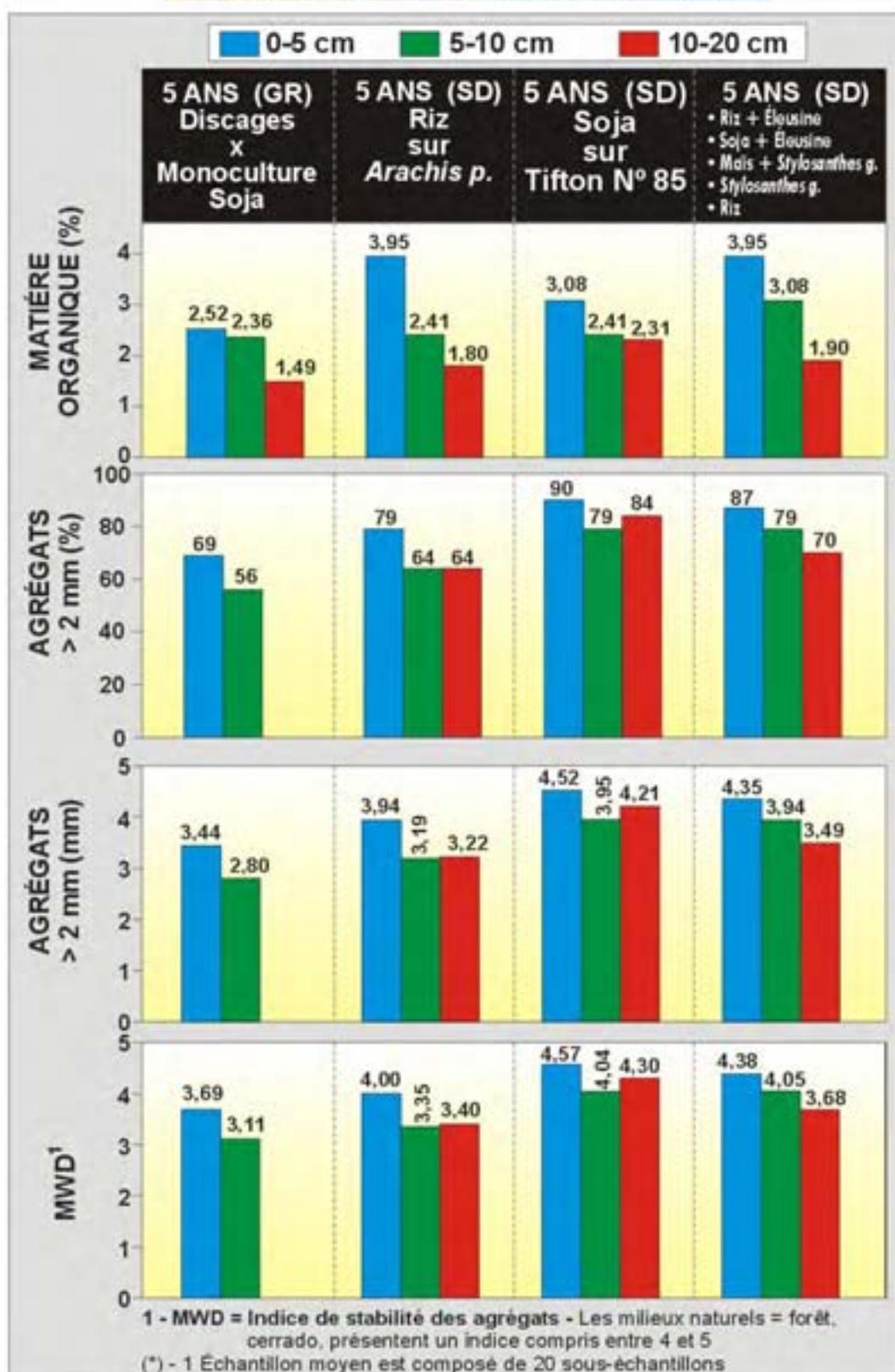
1 - Tifton = Cynodon d. - Hybride (N° 85)  
 (\*) - 1 Échantillon moyen est composé de 20 sous-échantillons

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

**FIG. 33**

**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



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



## **II) LES PROGRES LES PLUS RECENTS DES SCV,**

### **Évolution et Résultats 2006**

(\*) Les travaux de Recherches sont consacrés à la résolution des grandes problématiques de développement des agricultures du Sud (Cf. *Fiche de recherche de l'UR 1*) ; ils s'adressent aussi bien à la grande agriculture mécanisée des fronts pionniers du Brésil Central (*Front de déforestation : enjeu majeur de la ZTH*), qu'aux petites agricultures familiales du réseau tropical SCV AFD/CIRAD (*Cameroun, Tunisie, Madagascar, Laos, Cambodge, Vietnam*) et en Amérique latine (*Brésil, Colombie*).

• Ils portent sur **les grandes thématiques** suivantes :

- **Fonctionnement agronomique des SCV** à base de coton, soja, riz pluvial, maïs, sorgho, avec possibilité d'intégration de l'élevage ;

- **Modes de gestion plus écologiques des cultures en SCV** (opération « *Grains et Sols Propres* ») ;

- **Interactions « Géotypes x Environnements » :**

- **Création – Sélection de variétés de riz poly-aptitudes** à hautes potentialités, très large capacité d'adaptation et à qualité très diversifiée de grains (*marché mondial et niches économiques*) ;
- **Création – Sélection de variétés de coton** dans les systèmes de culture (*opération pilotée par l'UR 10*)

- **Méthodologie de la Recherche-Action** : perfectionnement du continuum = Diagnostic – Création – Diffusion des innovations et Formation, multi acteurs.

• **50% des activités annuelles** sont également consacrées à :

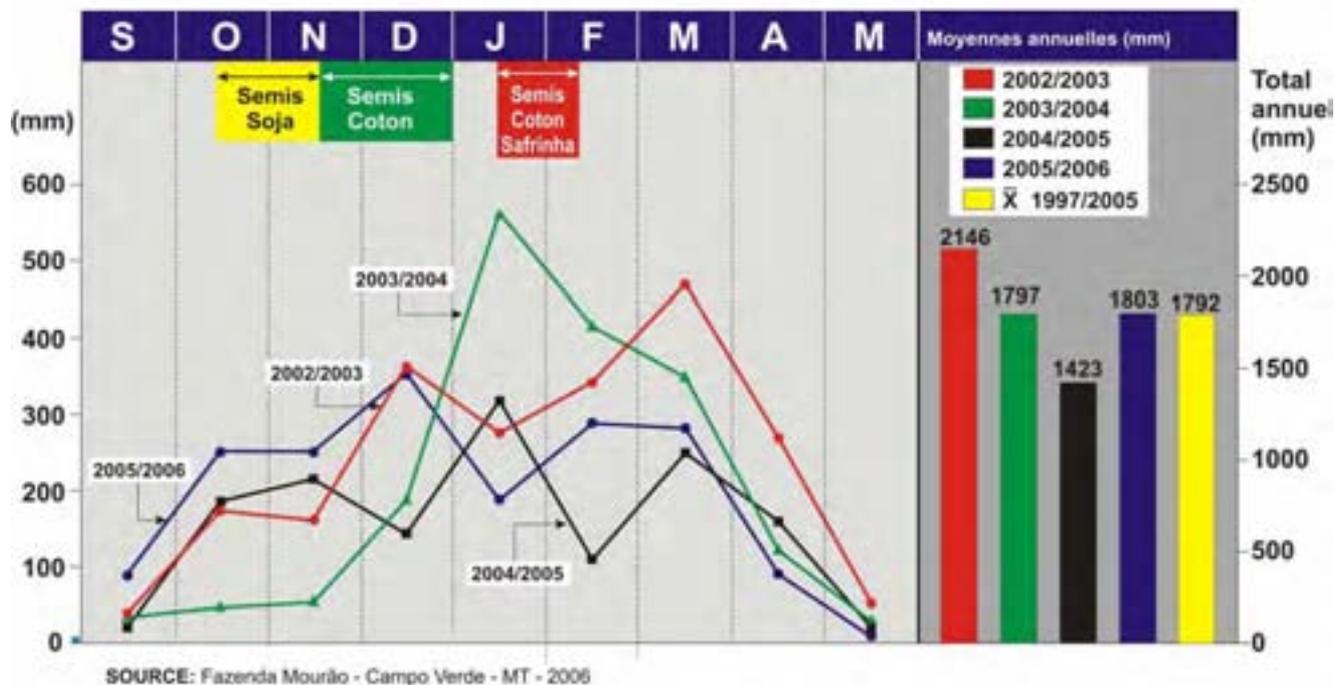
- **La formation multi acteurs et transfert des connaissances** (*Sud-Sud et Sud-Nord*) :

- **Conférences multi-acteurs** au Brésil et dans les pays du réseau SCV tropical (*Madagascar, Asie, Afrique, Amérique Latine*) et en France ;
- **Visites** d'agriculteurs français, et d'autres professionnels français et étrangers ;
- **Mission d'appui au réseau SCV** tropical AFD/CIRAD et Amérique Latine (*L. Séguy est animateur scientifique et technique de ce réseau*) ;
- **Montage d'un cours international « Mastère Semis Direct »** (*piloté par le Dr. João Carlos Moraes de Sá de l'UEPG avec l'appui de L. Séguy – Convention URI/UEPG – 2004/2009 – Financement MAE*)

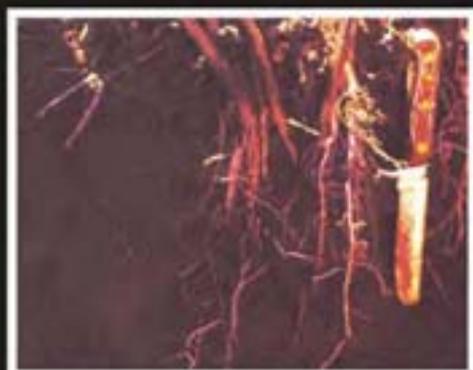
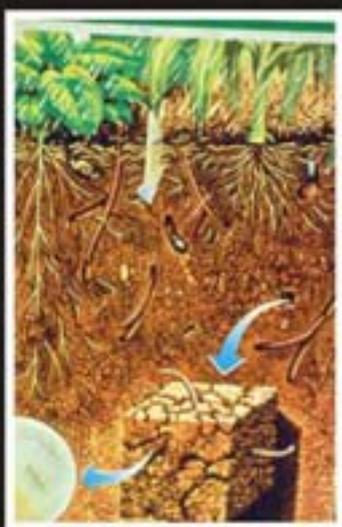
- **La rédaction et publication d'articles**, ouvrages, CD multi-acteurs (Cf. *bibliographie en annexe*)

## PLUVIOMÉTRIE DES CAMPAGNES AGRICOLES 2002-2006

### Fazenda Mourão - Campo Verde/MT - 2006



## 2.1 - FONCTIONNEMENT AGRONOMIQUE COMPARE DES SYSTEMES DE CULTURE A BASE DE COTON COMME CULTURE PRINCIPALE, SOJA, RIZ PLUVIAL, MAÏS, SORGHO, AVEC INTEGRATION ANNUELLE POSSIBLE DE L'ELEVAGE



(\*) **Ecologie des sols ferrallitiques sur roche acide des Cerrados humides du Sud-est du Mato Grosso (Fazenda Mourão – Campo Verde – 600 à 700 m d'altitude) – Convention CIRAD/COODETEC<sup>5</sup>/Faz. Mourão**

• **La matrice des systèmes de culture** installée depuis 2001 sur une toposéquence de la fazenda Mourão compare les systèmes de l'agriculture **d'hier** (**T1 = monoculture coton x offset**), de l'agriculture d'aujourd'hui (**T2 = Système "semi-direct" sur mil x coton tous les ans**) et de l'agriculture **de demain** [**S1 et S3 = innovations Semis Direct : Coton en Rotation avec Soja + Eleusine et Eleusine + Crotalaire sp., ou + (sorgho + Brachiaria ruz.) et + (Sorgho- Maïs + Brachiaria ruz.+ Cajanus cajan)**].

Cette vitrine des systèmes de culture est conduite en conditions d'exploitation réelles mécanisées ; elle comporte 2 modes de gestion de la fertilisation minérale : celui de la fazenda et un niveau 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 (*résilience, qualité biologique*).

Elle intègre l'amélioration variétale coton, pour et dans les systèmes de culture, dans l'objectif essentiel d'optimiser les relations «Génotypes 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 de 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.

• **Sont évalués, annuellement** : les rendements et leurs composantes, sur la culture de coton et les cultures des rotations, l'évolution et les impacts de la flore adventice, des maladies cryptogamiques, des ravageurs des cultures.

• **Tous les 3 ans, est réalisé un contrôle de la fertilité** : composantes physiques et chimiques dont la matière organique, le **fractionnement granulométrique du carbone<sup>6</sup>** qui permet de suivre la capacité différentielle des systèmes à séquestrer le carbone

**Les résultats obtenus les plus significatifs sur le coton culture principale, au cours des 5 dernières années d'évaluation, peuvent être résumés comme suit:**

## 1/ COTON CULTURE PRINCIPALE

**Les performances agronomiques des systèmes de culture se différencient fortement et rapidement** au cours du temps. Les figures 1 à 5 qui illustrent l'évolution des rendements de coton sur 5 ans, en présence, soit des 2 meilleures variétés, soit toutes variétés confondues (*4 variétés*), en fonction des systèmes de cultures pratiqués, mettent en évidence, toutes variétés confondues :

- **Les systèmes « d'hier », T1, avec Travail du sol x Monoculture, offrent les productivités moyennes les plus faibles** et les plus variables inter annuellement :

- **En fonction du niveau de fumure, de 17 à 27% de moins** que le système «d'aujourd'hui», **semi-direct T2**, et **de 33 à 44% de moins** que le système **SCV S3**, en Semis Direct sur Couverture Végétale permanente, très fort pourvoyeur de biomasse diversifiée annuelle, qui est toujours le plus productif (*Fig. 5*);
- **L'évolution des rendements s'inscrit dans une forte instabilité** annuelle (*forte sensibilité aux variations climatiques*) et une tendance générale à la baisse d'autant plus marquée que le niveau de fumure minérale (*compensateur*) est plus faible ; cette productivité interannuelle chaotique est en parfaite conformité avec la perte importante et continue de matière organique du sol dans ce système (*Forte érosion continue et dégradation croissante de l'état structural*).

<sup>5</sup> Travaux de recherches pluridisciplinaires = UR 1 + UR 10 du CIRAD- CA + COODETEC sur financement du FACUAL (*Fonds d'appui à la recherche cotonnière*)

<sup>6</sup> Analyses réalisées à l'UEPG.

- **Les systèmes « d'aujourd'hui »**, représentés par le système « **semi-direct** », **T2**, (TCS<sup>7</sup>) dans lequel la monoculture de coton est implantée tous les ans en Semis Direct sur biomasse de mil (*ou sorgho, ou Eleusine cor.*) installée par discage léger, expriment une productivité interannuelle plus élevée et plus stable que le système « d'hier » T1, mais toujours inférieure à celle des systèmes SCV S1, S3, S4.
- **Seuls, les systèmes « de demain », SCV cotonniers S1, S3 et S4** en rotation avec les successions Soja + «Safrinhas» (*cultures de succession comme sorgho ou maïs associés à Brachiaria ruziziensis, ou à Brachiaria ruziziensis + Cajanus cajan ou encore Eleusine coracana associée à Crotalaria spectabilis*) très fortes pourvoyeuses de biomasse annuelle (>20 t/ha), qui protègent et maintiennent le sol toujours couvert (*comme sous forêt*), **s'inscrivent dans des courbes de production fortement croissantes** depuis le début de l'expérimentation en grande culture mécanisée, quel que soit le niveau de fumure minérale utilisé ; si les rendements de coton graine étaient pratiquement équivalents pour tous les modes de gestion du sol en première année, au départ de l'expérimentation, **les écarts de productivités se creusent très vite en faveur de ces systèmes SCV :**
  - **Dès la 3<sup>e</sup> année de culture:** de 39% à 62% de plus que le système « d'hier » T1, en présence de la fumure standard et réduite respectivement ; 11% de plus que le système « d'aujourd'hui » T2, semi-direct, quel que soit le niveau de fumure (*Fig. 5*) ;
  - **En 4<sup>e</sup> année**, les écarts de rendements s'accroissent encore fortement en faveur des SCV S1 et S3 : productivité double de celle du système « d'hier » T1, quel que soit le niveau de fumure ; +27% de rendement par rapport au système « d'aujourd'hui » T2 avec fumure standard et +39% avec fumure réduite (*Fig. 1, 2, 3 et 4*) ;
  - **En 5<sup>e</sup> année**, ces systèmes SCV S1, S3 et S4 enregistrent une baisse significative de productivité due à des défaillances de gestion herbicide en post-émergence (*très forte phytotoxicité du mélange Paraquat + Flumioxazin + Diuron appliqué trop précocement et qui a paralysé la croissance du cotonnier entre le 30<sup>e</sup> et le 55<sup>e</sup> jour*) ; malgré cet accident, les systèmes S1, S3, S4 restent, en moyenne, les plus productifs = 16 à 37% de rendement de plus que le système T1 avec fumure standard et de 18 à 44% de plus avec la fumure réduite ; 10 à 17% de plus que le système T2, le plus pratiqué, en fonction du niveau de fumure (*Fig. 6, 7 et 8*) ;
  - **La productivité des SCV S3**, en présence de la fumure réduite rattrape celle obtenue avec la fumure standard (*double de la réduite*) **en 4<sup>e</sup> année**, mettant ainsi en évidence l'augmentation hautement significative de la capacité du sol à produire par voie organo-biologique. **En 5<sup>e</sup> année**, les productivités des systèmes S1, S3, S4 en présence de la fumure réduite sont significativement inférieures à celles obtenues avec la fumure standard double.
  - **Cette baisse de rendements en 2005/06** sur tous les systèmes SCV avec fumure réduite de 50% est imputable, très probablement, à la conjonction de 2 facteurs négatifs : la défaillance de gestion herbicide en post-émergence et la trop forte réduction de la fumure réduite qui est passée de **65 N + 73 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 90 K<sub>2</sub>O** + oligos/ha durant les 4 premières années, à **70 N + 31 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 68 K<sub>2</sub>O** + oligos/ha en 5<sup>e</sup> année, niveau trop faible pour maintenir des niveaux de rendements aux environs de 4 tonnes/ha ; la fumure potassique en particulier doit être maintenue au niveau de 90 – 100 K<sub>2</sub>O/ha pour compenser les exportations.
  - **Ces travaux de recherches sur 5 ans** sur les modes de gestion des sols et des cultures systématisés montrent que, même en partant de sols ferrallitiques à dominance sableuse fortement dégradés par l'érosion, il est possible avec l'utilisation des SCV diversifiés, fort pourvoyeurs de résidus carbonés (*puissantes couvertures vivantes<sup>8</sup> en saison sèche, connectées à la réserve d'eau profonde*) de produire entre 4 et 5,4 t/ha de coton graine,

<sup>7</sup> TCS : Techniques Culturelles Simplifiées

<sup>8</sup> Couvertures multi-espèces et multi-fonctions :

- Sorgho ou Maïs + *Brachiaria ruziziensis* seul ou associé avec *Cajanus cajan* ou *Crotalaria spectabilis*
- *Eleusine coracana* + *Cajanus cajan* ou *Crotalaria spectabilis*

soit entre 1.600 et plus de 2.000 kg/ha de plume, dès la 3<sup>o</sup> année de culture avec fumure forte, et à partir de la 4<sup>o</sup> année avec fumure réduite de 50%, en choisissant les cultivars les plus performants sélectionnés pour et dans ces systèmes de culture (*ex.* = CD 409). Sous ces systèmes SCV, la résilience et la régénération des sols est très forte et très rapide notamment pour ce qui concerne les attributs physiques et biologiques (*M.O., structure, vie biologique, biorémediation*).

## 2/ LE COTON DE «SAFRINHA»<sup>9</sup> EN SEMIS DIRECT :

Il est implanté tous les ans soit en succession du soja de cycle court, soit sur très forte biomasse (*Brachiaria ruziziensis* + *Sorgho*), soit sur une couverture vivante pérenne (*Arachis pintoï*, *Cynodon dactylon*). Les systèmes SCV (*en succession du soja de cycle court*) et sur forte biomasse, produisent, toutes variétés confondues, entre 2.200 et plus de 2.500 kg/ha de coton graine en présence de très faibles niveaux de fumure minérale (*Fig. 9*); **la fertilisation minérale totale appliquée sur 2 ans à la rotation Soja + (Sorgho + *Brachiaria r.*)/ *Brachiaria r.* + Coton safrinha (Système S4)** n'est que de 46 N + 33 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 80 K<sub>2</sub>O ; pour les niveaux de rendements obtenus: de 2 à 3 t/ha de coton safrinha et de 3 à 4 t/ha de soja, cette fumure légère couvre seulement les exportations de P, est déficitaire en K, et surtout en N comme le suggère le tableau ci-après:

Hypothèses de Rendement en t/ha	EXPORTATIONS DE NUTRIMENTS MAJEURS NPK (en kg/ha)		
	N	P	K
Soja (1) 3 t/ha	150-180	15	51
Coton (2) 2 t/ha	52	6	32
<b>TOTAL</b>	<b>202-232</b>	<b>21</b>	<b>83</b>
Soja (1) 4 t/ha	200-240	20	68
Coton (2) 3 t/ha	77	9	48
<b>TOTAL</b>	<b>277-317</b>	<b>29</b>	<b>116</b>

(1) Source = EMBRAPA 1993 ; POTAFOS N° 94 Juin 2001

(2) Source = POTAFOS N° 69 Mars 1995 ; POTAFOS N° 94 Juin 2001

## 3/ LA CULTURE DE SOJA

(*cv. CD 217*) dans les systèmes SCV de «demain» S1, S3, S2 et S4 (*Soja + safrinhas en rotation avec coton*) obtient en 2004/05 des productivités, en moyenne supérieures à 4,0 t/ha (*maximum de 4,44 t/ha sur S1*) avec la fumure standard, contre plus de 3.500 kg/ha avec la fumure faible (*Fig. 11 et 12*). **Les rendements sont stables sur 4 ans.** La productivité de ces 4 systèmes sur la rotation de 2 ans, qui est, sur la succession annuelle, d'en moyenne 3,5 t/ha de soja + 2,0 à 3,0 t/ha de coton graine avec la fumure faible, confirme bien, encore une fois, la forte capacité et stabilité de production du sol par voie organo-biologique, même en présence d'un minimum d'engrais minéral

## 4/ LA QUALITE BIOLOGIQUE DES SOLS:

•La matrice des systèmes a été polluée dès le départ, par des externalités provenant de l'érosion de la propriété voisine ; la pollution porte sur les pesticides et de très fortes

<sup>9</sup> Culture de succession à niveau d'intrants plus faible.

infestations de nématodes (*sol dégradé*), en particulier sur le système SCV S1 avec fumure standard; les populations sont représentées par les espèces dominantes *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus brachyurus* à un degré moindre et par *Trichodorus* et *Helicotylenchus*, et sur les racines par *Aphelenchoïdes* et *Dytilenchus*. Ces populations sont suivies par l'UNESP de Jaboticabal – SP et l'équipe CIRAD-CA UR 10<sup>10</sup>.

Par rapport au système d'hier T1 (*Travail du sol x Monoculture*), au cours du temps, la rotation Coton avec Soja + [Sorgho ou Maïs + *Brachiaria ruziziensis* ou *Brachiaria r.* + *Cajanus c.*](SCV S3, S4) diminue les populations de *Meloidogyne incognita* (> 15.000/100 cc de sol), mais augmente la population de *Pratylenchus* (jusqu'à 80 par 100 cc. de sol); la rotation Coton avec Soja + *Eleusine cor.* les 3 premières années, puis Soja + (*Eleusine* + *Crotalaria spectabilis*) les 2 dernières années, agit à l'inverse de la précédente: elle augmente les populations de *Meloidogyne i.* et diminue celle de *Pratylenchus* (Cf. Rapports FACUAL 2002 à 2004).

• Globalement, la pression des contraintes biologiques liées à la nature des systèmes de culture est très différenciée et bien mise en évidence dans **l'évolution des systèmes cotonniers SCV S3 entre la 1<sup>o</sup> et la 4<sup>o</sup> année où l'effet de l'Aldicarb (nématocide et phytostimulateur, p.c.: Temik) sur les gains de productivité est minimum**, toutes variétés confondues (Fig. 13); **à l'inverse, les gains de productivité grâce à l'Aldicarb ont fortement progressé sur le système «d'hier» T1** en voie de dégradation avec Travail du sol x Monoculture de coton : de 23% à 41% entre la 1<sup>o</sup> et la 4<sup>o</sup> année de culture en présence de la fumure forte, et de 43% à 64% dans les mêmes conditions avec la fumure faible. Sur le système T2, «d'aujourd'hui», le semi-direct, les gains dus à l'application de l'Aldicarb ont progressé de 9 à 41% sur la fumure forte entre la 1<sup>o</sup> et la 4<sup>o</sup> année de culture et sont restés stables sur la fumure réduite. **Sur les systèmes SCV S3, les gains de rendements sont minimums et non significatifs** avec la fumure forte: de 4% en 1<sup>o</sup> année à 2% en 4<sup>o</sup> année, et restent très modérés et en voie de régression sur la fumure réduite où ils passent de 12% en année 1 à 9% en année 4.

• *Le Système SCV S1* est également un excellent exemple du pouvoir **de biorémédiation des SCV**; ce système, envahi par de puissantes entrées colluviales entraînées par l'érosion à partir de la propriété voisine, était celui qui produisait le moins en raison des très fortes contraintes biologiques héritées (*pollution pesticide + nématodes*) pendant les 3 premières années (Fig. 5). La rotation du Coton avec la succession Soja + *Eleusine coracana* les 3 premières années, puis avec la succession Soja + (*Eleusine coracana* + *Crotalaria spectabilis*) les 2 dernières années, a permis de «nettoyer» - désintoxiquer rapidement le système S1 dont la courbe de productivité est régulièrement croissante et égale à celle des meilleurs systèmes SCV les 4<sup>o</sup> et 5<sup>o</sup> années.

## 5/ L'IMPACT DIFFERENCIE DES SYSTEMES DE CULTURE EST EGALEMENT TRES FORT SUR L'EVOLUTION DU CARBONE DU SOL

- En partant d'un sol déjà fortement déstructuré, à texture sablo argileuse, soumis à des systèmes à niveaux d'impacts très différenciés, **la productivité cotonnière se montre, après seulement 4 années de pratique, fortement corrélée au stock de carbone de l'horizon 0-20 cm**, lui-même déterminé – construit par le type de système utilisé (Fig. 16). La différenciation du stock de carbone de l'horizon 0-20 cm est déjà très importante au bout de 3 ans (Fig. 14):
  - **30,40 t/ha sur SCV S3, contre 23,66 t/ha sur «semi-direct» T2, et 18,11 t/ha sur système avec travail du sol continu T1**; soit des variations relatives, en prenant le système T1 comme référence de base 100, de + **31% pour le système «semi-direct» T2** et de + **68% pour le système SCV S3**.

<sup>10</sup> Consulter les rapports FACUAL/COODETEC/CIRAD, 2002 à 2006.

- **L'examen des différentes fractions granulométriques du carbone** (210 – 2000  $\mu\text{m}$ , 53 – 210  $\mu\text{m}$  et < 53  $\mu\text{m}$ ) sur les 3 systèmes de culture différenciés, met en évidence (*Fig. 15*):
  - Excepté sous le système T1 avec travail du sol continu qui a été très fortement érodé (*Cf. Photos en annexe du chapitre*) et qui montre en conséquences un stock de carbone le plus bas, dont toutes les fractions ont été affectées sur 20 cm d'épaisseur, le SCV S3 affiche des teneurs de C supérieures à celles du système T2, dans tous les compartiments granulométriques de l'horizon 0 – 10 cm (*recyclage de résidus carbonés annuels bien supérieurs sur S3 que sur T2*) ;
  - La supériorité du système S3 sur T2 est également nette même dans l'horizon 10 – 20 cm sur les 2 fractions 53 – 210  $\mu\text{m}$  et < 53  $\mu\text{m}$  (*recyclage racinaire plus puissant sur S3 grâce à l'association de acteurs ruz. et de Sorgho*).
  
- **Au total, les systèmes de culture à très fort impact sur les propriétés physico-chimiques et biologiques du profil cultural, transforment rapidement la fertilité des sols sous culture et leurs capacités de production :**
  - **Destruction accélérée sous Travail du sol x Monoculture T1**, synonyme de perte continue de production, qui n'est plus compensée par des niveaux d'intrants de plus en plus lourds (*risque environnemental accru, coûts de production insoutenables, productivités faibles et instables, pression parasitaire en hausse*) ;
  - **Au contraire, forte résilience et régénération rapide de la fertilité sous SCV** très forts pourvoyeurs de biomasse diversifiée (*rotations x biomasses à forte biodiversité*), synonyme d'augmentation de la productivité avec moins d'intrants.

**(\*) NOTE IMPORTANTE SUR LE FONCTIONNEMENT AGRONOMIQUE DES SCV**  
*(Démontage de la « boîte noire » des mécanismes au cœur du fonctionnement)*

**Les résultats précédents, obtenus après 5 ans d'études sur la matrice systèmes de culture de Campo Verde** dans l'écologie des sols ferrallitiques érodés à dominance sableuse des Cerrados humides du Sud - Est du Mato Grosso (600 – 700 m d'altitude), confirment pleinement et confèrent « force de loi » à ceux obtenus dans l'écologie des sols ferrallitiques argileux (entre 40 et 60% d'argile) **des forêts du Sud de l'Amazonie (Sinop)** sur la matrice des systèmes de culture à base de riz pluvial, soja, maïs, sorgho, intégrant l'élevage entre 1998 et 2003 (Travaux L. Séguy, S. Bouzinac et leurs partenaires brésiliens 2001 - 2004)

**L'analyse récente des mécanismes déterminants qui régissent la production de biomasse** et en conséquences la dynamique de résilience – régénération des sols après dégradation, leur capacité de production et de séquestration du carbone au cours du temps, montre que la progression continue de la production de biomasse totale (*grains + parties aériennes + racines*) dans les SCV est conditionnée, simultanément, par :

- **L'arrêt définitif du travail du sol,**
- **Sol toujours protégé sous une couverture végétale permanente** (*Température amortie et régulée entre 28 et 32°C*), protectrice et nourricière (*Coefficient K2 de minéralisation maintenu le plus bas possible < 2%*), qui concentre et qui régit, comme sous forêt, le cycle des nutriments ;
- **La nature des systèmes dans ses composantes quantitatives et qualitatives** (*C/N, teneurs en cellulose, en lignine ; capacités recycleuses de nutriments, enracinement profond et puissant*)

**Comme le montrent les figures inédites 17, 18, 19, 20 et 21 :**

- **La production totale de biomasse sèche annuelle dans les meilleurs systèmes SCV peut ainsi atteindre 35 t/ha**, dont la moitié aux 2/3 est produite après l'arrêt des pluies en saison sèche (*valorisation de tout le potentiel hydrique disponible qui conduit à un processus d'accumulation de M.O. > minéralisation*).
- **La productivité de grains des systèmes est étroitement et significativement corrélée à la production totale de biomasse annuelle**, à la production de **biomasse aérienne** végétale hors grains et à **celle des racines** (*horizon 0 – 40 cm du profil cultural*)[Fig. 22, 23, 24].
- **Les gains de productivités de résidus annuels décisifs sont obtenus lorsque les systèmes de semis direct sont capables de produire beaucoup de biomasse en saison sèche** (*cas des systèmes avec *Brachiaria ruziziensis* et *Crotalaria spectabilis**)
- **La simulation du bilan annuel de carbone**, réalisé à partir du modèle mono-compartimental de Hénin – Dupuis, appliqué à 2 rotations de culture qui utilisent les mêmes biomasses en mélange entre les situations Forêt amazonienne (*Sinop*) et Cerrados (*Campo Verde*), montre en substance (Fig. 25, 26, 27) :
  - **L'accumulation nette de C**, traduite par  $dc/dt$  simulé, s'échelonne entre **1,2 et 1,7 t/ha avec fumure minérale faible, 1,8 à 2,5 t/ha avec fumure moyenne, et 2,0 à 2,9 t/ha avec fumure forte** ;
  - **La quantité minimum de résidus annuels pour maintenir l'équilibre en C**, soit  $dc/dt = 0$ , va de **10 t/ha à plus de 20 t/ha en fonction des niveaux de fumure** faible, moyenne et forte respectivement ;
  - **La quantité réelle de C,  $dc/dt$ , mesurée<sup>11</sup>** (*analyses après 3 ans*) s'échelonne entre **2,73 t/ha et 3,5 t/ha** entre fumure moyenne et forte respectivement, soit des

<sup>11</sup> Cf. Travaux L. Séguy, S. Bouzinac et al., 2001 (*ouvrage de synthèse systèmes de culture et dynamique de la M.O.*)

Cf. Publication IRD/CIRAD : «Composição isotópica dos estoques de carbono do solo com diferentes sistemas de manejo de solo em Sinop (MT). De Marcos Siqueira Neto et al.

résultats réels en bonne concordance avec les résultats simulés, indiquant la fiabilité scientifique<sup>12</sup> du modèle de Hénin Dupuis.

- **Au total<sup>13</sup>, l'outil expérimental au champ «Matrices des Systèmes de Culture modélisés» (scénarios diversifiés de développement expérimental) et l'outil de simulation de la dynamique de la Matière Organique (C) de Hénin Dupuis** constituent des auxiliaires précieux et performants pour, à la fois, comprendre les mécanismes de fonctionnement, les expliquer scientifiquement, fournir des technologies toujours plus performantes d'agriculture durable aux agriculteurs élaborées pour eux, avec eux et chez eux, et enfin , offrir des supports d'élection pour la formation multi-acteurs (*des agriculteurs aux chercheurs, en passant par les techniciens et agronomes de la R - D*).

**En conclusion**, ces résultats confirment, à l'instar de ceux obtenus sur les systèmes à base de soja avec une différenciation similaire des systèmes de culture dans l'écologie des forêts du Sud du Bassin Amazonien (*Sinop - MT – L. Séguy, S. Bouzinac et al. 2001 à 2004*), que, dans l'état actuel des connaissances et de la maîtrise des pratiques d'agriculture durable, **seuls les systèmes SCV avec couverture permanente du sol et forte production de biomasse diversifiée annuelle recyclée en rotation, permettent d'augmenter de manière régulière, à la fois, la productivité des cultures et la capacité du sol à produire**, même en présence de faibles niveaux de fumure minérale, permettant ainsi de produire plus avec beaucoup moins d'engrais minéral.

C'est la reproductibilité des impacts sur des sols à texture et états de dégradation très variables, qui permet d'identifier ces lois de fonctionnement agronomique et qui leur confère une large aptitude à la généralisation – extrapolation.

*(\*) Il est évident que ces systèmes SCV devraient être diffusés rapidement et à grande échelle dans le Brésil Central ; ils répondent parfaitement aux grandes contraintes de la production d'aujourd'hui : produire plus et durablement avec moins d'intrants chimiques, grâce à l'augmentation de la capacité du sol à produire sous gestion organo-biologique dominante des SCV qui «booste» l'augmentation de la matière organique et toutes ses propriétés naturelles dérivées, bénéfiques à la production. La priorité est maintenant à la diffusion – formation (Cf. « Cours international » de l' UEPG/CIRAD)*

---

<sup>12</sup> Cf. publication UEPG/CIRAD : "O plantio direto como base do sistema de produção visando o sequestro do carbono" de João Carlos de Moraes Sá et al. na Revista Plantio Direto n° 84, nov/dez 2004 p. 45 à 61.

<sup>13</sup> Des publications sont mises en chantier à partir de 2007 sur le thème « Fonctionnement agronomique des systèmes de culture SCV à l'image de celui de l'écosystème forestier », et les multifonctions de ces systèmes SCV.

FIG. 1

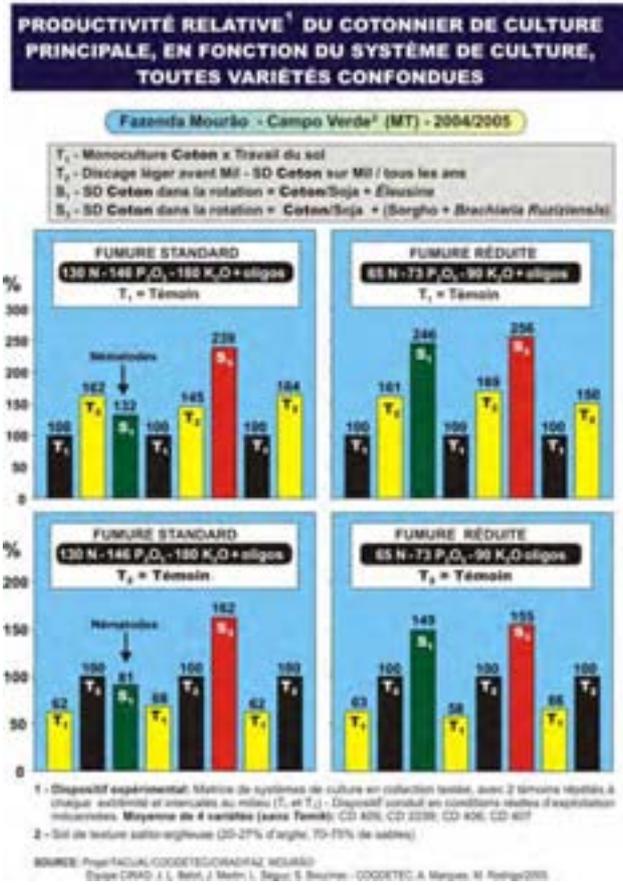


FIG. 2

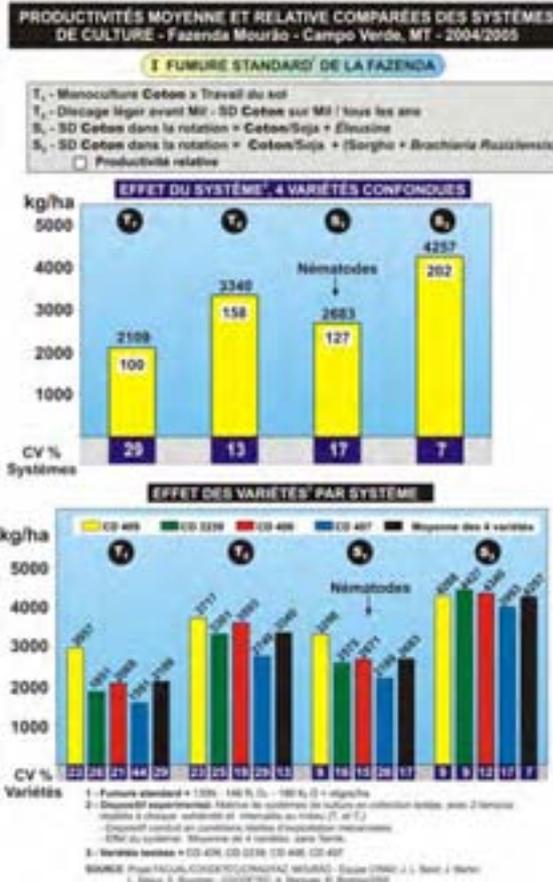


FIG. 3

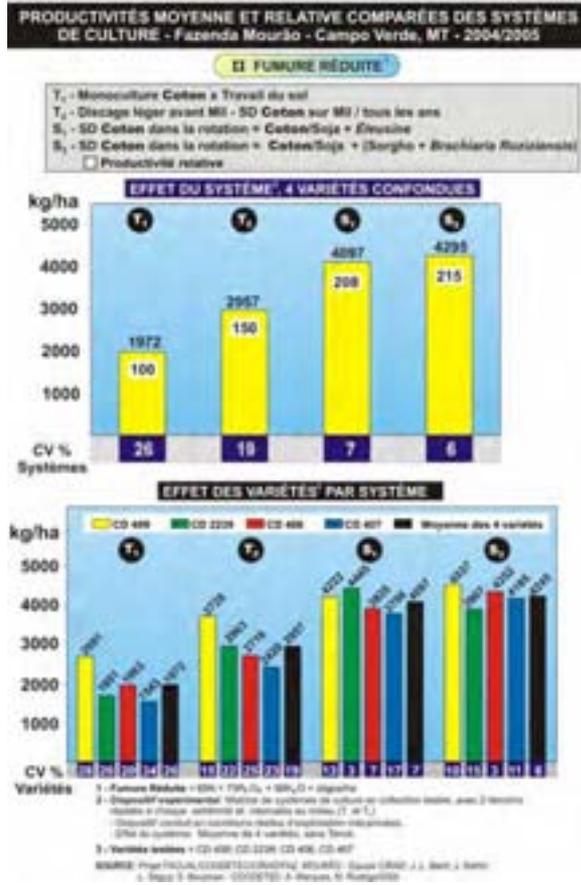
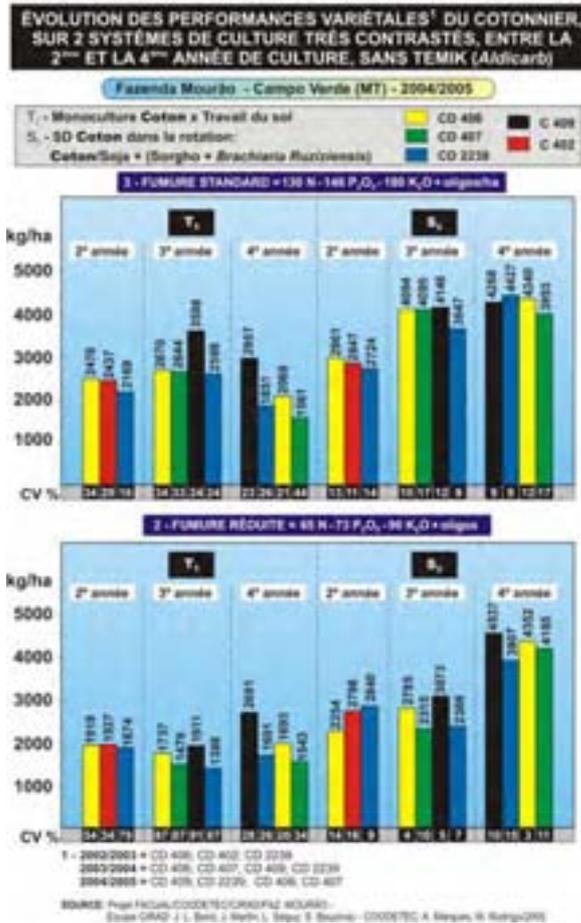
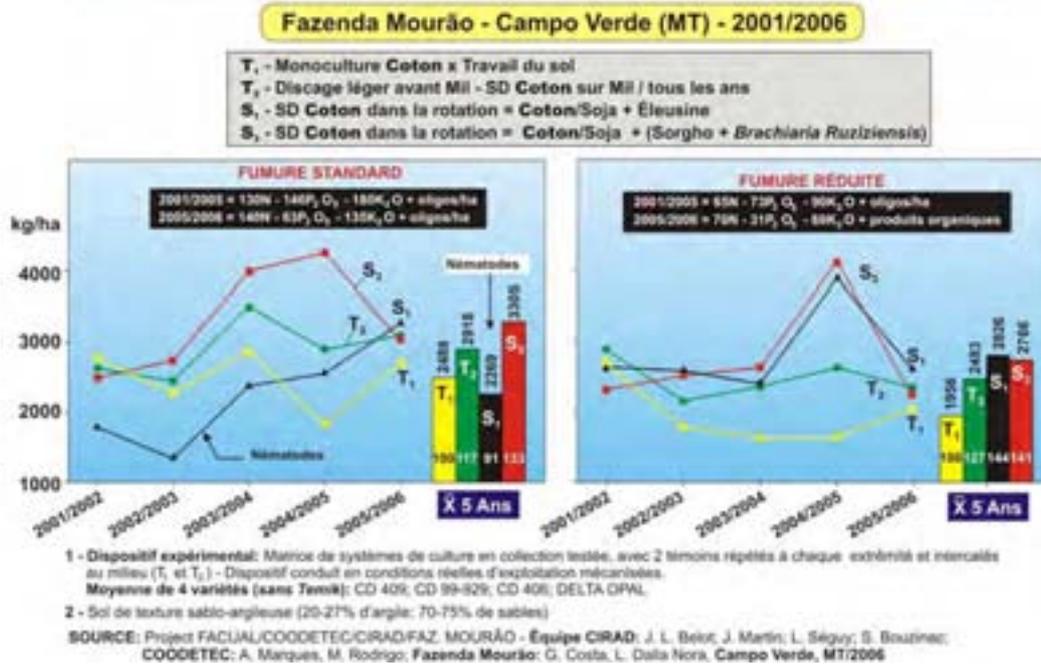


FIG. 4



**FIG. 5 ÉVOLUTION DE LA PRODUCTIVITÉ ANNUELLE<sup>1</sup> ET PRODUCTIVITÉ MOYENNE DU COTON<sup>1</sup> EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE, TOUTES VARIÉTÉS TESTÉES CONFONDUES, SANS TEMIK (Aldicarb)**



**FIG. 6 PRODUCTIVITÉ RELATIVE<sup>1</sup> DU COTONNIER DE CULTURE PRINCIPALE, EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE, TOUTES VARIÉTÉS CONFONDUES**

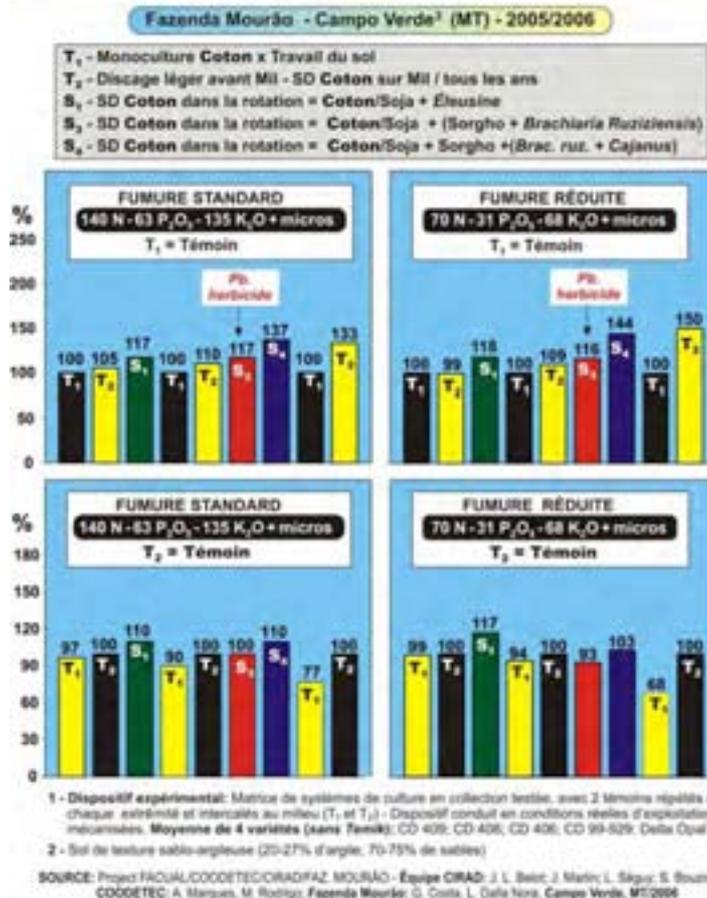


FIG. 7

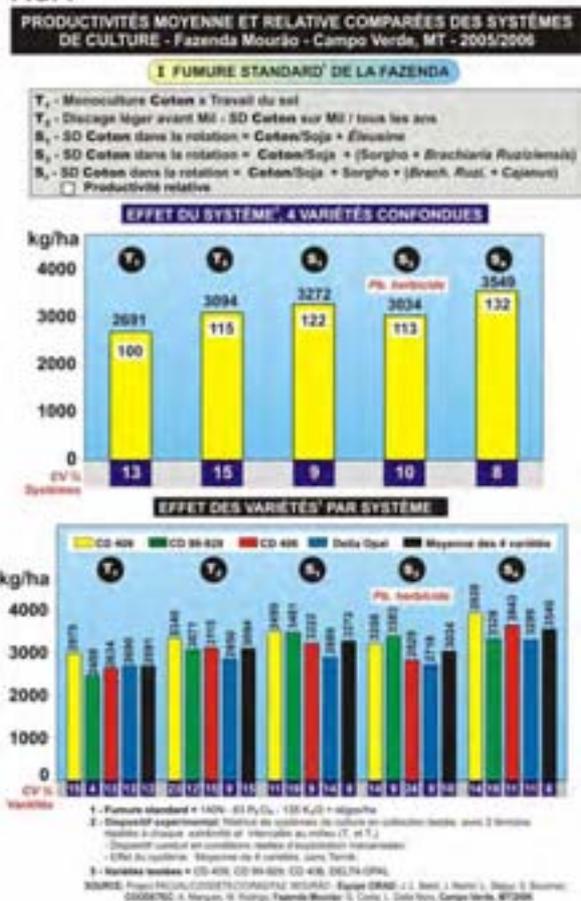
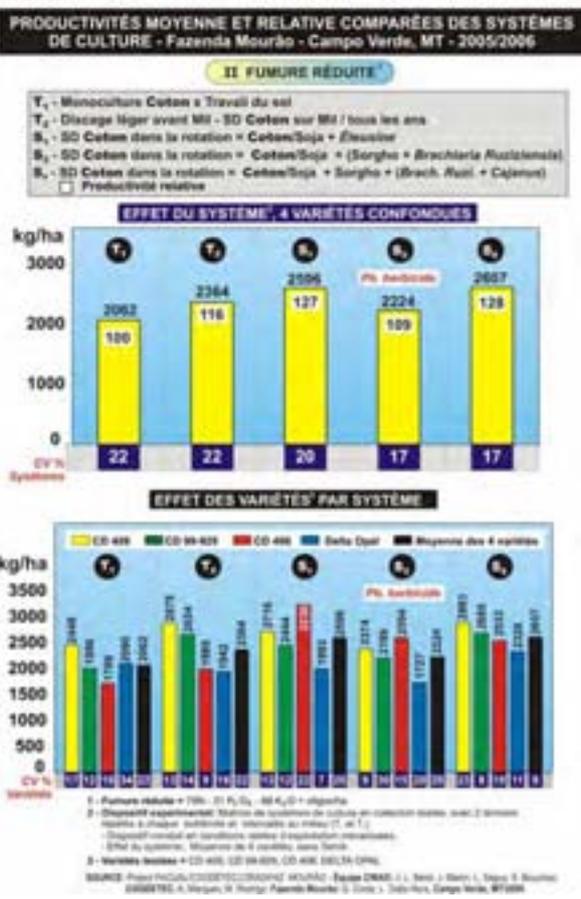
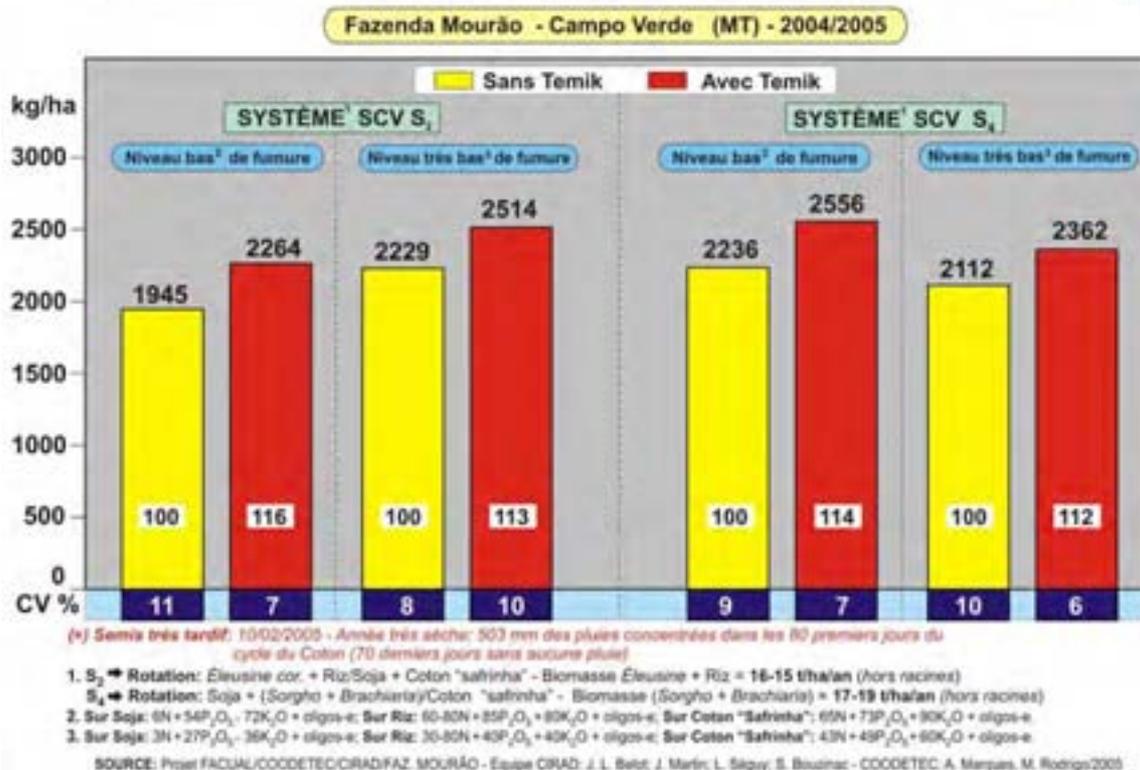


FIG. 8



**FIG. 9 PRODUCTIVITÉS MOYENNE ET RELATIVE DU COTON "SAFRINHA" DANS 2 SYSTÈMES DE SEMIS DIRECT (SCV) ET AVEC FAIBLE FERTILISATION MINÉRALE, 4 VARIÉTÉS CONFUNDUES**



**FIG. 10 PRODUCTIVITÉ DE 4 VARIÉTÉS DE COTON "SAFRINHA" DANS 2 SYSTÈMES DE SEMIS DIRECT SUR FORTES BIOMASSES (SCV) ET EN PRÉSENCE DE 2 NIVEAUX BAS DE FUMURE MINÉRALE**

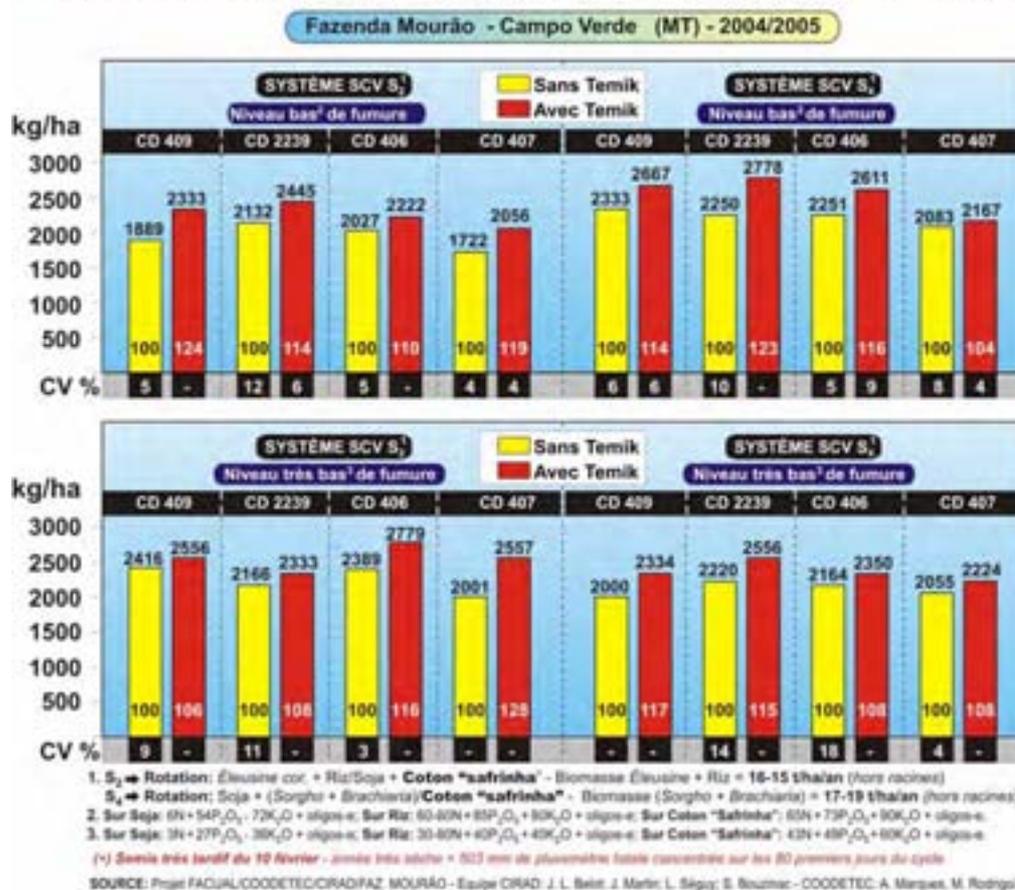


FIG. 11

**ÉVOLUTION DES RENDEMENTS ANNUELS DU SOJA DE CYCLE COURT<sup>1</sup> ET PRODUCTIVITÉ MOYENNE SUR 4 ANS (en kg/ha), DANS 4 SYSTÈMES DE SEMIS DIRECT SUR FORTES BIOMASSES ET EN PRÉSENCE DE 2 NIVEAUX<sup>2</sup> DE FUMURE MINÉRALE**

Fazenda Mourão - Campo Verde (MT) - 2001/2005

ANNÉES	S <sub>1</sub> SD x Soja + Éleusine c./Coton		S <sub>2</sub> SD x Éleusine + Riz/Soja + Coton Safrinha		S <sub>3</sub> SD x Soja + (Sorgho + Brach.) /Coton		S <sub>4</sub> SD x Soja + (Sorgho + Brach.) /Coton Safrinha	
	Fumure Standard	Fumure Réduite	Fumure Standard	Fumure Réduite	Fumure Standard	Fumure Réduite	Fumure Standard	Fumure Réduite
	2001/2002	3856	4042	3442	3925	3831	3906	3706
2002/2003	3599	3541	3700	3762	3754	3376	3853	4094
2003/2004	3192	3306	3720	3636	3138	3360	3276	3696
2004/2005	4440	3452	3839	3211	4232	3549	4352	3552
<b>Moyenne</b>	<b>3772</b>	<b>3585</b>	<b>3675</b>	<b>3634</b>	<b>3739</b>	<b>3548</b>	<b>3797</b>	<b>3767</b>
ET	522,7	319,5	167,2	305,5	452	253,7	443,8	230,8
CV%	13,8	8,9	4,5	8,4	12,1	7,1	11,7	6,1

1 - Variétés - En 2001/2002: Conquista; en 2002/2003: Moyenne de CD 211 + Conquista; en 2003/2004 et 2004/2005: CD 217

2 - Fumure Standard = 6N + 54P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 72K<sub>2</sub>O + oligo-élt

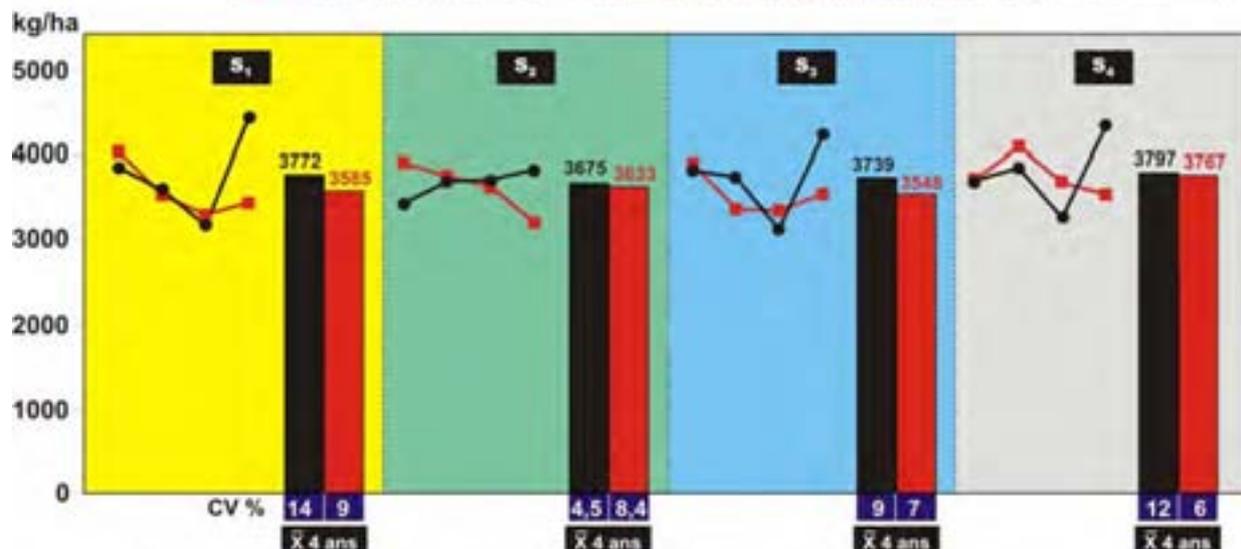
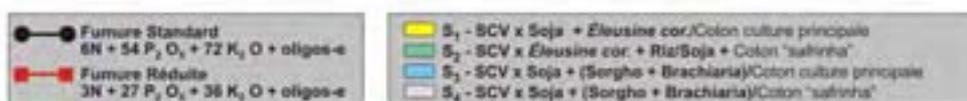
Fumure Réduite = 3N + 27P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 36K<sub>2</sub>O + oligo-élt

SOURCE: Projet FACUAL/COODETEC/CIRAD/FAZ. MOURÃO - Equipe CIRAD: J. L. Belot, J. Martin, L. Séguier, S. Bouzinac - COODETEC: A. Marques, M. Rodrigo2005

FIG. 12

**ÉVOLUTION DE LA PRODUCTIVITÉ DE SOJA<sup>1</sup> DE CYCLE COURT ET PRODUCTIVITÉ MOYENNE SUR 4 ANS DANS DIVERS SYSTÈMES DE SEMIS DIRECT (SCV) SUR FORTES BIOMASSES ET EN PRÉSENCE DE 2 NIVEAUX<sup>2</sup> DE FUMURE MINÉRALE**

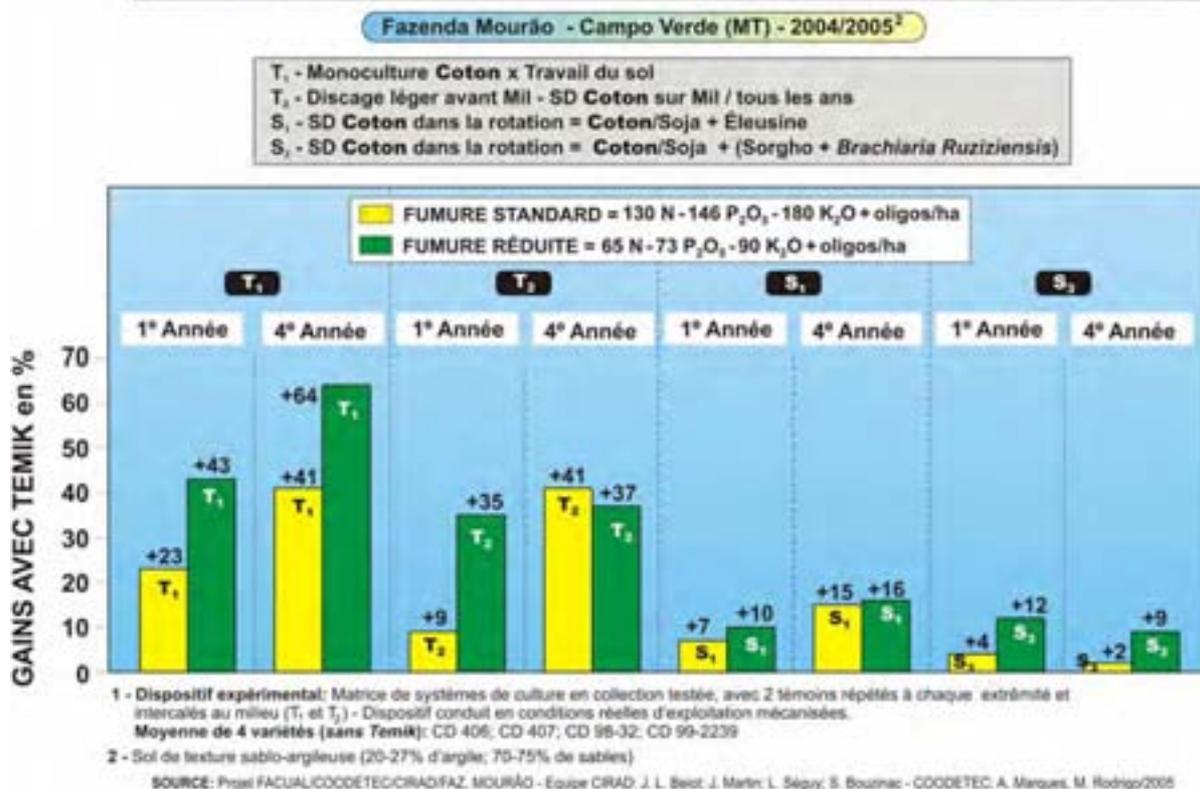
Fazenda Mourão - Campo Verde (MT) - 2004/2005



1 - En 2001/2002: Conquista; en 2002/2003: Moyenne de CD 211 + Conquista; en 2003/2004 et 2004/2005: CD 217

SOURCE: Projet FACUAL/COODETEC/CIRAD/FAZ. MOURÃO - Equipe CIRAD: J. L. Belot, J. Martin, L. Séguier, S. Bouzinac - COODETEC: A. Marques, M. Rodrigo2005

**FIG. 13 GAINS COMPARÉS DE PRODUCTIVITÉ<sup>1</sup> (%) DÛS À L'APPLICATION DE TEMIK (Aldicarb) AU SEMIS, EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE, (4 VARIÉTÉS CONFONDUES), ENTRE LA 1<sup>ÈRE</sup> ANNÉE ET LA QUATRIÈME ANNÉE DE CULTURE**



**FIG. 14 STOCK<sup>1</sup> DE CARBONE C (en tonne/ha) DANS L'HORIZON 0-20 CM (0-10 et 10-20cm), EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE APRÈS 3 ANS DE FONCTIONNEMENT DE SYSTÈMES TRÈS CONTRASTÉS**

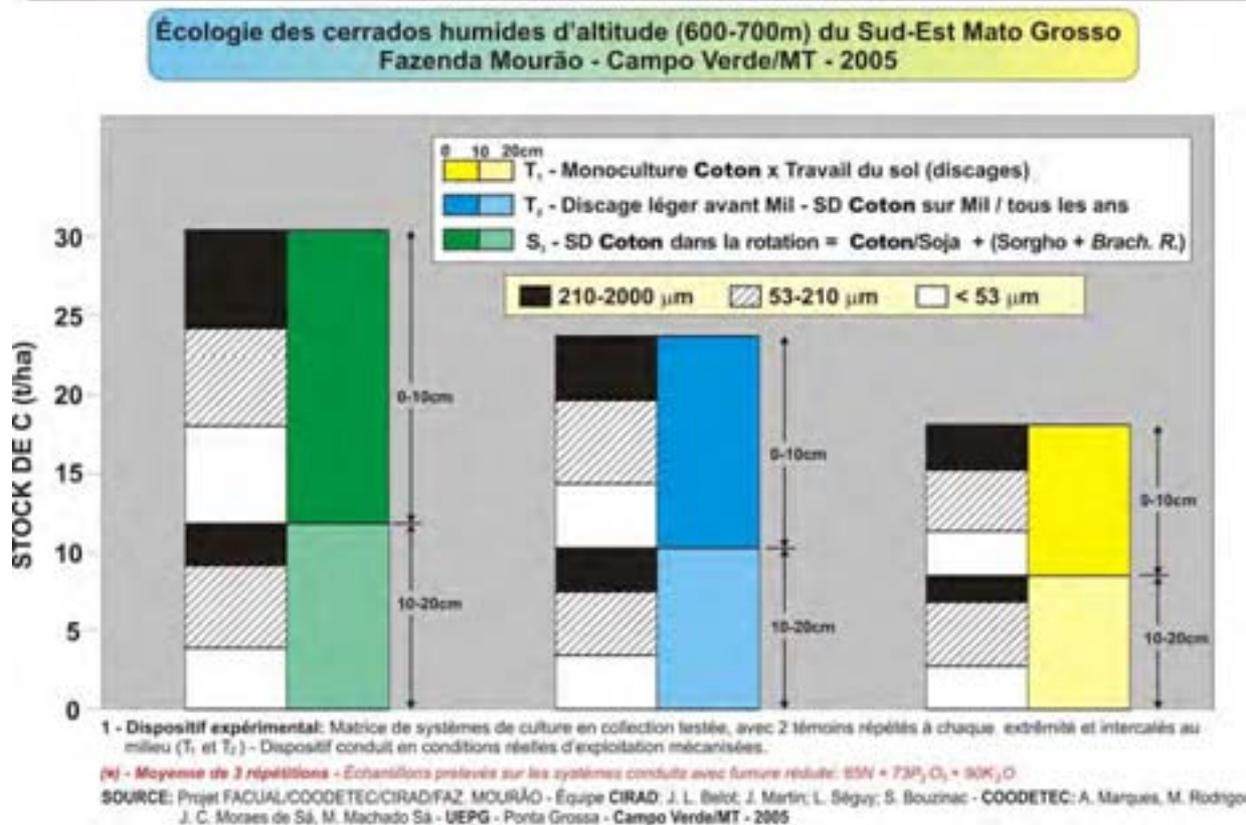


FIG. 15

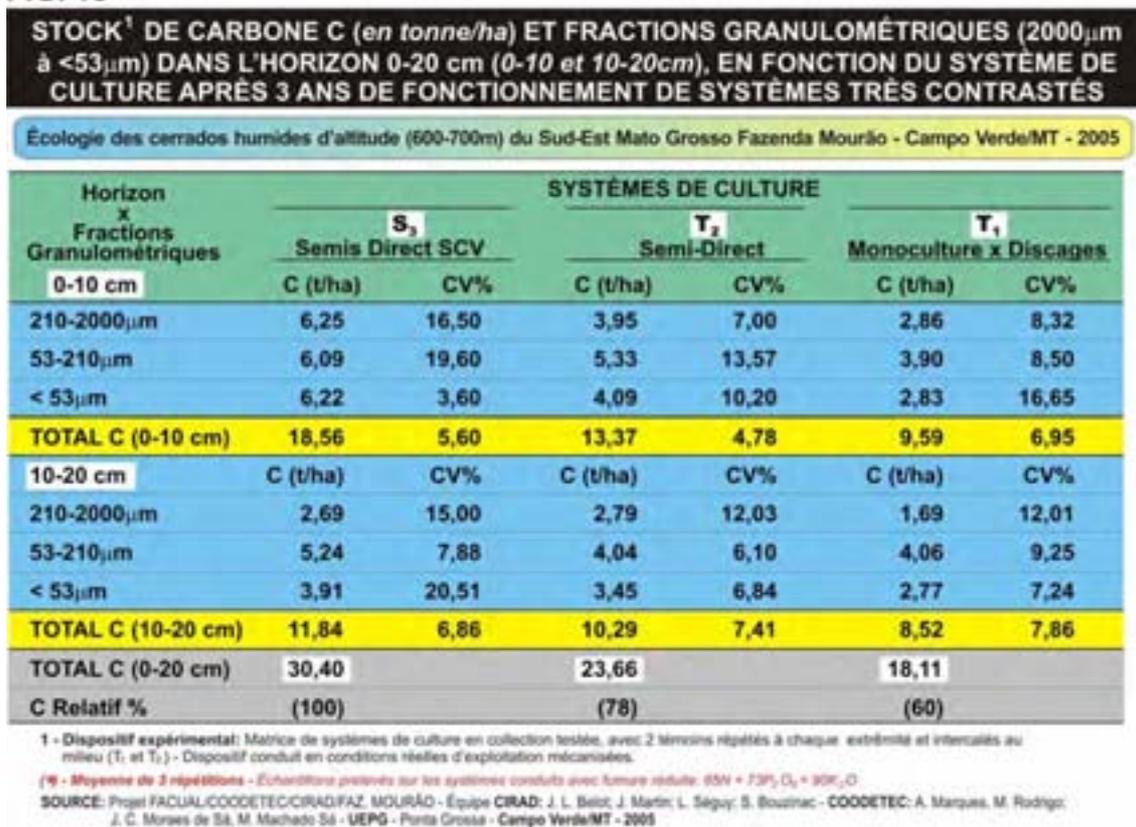


FIG. 16

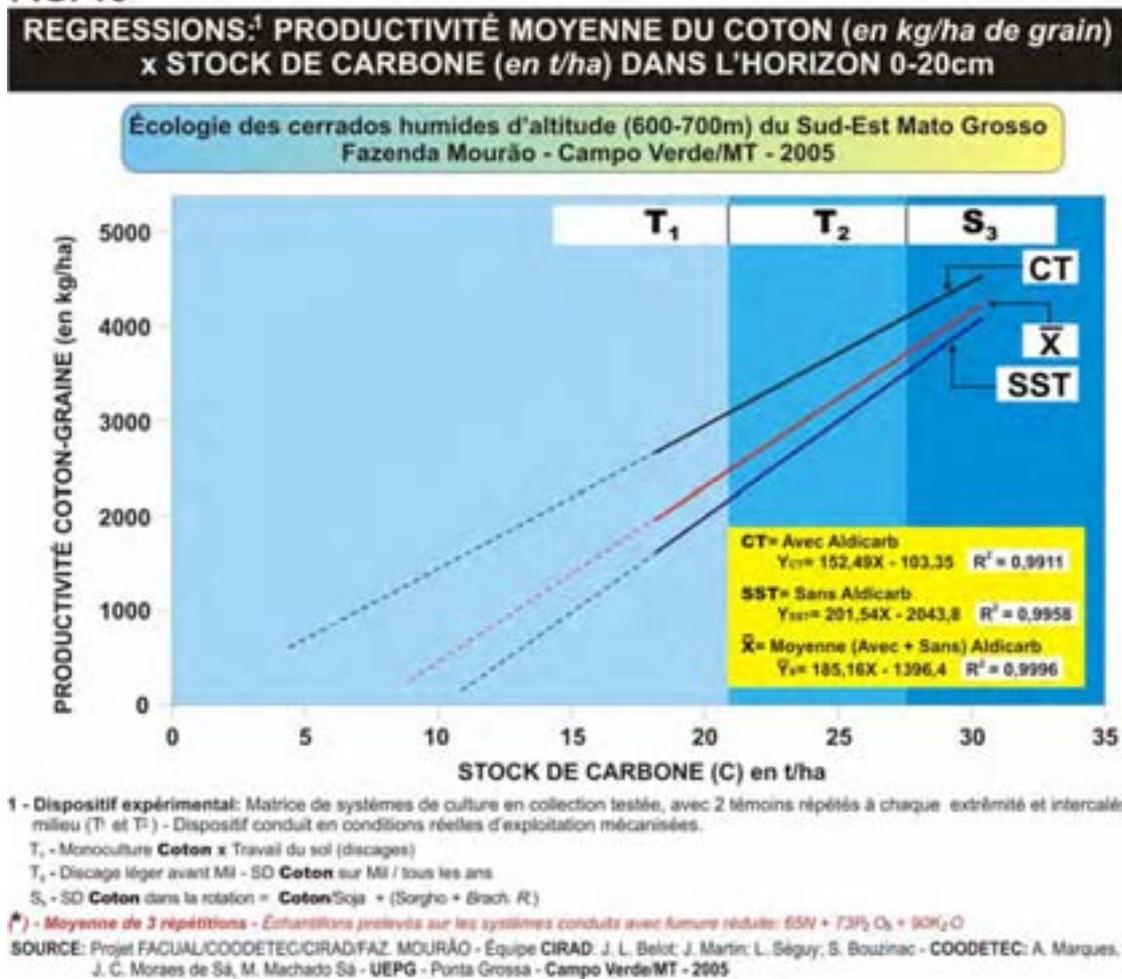


FIG. 17

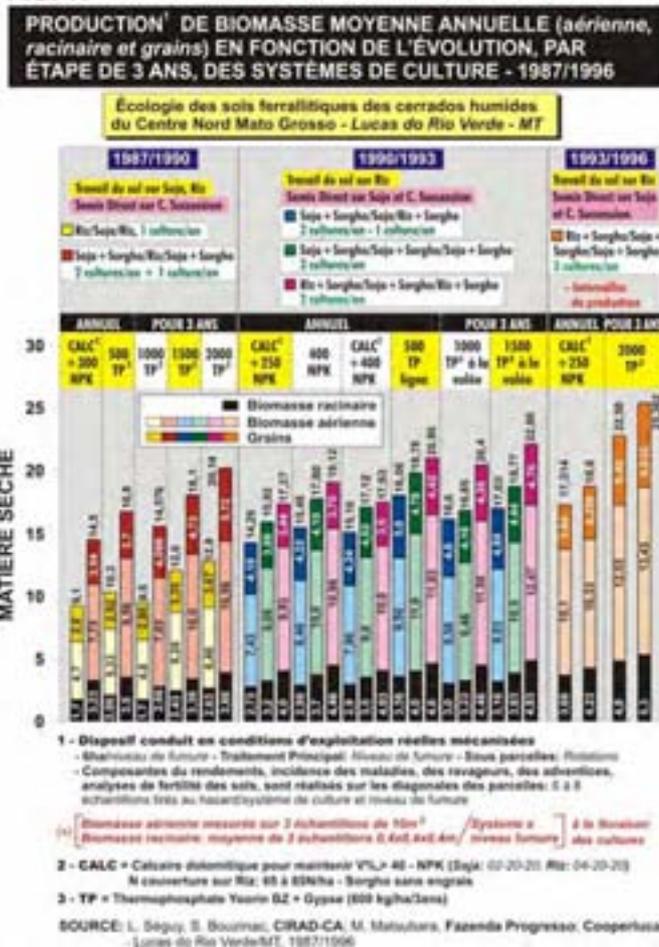
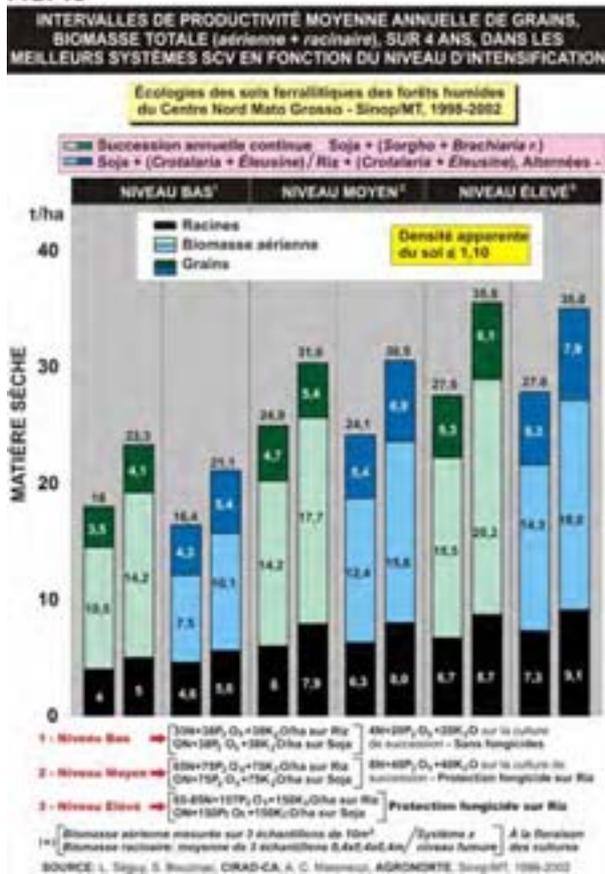
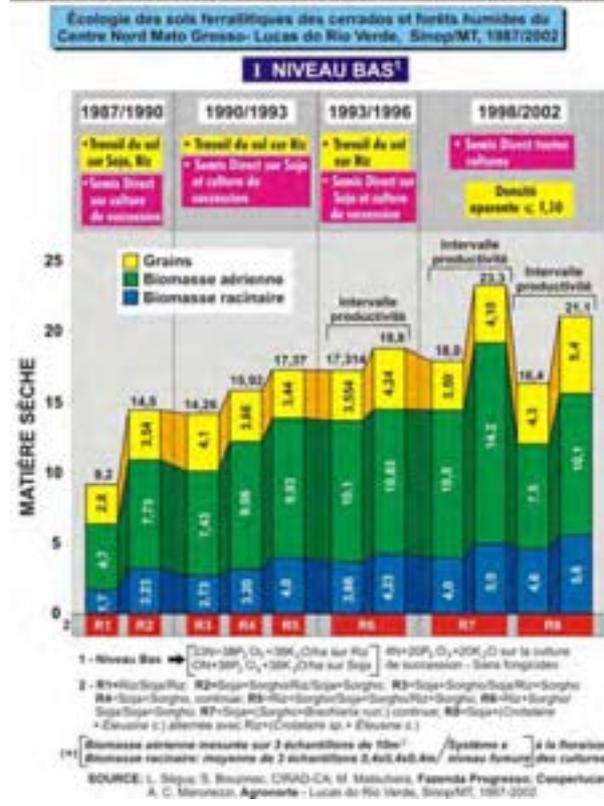


FIG. 18



**FIG. 19**  
**ÉVOLUTION DE LA PRODUCTIVITÉ MOYENNE ANNUELLE DE BIOMASSE (aérienne, racinaire et grains) EN FONCTION DES PROGRÈS AGRONOMIQUES DES SYSTÈMES DE CULTURE, SOUMIS À 3 NIVEAUX DIFFÉRENCIÉS D'INTENSIFICATION**



**FIG. 20**  
**ÉVOLUTION DE LA PRODUCTIVITÉ MOYENNE ANNUELLE DE BIOMASSE (aérienne, racinaire et grains) EN FONCTION DES PROGRÈS AGRONOMIQUES DES SYSTÈMES DE CULTURE, SOUMIS À 3 NIVEAUX DIFFÉRENCIÉS D'INTENSIFICATION**

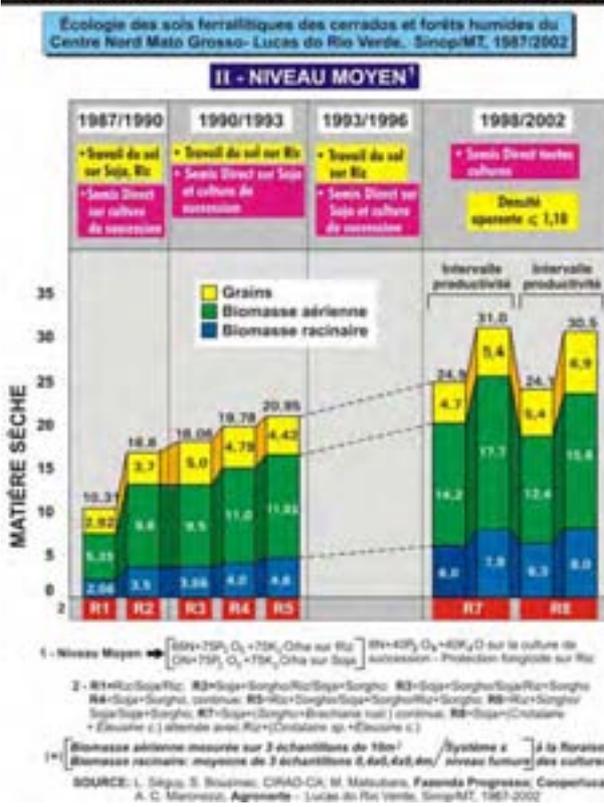


FIG. 21

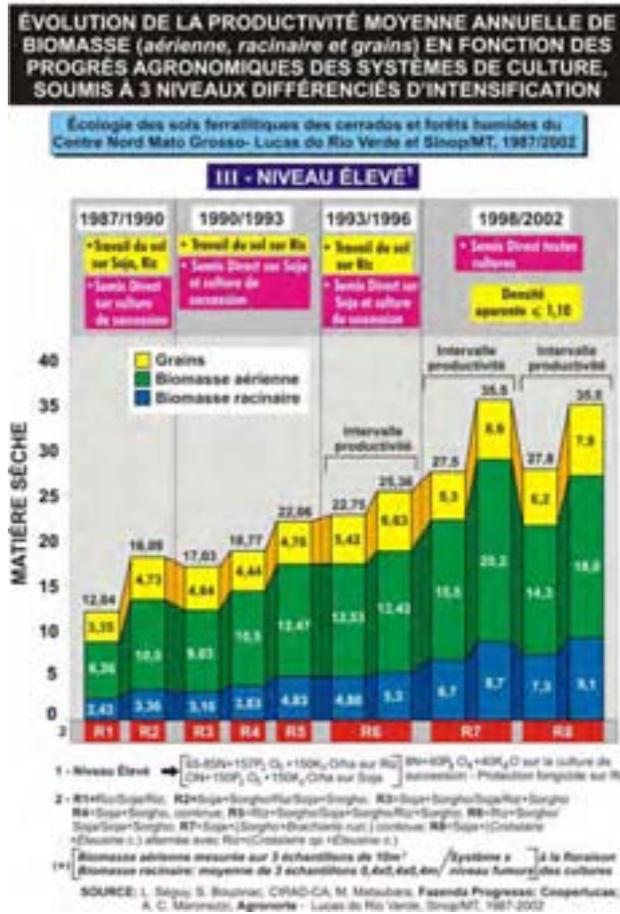


FIG. 22

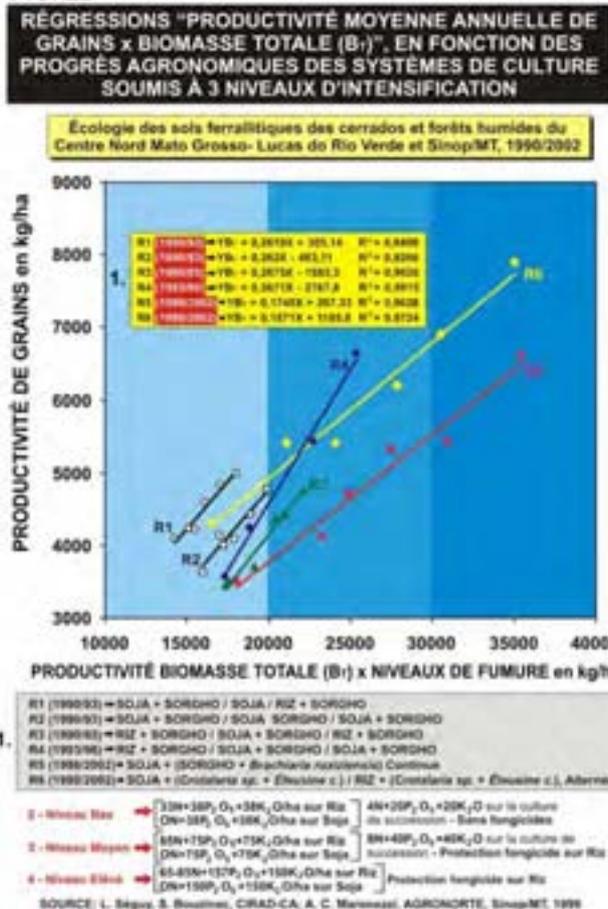
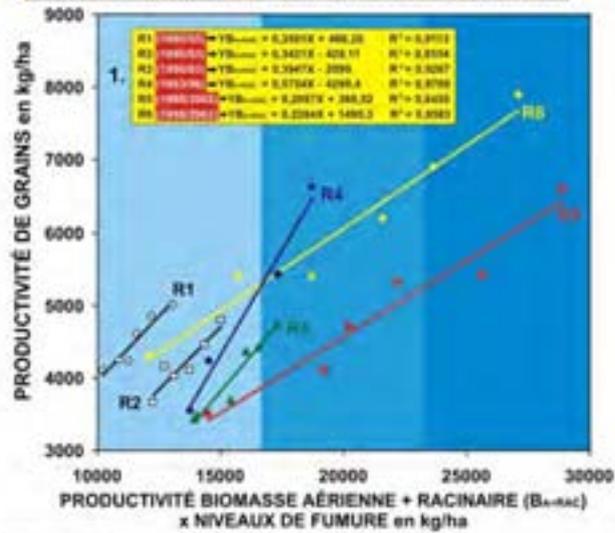


FIG. 23

**RÉGRESSIONS "PRODUCTIVITÉ MOYENNE ANNUELLE DE GRAINS x BIOMASSE AÉRIENNE + RACINAIRE ( $B_{a+rac}$ )", EN FONCTION DES PROGRÈS AGRONOMIQUES DES SYSTÈMES DE CULTURE SOUMIS À 3 NIVEAUX D'INTENSIFICATION**

Écologie des sols ferrallitiques des cerrados et forêts humides du Centre Nord Mato Grosso- Lucas do Rio Verde et Sinop/MT, 1990/2002



- R1 (1990/93) ⇒ SOJA + SORGHO / SOJA / RIZ + SORGHO
- R2 (1990/93) ⇒ SOJA + SORGHO / SOJA SORGHO / SOJA + SORGHO
- R3 (1990/93) ⇒ RIZ + SORGHO / SOJA + SORGHO / RIZ + SORGHO
- R4 (1993/96) ⇒ RIZ + SORGHO / SOJA + SORGHO / SOJA + SORGHO
- R5 (1996/2002) ⇒ SOJA + (SORGHO + *Brachiaria ruzizikenis*) Continue
- R6 (1996/2002) ⇒ SOJA + (*Crotalaria* sp. + *Elaeagnus* s.) / RIZ + (*Crotalaria* sp. + *Elaeagnus* s.), Atermées

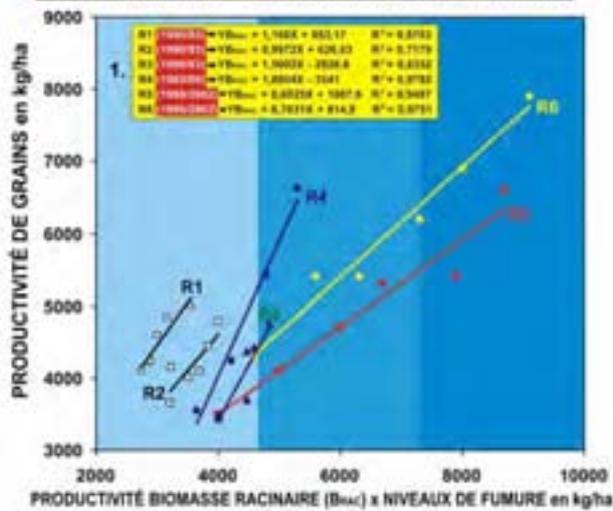
- 2 - Niveau Bas ⇒ [32N+38P, O<sub>3</sub>+38K<sub>2</sub>O/ha sur Riz] 4N+25P, O<sub>3</sub>+20K<sub>2</sub>O sur la culture de succession - Sans fongicides
- 3 - Niveau Moyen ⇒ [55N+75P, O<sub>3</sub>+75K<sub>2</sub>O/ha sur Riz] 8N+40P, O<sub>3</sub>+45K<sub>2</sub>O sur la culture de succession - Protection fongicide sur Riz
- 4 - Niveau Élevé ⇒ [85-85N+157P, O<sub>3</sub>+150K<sub>2</sub>O/ha sur Riz] Protection fongicide sur Riz

SOURCE: L. Ségnol, S. Bruchner, CIRAD-CA, A. C. Marreiros, AGRONORTE, Sinop/MT, 1999

FIG. 24

**RÉGRESSIONS "PRODUCTIVITÉ MOYENNE ANNUELLE DE GRAINS x BIOMASSE RACINAIRE ( $B_{rac}$ )", EN FONCTION DES PROGRÈS AGRONOMIQUES DES SYSTÈMES DE CULTURE SOUMIS À 3 NIVEAUX D'INTENSIFICATION**

Écologie des sols ferrallitiques des cerrados et forêts humides du Centre Nord Mato Grosso- Lucas do Rio Verde et Sinop/MT, 1990/2002



- R1 (1990/93) ⇒ SOJA + SORGHO / SOJA / RIZ + SORGHO
- R2 (1990/93) ⇒ SOJA + SORGHO / SOJA SORGHO / SOJA + SORGHO
- R3 (1990/93) ⇒ RIZ + SORGHO / SOJA + SORGHO / RIZ + SORGHO
- R4 (1993/96) ⇒ RIZ + SORGHO / SOJA + SORGHO / SOJA + SORGHO
- R5 (1996/2002) ⇒ SOJA + (SORGHO + *Brachiaria ruzizikenis*) Continue
- R6 (1996/2002) ⇒ SOJA + (*Crotalaria* sp. + *Elaeagnus* s.) / RIZ + (*Crotalaria* sp. + *Elaeagnus* s.), Atermées

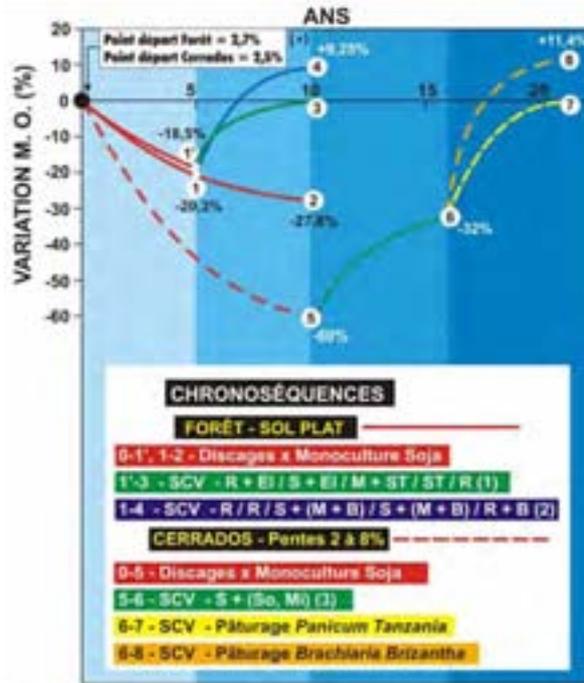
- 2 - Niveau Bas ⇒ [32N+38P, O<sub>3</sub>+38K<sub>2</sub>O/ha sur Riz] 4N+25P, O<sub>3</sub>+20K<sub>2</sub>O sur la culture de succession - Sans fongicides
- 3 - Niveau Moyen ⇒ [55N+75P, O<sub>3</sub>+75K<sub>2</sub>O/ha sur Riz] 8N+40P, O<sub>3</sub>+45K<sub>2</sub>O sur la culture de succession - Protection fongicide sur Riz
- 4 - Niveau Élevé ⇒ [85-85N+157P, O<sub>3</sub>+150K<sub>2</sub>O/ha sur Riz] Protection fongicide sur Riz

SOURCE: L. Ségnol, S. Bruchner, CIRAD-CA, A. C. Marreiros, AGRONORTE, Sinop/MT, 1999

FIG. 25

**TENDANCES D'ÉVOLUTION DE LA TENEUR EN MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL DANS L'HORIZON 0-20 cm, EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE**

Écologies des sols ferrallitiques des forêts et cerrados humides du Centre Nord du Mato Grosso - Lucas do Rio Verde, Sinop/MT, 1950-2002



(1) - Riz + Éleusine / Soja + Éleusine / Maïs + Stylo. g. / Stylo. g. / Riz  
 (2) - Riz / Riz / Soja + (Maïs + Brach. r.) / Soja + (Maïs + Brach. r.) / Riz + Brach. r.  
 (3) - Soja + (Sorgho, MN)  
 SCV = Semis direct sur couverture végétale permanente du sol  
 (+) - M. O. de l'écosystème original, avant mise en culture  
 SOURCE: L. Séjey, S. Boucinac, CIRAD/UR1; A. C. Maronezzi, AGRONORTE; M. Matsubara, FAZ. PROGRESSO - Lucas do Rio Verde, Sinop/MT

FIG. 26

**SIMULATION DU BILAN ANNUEL DE CARBONE ( C ) SUR 2 ROTATIONS EN SEMIS DIRECT (SCV), DANS L'ÉCOLOGIE DES SOLS FERRALLITIQUES DES FORÊTS HUMIDES DU CENTRE NORD DU MATO GROSSO - SINOP/MT - 1998/2002**

1 - Succession annuelle continue: Soja + (Sorgho + Brachiaria ruziziensis)



Additions (A)	mg ha <sup>-1</sup> Fumure minérale		
	Niveau bas*	Niveau Moyen*	Niveau Élevé*
Matière Sèche (MS) annuelle (t/ha)	14,5 - 19,3	20,2 - 25,6	22,3 - 28,9
Addition C (t/ha)	6,53 - 8,64	9,09 - 11,52	9,99 - 13,0
K <sub>c</sub> x A (K <sub>c</sub> = 0,265)	+ 1,73 - 2,29	+ 2,41 - 3,952	+ 2,64 - 3,445
Stock C (t/ha)	27,5	27,5	27,5
R <sub>d</sub> x C <sup>2</sup> (R <sub>d</sub> = 2%)	- 0,55	- 0,55	- 0,55
solC simulé	1,19 - 1,74	1,86 - 2,50	2,09 - 2,89
* doit être mesuré sur 3 ans même succession	-	2,73	-
solC <sup>nd</sup> Quantité minimum de résidus pour maintenir un équilibre stable (t/ha)	11,89 - 15,33	16,06 - 20,04	17,55 - 22,47

1 - K<sub>c</sub> = 0,265 (Si et al., 2001)  
 2 - K<sub>c</sub> = 2% (adapté de Van Veen et Paul, 1995, et Bayle, 1996) - Sol toujours couvert  
 3 - Addition de C - doit transformation C en M. S. ⇒ C x 100 / 45  
 4 - Niveau Bas ⇒ 120+30P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+20K<sub>2</sub>O/ha sur Riz (N+30P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+20K<sub>2</sub>O/ha sur Soja) 4N+20P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+20K<sub>2</sub>O sur la culture de succession - Sans fongicides  
 Niveau Moyen ⇒ 65+15P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+15K<sub>2</sub>O/ha sur Riz (N+15P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+15K<sub>2</sub>O/ha sur Soja) 8N+10P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+10K<sub>2</sub>O sur la culture de succession - Protection fongicide sur Riz  
 Niveau Élevé ⇒ 65+15P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+15K<sub>2</sub>O/ha sur Riz (N+15P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+15K<sub>2</sub>O/ha sur Soja) Protection fongicide sur Riz  
 SOURCE: L. Séjey, S. Boucinac, CIRAD-CAUR1, A. C. Maronezzi, AGRONORTE, J. C. Moraes de Sa, UEPA - Goiânia-GO, Brésil, 2005

FIG. 27

**SIMULATION DU BILAN ANNUEL DE CARBONE ( C ) SUR 2 ROTATIONS EN SEMIS DIRECT (SCV), DANS L'ÉCOLOGIE DES SOLS FERRALLITIQUES DES FORÊTS HUMIDES DU CENTRE NORD DU MATO GROSSO - SINOP/MT - 1998/2002**

2 - Rotation: Soja + (Éleusine + Crotalaria) / Riz + (Éleusine + Crotalaria)



Additions (A)	mg ha <sup>-1</sup>		
	Fumure minérale		
	Niveau bas <sup>1</sup>	Niveau moyen <sup>2</sup>	Niveau élevé <sup>3</sup>
Matière Sèche (MS) annuelle (t/ha)	12,1 - 17,1	18,7 - 23,6	21,6 - 27,1
Addition C (t/ha)	5,44 - 7,69	8,41 - 10,62	9,72 - 12,20
$K_1 \times A$ ( $K_1 = 0,265$ )	1,44 - 2,04	2,23 - 2,81	2,57 - 3,23
Stock C (t/ha)	27,5	27,5	27,5
$K_2 \times C^2$ ( $K_2 = 2\%$ )	- 0,55	- 0,55	- 0,55
dc/dt simulé	0,89 - 1,49	1,68 - 2,26	2,02 - 2,68
* dc/dt réel mesuré sur 3 ans Sur 2 Riz + 1 Soja	-	-	3,5
dc/dt <sup>3</sup> = 0 Quantité minimum de résidus pour maintenir un équilibre stable (t/ha)	10,11 à 13,77	14,95 à 18,57	17,11 à 21,15

1 -  $K_1 = 0,265$  (Sá et al., 2001)

2 -  $K_2 = 2\%$  (adapté de Van Veen et Paul, 1981 et Bayet, 1996) - Sol toujours couvert

3 - Addition de C - dc/dt; transformation C en M. S.  $\Rightarrow C \times 100$

Niveau Fumure	4 -	
	Niveau Bas	Niveau Élevé
Niveau Bas	33N+36P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +36K <sub>2</sub> O/ha sur Riz DN+36P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +36K <sub>2</sub> O/ha sur Soja	4N+30P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +20K <sub>2</sub> O sur la culture de succession - Sans fongicides
Niveau Moyen	55N+75P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +75K <sub>2</sub> O/ha sur Riz DN+75P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +75K <sub>2</sub> O/ha sur Soja	8N+40P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +40K <sub>2</sub> O sur la culture de succession - Protection fongicide sur Riz
Niveau Élevé	85-85N+157P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +150K <sub>2</sub> O/ha sur Riz DN+150P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +150K <sub>2</sub> O/ha sur Soja	Protection fongicide sur Riz

SOURCE: L. Séguin, S. Boutrac, CIRAD-CA/UR1, A. C. Maronez, AGRONORTE, J. C. Moraes de Sá, UEPG - Goiana-GO, Brésil, 2006

## BIODIVERSITÉ DES COUVERTURES EN SCV









## ENGRAISSEMENT SUR *Éleusine c.* EN SCV À BASE RIZ IRRIGUÉ (*El Aceituno*)

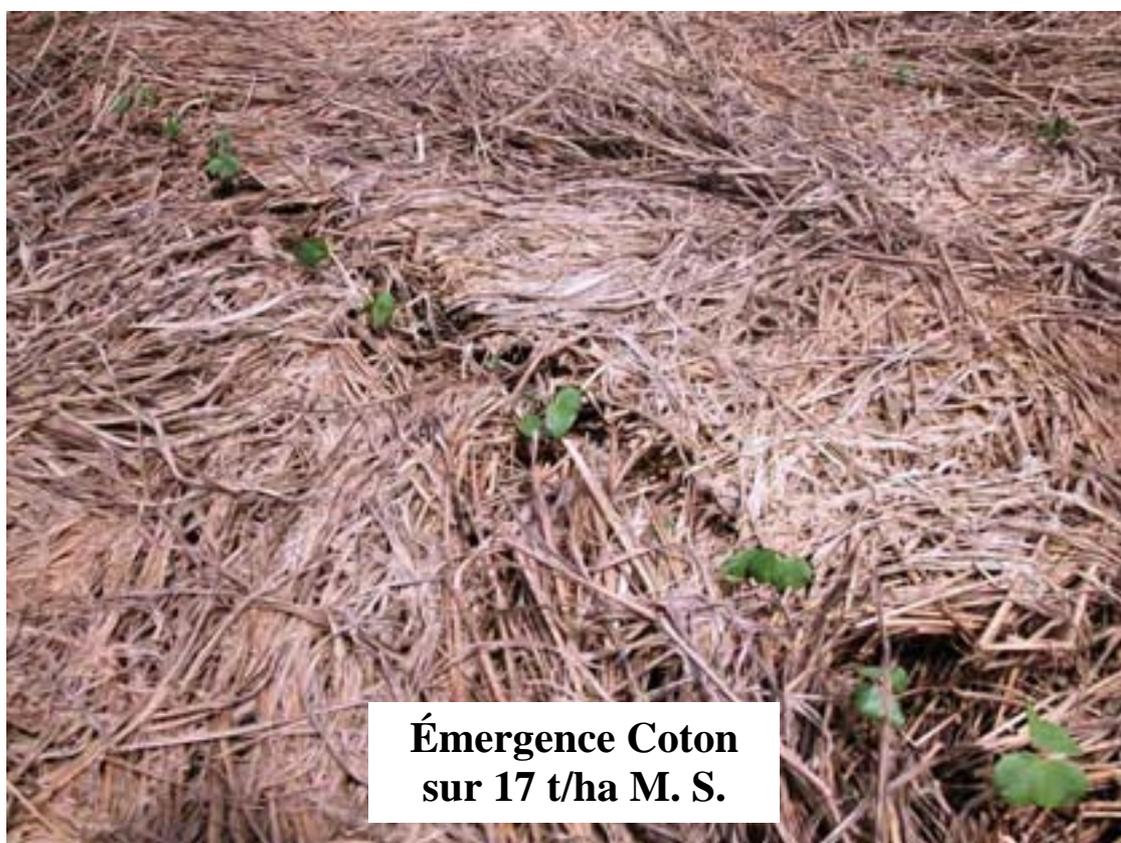


## COUVERTURES DE SOL SOUS SCV





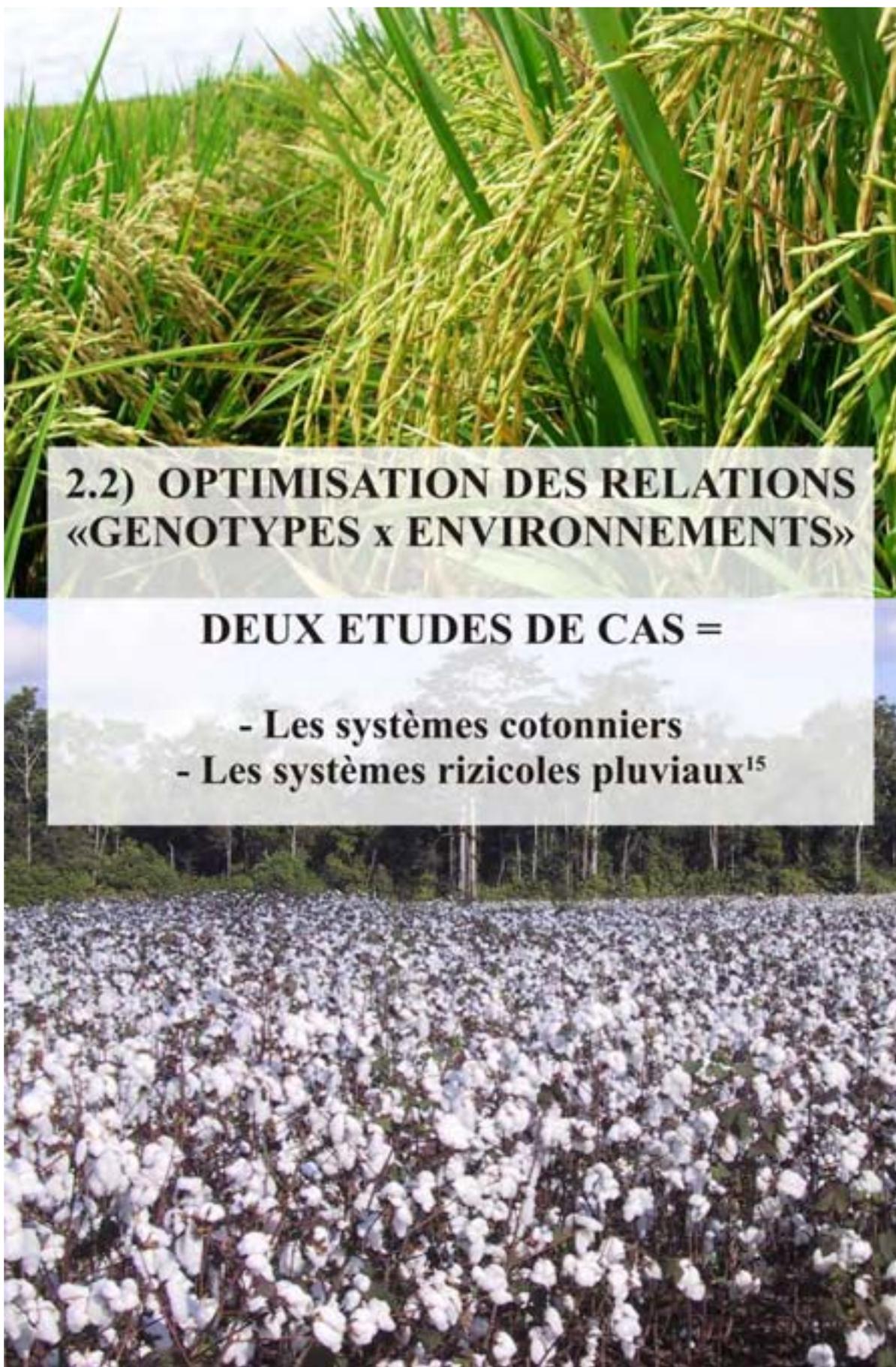






**DESSÈCHEMENT AU MOINDRE COÛT**  
*(Très faible dose d'herbicide total) El Aceituno*





**(\*) L'optimisation des relations « Génotypes x Environnements » est au cœur de la nécessité d'obtenir des rendements élevés et réguliers qui a toujours été une préoccupation majeure des généticiens, sélectionneurs et agriculteurs.**

Les relations diverses «Génotypes x Environnements» ont donné lieu à une abondante terminologie dès les années 60 : **Allard** (1964), **Rieger** (1968), **Westerman** (1970), **Comstock et Moll** (1963), **Sprague** (1966) pour ne citer que quelques auteurs importants ; mais ce sont **Finlay et Wilkinson** (1963) qui font avancer significativement le sujet d'estimation de la régularité du rendement : ils caractérisent chaque environnement par le rendement moyen de tous les génotypes testés dans cet environnement et calculent pour chaque génotype la régression du rendement individuel sur ce rendement moyen de tous les génotypes dans chaque environnement.

Plus récemment, mais sur des thèmes plus fragmentaires, divers auteurs ont contribué à faire progresser le sujet ; sur la culture cotonnière, **Carvalho et Chiavegato** (1999) et **Takizawa** (2000 et 2003) déterminent des options stratégiques de planification et de conduite de la culture pour minimiser les impacts des viroses et des maladies foliaires ; **Bassey et Kerby** (1996) montrent que la gestion des cultivars en fonction de la date de semis fournit un bon exemple d'interaction «Génotypes x Environnements», de même que **L. Séguy, S. Bouzinac et al.** (2001 – 2004) qui utilisent systématiquement une date de semis précoce et une date tardive pour évaluer le comportement des génotypes dans les systèmes de culture.

Malgré le perfectionnement continu des méthodes de travail dans ce domaine, pour une meilleure efficacité et rentabilité des programmes de sélection où la régularité du rendement est un objectif majeur, il convenait, jusqu'à maintenant, d'étendre géographiquement le plus possible la zone d'expérimentation ; même si les nouveaux outils d'interprétations statistiques permettent, dans une large gamme suffisamment représentative des conditions d'environnement, de pouvoir sélectionner de manière plus rigoureuse le matériel génétique qui offre la meilleure régularité de rendement, ils ne permettent pas d'expliquer quels facteurs du milieu contribuent aux interactions et encore moins de hiérarchiser leur importance.

Pour combler cette lacune importante, l'équipe Brésil du CIRAD-CA (*UR 1, UR 10*) a développé un outil méthodologique qui permet de répondre à ces questions fondamentales : dans le processus de sélection, quels facteurs du milieu sont prépondérants ? Quelle est leur importance – influence au cours du temps ? Quelles possibilités d'extrapolation des résultats ? Deux études de cas, très résumées, sont exposées à suivre, l'une relative à la culture cotonnière de haute technologie en ZTH et l'autre à la riziculture pluviale (*Riz poly-aptitudes*).

### **2.2.1 UN OUTIL METHODOLOGIQUE DE CHOIX DE L'ETUDE DES RELATIONS «Génotypes x Environnements»: Les matrices pérennisées des systèmes de culture (Fig. 1 et 2).**

**Les systèmes de culture, en fonction de leur nature, transforment plus ou moins rapidement et fortement les propriétés physico-chimiques et biologiques des sols :** en modifiant l'espace structural et sa qualité, ils agissent sur les propriétés fondamentales hydrodynamiques du profil cultural et la circulation des fluides en général, les conditions d'oxydo-réduction, la température, qui déterminent les conditions et l'intensité de l'activité biologique et de la dynamique de la Matière Organique, l'état sanitaire, le cycle géochimique des éléments nutritifs, etc. .... (*L. Séguy, S. Bouzinac et al. 2001 - 2004*).

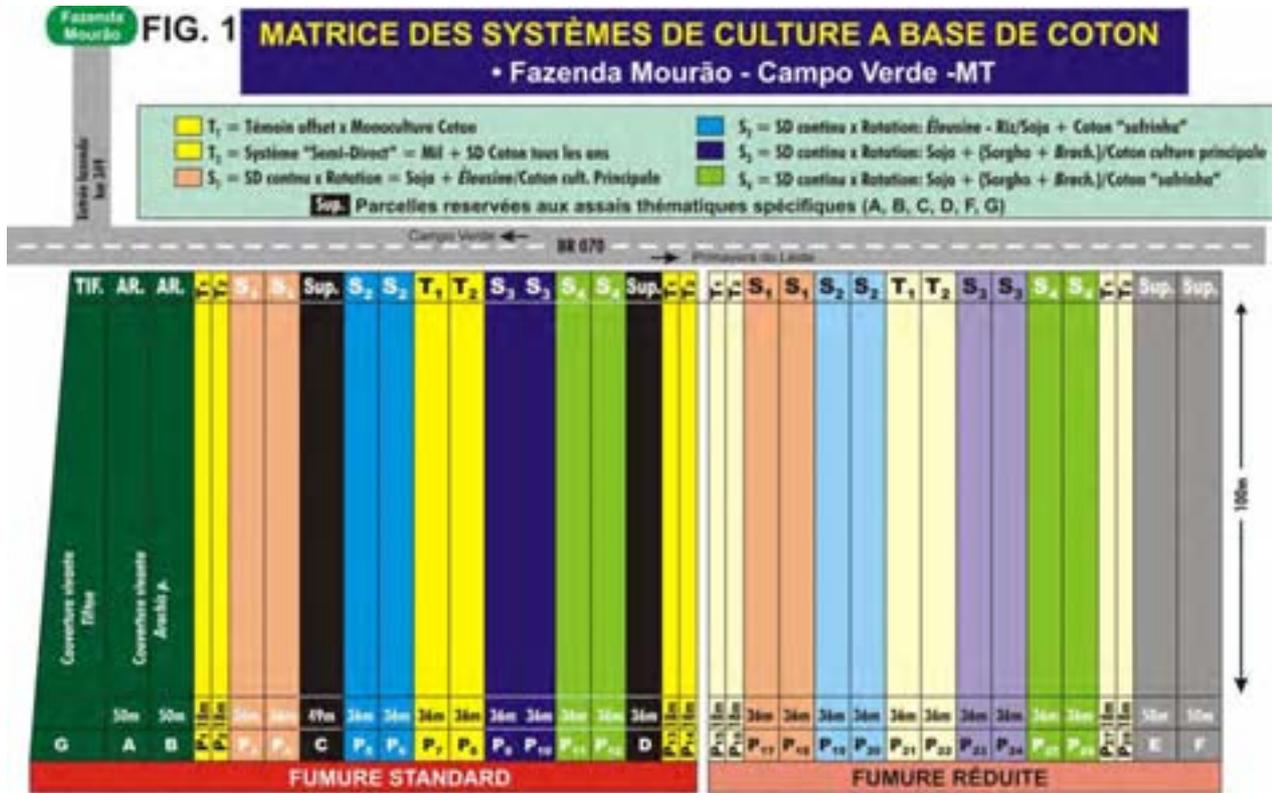
**Les relations Sol-Cultures**, de manière générale, sont directement affectées, influencées par ces transformations qui constituent un objet de recherche prioritaire (*UR 1 – UR 10*). Dans sa démarche expérimentale *in situ*, replacée dans les agricultures d'aujourd'hui et leurs problématiques prioritaires, **les objectifs de la recherche sont d'identifier** les principaux mécanismes responsables des transformations du sol, et surtout **de les hiérarchiser** au cours du temps et **au cœur du fonctionnement d'ensemble du sol, pour pouvoir les reproduire**

(les maîtriser) afin de construire un outil expérimental discriminant, qui doit servir de support – laboratoire de veille et d’action pour l’étude évolutive de ces transformations et de leurs impacts sur la capacité de production du sol, sa qualité biologique, celle des eaux et des productions.

**Lorsque l’on maîtrise les techniques** qui permettent de reproduire le fonctionnement différencié des systèmes de culture, il devient possible, **en agissant de manière ciblée sur les composantes les plus “ transformantes” du sol** (*vitesse, intensité*), de bâtir des dispositifs expérimentaux qui réunissent une gamme de systèmes de culture très contrastés, différenciés, quant à leur pouvoir de transformation du profil cultural, et à leurs impacts environnementaux. **On reproduit alors, sur un espace expérimental limité et contrôlé** (*quelques dizaines d’hectares*), **une forte variabilité des conditions physiologiques de croissance pour les cultures, de leurs relations avec le potentiel semencier d’adventices, les ravageurs, les maladies cryptogamiques, soit un support expérimental d’élection pour l’étude du fonctionnement agronomique des systèmes de culture, mais également un outil de choix pour la sélection variétale, qui va disposer d’une large gamme de situations évolutives et contrôlées de croissance pour les cultures. Le sélectionneur peut ainsi, sur un même sol et sous les mêmes conditions climatiques, soumettre ses créations** (*descendances de croisements, variétés*) **à un différentiel de contraintes agronomiques, contrôlées et évaluées** : par exemple, en sélectionnant sur les systèmes les plus contraignants pour les sols et les plus limitants pour les cultures, le sélectionneur et le généticien vont viser le tri des caractéristiques de rusticité du matériel végétal, de stabilité – capacité à produire dans des conditions de contraintes croissantes dues à la dégradation continue du profil cultural (*nématodes et état sanitaire en général, dégradation de l’état structural, perte accélérée de la matière Organique et de la vie biologique, etc. ...*) ; à l’inverse, sur les systèmes de culture tels que les SCV, très forts pourvoyeurs de biomasse diversifiée en rotation (*au-dessus et dans le profil cultural*), qui améliorent les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol, sa capacité à produire avec un minimum d’intrants, son état sanitaire général, le sélectionneur et le généticien peuvent se consacrer préférentiellement à l’amélioration continue de la productivité et de la qualité, car l’incorporation croissante de résistances – tolérances pour répondre à la dégradation progressive du profil cultural devient totalement secondaire.

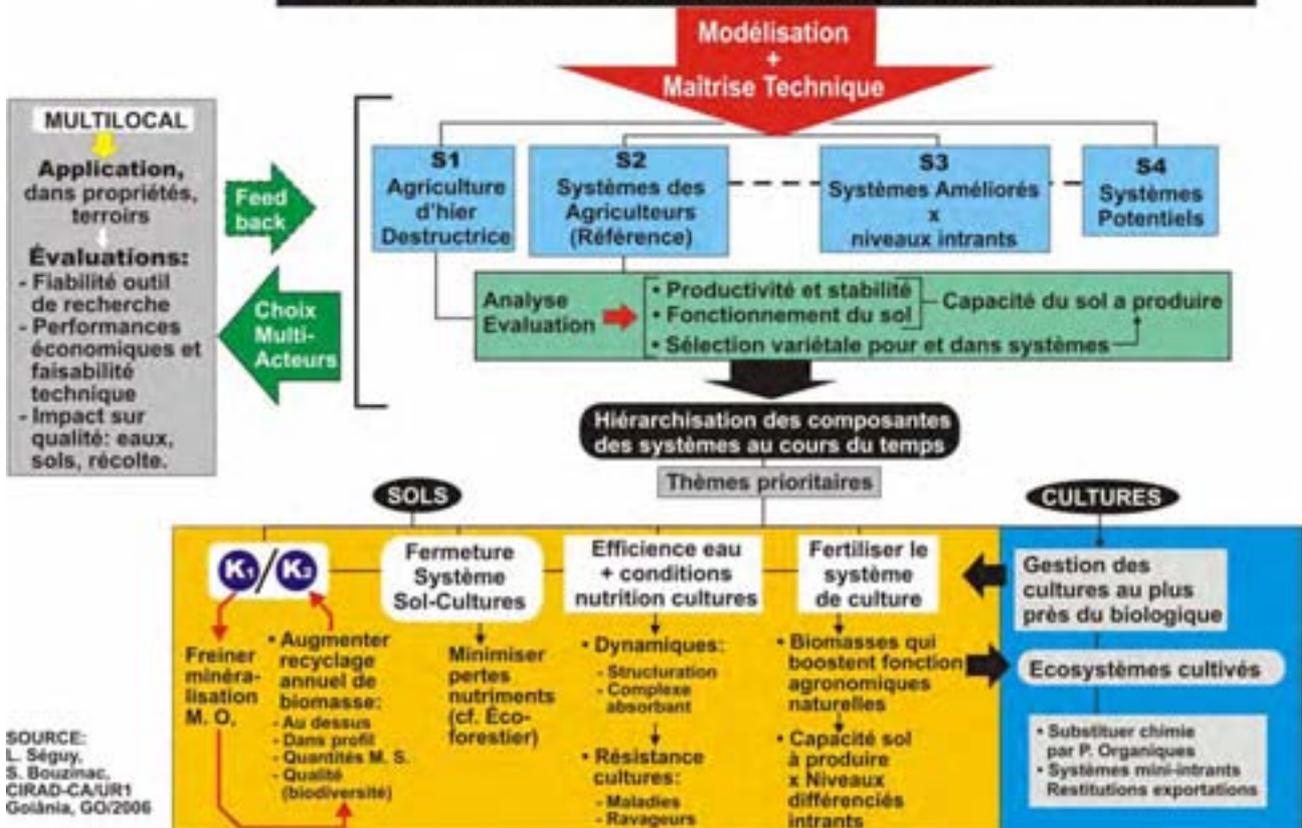
**Au total, un tel dispositif expérimental**, véritable “matrice des systèmes de culture différenciés” (*qui réunit divers scénarios de « développement expérimental »*) et outil de Recherche-action en prise directe dans les agricultures du Sud (*pour, avec et dans les grandes agricultures mécanisées et les petites agricultures familiales*), permet à l’agronome maître d’œuvre intégrateur et aux spécialistes associés : le sélectionneur, le généticien, le physiologiste, etc. ... **d’œuvrer ensemble au profit de l’optimisation des relations «Géotypes x Environnement».**

L’implantation raisonnée et la maîtrise rigoureuse de ces matrices en fonction de la variabilité du milieu physique et socio-économique tropical, et leur pérennisation sur au moins 5 à 6 ans (*confrontation avec une variabilité climatique et économique suffisante*) a permis de créer un dispositif général de Recherche-action, organisé en réseau, placé au cœur des problématiques prioritaires de développement des agricultures du Sud et de contribuer aux progrès significatifs de l’agriculture de conservation qui peut maintenant servir et bénéficier de plus en plus efficacement les agricultures les plus pauvres et les plus déshéritées de la planète (*Réseau tropical SCV de l’AFD/CIRAD-CA : Afrique, Madagascar, Asie ; et en Amérique Latine : Brésil et Colombie*) [*Cf. Dossier Fiches SCV AFD/CIRAD*].



SOURCE: Projet FACUAL/COODETEC/CIRAD/FAZ. MOURÃO - Equipe CIRAD: J. L. Beloit; J. Martin; L. Séguy; S. Bouzinac - COODETEC; A. Marques

**FIG. 2 MATRICE DES SYSTÈMES DE CULTURE TRÈS CONTRASTÉS À FORT IMPACT, POUVOIR TRANSFORMANT, DU PROFIL CULTURAL**



SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA/UR1 Goiânia, GO/2006

## 2.2.2 TRI VARIETAL POUR ET DANS LES SYSTEMES DIFFERENCIES : Le cas du coton

La modélisation initiale des systèmes et leur maîtrise agro technique (*basée sur nos solides acquis et savoir faire accumulés entre 1985 et 2000*), a permis de mettre en place en 2001 une matrice qui réunit des systèmes à fort niveau d'impact – transformation du profil cultural (Cf. chapitre précédent).

**Exceptée la 1<sup>o</sup> année qui a servi à l'homogénéisation de l'unité expérimentale** (*sol sableux dégradé*), la différenciation des systèmes de culture s'opère dès la 2<sup>o</sup> année de culture et s'accroît ensuite d'année en année, comme le montrent les résultats exposés au chapitre précédent.

• La Figure 5 du chapitre 2.1, qui **traite de l'évolution des performances variétales du cotonnier en fonction des systèmes**, met en évidence :

- **L'émergence d'une variété à comportement homéostatique, CD 409**, qui se montre, dès la 3<sup>o</sup> année, la plus productive et la plus stable sur l'ensemble des systèmes : elle amortit, minimise les différences de conditions agronomiques créées par les systèmes. Elle allie à la fois, rusticité et hautes performances de production.
- **A l'inverse, la plupart des autres cultivars sont très sensibles à la nature des systèmes pratiqués** ; les différences de rendement et les réponses variétales, déjà importantes en 3<sup>o</sup> année entre système destructeur du sol (T1) et système restaurateur SCV (S3), s'accroissent en 4<sup>o</sup> et 5<sup>o</sup> années.

• Les Figures 3 et 4, qui expriment **les performances variétales en 4<sup>o</sup> année (2004/05) en fonction du système de culture** et du niveau de fumure, montrent, en l'absence d'Aldicarb (*nématicide et phytostimulant*) :

- **l'écart de rendement** sur le système d'hier **T1**, destructeur, **entre la meilleure variété (CD 409) et la pire (CD 407) est de 89%** avec la forte fumure, et **de 74%** avec la fumure réduite de moitié ;
- **Sur le système régénérateur (résilience) SCV S3**, cet écart de rendement entre ces mêmes variétés tombe à 11% sur fumure forte et 16% sur fumure réduite ;
- **Le système T2, «d'aujourd'hui», semi-direct (TCS)**, est intermédiaire entre les 2 : 35% et 54% d'écart de rendement dans les mêmes conditions ;
- **Les réactions différentielles variétales se confirment en 2005/06**, comme le montre le tableau ci-dessous et la Figure 8, entre le meilleur système SCV S4 et le pire T1 (*Travail du sol x Monoculture*)

	T1 ( <i>Travail du sol x Monoculture</i> )		S4 (SCV)	
	FUMURE STANDARD	FUMURE REDUITE	FUMURE STANDARD	FUMURE REDUITE
<b>Meilleur Cultivar</b>	<b>2979 (CD 409)</b>	<b>2449 (CD 409)</b>	<b>3926 (CD 409)</b>	<b>2883 (CD 409)</b>
<b>Pire Cultivar</b>	<b>2459 (CD 99 929)</b>	<b>1709 (CD 406)</b>	<b>3299 (D. OPAL)</b>	<b>2328 (D.OPAL)</b>
<b>Différence relative (en %)</b>	<b>21</b>	<b>43</b>	<b>19</b>	<b>23</b>

- **Quand le milieu de culture est très contraignant (T1= Travail du sol x Monoculture)**, les qualités variétales réunies sous le vocable de «rusticité» s'expriment et permettent de sélectionner le type de matériel génétique (CD 409) qui peut minimiser les transformations négatives du profil cultural pour la production (*nématodes, déstructuration, perte de matière organique, forte sensibilité aux aléas climatiques, pression croissante des adventices, des ravageurs et des maladies, etc. ...*) ;

- **A l'inverse, lorsque le système de culture restaure rapidement la fertilité** par voie organo-biologique (*séquestration forte de C, restructuration de l'espace poral favorable à l'enracinement et aux propriétés hydrodynamiques, contrôle naturel des adventices, moindre sensibilité aux maladies et aux ravageurs etc. ...*), **tout le matériel génétique** qui présente un bon potentiel de production **peut s'exprimer avec un minimum de contraintes et de limitations** : les cultivars montrent des **rendements très élevés et très voisins** les uns des autres, traduisant un **nivellement par le haut** des performances variétales, aussi bien sur la fumure standard que sur la fumure réduite de moitié ;
  - **Les systèmes SCV S1, S3 et S4 expriment leur très fort pouvoir d'impact transformateur – régénérateur de la fertilité** : la restauration rapide des propriétés biologiques et physiques, permet d'obtenir **un niveau élevé de productivité** de tous les cultivars, et **de plus équivalent entre fumure standard et fumure réduite de moitié**, dès la 4<sup>e</sup> année (*Résilience et régénération «boostées»*) (2004/05).
  - Même si le niveau moyen des rendements variétaux est plus faible en 2005/06, aussi bien sur fumure élevée standard (*gestion herbicide défaillante*) que sur la fumure réduite (*gestion herbicide défaillante + réduction trop importante du niveau de fumure*), les réactions variétales sont différentielles en fonction des systèmes où les contraintes biologiques sont les plus importantes, telles que T1 et T2. Les meilleurs systèmes SCV (S1, S3, S4) expriment les niveaux de rendement les plus élevés pour tous les cultivars et nivellent leurs performances vers le haut, même lorsque la gestion technique des itinéraires techniques est défaillante (*Phytotoxicité forte d'un mélange d'herbicide en post-émergence sur les systèmes SCV, qui a paralysé la croissance des cotonniers entre le 30<sup>e</sup> et le 50<sup>e</sup> jour après le semis*).
- Les figures 5, 6 et 7, qui réunissent en 2004/05, **les études de régression entre le rendement de chaque variété dans chaque système et le rendement moyen de l'ensemble des variétés/système, confirment** :
    - **Le comportement homéostatique de la variété CD 409** qui présente la meilleure stabilité de production dans la forte variabilité des conditions de croissance offerte par l'ensemble des systèmes de culture différenciés à fort niveau d'impact ;
    - Cette stabilité de production de la variété CD 409 face à une forte variabilité environnementale représentée par les systèmes de culture, s'exprime dans tous les cas étudiés : avec ou sans Aldicarb, en présence de la fumure standard ou de la fumure réduite, avec les 2 niveaux de fumure ensembles ;
    - A l'inverse, la plupart des autres cultivars et en particulier la CD 407, expriment une forte sensibilité aux systèmes pratiqués : obtention d'une très faible productivité sur sol travaillé en voie de dégradation active et continue, et au contraire de très forts rendements sur SCV S3 (*régénérateur*);
    - Les droites de régressions réunies sur les divers graphiques (*Fig. 5, 6, 7*) montrent bien que, sur les SCV, toutes les variétés se rejoignent à des rendements très voisins et nivelés par le haut.
  - **En 2005/06, la poursuite des études de régression «Variétés x Systèmes» (Fig. 9 et 10) confirme** :
    - **La supériorité de la variété CD 409** qui se montre encore la plus productive et la plus stable (*comportement homéostatique*) ;
    - Au contraire, les autres variétés manifestent une nette sensibilité différentielle plus marquée entre les systèmes de culture les moins performants (*T1 et T2*) et les plus productifs SCV ;
    - Dans tous les cas, à l'instar du cultivar CD 407 en 2004/05, la variété Delta Opal est toujours la moins productive sur tous les systèmes, même si elle exprime des rendements élevés sur les systèmes SCV, comme l'ensemble des variétés.

## ▪ APPLICATIONS DES RESULTATS ISSUS DE LA MATRICE AU NIVEAU REGIONAL = EXTRAPOLATION

Les performances de la variété CD 409, évaluées en 2004/05 à partir du réseau multilocal, par la Fondation Rio Verde<sup>14</sup>, sur divers municipes de la ZTH situés entre 300 et 450 km de notre unité de recherche de Campo Verde (*municipes de Lucas do Rio Verde et Sorriso*), confirment l'excellente adaptabilité de ce cultivar comme le montre le tableau récapitulatif ci-après :

LIEU et date de semis	PRODUCTIVITE moyenne(en kg/ha)	CLASSEMENT* Variété CD 409	MEILLEURE VARIETE* (et sa Productivité)
<b>Municipe Lucas Rio Verde</b>			
(Fondation) 06/01/05	2.900	abc	FMX 977 (3.018)
(Fondation) 27/01/05	3.010	cde	CD 406 (3.495)
(Faz. Guimarães) 27/01/05	5.456	ab	SG 821 (5.772)
(Faz. Guimarães) 03/02/05	4.457	abc	FMX 966 (4.754)
<b>Municipe Ipiranga do Norte</b>			
11/01/05	4.094	a	CD 409 (4.094)
27/01/05	3.642	a	CD 409 (3.642)
04/02/05	3.194	ab	SG 821 (3.366)
<b>Municipe Sorriso</b>			
31/01/05	3.363	ab	CD 410 (3.411)
07/02/05	3.293	a	CD 409 (3.293)

- ppds à 5% (essais en blocs à 4 répétitions)
- Source : Fondation Rio Verde – Lucas do Rio Verde – MT - 2005

Le dispositif expérimental, en vraie grandeur, “ Matrice pérennisée des systèmes de culture” se révèle donc un précieux outil pour la sélection variétale coton : il permet d'évaluer rigoureusement la stabilité et la sensibilité du matériel génétique (*lignées, variétés*) en fonction de la variabilité du milieu (*systèmes de culture différenciés à fort pouvoir d'impact sur le sol*) sur un espace limité.

Il peut ainsi permettre aussi bien d'évaluer – trier précocement des descendance de croisements que des variétés fixées qui peuvent être lancées commercialement, en fonction de ces critères de stabilité – sensibilité à la variabilité du milieu.

Il est, en outre, un outil puissant de diagnostic et de prévision régional des rendements en s'appuyant sur les indicateurs suivants :

- la nature des systèmes pratiqués,
- les variétés utilisées,
- le stock de carbone du sol (*ou la teneur de matière organique*) [Cf. chapitre précédent 2.1].

Il constitue aussi un outil de promotion pour la commercialisation des nouveaux cultivars, en offrant aux agriculteurs, en partant de leur situation initiale, non seulement de nouvelles variétés, mais aussi les systèmes de culture les plus performants, qui permettent au matériel génétique d'exprimer pleinement son potentiel, au coût le plus bas possible.

Il permet enfin de faire progresser en synergie systèmes de culture et amélioration variétale, et donc de mieux appréhender la notion de potentiel de production (*l'expliquer*), en faisant progresser, de front, potentiel variétal et capacité de production du sol.

<sup>14</sup> Partenaire du CIRAD-CA/UR 1, basé à Lucas do Rio Verde (MT)

Mais l'efficacité de ce dispositif «matrice des systèmes», son pouvoir discriminant (*et expliqué*) à la fois pour la sélection et le fonctionnement agronomique des systèmes, est **conditionné par une analyse rigoureuse préalable des composantes principales des systèmes de culture** qui déterminent leur pouvoir d'impact, de transformation du profil cultural (*nature, intensité des fonctions de transformation, et propriétés transformées*).

Enfin, si il est **fondamental de maîtriser la compréhension du fonctionnement des systèmes** (*hiérarchisation évolutive des composantes*), il est aussi **important de maîtriser la Pratique des systèmes pour les reproduire**. Ce thème devrait être un objet d'étude privilégié de la recherche agronomique : s'investir à comprendre, maîtriser les objets que l'on veut transformer.

▪ **CHANGEMENT D'ECHELLE D'APPLICATION : de la «Matrice des Systèmes » à la grande culture commerciale sur la Fazenda Mourão - 2004/2006**

La **fazenda Mourão** qui accueille et appuie nos travaux R-D, a planté essentiellement du coton et du soja comme cultures principales au cours des campagnes 2004/05 et 2005/06 sur plus de 4.300 ha/an.

• Nos **technologies les plus performantes** aux plans de la productivité des systèmes SCV au moindre coût et de la minimisation des impacts sur l'environnement **sont transférées – appliquées et pratiquées en grande culture sur la fazenda** : la succession «Soja + (Maïs ou Sorgho associés à *acteurs ruziziensis*)» en rotation avec coton l'année suivante constitue la première des innovations technologiques urgente à diffuser dans toute la zone cotonnière du Mato Grosso, comme alternative au système de "semi-direct" actuellement le plus utilisé.

• Les résultats de rendements sont exposés dans les 2 tableaux à suivre :

**ANNEE 2004/05**

CULTURE	SURFACE PLANTEE (en ha)	PRODUCTIVITE GRAIN (en kg/ha)	PRODUCTIVITE FIBRE (en @/ha*)
<b>COTON</b>	<b>3.187</b>	<b>4.095</b>	<b>104,4 (**)</b>
<b>SOJA</b>	<b>1.237</b>	<b>2.971</b>	-

(\*) 1,0 @ (une «arrobe») = 15 kg

(\*\*) Rendement moyen en fibre = 38,23%

**ANNEE 2005/06**

CULTURE	SURFACE PLANTEE (en ha)	PRODUCTIVITE GRAIN (en kg/ha)	PRODUCTIVITE FIBRE (en @/ha*)
<b>COTON</b>	<b>3.217</b>	<b>4.260</b>	<b>106,16 (**)</b>
<b>SOJA</b>	<b>1.285</b>	<b>2.926</b>	-

(\*) 1,0 @ (une «arrobe») = 15 kg

(\*\*) Rendement moyen en fibre = 38,23%

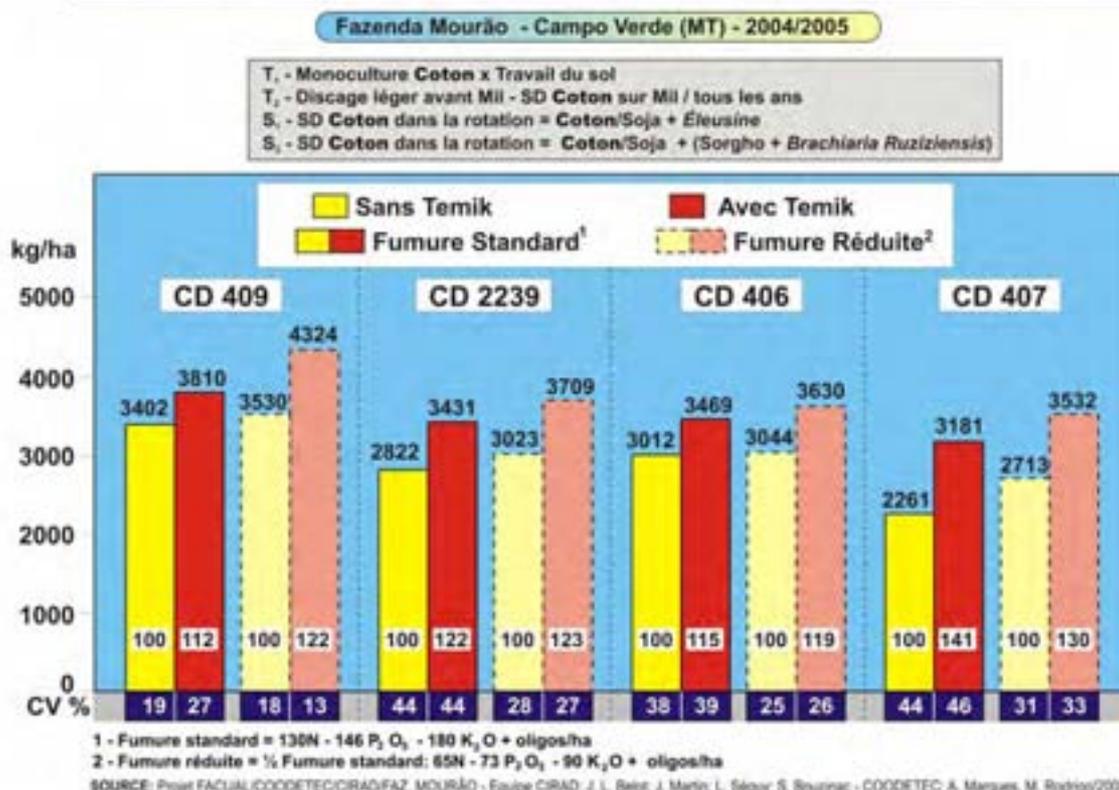
• Ils mettent en évidence des **niveaux de rendement très élevés et stables ; la performance soja** est exemplaire en 2006, car obtenue **sans engrais minéral**.

• Les **coûts de production des cultures de coton et de soja ont été réajustés très fortement à la baisse**, objectif principal des agriculteurs : entre **1.040,00 et 1.090,00 US \$/ha pour le coton** au lieu de 1.300,00 à 1.600,00 US\$/ha les années précédentes, et un **coût de 160,00 US\$/ha pour la culture de soja en 2005/06**, soit une réduction de 40 à 50% (*Fig. 11 et 12*).

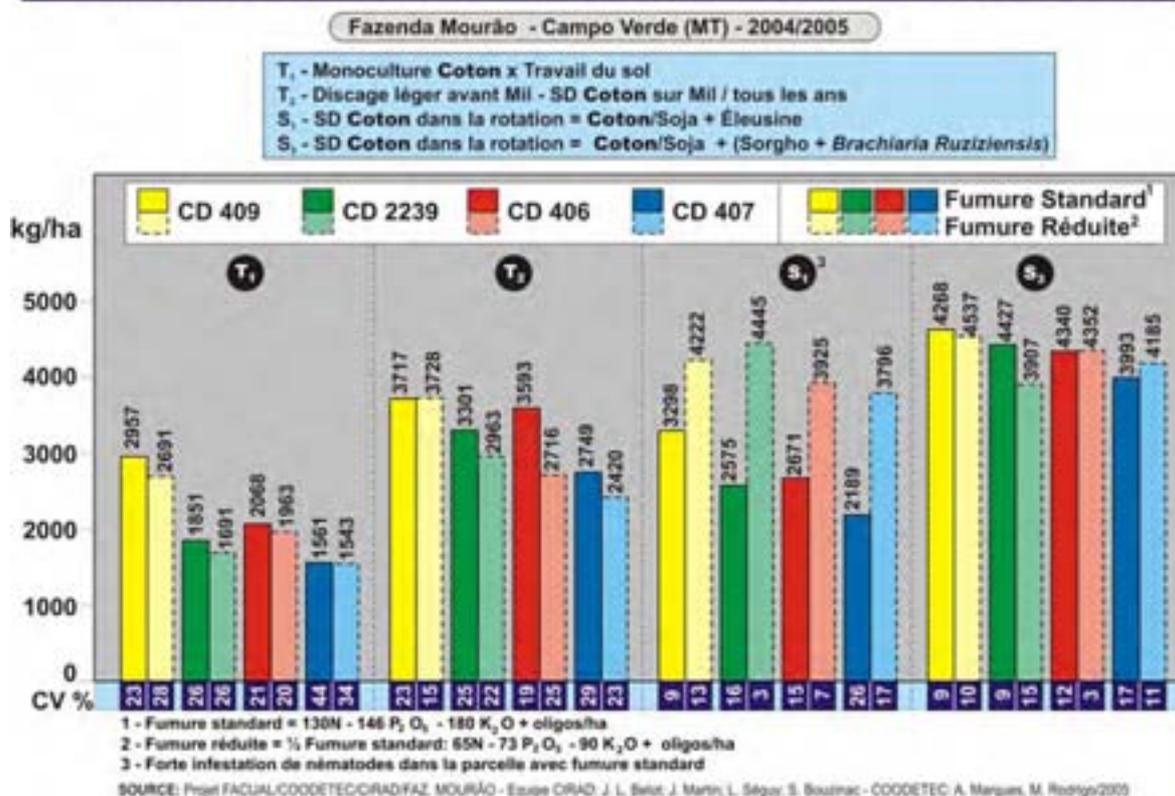
- **La variété de maïs IRAT 200, associée à *acteurs ruziziensis*, sans intrants, implantée en mars 2004 en Semis Direct et succession du soja** a produit sur 30 ha une moyenne de **3.600 kg/ha** ; la culture de coton sur forte biomasse qui a suivi en 2004/05 a obtenu un rendement de **295,0 @/ha (ou 4.425 kg/ha), soit 8,0% de plus que la moyenne de la fazenda.**
- **En février mars 2005, la variété de maïs IRAT 200 a été multipliée en Semis Direct et succession du soja, sur 480 ha**, dont 139 ha en semis trop tardif (*mars*), pour être diffusée dans la région ; **la productivité moyenne a été de 2.800 kg/ha** en incluant les 139 ha peu productifs des semis trop tardifs ; la surface plantée dans les dates recommandées (*février*) a atteint une productivité de 3.354 kg/ha sans intrants ; le coût de production du maïs, inférieur à 100 \$/ha, offre une bonne rentabilité sans prise de risque (*entre 120 et 200 \$/ha de recettes suivant les prix payés*) et garantit un fort impact sur la fertilité du sol qui est fortement rechargé en résidus de récolte et reste couvert toute l'année, et sur le contrôle des adventices (*réduction des coûts d'herbicides sur la culture de coton suivante*).
- **En février – mars 2006, 559 ha de « safrinha » de maïs IRAT 200** ont été implantés en Semis Direct et succession du soja, dont 250 ha de Maïs associé à *acteurs ruziziensis*. La productivité du maïs IRAT 200 pratiqué sans intrants (*exceptés 50 kg/ha de P Super simple pour faciliter la régularité du semis direct de Brachiaria r. mélangé à l'engrais*), s'est élevée à **3.713 kg/ha**, soit un niveau de rendement très lucratif, obtenu avec risque économique minimum (*coûts de production inférieurs à 100,00 US\$/ha*), comme en 2004/05.
- **Ces grandes parcelles qui intègrent nos technologies SCV, sont très visitées par les agriculteurs, les agronomes et les techniciens de la région (vecteurs de diffusion), constituent des supports précieux de démonstration et de diffusion** au cours des « jours de champs » organisés et montrent que **les productivités des systèmes en expérimentation dans la matrice se maintiennent (voire sont supérieures) lorsque l'échelle d'application augmente, confirmant la fiabilité de l'outil de Recherche-action utilisé.**

*La priorité de la Recherche – Action est maintenant la diffusion à grande échelle de ces systèmes SCV (S1, S3 et S4) et la formation multi-acteurs.*

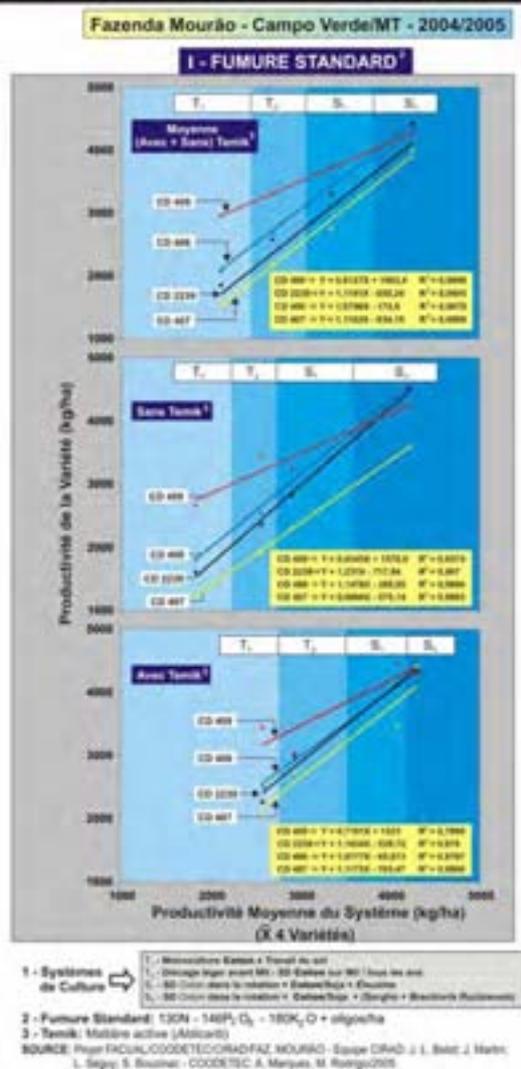
**FIG. 3 PRODUCTIVITÉS MOYENNE ET RELATIVE DE 4 VARIÉTÉS DE COTON AVEC ET SANS TEMIK (Aldicarb), TOUS SYSTÈMES CONFONDUS**



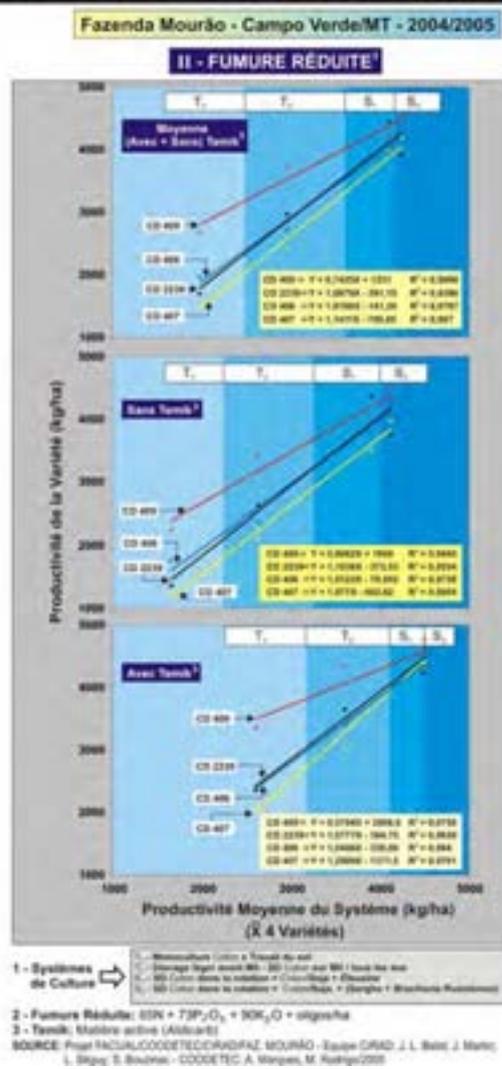
**FIG. 4 PRODUCTIVITÉ MOYENNE AVEC ET SANS TEMIK (Aldicarb), DE 4 VARIÉTÉS DE COTON EN CULTURE PRINCIPALE, EN FONCTION DES SYSTÈMES DE CULTURE**



**FIG. 5**  
RÉGRESSIONS "VARIÉTÉ COTON x SYSTÈME" DE CULTURE



**FIG. 6**  
RÉGRESSIONS "VARIÉTÉ COTON x SYSTÈME" DE CULTURE

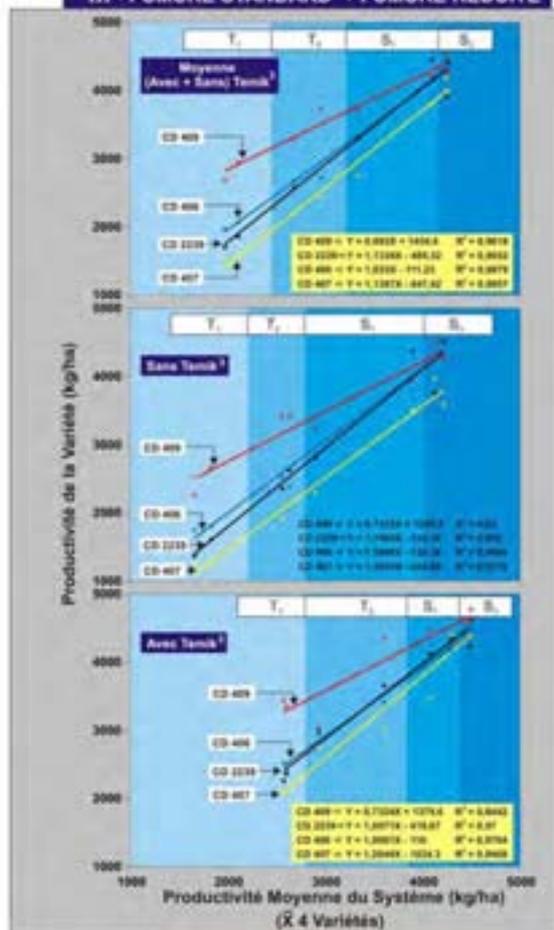


**FIG. 7**

**RÉGRESSIONS "VARIÉTÉ COTON x SYSTÈME" DE CULTURE"**

Fazenda Mourão - Campo Verde/MT - 2004/2005

**III - FUMURE STANDARD<sup>1</sup> + FUMURE RÉDUITE<sup>2</sup>**



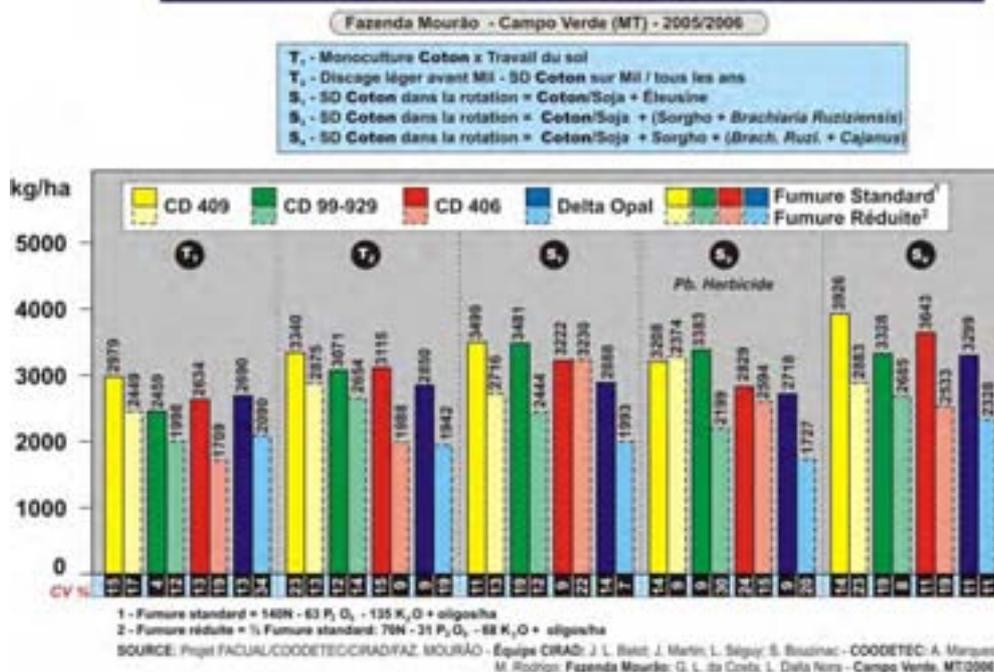
1 - Systèmes de Culture →

- Monoculture Coton + Travail du sol
- Semis direct léger avec 80 - 90 Coton sur 90 l'axe des axes
- 40 Coton dans la rotation + Corn/Soja + Bœuf
- 40 Coton dans la rotation + Corn/Soja + Soja + Brachiaria Rotational

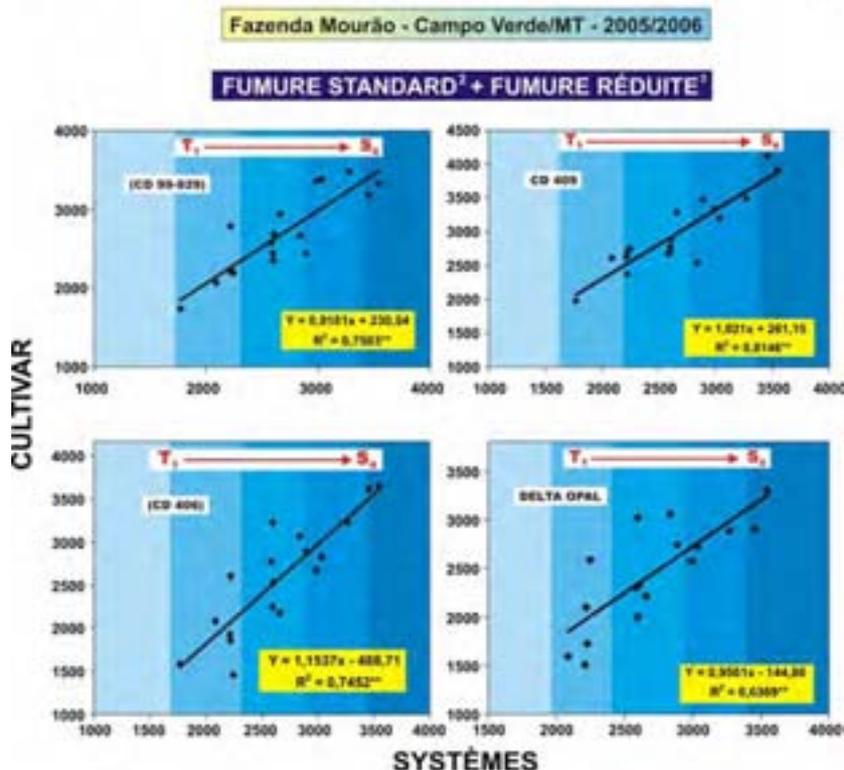
2 - Fumure Standard: 130N - 146P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 180K<sub>2</sub>O + oligo/ha  
 Fumure Réduite: 55N + 73P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 90K<sub>2</sub>O + oligo/ha

3 - Temik: Matière active (A05card)  
 SOURCE: Projet FACUL/COODETEC/CIRAD/FAZ MOURÃO - Equipe CIRAD: J. L. Bégin, J. Martin, L. Siqueira, S. Boulbar - COODETEC: A. Marques, M. Rodrigo/2005

**FIG. 8 PRODUCTIVITÉ MOYENNE DE 4 VARIÉTÉS DE COTON EN CULTURE PRINCIPALE, EN FONCTION DES SYSTÈMES DE CULTURE**



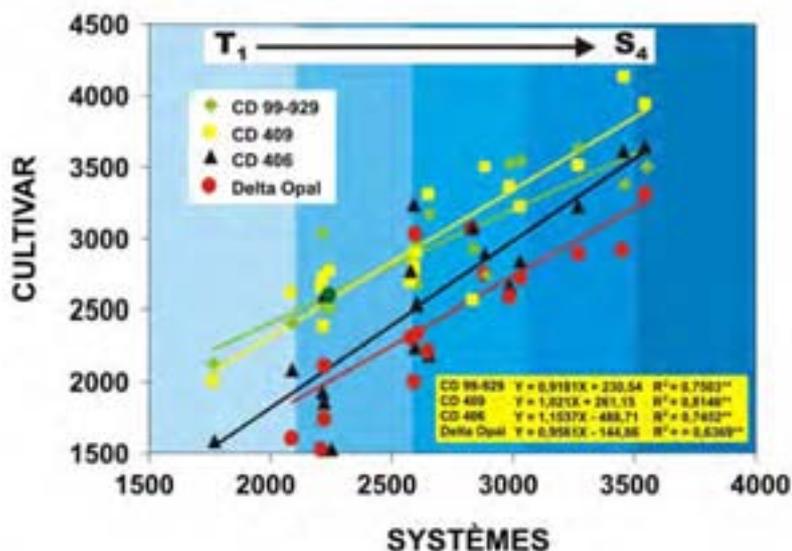
**FIG. 9 REGRESSIONS "VARIÉTÉS COTON x SYSTÈMES<sup>1</sup> DE CULTURE"**



**FIG. 10 REGRESSIONS "VARIÉTÉS DE COTON x SYSTÈME<sup>1</sup> DE CULTURE"**

Fazenda Mourão - Campo Verde/MT - 2005/2006

FUMURE STANDARD<sup>2</sup> + FUMURE RÉDUITE<sup>2</sup>



1 - Systèmes de Culture →

- T<sub>1</sub> - Monoculture Coton x Travail du sol
- T<sub>2</sub> - Discage léger avant Mil - SD Coton sur Mil / tous les ans
- S<sub>1</sub> - SD Coton dans la rotation = Coton/Soja + Éleusine
- S<sub>2</sub> - SD Coton dans la rotation = Coton/Soja + (Sorgho + Brachiaria Ruzizizensis)
- S<sub>3</sub> - SD Coton dans la rotation = Coton/Soja + Sorgho + (Brac. ruz. + Cajanus)

2 - Fumure Standard: 140N - 63P, O<sub>2</sub> - 135K<sub>2</sub>O + micros/ha  
Fumure Réduite: 70N + 31P, O<sub>2</sub> + 68K<sub>2</sub>O + micros/ha

SOURCE: Project FACUAL/COODETEC/CIRAD/FAZ. MOURÃO - Equipe CIRAD: J. L. Belot, J. Martin, L. Séguy, S. Bouzinac; COODETEC: A. Marques, M. Rodrigo; Fazenda Mourão: G. L. da Costa, L. Dalla Nora, Campo Verde, MT/2006

**FIG. 11 COÛTS<sup>1</sup> DE PRODUCTION DE SOJA**  
Fazenda Mourão - Campo Verde, MT/2006

Opérations	R\$/ha
Semis Mil à la volée	20,00
Incorporation semis Mil ( <i>discage léger</i> )	8,00
Herbicide <sup>2</sup> post-émergent dans Mil (2,4 -D)	8,00
Dessication <sup>2</sup> Mil	8,00
Semis Direct Soja	70,00
Insecticide <sup>2</sup> 1	8,00
Herbicide <sup>2</sup> post-émergent 1 + Insecticide 2	8,00
Herbicide <sup>2</sup> post-émergent 2 + Insecticide 3	8,00
Fongicide <sup>2</sup> 1 + Insecticide 4	8,00
Fongicide <sup>2</sup> 2 + Insecticide 5	10,00
Fongicide <sup>2</sup> 3 + Insecticide 6	8,00
Récolte	100,00
Transport Interne Fazenda	15,00
Stockage/Séchage/Frêt	65,00
<b>TOTALE</b>	<b>344,00</b>

(US\$ 157,80)

1. Coûts mesurés sur 1285 ha; 2. Pulvérisateur automoteur; 3. Application aérienne

SOURCE: Project FACUAL/COODETEC/CIRAD/FAZ. MOURÃO - Equipe CIRAD: J. L. Belot, J. Martin, L. Séguy, S. Bouzinac; COODETEC: A. Marques, M. Rodrigo; Fazenda Mourão: G. L. da Costa, L. Dalla Nora, Campo Verde, MT/2006

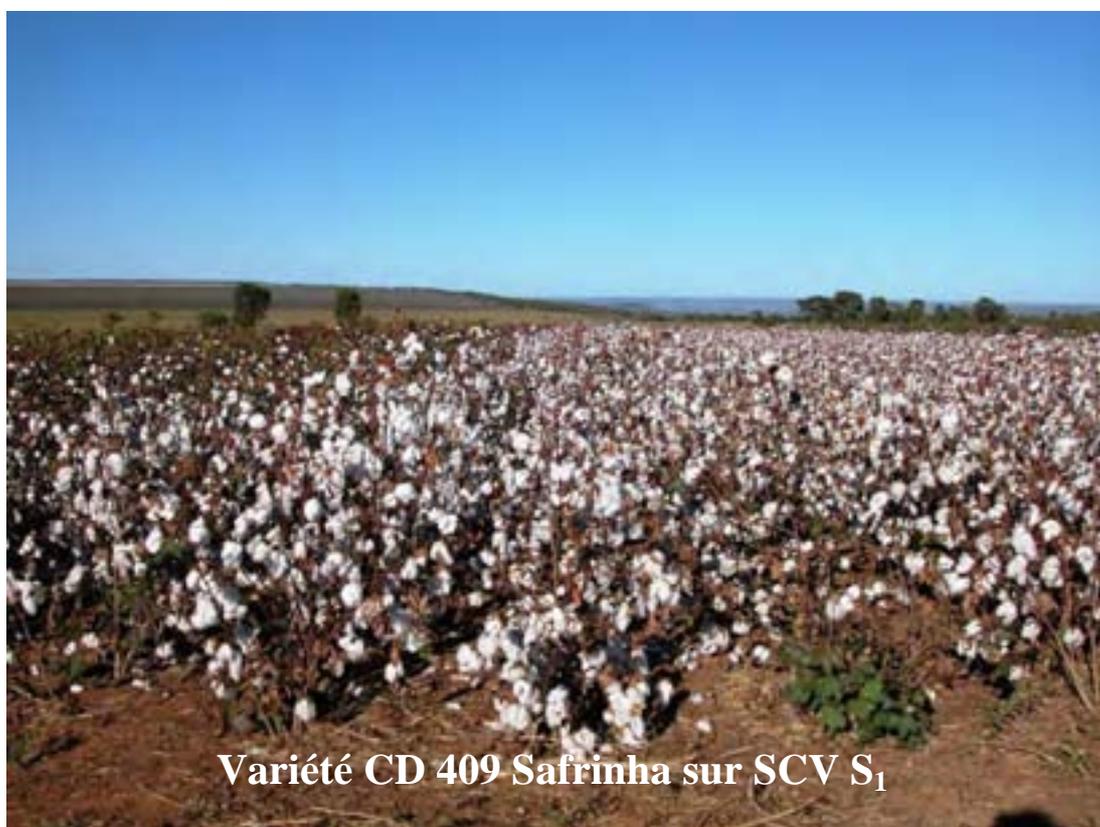
**FIG. 12**

**COÛTS DE PRODUCTION DE LA CULTURE COTONNIÈRE<sup>1</sup> (US\$/ha)  
Fazenda Mourão - Campo Verde-MT/2006**

Opérations	Coton sensible aux viroses (pucerons)	Coton tolérant aux viroses (pucerons)
Insecticide	274,50	220,00
Fongicide	85,00	85,00
Dessication biomasse Mil avant Semis Direct	16,00	16,00
Herbicide pré-émergent avec Gamit	42,00	42,00
Herbicide pré-émergent sans Gamit	19,00	19,00
Herbicide post-émergent Staple/Envoke	49,31	49,31
Herbicide post-émergent Envoke	27,14	27,14
Herbicide post-émergent Staple	23,92	23,92
Herbicide total jet dirigé	15,65	15,65
Sarclages manuels	45,00	45,00
Traitement de semences	14,81	14,81
Régulateur de croissance	3,50	5,50
Défoliant final cycle Finish	19,20	19,20
Défoliant final cycle Aurora	9,45	9,45
Semences	18,12	18,12
Engrais	302,00	302,00
Diesel	125,00	125,00
<b>TOTAL</b>	<b>1089,60</b>	<b>1037,10</b>

<sup>1</sup>. Coûts de production mesurés sur 3217 ha

SOURCE: Project FACUAL/COODETEC/CIRAD/FAZ. MOURÃO - Equipe CIRAD: J. L. Belot; J. Martin; L. Séguy; S. Bouzinac;  
COODETEC: A. Marques, M. Rodrigo; Fazenda Mourão: G. L. da Costa, L. Dalla Nora, Campo Verde, MT/2006



### 2.2.3 LE CAS DU RIZ : Création – Sélection de riz poly-aptitudes à hautes potentialités et qualité de grain très diversifiée, dans les systèmes de culture

(\*) Ces travaux de recherches qui couvrent la période 1990 – 2006, feront l'objet d'un projet de publication en 2007 ; seul un résumé, très court et illustré, sera exposé ici.

• La Création – Sélection de riz poly-aptitudes s'est effectuée, comme dans le cas du coton, à partir de «**Matrices de Systèmes de Culture**» dans le champ des systèmes de culture à forts impacts différenciés sur la transformation des sols pour sélectionner sous fortes pressions de sélection contrastées, au-delà de hautes productivités stables et d'une qualité très diversifiée de grains, la capacité des géotypes à s'adapter à des environnements très divers, en présence de niveaux variables d'intrants : du plus faible possible économique à la productivité potentielle.

#### • Mots et expressions-clés de cette opération de recherche de 16 ans :

▪ **Etapes chronologiques, genèse** : Sélection du pluvial vers l'irrigué, capacité d'adaptation, environnements et conditions de culture, franchir la barre des 5 – 6 t/ha en pluvial, qualité de grain diversifiée (*aromatique, taux variables en amylose, format des grains*), incorporation du genre *Indica* en pluvial, vaincre stérilité «*Japonica x Indica*», fortes pressions de sélection en pluvial, matrices à fort impact différencié sur les relations « Sol – Cultures » (*Fig. 1, 2 et 3*).

▪ **Large adaptabilité** : Validation dans écosystèmes tropicaux, grandes agricultures mécanisées et petites agricultures familiales : Brésil, Colombie, Madagascar, Asie (*Laos Cambodge*). **Conditions de culture** = pluvial, bas-fonds (*Rainfed lowland*), irrigué défectueux, rizières bien aménagées.

▪ **Principaux résultats** : 474 croisements, 364 variétés SEBOTAS fixées (SE = Séguy, BO = Bouzinac, TA = Taillebois). **Variétés à succès, diffusées à grande échelle** : CIRAD 403 (ou 141) avec de 200.000 à 400.000 ha/an depuis 1998 dans le seul Brésil Central ; SEBOTA 47-12, 41, 65 = quelques dizaines de milliers d'ha Centre Nord et Nord Brésil ; 250 tonnes de semences (*repiquage*) à Madagascar en 2 ans = SEBOTAS 41, 65, 281, 68, 69, 70, 33. **Impacts SCV conditions pluviales et irriguées** : réduction draconienne incidences maladies cryptogamiques, dont **systèmes SCV suppressifs de *Pyricularia o.***, tâches de grains (*complexe fongique de fin de cycle*) ; **réduction de l'écart de productivité** entre conditions pluviales et irriguées (*Colombie, Madagascar, Laos*) ; **économies de 40 à 60% de l'eau** en SCV irrigués, de pesticides avec intégration de l'élevage (*Colombie – El Aceituno*) ; productivité et biodiversité accrues de SCV avec baisse significative des coûts de production (*cf. rapport d'activités 2005, résultats El Aceituno* ).

#### ▪ AU BRÉSIL – 2004 – 2006

Au cours des 2 dernières années d'études, les progrès variétaux dans les systèmes SCV, sont caractérisés, simultanément, par :

- **La progression continue de la productivité** des meilleurs cultivars de cycle court (*SBT 68, 69*) et moyens (*SBT 43, 48, 63, 89, 175, 224, 231*), quelles que soient les conditions de culture : écologies des forêts et Cerrados, terre neuve et terre de vieille culture. Par rapport aux variétés témoins les plus plantées dans le Mato Grosso (Primavera et CIRAD 141), les nouveaux cultivars SEBOTAS apportent **des gains de rendements qui vont de 18 à 55%** (*Fig. 10*). **Entre 1990 et 2006**, la productivité des meilleurs cultivars dans les systèmes de culture **a progressé en moyenne de 70%** (*Fig. 6, 10 et 11*) ; **les variétés les plus productives, entre 2004 et 2006**, montrent des rendements qui vont de **6.000 à plus de 8.000 kg/ha** (*Fig. 9 et Tableaux 1, 2 et 3*) ; parmi les nouveaux cultivars très productifs : SBT 93, 172, 223, 231 pour les riz non aromatiques ; SBT 224 et 26 pour les riz aromatiques.

- **L'étude des régressions «Génotypes x Environnements»** (2004/2006), réunies dans la figure 8, met en évidence une bonne **stabilité de rendement** des SEBOTAS à cycle court SBT 68 et 69, et des SEBOTAS à cycle moyen SBT 43, 48 et 89 ; ce dernier étant un mutant de CIRAD 141, à plus belle qualité de grain.

- **Une très large diversification de la qualité de grains :**

- **Des taux d'amylose** qui s'échelonnent entre 16 et 30% pour les meilleurs cultivars ;
- **Des variétés aromatiques**, dont les SBT 224 et SBT 175, très productives et très stables en conditions pluviales qui présentent des rendements à l'usage exceptionnels, respectivement de 67,3% et 62,5% de grains entiers, très longs fins, translucides et sans ventre blanc (*Fig.12*) ;
- **Le cultivar aromatique SBT 270**, qui peut produire plus de 8 – 9 t/ha en conditions de bas-fonds ou irriguées et plus de 4 t/ha en pluvial, offre un grain usiné exceptionnel, unique = véritable aiguille, avec un rendement en grain entier > 56% et un arôme excellent (*Fig. 12*) ;
- **Le SBT 89, non aromatique, mutant du CIRAD 141**, dont il a hérité la rusticité, stabilité, révèle une qualité de grain rare = 75% de rendement total à l'usage, dont 71% de grains entiers de très belle apparence, sans ventre blanc, classé long fin (*plus fin que son père CIRAD 141*).

(\* *Ce cultivar peut substituer immédiatement le CIRAD 141, dont la qualité de grain a été déclassée en 2006 ; le SBT 89 est classé long fin et son rendement à l'usage est beaucoup plus élevé que celui du CIRAD 141.*

- Tous les **cultivars SBT sont sélectionnés sous fortes pressions de sélection**, en conditions pluviales (*fortes doses de N minéral en début de cycle*), et **sans application de fongicide** : ces cultivars présentent une **résistance stable à la pyriculariose et au complexe fongique de fin de cycle sur les grains** (*Drechslera, Helminthosporium, Curvularia, etc....*).

(\* **NOTE IMPORTANTE** = *L'équipe Brésil (URI + UR6), participe activement à la Création – Sélection de matériels génétiques pour les pays membres du réseau SCV AFD/CIRAD, notamment Madagascar (riz d'altitude) et Asie (Laos, Cambodge) ; cette participation se fait grâce :*

- *Au transfert des variétés SBT,*
- *Croisements classiques entre variétés des pays membres et SBT,*
- *Populations récurrentes (aromatique, SBT, etc...),*
- *Transfert des lignées et populations et appui à la sélection dans les systèmes SCV x conditions de culture (pluviales, irriguées, bas-fonds, etc.. ) .*

• *Nos travaux sur les SCV (25 ans) ont permis d'identifier des SCV suppressifs de la pyriculariose et qui limitent également très significativement l'incidence du complexe fongique des tâches de grains en fin de cycle (reproductibilité de ces effets au cours du temps) ; des hypothèses solides ont été émises sur les mécanismes physiologiques qui concourent à la suppressivité de ces attaques fongiques sous SCV et pourraient servir de guide à la réalisation de thèse sur ce sujet d'importance fondamentale pour les rizicultures mondiales.*

• *Certaines variétés SBT possèdent des systèmes racinaires plus puissants que les variétés pluviales telles que CIRAD 141 ; elles produisent à la floraison plus de 4 t/ha de racines dans l'horizon 0 – 40 cm, contribuant ainsi à l'augmentation du carbone dans le compartiment racinaire (Fig.13).*

(\***) Les performances des SEBOTAS sur le réseau tropical SCV ne sont pas présentées ici ; à suivre, à titre d'exemple, le résumé d'un succès sur le projet d'El Aceituno de Colombie sur l'optimisation des relations "Géotypes x Environnements"- Convention El Aceituno/Cirad UR1 – UR6**



## CIRAD Rice Research Highlight

### Release in Colombia of the Rice Variety ACD 25-28 in Direct Sowing Mulch Based Cropping Systems

Vales, M.<sup>(1)</sup>, Seguy, L.<sup>(1)</sup>, Dossmann, J.<sup>(2)</sup>, Botero, C.<sup>(2)</sup>, Rugeles, H.<sup>(2)</sup>, Taillebois, J.<sup>(1)</sup>, B...<sup>(1)</sup>, S.<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Cirad-Ca, <sup>(2)</sup> Cultivos y Semillas el Aceituno Ltda.



(a)

#### ❖ **ACD 25-28<sup>15</sup> is the result of the genetics integration into agronomy process**

The obtaining and the commercial release of the irrigated rice variety ACD 25-28 demonstrate the efficiency of the CIRAD participatory rice breeding methods integrated into the cropping system improvement. We formed a recurrent population with 4 parents. We extracted lines from this population. We improved this population and we selected these lines in and for the sustainable and soil conservative cropping systems. These systems are Direct sowing Mulch based Cropping systems (DMC).

#### ❖ **ACD 25-28 was created in and for the conditions of production**

The cropping systems where the selection was achieved and the cropping systems in way of adoption by the producers are the same. For this reason there is no yield gap between the breeding conditions and the production conditions.



(b)

#### ❖ **ACD 25-28 in DMC allows to overtake the yield plateau**

During the past years the new rice varieties did not allow any important yield progress. ACD 25-28 produced an average of 10.5 t / ha on 350 ha.

#### ❖ **ACD 25-28 in DMC can be sowed using 20 kg of seeds / ha**

Due to ACD 25-28 and the DMC seed distribution and emergence are perfectly homogeneous. With ACD 25-28 and the DMC we can reduce the sowing density to 20 kg / ha without yield loss.

<sup>15</sup> Intellectual property: Aceituno-Danac



❖ **ACD 25-28 in DMC is little greedy in water**

The DMC associated with ACD 25-28 allows facing the decrease of water resources. It allows reducing from 40 to 60 % the irrigation costs. The mulch maintains the soil humidity and controls weeds, so it allows to replace permanent flood by repeated short anchoring.

❖ **ACD 25-28 in DMC is an example of clean production**

This variety was selected for a high level of resistance to rice blast disease. The DMC allows lowering the pressure of weeds, red rice, insects and diseases. ACD 25-28 in DMC allows reducing drastically the use of agrochemicals.

❖ **Prospect for an even more productive, more economic and more clean rice production**

- **New more productive varieties** are ongoing. The successful CIRAD rice breeding methods based on recurrent selection in and for the DMC which produced ACD 25-28, are engendering even more productive varieties. They will allow continuing the yield increase.



- **Highly productive hybrid varieties** will be proposed from 2008. The first hybrid varieties ongoing, made also by recurrent selection in and for the DMC, produce at least 14 t / ha. The hybrid varieties will allow a new big jump of yield.



- **Systems for organic production**, notably for aromatic rice, are ongoing. These DMC systems are more and more successful and economic and aim to remove the use of all the polluting agrochemicals.



The keys of this success: the variety considered, conceived and managed permanently as an inseparable part of the cropping systems, and the active and effective participation of all the actors.

Contact: UPR Direct Sowing Mulch Based Cropping Systems, [francis.forest@cirad.fr](mailto:francis.forest@cirad.fr)

Pictures © Vales-2006:

(a) First International Workshop on Rice Production and Sustainable and Conservative Agriculture. June 15<sup>th</sup>, 2006. Ibagué, Tolima, Colombia: 180 participants from Colombia and Panama.

(b) ACD 25-28

(c) Rice direct sowing into millet straw (previous crop)

(d) Rice hybrid seeds production

(e) ACD 25-28, 10.5 t/ha.

(f) Task force (left to right): L. Seguy (Cirad DMC leader), J. Taillebois (Cirad rice hybrid leader), J. Dossmann (Director of the Aceituno Research Department), M. Vales (Cirad rice recurrent selection leader)

**TABLEAU 1 - RESULTATS ESSAI VARIETAL<sup>1</sup> RIZ POLY-APTITUDES (en kg/ha)  
EN SEMIS DIRECT<sup>2</sup> ET TERRE DE VIEILLE CULTURE - FAZ. MOURÃO – MT - 2005/06**

CULTIVAR	PRODUCTIVITE en kg/ha			TEST N-K $\alpha= 5\%$						
	Rep. 1	Rep. 2	Moyenne	A	B	C	D	E	F	G
SBT 93	7910	7395	7652	A						
SBT 172	7153	7658	7405	A						
INT 223	7185	7111	7148	A	B					
SBT 216	6786	6124	6455	A	B	C				
SBT 133	6061	6670	6366	A	B	C	D			
SBT 89	6597	5746	6171	A	B	C	D	E		
SBT 95	6071	6166	6119	A	B	C	D	E		
SBT 215	5504	6197	5851		B	C	D	E	F	
INT 290	5966	5389	5678		B	C	D	E	F	G
SBT 69	5357	5924	5641		B	C	D	E	F	G
SBT 68	5021	5641	5331			C	D	E	F	G
SBT 134	5767	4874	5320			C	D	E	F	G
SBT 63	5966	4643	5305			C	D	E	F	G
SBT 48	5357	4979	5168			C	D	E	F	G
SBT 65	5284	4811	5047			C	D	E	F	G
SBT 67	5441	4538	4989			C	D	E	F	G
SBT 190	5462	4370	4916			C	D	E	F	G
SBT 70	4800	4926	4863			C	D	E	F	G
SBT 191	4160	5452	4806			C	D	E	F	G
SBT 4	4727	4559	4643			C	D	E	F	G
INT 109	4758	4433	4596				D	E	F	G
SBT 281	4496	4664	4580				D	E	F	G
SBT 79	5032	3750	4391					E	F	G
SBT 333	4548	4055	4301					E	F	G
SBT 53	4412	3666	4039						F	G
SBT 184	3634	4055	3845							G
SBT 272	3592	3866	3729							
SBT 247	3183	3529	3356							L
SBT 263	3183	2784	2983							L
INT 238	2752	3004	2878							L
SBT 273	1670	2836	2253							L
<b>MOYENNES</b>	<b>5091</b>	<b>4962</b>	<b>5027</b>							
	<b>S.C.E</b>	<b>DD L</b>	<b>C.M.</b>	<b>TEST F</b>	<b>PROB A</b>	<b>E.T.</b>	<b>C.V.</b>			
VAR.TOTALE	107435400	61	1761236							
VAR.FACTEUR 1	100057800	30	3335259	14,06	0					
VAR.BLOCS	261016	1	261016	1,1	0,30334					
VAR.RESIDUELLE 1	7116584	30	237219,5			487,052	<b>9,69%</b>			

<sup>1</sup> • 2 répétitions de 10 m<sup>2</sup> par variété

<sup>2</sup> • **Parcelles en Semis Direct** sur couverture d'*Eleusine coracana* :  
 - Fumure minérale = 90 N + 80 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 80 K<sub>2</sub>O + Oligo-éléments (Mn + Zn)  
 - Herbicides = Metsulfuron methyl + Lactofen sur Dicotylédones ; Cyhalofop butyl sur Graminées  
 - **Sans fongicides**

**TABLEAU 2 - RESULTATS ESSAI VARIETAL<sup>1</sup> RIZ POLY-APTITUDES AROMATIQUES EN SEMIS DIRECT<sup>2</sup> ET TERRE DE VIEILLE CULTURE - FAZ. MOURÃO – MT - 2005/06**

CULTIVAR	PRODUCTIVITE en kg/ha			TEST N-K α= 5%					
	Rep. 1	Rep. 2	Moyenne	A	B	C	D	E	F
SEBOTA 224	5431	6660	6045	A					
SEBOTA 26	5746	6145	5945	A	B				
SEBOTA 334	5263	5914	5588	A	B	C			
SEBOTA 28	5252	5158	5205	A	B	C	D		
SEBOTA 21	5840	4359	5100	A	B	C	D		
SEBOTA 225	4548	5609	5079	A	B	C	D		
SEBOTA 36	4590	4433	4512	A	B	C	D		
SEBOTA 25	4653	4317	4485	A	B	C	D		
SEBOTA 252	4580	4065	4322	A	B	C	D	E	
SEBOTA 1	4601	3971	4286	A	B	C	D	E	
SEBOTA 270	3813	4275	4044	A	B	C	D	E	F
SEBOTA 34	3887	4128	4007	A	B	C	D	E	F
SEBOTA 175	4055	3950	4002	A	B	C	D	E	F
SEBOTA 251	4380	3477	3929		B	C	D	E	F
SEBOTA 22	3351	4223	3787			C	D	E	F
SEBOTA 254	4370	3162	3766			C	D	E	F
SEBOTA 261	3550	3193	3372				D	E	F
SEBOTA 265	2710	2017	2363					E	F
SEBOTA 260	1786	2689	2237						F
<b>MOYENNES</b>	<b>4337</b>	<b>4302</b>	<b>4320</b>						

	S.C.E	DD L	C.M.	TEST F	PROB A	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	44167180	37	1193708				
VAR.FACTEUR 1	38684860	18	2149159	7,071	0,00008		
VAR.BLOCS	11528	1	11528	0,038	0,84199		
VAR.RESIDUELLE 1	5470792	18	303932,9			551,301	12,76%

<sup>1</sup> • 2 répétitions de 10 m<sup>2</sup> par variété;

<sup>2</sup> • **Parcelles en Semis Direct** sur couverture d'*Eleusine coracana* :  
 - Fumure minérale = 90 N + 80 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 80 K<sub>2</sub>O + Oligo-éléments (Mn + Zn)  
 - Herbicides = Metsulfuron methyl + Lactofen sur Dicotylédones ; Cyhalofop butyl sur Graminées.  
 - **Sans fongicides**

**TABLEAU 3 - PRODUCTIVITE<sup>16</sup> EN GRANDES PARCELLES DE RIZ POLY-APTITUDES (en kg/ha) EN SEMIS DIRECT<sup>17</sup> ET TERRE DE VIEILLE CULTURE - FAZ. MOURÃO – MT - 2005/06**

Répétition	1	2	3	4	Moyenne en kg /ha	TEST N-K $\alpha= 5\%$					
INT 231	613 0	518 0	549 5	607 0	5719	A					
SEBOTA 43	548 5	552 5	574 5	594 5	5675	A					
SEBOTA 224	516 5	493 0	653 5	443 0	5265	A	B				
SEBOTA 134	493 0	516 5	498 5	494 0	5005	A	B	C			
SEBOTA 68	493 5	564 0	436 0	503 0	4991	A	B	C			
SEBOTA 69	450 5	485 0	498 5	502 0	4840	A	B	C			
CIRAD 141	560 0	473 0	424 0	439 0	4740	A	B	C			
SEBOTA 270	460 5	527 5	395 5	468 0	4629		B	C			
SEBOTA 89	411 0	448 5	499 5	482 0	4603		B	C			
SEBOTA 53	431 0	424 0	426 0	439 5	4301		B	C	D		
SEBOTA 48	462 5	395 0	461 5	386 5	4264		B	C	D		
SEBOTA 247	355 0	425 5	406 0	418 0	4011			C	D	E	
SEBOTA 63	393 0	489 5	349 5	348 0	3950			C	D	E	
SEBOTA 254	387 5	418 5	384 5	377 5	3920			C	D	E	
INT 238	373 5	342 5	339 0	375 0	3575				D	E	
SEBOTA 88	276 0	359 5	225 0	444 5	3263					E	F
SEBOTA55	273 0	317 0	324 0	320 0	3085					E	F
SBT 1 « Biologique »	276 0	236 5	271 5	254 0	2595						F
SEBOTA 273	181 0	240 5	293 5	291 0	2515						F
SEBOTA 265	255 5	205 0	249 5	235 5	2364						F

**MOYENNE GENERALE = 4.165 kg/ha**

	S.C.E	DD L	C.M.	TEST F	PROB A	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	9069961 0	79	1148096				

<sup>16</sup>

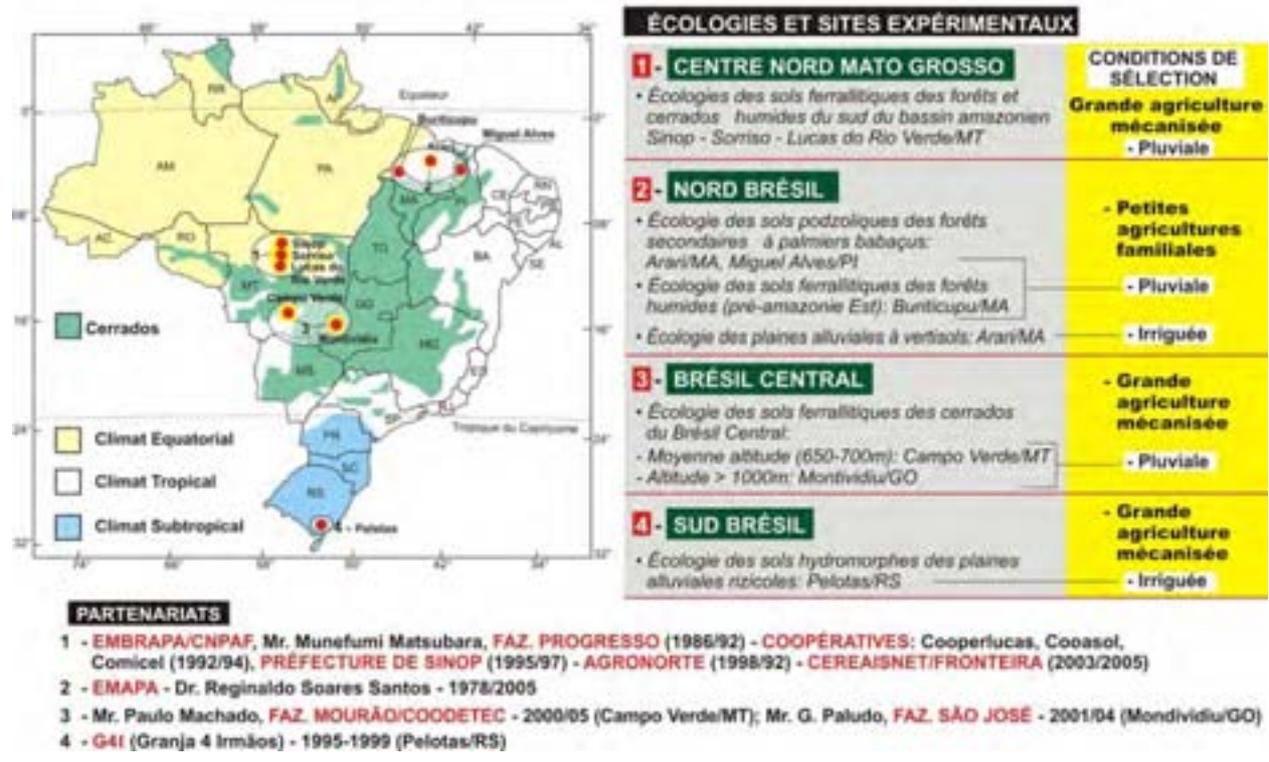
- 4 répétitions de 10 m<sup>2</sup> par variété;

<sup>17</sup>

- **Parcelles de grande culture mécanisée** (+/- 2.000 m<sup>2</sup> par variété), en **Semis Direct** sur couverture d'*Eleusine coracana* :
  - Fumure minérale = 90 N + 80 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 80 K<sub>2</sub>O + Oligo-éléments (Mn + Zn)
  - Herbicides = Metsulfuron methyl + Lactofen sur Dicotylédones ; Cyhalofop butyl sur Graminées
  - **Sans fongicides**

<b>VAR.FACTEUR 1</b>	7761742 0	19	4085128	18,736	0		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	1308218 0	60	218036,4			466,94 4	<b>11,21%</b>

**FIG. 1 RIZ POLY-APTITUDES SEBOTAS**  
Écologies, conditions de sélection et partenariats



**FIG. 2 ESSAIS D'ÉVALUATION DES CULTIVARS DE RIZ<sup>1</sup> DANS LES SYSTÈMES DE CULTURE, ENTRE ÉQUATEUR ET 32° DE LATITUDE SUD - (1990/2005)**

	CONDITIONS PLUVIALES									CONDITIONS IRRIGUÉES			
	Écologie des Forêts			Écologie des Cerrados				Écologie des Babaçus		Arari (MA)	Pelotas (RS)	Miguel Alves (PI)	
	Sinop (MT)	Bunticupu (MA)	Nova Mutum (MT)	Lucas do Rio Verde (MT)	Sorriso (MT)	Campo Verde (MT)	Campo Novo (MT)	Montividiu (GO)	Miguel Alves (PI)	Arari (MA)	Arari (MA)	Pelotas (RS)	Miguel Alves (PI)
1990/91													
1991/92													
1992/93													
1993/94													
1994/95													
1995/96													
1996/97													
1997/98													
1998/99													
1999/2000													
2000/2001													
2001/2002													
2002/2003													
2003/2004													
2004/2005													

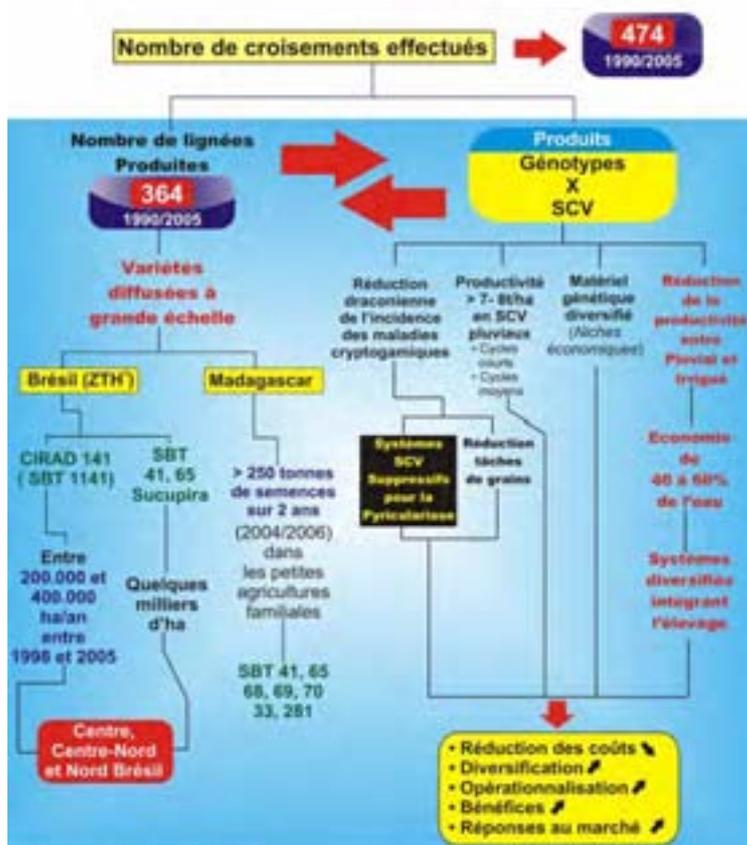
1. - Cf. Rapports d'activité de recherches, Brésil - CIRAD - CA / GEC - UR1 - Montpellier - France - 1990/2006



**FIG. 4 CRÉATION VARIÉTALE DES RIZ SEBOTAS POLY-APTITUDES POUR ET DANS LES SYSTÈMES DE CULTURE SCV<sup>1</sup> DANS DIVERSES CONDITIONS DE CULTURE SOUS LES TROPIQUES**



**FIG. 5 RESULTATS RIZ POLY-APTITUDES DANS LES SYSTEMES DE CULTURE SCV**

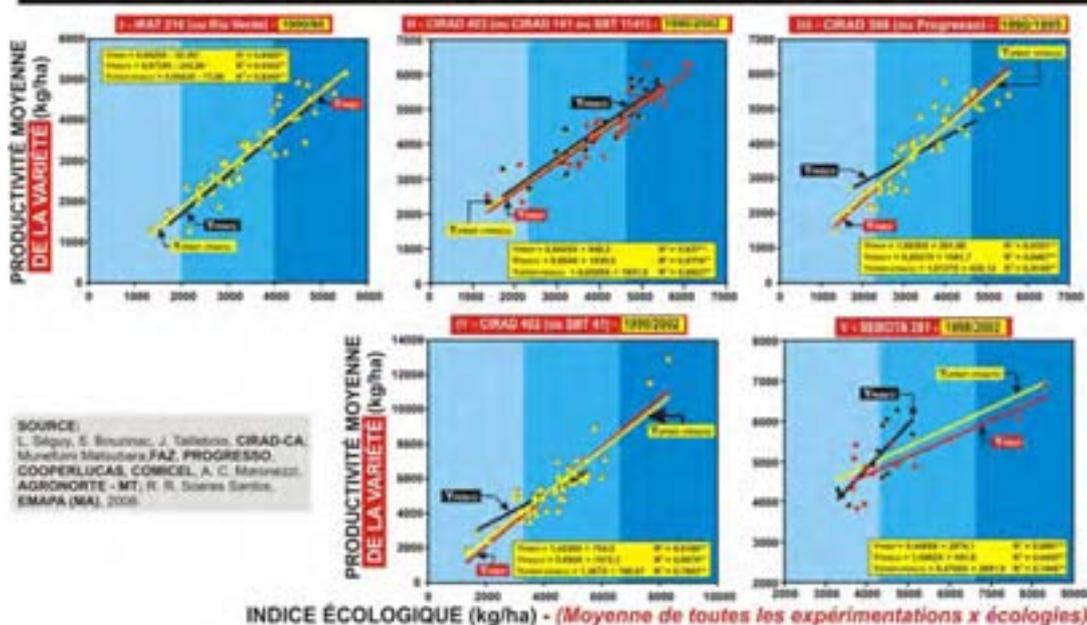


1 - ZTH - Zone Tropicale Humide

SOURCE: L. Ségué, S. Boutrauc, J. Taillebois, CIRAD-CA, Faz/Progresso, Cooperlucas, Agronorte, Cereaisnet, Sinop - MT / 2006, SD MAD, ONG TIFA, Madagascar, NAFRI (LAOS), 2006

**FIG. 6**

**PERFORMANCES ET ADAPTABILITÉ DES PRINCIPALES VARIÉTÉS DE RIZ CRÉÉES POUR ET DANS LES SYSTEMES DE CULTURE, DANS LE BRÉSIL CENTRAL, ENTRE 1990 ET 2002**



SOURCE: L. Ségué, S. Boutrauc, J. Taillebois, CIRAD-CA, Mielkiana Marouthera FAZ/PROGRESSO, COOPERLUCAS, CONCEL, A. C. Marrecozi, AGRONORTE - MT, R. R. Soares Santos, EMAPA (MA), 2006.

FIG. 7

**PERFORMANCES DE QUELQUES RIZ POLY-APTITUDES SEBOTAS DANS LA BAIXADA MARANHENSE - Nord Brésil - Arari/MA - 1996-1998**

**I Irrigation contrôlée<sup>1</sup>, repiquage - intrants minimums**



1 - Moyenne de 3 essais "Compétition de Cultivars"  
 2 - Cultivars aromatiques  
 3 - Cultivars à phénotype Japonica

**II Riz Poly-Aptitudes SBT 65, lancé par le Secrétariat à l'Agriculture de l'état du Maranhão, sous le nom d'ARARIBA<sup>1</sup> en 2006**

VARIÉTÉ	Conditions irriguées à Repiquage		Conditions pluviales	
	Saison sèche	Saison des pluies		
	En Station	Chez Agriculteurs	Chez Agriculteurs	
(+) ARARIBA (SBT 65)	8575 <sup>1</sup>	8344 <sup>2</sup>	5384 <sup>3</sup>	4131 <sup>4</sup>
DIAMANTE	6255	-	-	-
METICA 1	5948	-	-	-
BRS FORMOSO	8412	7165	-	-
CICA 8	5480	-	-	-

1 - Moyenne de 6 ans d'essais  
 2 - 1 Riziculteur  
 3 - 27 Riziculteurs  
 4 - 11 Riziculteurs

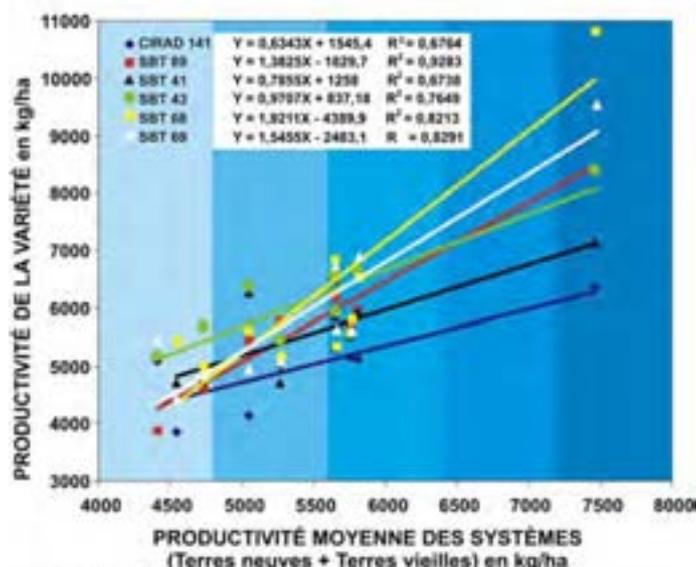
Agriculture familiale

SOURCE: R. R. Soares Santos, INAGRO-ARARIBA; L. Séguy, S. Bouzinac, J. Tallibon, CIRAD-CA, 2006

FIG. 8

**RÉGRESSIONS "VARIÉTÉS RIZ PLUVIAL POLY-APTITUDES"<sup>1</sup> x ENVIRONNEMENTS"<sup>2</sup>**

**Écologies des forêts et cerrados humides du Centre Ouest du Brésil Sinop et Campo Verde - MT - 2004/2006**



1 - Meilleures variétés non aromatiques - 2004/2006

2 - Systèmes de culture -

Forêt = Travail du sol (dérivage) - les 2 premières années après défrichage sans herbicide, ni fongicide

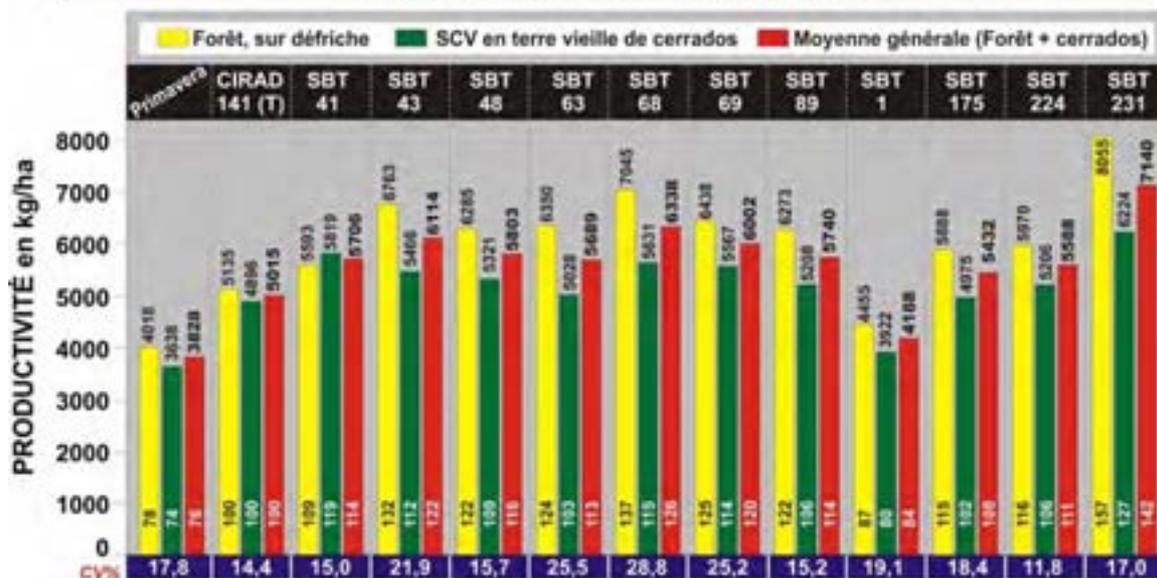
Cerrados = Terre de vieille culture (> 20 ans) - Semis direct sur couverture de Eleusine c. ou Eleusine c. + Crotalaria sp. + Herbicides, pas de fongicides; rotation avec Soja ou Coton

Fertilisation minérale = 40 g 80N + 80P; O<sub>2</sub> = 80K<sub>2</sub>O + oligos (Mn-Zn)/ha

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, J. Tallibon, des UR1 et UR6 du CIRAD; G. L. da Costa, L. Dalla Nora, Fazenda Maurício; L. Saucedo, Ceresinet, Sinop et Campo Verde, MT - 2006

**FIG. 9**

**PRODUCTIVITÉS MOYENNE<sup>1</sup> ET RELATIVE DES 13 MEILLEURES VARIÉTÉS DE RIZ POLY-APTITUDES EN ZONES DE FORÊT SUR DÉFRICHE (Sol travaillé) ET DES CERRADOS SUR TERRE DE VIEILLE CULTURE EN SEMIS DIRECT (SCV) - Sinop et Campo Verde - 2004/2006 -MT**

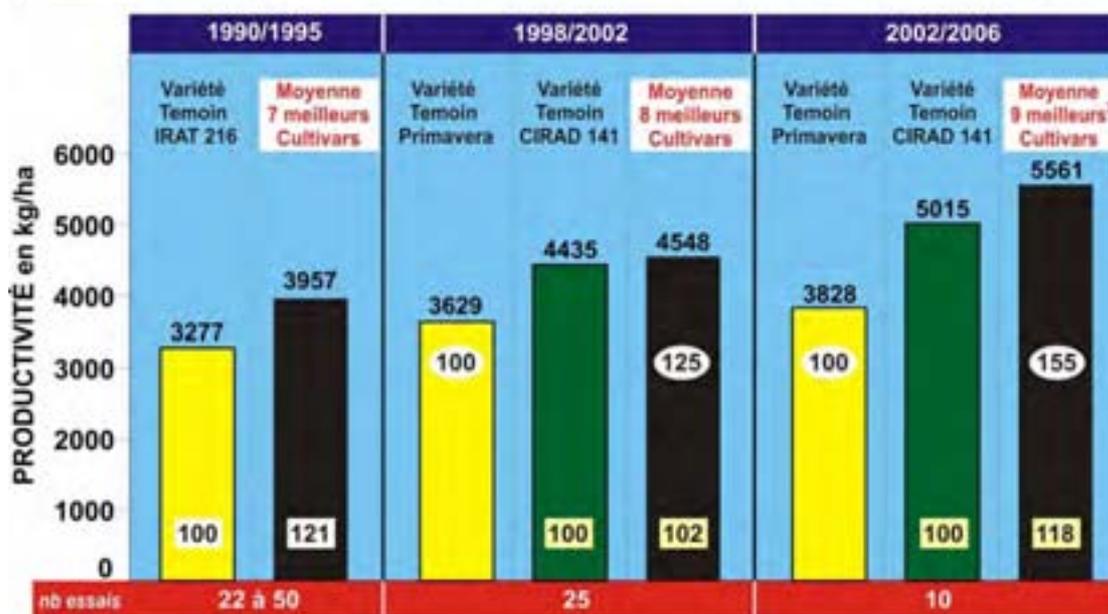


1. Moyenne générale de tous les essais variétaux (5) et des évaluations en grande culture (5) = 5501 kg/ha  
 • Niveaux de fertilisation minérale: 40 à 80N + 50P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 80K<sub>2</sub>O + oligos E/ha  
 • Sans herbicide ni fongicide sur défriche de forêt; herbicides, sans fongicide, sur SCV en terre vieille.

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, J. Taillebois - UR1 et UR6 du CIRAD, G. L. da Costa, L. Dalla Nora, Fazenda Mourão L. Saucedo, Cereaisnet; - Sinop et Campo Verde - MT, 2004/2006

**FIG. 10**

**ÉVOLUTION DES PERFORMANCES DU RIZ PLUVIAL<sup>1</sup> DANS LES SYSTÈMES DE CULTURE MÉCANISÉS DU BRÉSIL CENTRAL<sup>2</sup> ET DU NORD<sup>2</sup> ENTRE 1990 ET 2006**



□ Productivités relatives

1. Créations du CIRAD-CA (L. Séguy, S. Bouzinac, J. Taillebois), dont Riz Sebota Poly-Aptitudes à partir de 1998

2. États du Mato Grosso, Goiás, Piauí et Maranhão

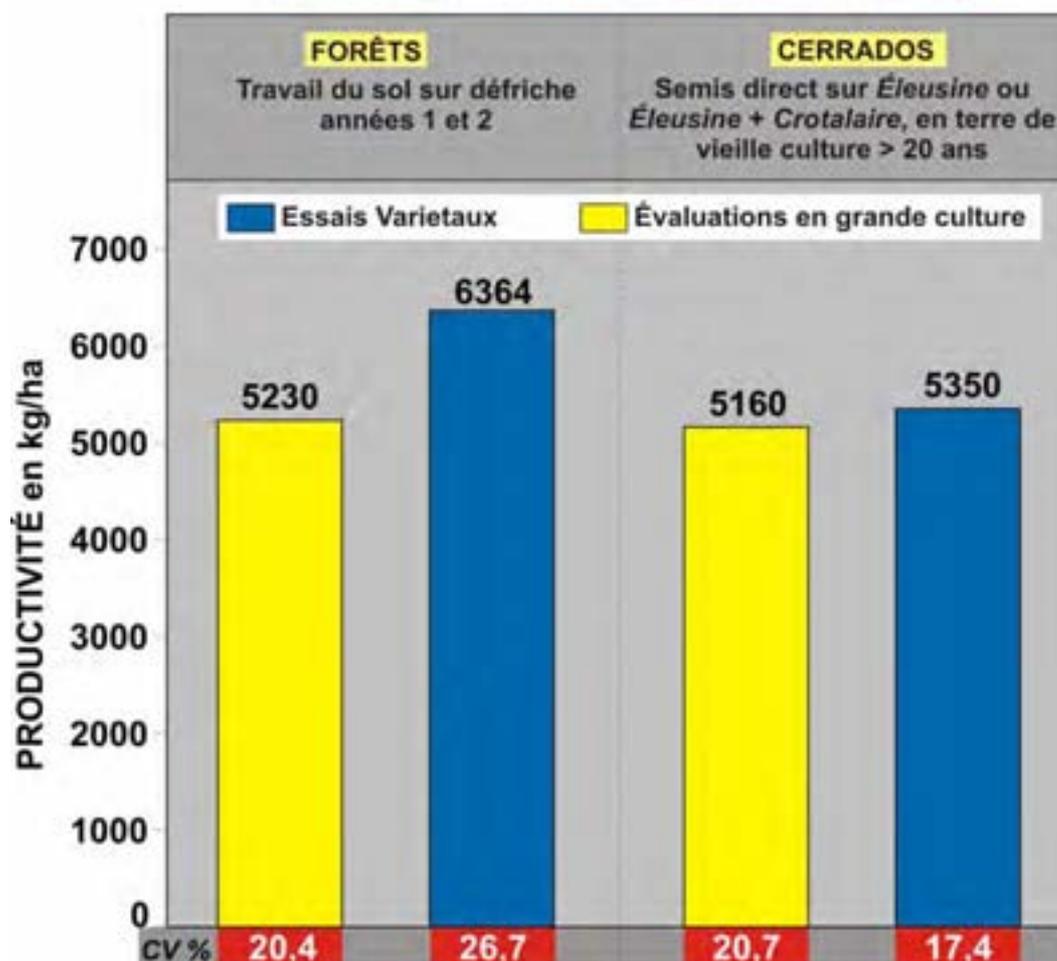
3. Dominance phénotypes indicas à partir de 1998

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, J. Taillebois, CIRAD-CA/UR1 et UR6; Partenaires Brésiliens: M. Matsubara, Cooperfucas, Comical, Agronorte, Prefeitura Sinop, Cereaisnet, Emapa (R. R. Soares Santos), Sulnor - 1990/2006 - Goiânia, GO

**FIG. 11**

**MOYENNE<sup>1</sup> DE PRODUCTIVITÉ DES 13 MEILLEURES VARIÉTÉS DE RIZ POLY-APTITUDES EN FONCTION DES CONDITIONS DE CULTURE DANS LES FORÊTS ET CERRADOS HUMIDES DU CENTRE-OUEST BRÉSILIEN**

**Sinop et Campo Verde - 2004/2006 - MT**



1. Dans chaque écologie = 5 essais variétaux et 5 évaluations en grande culture
- Sur défriche = Pas d'herbicide ni de fongicides
  - Sur SCV en terre vieille = herbicides, sans fongicides
  - Fertilisation minérale annuelle = 40-90N+80P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+80K<sub>2</sub>O+oligos E (Mn, Zn)

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, J. Taillebois, des UR1 et UR6 du CIRAD;  
G. Costa, L. Dalla Nora, Fazenda Mourão;  
L. Saucedo, Céreaisnet; Sinop et Campo Verde, MT - 2004/2006

FIG. 12

**RENDEMENTS À L'USINAGE DE VARIÉTÉS DE RIZ POLY-APTITUDES SEBOTAS ISSUES DE SEMIS DIRECT SCV SUR COUVERTURE MORTE DE *Éleusine coracana*, EN CONDITIONS PLUVIALES ET EN TERRE DE VIEILLE CULTURE**

Écologie des sols ferrallitiques des cerrados humides du Sud-Est du Mato Grosso - (700 m d'altitude) - Campo Verde-MT/2006

VARIÉTÉS	Rendement Grain (%)			Balles (%)	Son (%)	Ventre Blanc <sup>1</sup>	Apparence <sup>2</sup> grain après usinage
	Total	Cassés	Entiers (CV %)				
<b>1. Variétés aromatiques</b>							
SBT 26	71,7	21,7	50,0 (6,8)	24,7	3,6	2-3	+
SBT 175	71,5	8,9	62,5 (1,9)	25,3	3,2	0-1	++
SBT 224	72,5	5,2	67,3 (1,3)	23,5	4,0	0	++++ <sup>2</sup>
SBT 265	71,6	14,7	56,9 (1,7)	25,4	3,0	2	+
SBT 270	70,6	14,0	56,6 (5,0)	26,2	3,2	0	++++ <sup>4</sup>
<b>2. Variétés non aromatiques</b>							
SBT 43	71,8	9,5	62,3 (2,1)	26,0	2,5	0	+++
SBT 48	71,7	11,9	59,8 (1,7)	25,2	3,1	0	+++
SBT 63	70,6	13,4	57,2 (1,4)	26,0	3,4	0	+++
SBT 70	69,7	4,6	65,1 (1,9)	27,0	3,3	0	+++
SBT 89	74,9	3,7	71,2 (1,7)	22,0	3,1	0	++++ <sup>1</sup>
SBT 134	69,5	7,8	61,7 (1,4)	27,5	3,0	0	++
SBT 334	71,3	8,8	62,5 (0,6)	25,0	2,7	2-3	+
INT. 84	71,1	3,6	67,5 (1,6)	26,5	2,4	1-2	++
NIT. 223	73,2	9,2	64,0 (1,6)	23,3	3,5	0	+++
INT. 231 (mutant SBT)	74,1	14,0	60,1 (3,8)	23,6	2,3	1-2	++
CIRAD 141 (Témoin - T)	72,8	16,0	57,6 (3,8)	24,2	3,0	0	+++

1. Notes de 0 (sans) à 5 (80-100% des grains) - CV%: 5 à 6 répétitions/cultivar, excepté CIRAD 141 avec 23 répétitions  
 2. +++++: exceptionnelle; +++: Très belle; ++: belle; +: médiocre  
 3. Rendement à l'usinage très élevé: très beau grain long fin, translucide; 4. Riz très fin (aiguille), rare, avec très bon arôme  
 SOURCE: Project FACUAL/CIRAD/FAZ. MOURÃO - Equipe CIRAD: J. L. Belot, J. Martin, L. Séguy, S. Bouzinac; Fazenda Mourão: G. L. da Costa, L. Dália Nora, Campo Verde, MT/2006

FIG. 13

**POIDS RACINAIRES (t/ha) DE 2 VARIÉTÉS DE RIZ PLUVIAL EN SCV<sup>1</sup> SUR COUVERTURE DE *Éleusine coracana* Fazenda Mourão - MT/2006**

	CIRAD 141	SBT <sup>3</sup> 69
Poids racinaires <sup>2</sup> (t/ha)	3,505	4,010
	2,747	4,590
	3,440	4,380
	2,910	3,920
Moyenne	3,150	4,225
CV%	12,02	7,44

1. Terre de vieille culture
2. Volumes de sols prélevés = entre 9.900 et 13.950 cm<sup>3</sup>/échantillon
3. SBT 69 = Riz Poly-Aptitude de cycle intermédiaire (105 jours)

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, J. Tallebois - UR1 et UR6 du CIRAD; G. Costa, L. Dália Nora, Fazenda Mourão/MT - 2006







**SÉLECTION RIZ POLY-APTITUDES SEBOTAS (SBT)  
DANS SCV PLUVIAUX- Mato Grosso**







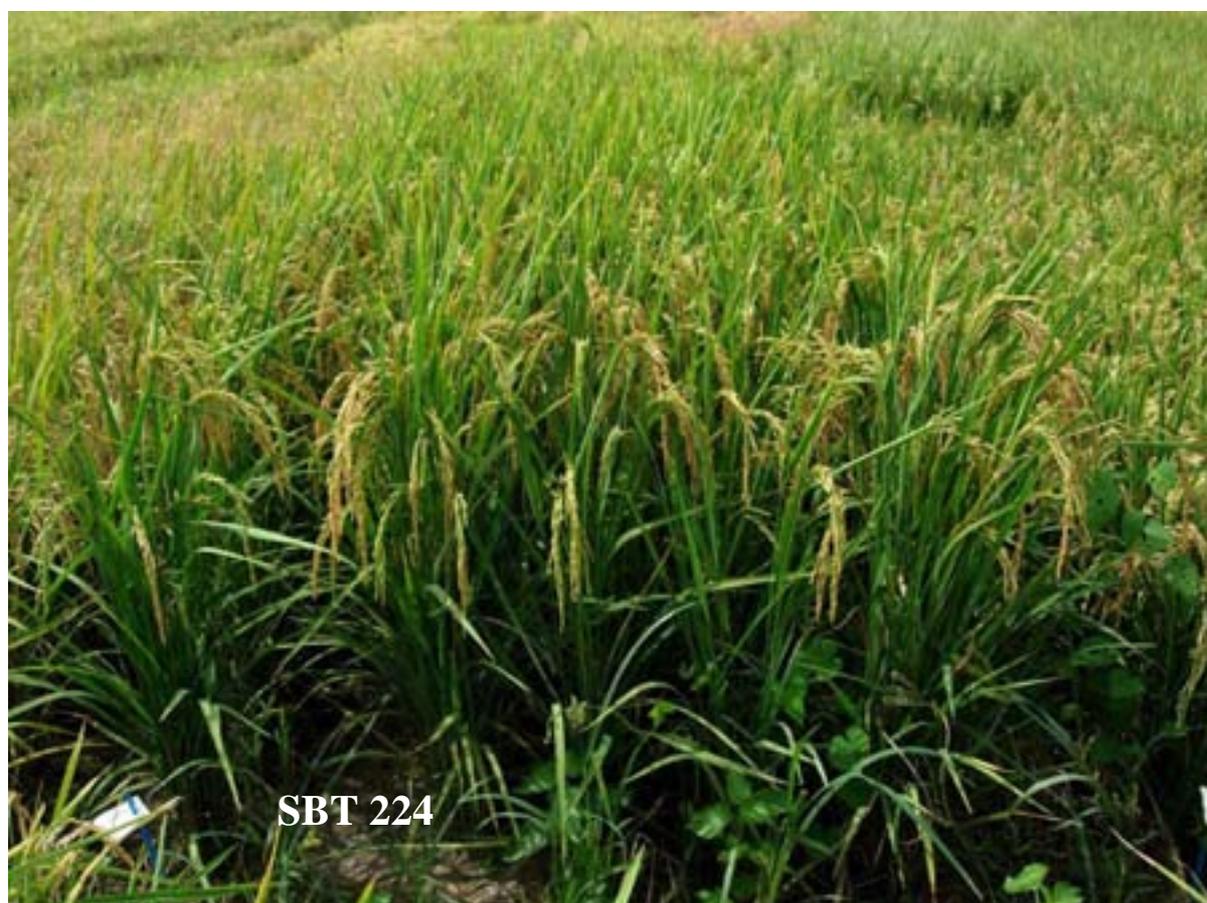


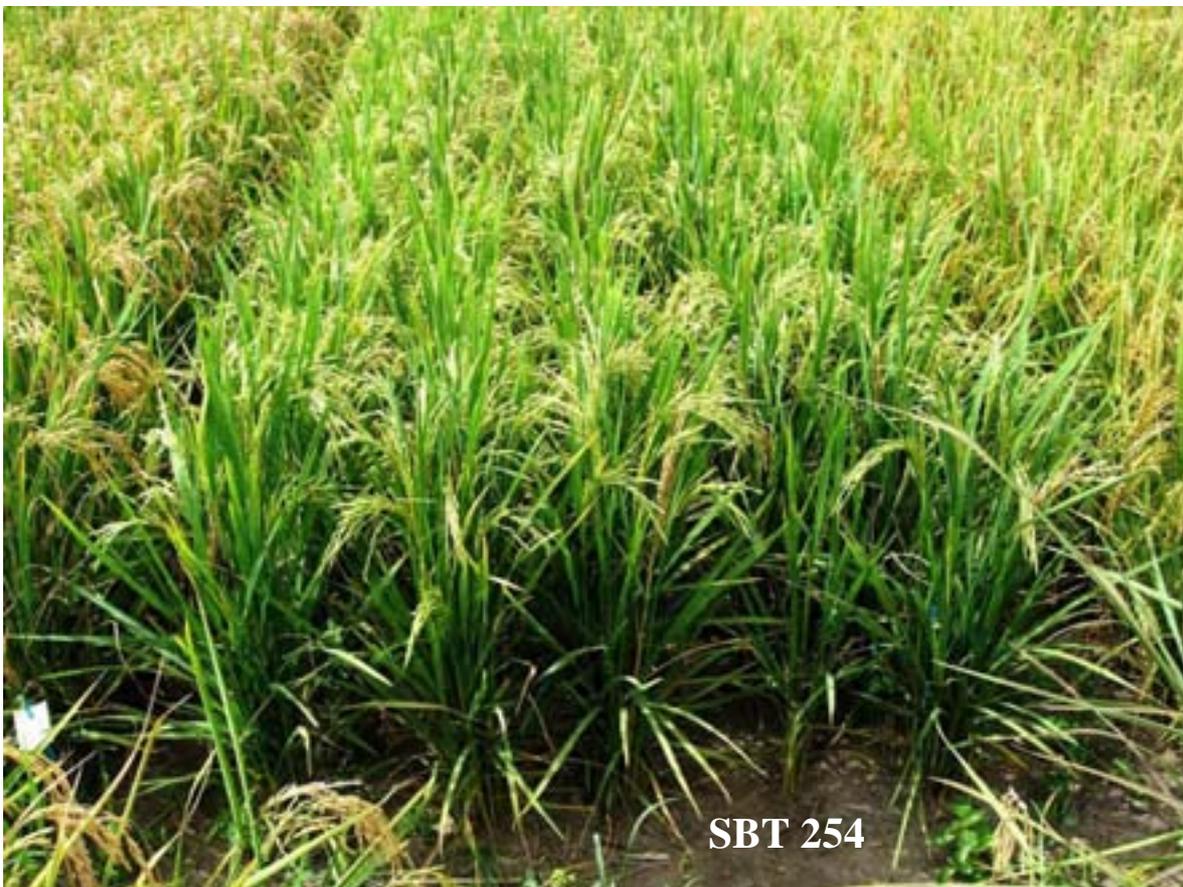
**SBT 68 > 9 t/ha SCV Lac Alaotra (Madagascar)**



**SBT 68 > 9 t/ha SCV Lac Alaotra (Madagascar)**

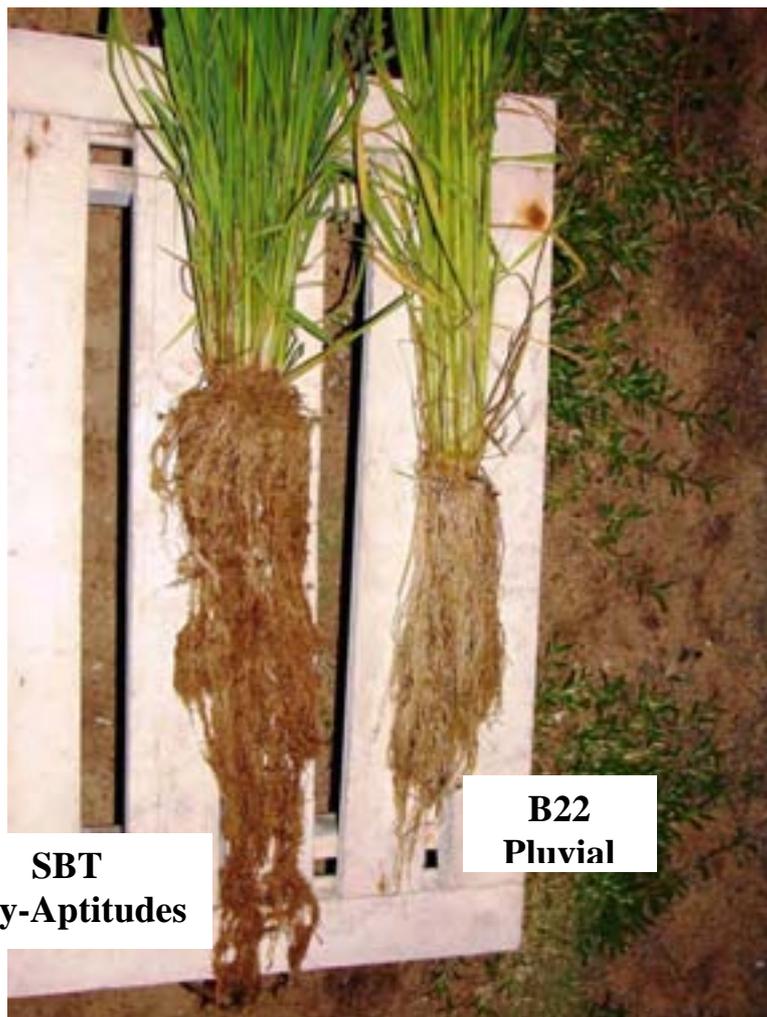






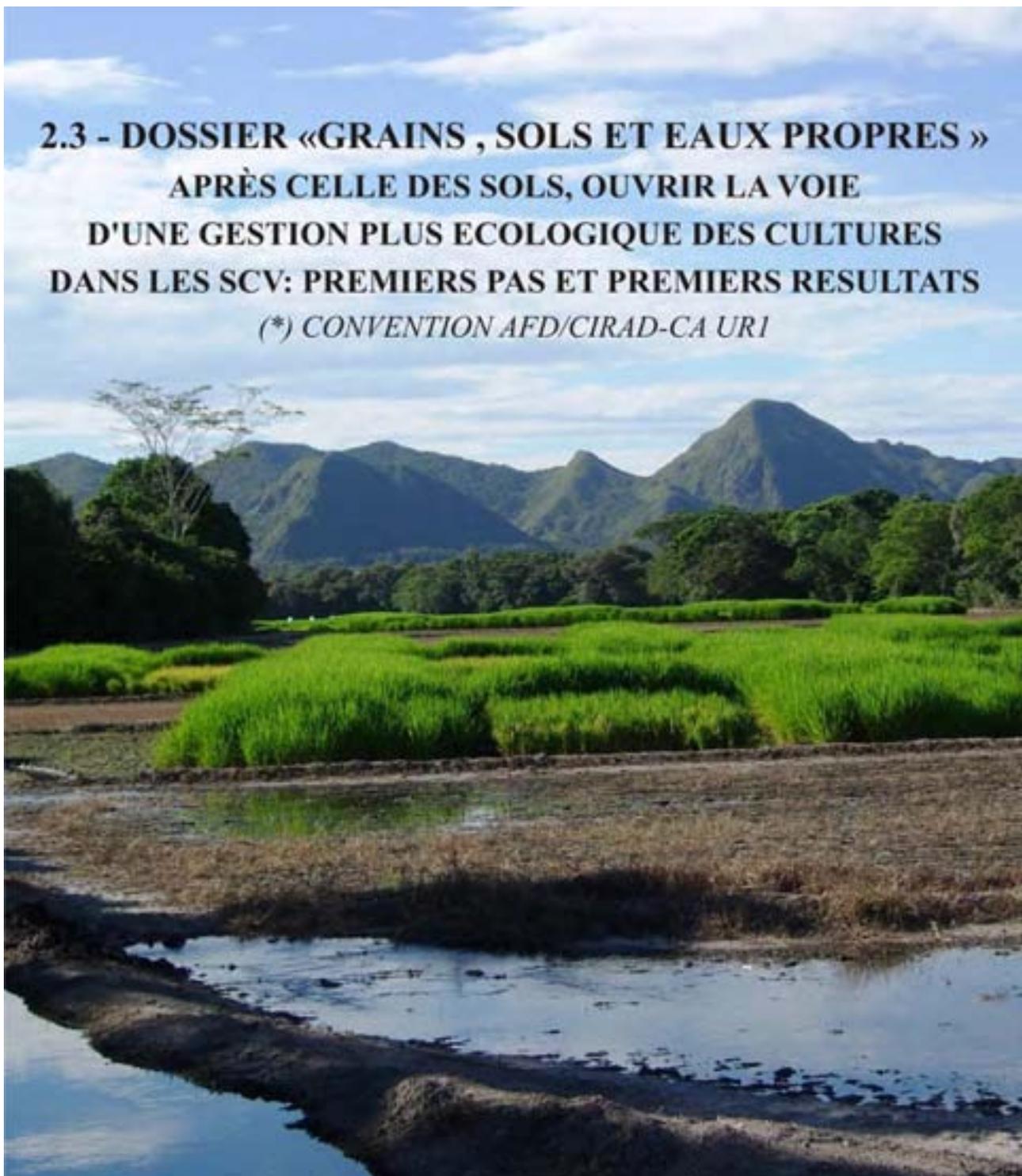


## MORPHOLOGIE SYSTÈMES RACINAIRES



40

**2.3 - DOSSIER «GRAINS , SOLS ET EAUX PROPRES »**  
**APRÈS CELLE DES SOLS, OUVRIR LA VOIE**  
**D'UNE GESTION PLUS ECOLOGIQUE DES CULTURES**  
**DANS LES SCV: PREMIERS PAS ET PREMIERS RESULTATS**  
*(\*) CONVENTION AFD/CIRAD-CA URI*



## 1) RESUME INTRODUCTIF

### **Les acquis à ce jour dans le cadre du PTA<sup>18</sup> : produire mieux et plus en régénérant et protégeant les sols.**

Les SCV fonctionnent biologiquement comme l'écosystème forestier duquel ils se sont inspirés : productivités stables élevées, reproduites au moindre coût, efficacité de l'eau et du cycle de nutriments, regain de biodiversité, résilience, séquestration forte du carbone, qualité biologique des sols constituent les mots-clés du fonctionnement agronomique des SCV.

Les résultats acquis dans le cadre du PTA, démontrent que, par rapport à tous les modes de gestion agronomique des sols connus à ce jour, les SCV, quel que soit l'écosystème (*de 300 à 3.000 mm de pluviométrie annuelle*), confèrent au sol une forte et durable capacité de production, tout en améliorant sa fertilité, boostent ses capacités de régénération-restauration, sa résilience.

**En pratique**, tous les scénarios SCV construits sur le réseau tropical AFD/CIRAD<sup>19</sup>, ont démontré l'efficacité de ces systèmes SCV sur **l'amélioration du bilan hydrique** du profil cultural, en particulier le **contrôle total de l'érosion et la contention du ruissellement**. Cette propriété essentielle des SCV, permet ainsi, à l'évidence, de minimiser les flux d'eau superficiels, donc le transport vers l'aval des nutriments en solution, des colloïdes et des molécules xénobiotiques en général.

Il est évident que ces progrès majeurs apportés par les SCV dans la gestion des sols à l'échelle des unités de paysage n'ont de véritables sens agronomique et environnemental (*concepts et pratiques*) que si la gestion des cultures n'est pas « surchargée chimiquement » (*pesticides, nitrates, métaux lourds, etc...*).

Les **progrès enregistrés dans la gestion plus écologique des sols** doivent donc, à l'évidence, être **complétés par une gestion plus écologique des cultures**, compatible avec des rendements économiques aussi lucratifs et attractifs que les modes de « gestion chimique raisonnée » actuels.

### **Ce qu'il reste à démontrer : garantir la qualité des produits et des ressources naturelles**

Les travaux menés dans le cadre du PTA, conduisent ainsi à l'émergence d'un thème environnemental majeur, à savoir l'impact des SCV sur la qualité des sols, des eaux et des produits récoltés. Dans cet esprit, la priorité des efforts de recherches de l'équipe UR1 du Brésil a été axée, dès 2003, sur la **gestion au plus près du biologique** des cultures en rotation, avec substitution progressive des molécules chimiques les plus polluantes (*nitrates, pesticides*) par des molécules organiques (*qualité biologique des sols, des produits et des eaux*). Le développement de ce thème majeur de recherches intéresse tout le réseau SCV tropical AFD/CIRAD – UR1, qui pourrait intégrer progressivement ce nouveau thème de la maîtrise de la gestion organo-biologique des cultures qui vise à la fois la production d'aliments propres à haute valeur ajoutée et à la minimisation des impacts environnementaux, **soit donner aux agricultures du Sud une compétitivité plus par la qualité des productions que par le productivisme, dans la mondialisation.**

Dans les pays développés du Nord, comme la France qui est le 3<sup>ème</sup> consommateur mondial de pesticides après les Etats-Unis et le Japon (*environ 100.000 t/an de matières actives sont consommées annuellement en France*), les dégâts provoqués par les pesticides sur l'environnement et la santé humaine sont déjà considérables, considérés par les plus grands spécialistes comme très préoccupants, voire alarmants (*Cf. encadré en fin de chapitre « Quelques éléments d'information sur les pesticides »*). De plus, il est à craindre que la concurrence exacerbée (*voire déloyale*) par le processus de mondialisation entre les pays développés d'une part, et entre le Nord développé et le Sud en voie de développement d'autre part, accélère le transfert massif des molécules dangereuses interdites au Nord vers les pays pauvres au Sud, qui n'ont ni les moyens de suivre, ni d'évaluer et encore moins de contrôler les

<sup>18</sup> PTA = Programme Transversal Agro-écologie financé par l'AFD (Agence Française de Développement) qui considère le CIRAD comme maître d'œuvre pour diffuser le Semis Direct sous les tropiques en Afrique, à Madagascar et en Asie (*Tunisie, Maroc, Cameroun, Mali, Madagascar, Laos, Cambodge, Vietnam*)

<sup>19</sup> Cf. DOSSIER AFD/CIRAD = Le semis direct sur Couverture Végétale permanente (SCV) - 2006

conditions d'utilisation et les impacts les plus nocifs de ces molécules toxiques sur l'homme et l'environnement, et ne conduise ainsi à renforcer la série des catastrophes humanitaires (*plus de 20.000 t de matières actives interdites au Nord ont déjà été transférées au Sud selon la FAO – Cf. encadré en fin de chapitre*).

Cet argument, au cœur de notre mission de lutte contre la pauvreté, allié à une pression de plus en plus forte de la société civile en général en faveur d'une alimentation parfaitement saine dans un environnement protégé et propre, militent pour que les recherches sur ces thèmes prennent rapidement de plus en plus d'importance, avant qu'il ne soit trop tard.

La consolidation du dispositif déjà en place au Brésil et la mise en œuvre en cours d'observatoires complémentaires dans les pays pilotes permet d'engager d'ores et déjà une première évaluation/comparaison entre gestion chimique et plus organique des cultures dans les SCV, (« *débroussaillage* » du sujet) dans une démarche expérimentale au cœur de la diversité des systèmes SCV qui vise d'abord à diminuer significativement l'usage des pesticides dans une nouvelle agriculture plus écologique qui s'adresse plus aux « écosystèmes cultivés » qu'aux agrosystèmes actuels de l'agriculture productiviste.

## 2) OBJECTIFS DE L'ETUDE

Caractériser l'apport des technologies SCV pour répondre au défi d'une agriculture à la fois réellement durable et propre, impose, dans une première phase (2005/2006) de faire le point, au Brésil, sur le développement des méthodes et sur les premiers résultats relatifs aux questions suivantes :

- **Les méthodes d'évaluation des impacts des SCV** sur la production de produits propres et la préservation de la qualité des ressources en eau et sol ;
- **La production « au plus près du biologique »** dans un environnement protégé : passer progressivement du tout chimique actuel au chimique + biologique, puis au biologique ;
- **La fourniture d'aliments exempts de tout résidu agrottoxique** dans des sols biologiquement sains ;
- **La garantie de qualité des eaux de percolation du profil cultural, exemptes de nitrates et de xénobiotiques.**

## 3) MISE EN ŒUVRE ET METHODOLOGIE

• **Il s'agit, dans cette première phase, d'abord de mettre au point les itinéraires techniques SCV contenant de moins en moins de molécules chimiques les plus polluantes (*nitrates, pesticides*)** dans une dynamique de gestion qui va de la gestion chimique actuelle, vers une gestion de plus en plus organique, tout en maintenant des coûts de production et des productivités comparables à ceux des itinéraires chimiques actuels. **L'expérimentation** est consacrée, en premier lieu à l'ajustement des doses efficaces et économiques de produits organiques : doses efficaces et économiques, combinées ou non à des molécules chimiques x stades physiologiques des cultures en rotation.

- **Elle est intégrée aux «matrices des systèmes» des grandes écologies**, comme sous traitement des traitements principaux Systèmes de Culture :
  - Cerrados au **Brésil** (*matrice de Campo Verde sur culture cotonnière très chargée en molécules chimiques*)
  - Sols ferrallitiques et alluviaux à **Madagascar** (*agriculture pluviale et bas fonds*)
  - Idem au **Laos** (*provinces de Xieng Khouang et de Sayabouri*)
  - Idem au **Cambodge** (*province de Kampong Chan*) sur sols rouges ferrallitiques érodés sur basalte et sur rizières hautes sableuses et de sols noirs
  - **En France**, sur sols argilo-calcaires des grandes régions céréalières (*exploitations de J.C. Quillet et H. Charpentier*)

(\*) **Les expérimentations ont couvert 4 ans au Brésil** ; les résultats présentés portent sur les 2 dernières années, les 2 premières ayant été consacrées à la « cuisine expérimentale » de mise au point des itinéraires techniques appropriables et compétitifs par rapport aux itinéraires actuels « tout chimique ». **En France**, comme au Brésil, les résultats portent sur les 2 dernières années.

**Les résultats obtenus à Madagascar** ne porteront que **sur l'année 2004/05**, des grèves de plus de 6 mois des douanes brésiliennes ayant bloqué l'acheminement des produits organiques vers Madagascar (*les travaux de recherches se poursuivent en 2006/07*).

**En Asie (Laos et Cambodge)**, ces études ne débutent qu'à partir de 2006 (*même difficulté que pour Madagascar d'acheminement des produits en raison de la longue grève des services douaniers brésiliens*), et vont ainsi bénéficier des acquis de Brésil, de Madagascar et de France pour avancer plus rapidement dans la voie des « aliments sols et eaux propres ».

• **Les produits organiques** utilisés sont fournis par la société **Elvisem A.G.**<sup>20</sup>, dont le siège est en Suisse. Les produits organiques fournis par leur filiale brésilienne sont : Produit de traitement de semences (*SS 3*), activateur de la microflore du sol (*Kompost*), humus liquide (*Humus liquide*), éliciteurs (*EP4, EP5, EP6*), dérivé insecticide du Neem (*Ty 10*).

Les produits Elvisem sont issus de matière organique fermentée, d'argile et d'extraits végétaux, la matière première pouvant être la canne à sucre, des résidus alimentaires, donc des ressources facilement renouvelables. La capacité de l'usine Elvisem Brésil est déjà élevée = 60 t/semaine pour l'humus liquide, environ 30 t/semaine pour les produits Eliciteurs et les dérivés du Neem.

Ces produits Elvisem sont labellisés pour l'agriculture organique et biologique en Europe et au Brésil, et vont recevoir le label d'utilisation pour les USA et le Japon (*en cours*).

• **L'analyse principale porte dans cette première étape de mise au point et d'évaluation à la fois sur la productivité et les coûts comparés** des divers itinéraires techniques SCV x modes de gestion différenciés des cultures (*chimique, chimique + organique, au plus près de l'organique*) et **sur l'état de «propreté globale des sols et des grains» en utilisant la méthode LUKE** appliquée aux échantillons de sols et de grains.

• **Un modèle conceptuel est élaboré pour servir de support d'action à la recherche** (Cf. *séquence des Figures 1 à 5*) qui attire les réflexions suivantes pour l'action :

• **Dans les SCV**, contrairement au sol cultivé ou sous TCS, **le sol est toujours couvert, protégé des atteintes directes du climat et des molécules pesticides** ; ce couvert conséquent et permanent de surface qui peut être une couverture morte (*pluri - stratifiée ou non suivant les conditions de minéralisation*) ou vivante (*espèces mono spécifiques à stolons + rhizomes*), constitue une barrière de protection extrêmement efficace pour le sol. De plus, le profil cultural est le siège d'une activité biologique permanente et très intense en climat chaud et humide (*ZTH*) et les xénobiotiques que le sol intercepte en surface passent obligatoirement par une « Digestion-Minéralisation » très poussée avec leur propre support (*pailles ou couverture vivante*).

• **Ce "biodigesteur" transforme les résidus végétaux** (*pailles, mais aussi stolons et rhizomes empilés des couvertures vivantes*), **mais également les molécules pesticides associées**, en molécules de plus en plus simples ; le temps de digestion des couverts végétaux varie en fonction du climat (*P mm, t °C, H*), de la nature des couverts (*lignine, cellulose, cires polyphénols, polysaccharides, etc...*) et de leur structure physique qui conditionne leur contact avec le sol et sa vie biologique (*structures feuilletées ou non, denses ou non, attractive ou non*).

<sup>20</sup> Nous adressons nos plus vifs remerciements à ELVISEM Brésil (Mr Pierluigi Semenza et Matthew Gehring) pour son appui constant et son professionnalisme.

*pour la faune, etc...)* ; mais, même dans les situations les plus favorables à la vitesse de décomposition (*en ZTH*), le temps de décomposition, pour des couverts végétaux très importants ( $> 15 - 20$  t/ha de matière sèche), dure plusieurs semaines, voire plusieurs mois, soit un temps de séjour assez long dans le biodigester pour que les molécules xénobiotiques puissent être profondément transformées, simplifiées.

#### **D'où l'hypothèse : les SCV sont-ils des systèmes auto-épuration ?**

Il est évident qu'au cours de cette première étape d'investigation – débroussaillage sur la gestion plus écologique des cultures dans les systèmes SCV qui visent l'allègement de la charge chimique la plus polluante sans dommages économiques, les recherches fines que nécessitent les compartiments I, II, III et IV des figures 1 à 5 ne pourront être abordées au cours de cette étude.

### **4) PREMIERS RESULTATS : FAISABILITE DES SYSTEMES SCV AVEC CHARGE CHIMIQUE ALLEGEE ET COMPLEMENTS ORGANIQUES (C + O)**

#### **4.1 REGLES DE GESTION OPERATIONNELLE DES CULTURES**

Au-delà de la recherche des doses efficaces de produits organiques à employer, des moments physiologiques des cultures les plus propices, des mélanges possibles entre produits organiques et entre produits organiques et chimiques, des prises de décision ont dû être faites en permanence pour ajuster au coup par coup les traitements les plus efficaces notamment en ce qui concerne la gestion des ravageurs dans les cultures : ainsi, les produits organiques ont toujours été utilisés en premier ; en cas de réponse ou d'efficacité insuffisantes, ils ont été complétés par des traitements chimiques employés donc comme recours ; des mélanges entre produits organiques et chimiques ont été ainsi peu à peu mis au point pour répondre aux exigences technico-économiques des itinéraires techniques ; au fur et à mesure des progrès reproductibles réalisés, des fiches de recommandations (*encore très perfectibles*) pour la conduite «chimique allégé + organique» des différentes cultures en rotation dans les SCV, ont été élaborées (*Cf. Fiches simplifiées de recommandation en annexe D, en fin de chapitre*).

Le mode de gestion "totalement organique" (*hors herbicide*) n'a été travaillé qu'en première année, pour situer ses performances agronomiques et technico-économiques des cultures par rapport aux systèmes en vigueur actuellement aussi bien au Brésil, qu'en France ou à Madagascar.

C'est sur le mode de gestion mixte "chimique allégé + organique" (C + O), qui est la première perspective évidente d'évolution des systèmes actuellement "tout chimique", que se sont concentrés les travaux de recherches appliquées en 2<sup>o</sup> année au Brésil et en France (*1<sup>o</sup> étape d'évolution possible du "tout chimique"*)

#### **4.2 PREMIERS IMPACTS DES MODES GESTION PLUS ECOLOGIQUE DES CULTURES DANS LES SYSTEMES DE CULTURE : moins de pesticides, moins de passages de machines, moins d'engrais**

Les figures 6 à 21, qui réunissent les principaux résultats obtenus dans les divers agrosystèmes, mettent en évidence :

**Une réduction toujours très importante de la charge chimique sur les modes (C + O) et (O) par rapport au mode actuel tout chimique (C), en toutes situations =**

- **Au Brésil**, par exemple, sur le **cotonnier de haute technologie** (*productivité pluviale record du monde, entre 4 et 5 t/ha de coton-graine*), qui est la culture la plus «chargée» en pesticides, le nombre de traitements et passages de pulvérisateur est passé de **18** pour le mode chimique (C) à **13** pour le mode "chimique allégé + organique" (C + O) [*Fig. 6*] ; sur le **cotonnier de «safrinha»** (*coton de succession avec moins d'intrants*),

**le nombre de traitements pesticides** et de passages d'engin a été réduit à **6**. L'examen des **populations de ravageurs** évaluées sur divers SCV (*biomasses de couverture différentes*), conduits en mode (C) et (C + O), montre que la pression des ravageurs les plus nuisibles a tendance, en moyenne, à être **nettement plus faible sur le mode (C + O) que sur (C)** (Fig. 7).

**Sur culture de soja**, le nombre de traitements fongicides obligatoires sur la rouille asiatique (*Phakopsora pachyrhizi*) est passé de 3 traitements sur le mode de gestion (C) (*Tebuconazole*) à 1 sur le mode (C + O) à Campo Verde (*Sud-est du Mato Grosso*) et à zéro sur ce même mode à Lucas do Rio Verde (*Centre Nord Mato Grosso*) [Fig. 15].

**Les niveaux de fumure**, et particulièrement les doses de **N et K** ont été **réduits de 50%** sur les cultures de coton, riz et soja.

- **A Madagascar**, le mode de gestion (C + O) a été combiné à la fertilisation organique seule (*fumier = 5 t/ha*), et au fumier + fumure minérale faible PK, toujours sans aucune fumure azotée.

- **En France**, par rapport au niveau tout chimique (C), sur le mode (C + O) **les doses d'azote** sur blé dur, blé tendre et orge ont été **réduites de 26 à 65%**, et les **fongicides ont été supprimés** sur ces cultures, substitués par des éliciteurs organiques.

#### 4.3 IMPACTS DES MODES DE GESTION DES CULTURES SUR LEUR PRODUCTIVITE DANS LES SYSTEMES

- **Au Brésil, à Lucas do Rio Verde** dans le Centre Nord Brésil, l'ajustement rapide du mode de gestion (C + O) conduit à des productivités des cultures, au moins égales à celles du mode tout chimique (C) : ce résultat s'applique aux cultures de riz, soja et coton en SCV, (*Fondation Rio Verde*) [Fig. 8 et 12].

**Dans le Sud-est Mato Grosso, sur la matrice des systèmes de Campo Verde**, où les techniques de gestion des cultures sont mieux contrôlées et mieux maîtrisées (*plus performantes*), le mode de gestion (C + O) est nettement plus productif que le mode chimique (C) sur la culture cotonnière de « safrinha » : sur les 2 années, les gains de productivités de (C + O) par rapport à (C) vont de 21% à 60%, en fonction des cultivars utilisés (*CD 409, FB 966*) ; les écarts de rendements sont les plus élevés entre (C + O) et (C) en SCV sur très forte biomasse de Sorgho + (*Brachiaria ruzi. + Cajanus cajan*) (*> 17 t/ha de M.S.*) = + 54% et + 59% pour les variétés CD 409 et FB 966 respectivement ; les rendements respectifs des 2 variétés sont de 3.667 kg/ha et 3.194 kg/ha de coton graine, en présence d'un niveau très faible de fumure minérale = 70 N + 31 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 68 K<sub>2</sub>O + oligo-éléments/ha, qui ne compense pas les exportations de nutriments par les grains en N et K (Fig. 9, 10 et 14).

**Sur soja en 2006, sur le même site**, le mode de gestion (C + O) produit 4.147 kg/ha contre 3.282 kg/ha avec le mode tout chimique (C), soit un gain de rendement de + 26% en faveur de (C + O) [*Cultivar Monsoy 6101 – Fig. 15*].

- **Sur la culture de soja à Sinop en 2005, dans l'écologie des sols ferrallitiques des forêts humides du Sud du bassin amazonien**, l'itinéraire technique chimique allégé + complément organique, obtient un rendement de 4.278 kg/ha contre 3.583 kg/ha pour l'itinéraire chimique de référence, soit 19% de plus (Fig. 11).

- **A Madagascar, sur la culture de riz, en 2005 :**

Les figures 16 à 19, réunissent les principaux résultats et attirent les premières conclusions suivantes :

- **Le mode de gestion (C + O)** (*Chimique allégé + complément organique*), par rapport à (C) (*chimique*), permet **des gains de rendements qui vont de 5 à 14% pour la culture de riz**, quelles que soient les conditions de culture : pluviales ou irriguées avec mauvaises maîtrise de l'eau, labour ou SCV, lorsque, seule une fumure organique est appliquée (*5 t/ha de fumier*);
- **En présence de fumure minérale légère**, les rendements (C + O) se montrent par rapport à (C):
  - Légèrement supérieurs sur rizières hautes, aussi bien sur SCV que sur Labour ;
  - Supérieures de 9% sur SCV en sols ferrallitiques, équivalents sur labour ;
  - Inférieurs de 10 à 15% sur baibohos, sols à très fortes potentialités, sur lesquels le rendement moyen SCV est supérieur de 18% à celui sur labour : 5.590 kg/ha contre 4.753 kg/ha ;

Les SCV, à de rares exceptions près, sont toujours nettement plus productifs que le labour, même sur les sols les plus riches.

• **En France**, sur les sols bruns argilo-calcaires à hautes potentialités, supports de la grande agriculture céréalière française (*Fig. 20, 21 et 26*) :

▪ **A Issoudun, en 2005**, 1<sup>o</sup> année d'ajustement des itinéraires techniques SCV (C + O) et (O), par rapport au "tout chimique raisonné" (C) :

- le mode de gestion (O) (*au plus près du biologique*) sans azote, ni fongicide, produit 4.600 kg/ha de blé tendre (*cv. Cap Horn*), soit 37% de moins que le mode (C+O) en SCV;
- le mode (C + O) x SCV ne produit que 9% de moins que le mode (C) x Labour le plus pratiqué dans la région ;
- le mode (C) x SCV est le plus productif avec 7.300 kg/ha ;
- sur orge, tout cultivé en SCV, par rapport au mode (C), (C + O) produit 9% de moins et (O) 18% de moins.

**En 2006, sous fort déficit hydrique en pleine phase de remplissage des grains**, les rendements en blé dur (*cv. Joyau*), sont respectivement, en fonction des modes de gestion des sols et des cultures, Labour x (C), SCV x (C), SCV x (C + O) = 5.470 kg/ha, 5.520 kg/ha et 5.050 kg/ha. Sur orge de printemps (*cv. Sebastian*), en fonction des mêmes traitements = 3.140, 3.520 et 3.010 kg/ha.

Dans tous les cas, le mode (C) x SCV est le plus productif.

▪ **A Montlouis**, dans les mêmes conditions de réalisation qu'à Issoudun, excepté que la culture de blé tendre (*cv. Apache*) est pratiquée exclusivement en Semis Direct :

- En 2005, les rendements sont de 6.500 kg/ha sur SCV x (C) , contre 5.800 kg/ha de SCV x (C + O) et 4.700 kg/ha de SCV x (O) ;
- En 2006, avec le même cultivar Apache, conduit avec irrigation de complément au cours de la phase critique de remplissage des grains, les rendements sont de : 7.900 kg/ha sur SCV x (C), contre 6.900 kg/ha sur SCV x (C + O).

#### **4.4 IMPACTS DES MODES DE GESTION DES SOLS ET DES CULTURES SUR LES PERFORMANCES ECONOMIQUES DES SYSTEMES : Economies monétaires et environnementales certaines.**

**Au Brésil**, sur les itinéraires SCV x (C + O), encore en voie d'amélioration, **la baisse des coûts** de production est régulière et accompagne le niveau de maîtrise technique : elle peut être estimée, en moyenne entre **5 et 20%**, en fonction des cultures (*économies opérationnelles, d'engrais, de pesticides*).

(\*) Les performances économiques, à grande échelle, seront évaluées en 2007 ; la grande échelle est incontournable pour évaluer avec rigueur les mouvements et populations de ravageurs.

**En France, à Issoudun, où les performances technico-économiques des systèmes ont pu être évaluées avec précision** et en grandes parcelles, les résultats résumés sont les suivants (Fig. 22, 23, 24, 25 et 26) :

- **En 2005, sur blé tendre cv. Cap Horn et sur orge de printemps**

Systèmes	Coûts de Production (CP)				Marges Brutes* (MB)			
	Blé (€/ha)	(%)	Orge (€/ha)	(%)	Blé (€/ha)	(%)	Orge (€/ha)	(%)
Labour x (C)	520,14	100	-	-	123,0	100	-	-
SCV x (C)	465,6	90	306,2	100	235,2	191	216,3	100
SCV x (C + O)	406,1	78	303,5	99	169,9	138	171,5	79
SCV x (O)	273,3	52	283,5	93	67,7	55	143,9	67

(\*) Hors subsides

- **En 2006, sur blé dur cv. Joyau et orge de printemps cv. Sebastian et en conditions climatiques fortement limitantes**

Systèmes	Coûts de Production (CP)				Marges Brutes* (MB)			
	Blé (€/ha)	(%)	Orge (€/ha)	(%)	Blé (€/ha)	(%)	Orge (€/ha)	(%)
Labour x (C)	566,14	100	431,43	100	309,14	100	71,00	100
SCV x (C)	512,16	90	326,88	76	371,04	120	216,32	333
SCV x (C + O)	492,52	87	335,83	78	315,48	102	145,77	205

(\*) Hors subsides

**Au total**, par rapport à l'itinéraire technique le plus pratiqué dans la région, représenté par le Labour x (C), **le système combinant SCV et mode de gestion de la culture (C + O)** permet, simultanément et significativement :

- de **baiss**er les coûts de production sur les céréales,
- **d'augment**er les marges brutes,
- de **diminuer l'impact sur l'environnement** (réduction importante des doses d'azote de 26 à 65%, suppression des fongicides).

#### 4.5 IMPACTS SUR LA QUALITE BIOLOGIQUE DES GRAINS ET DES SOLS :

**Les SCV sont toujours les systèmes les plus propres sous les tropiques, sur les cultures à forte charge chimique telle que le coton**

**Au total, plus de 150 molécules ont été recherchées** dans des échantillons de grains et des sols issus des divers modes de gestion des sols et des cultures comparés (*Méthode de Luke modifiée – Cf. références bibliographiques en annexe, fin de chapitre. Laboratoire CTAEX, Badajoz, Espagne*)

**Les analyses de résidus de pesticides, sont réunies dans les figures 27, 28, 29, 30, et mettent en évidence :**

- **En France**, excepté 2 échantillons de grains pollués accidentellement par des résidus de Malathion et de Primifos-méthyl rencontrés dans une remorque de transport lors de la récolte, tous les échantillons de grains et sols sont exempts de résidus de pesticides dans

les limites de capacité d'analyse (LQ) ; tous les systèmes pratiqués au champ sont donc «propres» au sens de l'analyse.

- **Par contre au Brésil**, sur la culture de coton de haute technologie la plus « chargée » en pesticides, à l'instar de l'impact sur la productivité, les systèmes de culture impriment des impacts différenciés sur la qualité biologique des sols et des grains, de la matrice des systèmes de Campo Verde :
  - o **Le système T1, labour x Monoculture coton** se révèle le plus touché par la pollution pesticide :
    - Sur grains et fibres : doses de 0,07, de 0,32 et de 1,90 mg/kg de Cyperméthrine ( $LQ = 0,02$ ) sur les 3 échantillons analysés ;
    - Sur sols : doses de 0,03 mg/kg de Tetraconazol ( $LQ = 0,01$ ), sur 1 des 3 échantillons analysés ;
  - o **Le Système de semi-direct T2 (TCS)**, est également pollué, mais à un degré moindre, par les mêmes molécules :
    - Sur grains et fibres : doses de 0,03, de 0,20 et 0,22 mg/kg de Cyperméthrine ( $LQ = 0,02$ ) sur les 3 échantillons analysés ;
    - Sur sols : dose de 0,02 mg/kg de Tetraconazol ( $LQ = 0,01$ )
  - o **Les systèmes SCV**, combinés aux modes de gestion de la culture cotonnière (C), (C + O) et (O), **sont totalement exempts de résidus de pesticides** dans les limites des capacités d'analyse.
  
- **A Madagascar, en 2005**
  - **Les premières analyses de résidus de pesticides** dans les grains et les sols et mettent en évidence :
    - **La présence de résidus de DDE (dérivé du DDT)** en quantité très faible de 0,01 mg/kg de sol, très inférieure aux normes de tolérance<sup>21</sup>, mais néanmoins toujours constante aussi bien sur tanety que sur baibohos. Cette présence est à imputer probablement aux quantités importantes et indiscriminées de DDT utilisées avant son interdiction, pour contrôler les ravageurs du sol endémiques à Madagascar, qui sont capables de détruire totalement la culture de riz ;
    - A noter également **la présence, à hauteur de 0,03 mg/kg de sol, de pendimatheline sur sol de Tanety**, qui bien que très faible, montre bien la nécessité d'encadrer strictement l'utilisation de ces molécules pesticides ;
    - Exceptées ces 2 molécules décelées, tous les échantillons de sol et de grains sont "propres", compte tenu de la capacité d'analyse des meilleurs équipements de détection en laboratoire: toutes les analyses de sols et de grains sont inférieures à LQ (*limite de quantification*).
  
  - **Ces résultats**, bien que considérés comme encore **orientatifs**, indiquent une **nette tendance à la pollution des sols et des grains dans les systèmes de monoculture, ceci d'autant plus que le travail du sol est important et que les cultures sont très «chargées» en pesticides (cas du coton de haute technologie au Brésil dans la ZTH)**. Dans les SCV, le sol est protégé de l'impact direct des molécules par une épaisse couverture morte ou vivante, et la forte activité biologique, constamment entretenue dans ces systèmes, doit permettre une décomposition rapide et profonde des molécules

<sup>21</sup> Par exemple, l'eau fait l'objet de normes (*décret du 03/01/89*): la concentration d'un pesticide ou produit apparenté doit être inférieure à 0,1 microgramme/litre et la somme de tous les pesticides ne doit pas dépasser 0,5 microgramme/l.

**Des normes beaucoup plus basses que celles-ci, ou celles fixées par la capacité d'analyse ne garantissent pas pour autant leur innocuité. L'idéal est le « zéro pesticide ».**

pesticides recueillies par la couverture ; sols et grains sont exempts de résidus ce qui renforce notre hypothèse sur le caractère « auto-épurateur » des SCV.

**La comparaison des teneurs en protéines sur soja au Brésil**, aussi bien à Sinop (*écologie des forêts du Sud amazonien*) qu'à Campo Verde (*écologie des Cerrados*), sur SCV, entre mode de gestion tout chimique (C) et chimique allégé + organique (C + O), montre que le **mode (C + O)** permet de produire des **soja plus riches en protéines, de 1 à 2%** (Fig. 11 et 15) [*Résultat qui pourrait permettre de négocier un prix différencié au producteur*].

## 5) CONCLUSIONS

**Ces premiers travaux de recherches, considérés comme une opération de «débroussaillage»** sur la voie d'une production alimentaire de qualité, des sols et des eaux plus propres, plus en conformité avec les normes et seuils de nuisibilité aussi bien pour l'environnement que pour la santé humaine (*cf. infos en annexe*), montrent qu'il est possible rapidement, en partant des systèmes de culture SCV (*qui permettent déjà de contrôler les externalités et de réduire naturellement les besoins en intrants chimiques*) de réduire significativement la charge chimique polluante = engrais azotés, pesticides, dont en premier lieu les insecticides et les fongicides, aussi bien en zone tropicale humide (ZTH) qu'en climat tempéré (France).

Les SCV, dont les cultures en rotation sont gérées avec mode chimique allégé + organique compensateur (C + O), cheminent rapidement et sûrement vers la réduction des impacts environnementaux, en diminuant très significativement la charge chimique des cultures. Les résultats économiques qu'ils procurent sont très rapidement lucratifs et de moindre risque économique que les systèmes les plus utilisés actuellement (*TCS, travail du sol combiné à une faible biodiversité*).

**Les recherches sur cette grande thématique de la production d'aliments propres** (*vers la tolérance zéro résidus, xénobiotiques, en général*), dans un environnement protégé (*qualité biologique des sols et des eaux, regain de biodiversité*), **est au cœur des préoccupations prioritaires de la société civile en général** ; elles méritent donc d'être poursuivies et également approfondies pour mieux comprendre et expliquer les mécanismes qui président à la dynamique des pesticides, des nitrates et des xénobiotiques dans les 4 grands compartiments d'études des relations Sols – Cultures : Le compartiment I, aérien, le compartiment II relatif aux litières ou couvertures vivantes, qui est propre et spécifique aux SCV, et qui joue un rôle fondamental d'interception - épuration avec le compartiment III qui concerne la rhizosphère, et le IV qui traite de la charge des eaux de drainage profond (*Cf. Modèle conceptuel simplifié ; L. Ségué, 2005*).

**Autre perspective d'étude très importante**, dans ce cheminement entrepris dans le sens d'une meilleure maîtrise de la qualité de nos aliments et de notre environnement : **Comment et par quoi substituer les molécules herbicides ?** aussi bien les herbicides totaux du type Glyphosate, qui servent essentiellement à la dessiccation des biomasses de couverture dans les SCV et les TCS et en post-émergence des cultures OGM RR, que les herbicides post-émergents divers utilisés sur les cultures en croissance.

Les SCV à très forte biomasse de couverture permettent déjà de réduire au minimum les populations d'adventices dans les cultures (*Cf. Travaux L. Ségué, S. Bouzinac et al. , 2001 - 2006*) et offrent une première alternative très importante à la voie des OGM RR : les SCV « minimum ou zéro intrants », développés pour les petites agricultures familiales à Madagascar et en Asie, en sont des exemples très illustratifs et déjà convaincants.

Dans cette perspective, l'équipe CIRAD UR1 du Brésil (*L. Séguy et S. Bouzinac*) a déjà entrepris des travaux de recherches pour supprimer – substituer la charge herbicide des cultures en SCV, qu'il va faire partager à tous les membres du réseau tropical AFD/CIRAD ; une fois ce problème résolu, l'agriculteur pourra disposer d'une « agriculture plus écologique » qui s'exercera alors dans de véritables « écosystèmes cultivés », pour le bénéfice de tous.

**En Annexe :**

- A- Fiche CTAEX sur molécules analysées,**
- B- Dossier pesticides « quelques infos »**
- C- Quelques éléments bibliographiques sur la méthode de Luke modifiée**
- D- Nos fiches d'application de produits organiques**

## ANNEXE A - FICHE DES PESTICIDES ANALYSÉS par la méthode de Luke modifiée – Laboratoire CTAEX Vilafranca de Gadiano, Apdo Correos 435 - Badajoz - Espagne

Pesticide	Limite de Quantification (LQ)	Pesticide	Limite de Quantification (LQ)	Pesticide	Limite de Quantification (LQ)
Acefato	0.02	Dimetoato	0.02	Orto-fenilfenol	0.01
Acrinatrina	0.01	Diniconazol	0.01	Oxadixil	0.05
Alacloro	0.05	Disulfoton	0.02	Oxifluorfen	0.01
Aldrín	0.01	Endosulfan-alfa	0.01	Paclobutrazol	0.01
Antraquinona	0.01	Endosulfan-beta	0.01	Paration	0.01
Atrazina	0.10	Endosulfan-sulfato	0.01	Paration-metil	0.01
Azinfos- etil	0.05	Endrin	0.01	Penconazol	0.01
Azinfos-metil	0.05	Esfenvalerato	0.02	Pendimetalin	0.05
Azoxistrobin	0.01	Etion	0.10	Pentaclorobenceno	0.05
Benalaxil	0.05	Etofenprox	0.01	Permetrina	0.03
Benfluralina	0.01	Etoxiquina	0.01	Pirazofos	0.05
Bifentrin	0.01	Etridiazol	0.05	Piridaben	0.01
Bioaletrina	0.01	Fenamifos	0.02	Piridafention	0.05
Bitertanol	0.05	Fenarimol	0.01	Pirifenox	0.01
Bromacilo	0.05	Fenazaquin	0.01	Pirimetanil	0.01
Bromopropilate	0.01	Fenbuconazol	0.01	Pirimicarb	0.01
Bupirimate	0.02	Fenhexamida	0.05	Pirimifos-etil	0.01
Buprofezin	0.01	Fenitroton	0.01	Pirimifos-metil	0.01
Butóxido de piperonilo	0.02	Fenotrina	0.01	Piriproxifen	0.01
Cadusafos	0.03	Fenpropatrina	0.02	Procimidona	0.01
Captan	0.10	Fention	0.01	Procloraz	0.05
Carbofenotión	0.02	Fenvalerate	0.02	Profenofos	0.05
carbofurano	0.01	Fipronil	0.01	Prometrina	0.05
Cihalotrina-lambda	0.01	Fludioxonil	0.01	Propargita	0.01
Ciflutrina	0.02	Fluquincozanol	0.01	Propazina	0.01
Cimoxanilo	0.05	Fluzilazol	0.01	Propiconazol	0.03
Cipermetrina	0.02	Fluvalinato-tau	0.01	Propizamida	0.01
Ciproconazol	0.01	Folpet	0.10	Protiofos	0.02
Ciprodinil	0.01	Fonofos	0.10	Quinalfos	0.05
Ciromazina	0.05	Forato	0.05	Quinometionate	0.02
Clofentezin	0.01	Formation	0.02	Quinoxifen	0.01
Clorbufan	0.05	Fosalone	0.10	Simazina	0.02
Clorfenvinfos	0.02	Fosmet	0.05	Tebuconazol	0.05
Clorpirifos-etil	0.01	HCH	0.02	Tebufenpirad	0.01
Clorpirifos-metil	0.01	HCH-gamma	0.01	Terbumetona	0.02
Clorprofam	0.05	Heptacloro	0.01	Terbutilazina	0.05
Clortal-dimetil	0.01	Heptenofos	0.02	Terbutrina	0.01
Clortalonil	0.01	Hexaclorobenceno	0.01	Tetraconazol	0.01
Clozolinato	0.05	Hexaconazol	0.02	Tetradifon	0.01
DDE	0.01	Hexitiazox	0.01	Tetrametrina	0.05
DDT	0.01	Imazalil	0.01	Tolclofos-metil	0.01
Deltametrin	0.02	Iprodiona	0.01	Tolilfluánida	0.03
Diazinón	0.01	Kresoxim-metil	0.01	Triadimefon	0.05
Diclobenil	0.05	Malathion	0.01	Triadimenol	0.05
Diclofluánid	0.05	Mecarbam	0.05	Triazofos	0.02
Dicloran	0.01	Metalaxil	0.01	Triclorfon	0.10
Diclorvos	0.01	Metamidofos	0.01	Trifloxistrobin	0.01
Dicofol	0.02	Metidation	0.02	Trifuralina	0.01
Dieldin	0.01	Metoxicloro	0.01	Vinclozolin	0.01
Difenoconazol	0.02	Miclobutanil	0.01		
		Monocrotofos	0.02		
		Nuarimol	0.01		
		Ometoato	0.05		

## ANNEXE B

### QUELQUES ELEMENTS D'INFORMATION SUR LES PESTICIDES EN FRANCE

Consulter les dossiers et portails:

Dossier Les pesticides réglementation et effets sur la santé et l'environnement : [www.mce.info.org/pesticides.php](http://www.mce.info.org/pesticides.php)

Inra et rapport expertise : [www.inra.fr](http://www.inra.fr)

Dégradations – La pollution par les pesticides : [www.cnrs.fr](http://www.cnrs.fr)

UIPP = info.pesticides = [www.info.pesticides.org](http://www.info.pesticides.org)

#### QUELQUES EXTRAITS CHOISIS

« Les pesticides sont utilisés en quantité considérables depuis plus d'un demi-siècle par l'agriculture intensive. **On retrouve des résidus de pesticides partout** : dans l'eau, dans l'air, les brouillards et l'eau de pluie. **Les pesticides sont également présents dans nos aliments** : plus de 50% des fruits et légumes produits par l'agriculture intensive en contiennent. Ils finissent dans nos organismes qui hébergent de nombreuses molécules toxiques.

**Les pesticides posent un véritable problème de santé publique**, et pas seulement pour les utilisateurs qui sont le plus exposés, mais aussi pour la population générale ; en effet, les effets de faibles quantités de pesticides, en mélange, pendant de longues périodes posent de nombreux problèmes de santé. L'épidémiologie nous montre que les personnes les plus exposées aux pesticides, ont plus de risque de développer de nombreuses maladies que les autres : cancers, malformations congénitales, problèmes d'infertilité, neurologiques ou encore système immunitaire affaibli sont plus fréquents chez eux.

**Face à cette situation, une seule solution : mieux évaluer les pesticides pour interdire** à priori tous ceux qui présentent un potentiel toxique pour l'homme, avéré ou suspecté, et **surtout diminuer considérablement l'usage des pesticides en changeant d'urgence le type d'agriculture pratiquée dans notre pays.**

**D'après l'IFEN** (*Institut Français de l'ENvironnement*), on trouve des pesticides dans 96% des eaux superficielles et dans 61% des eaux souterraines en France ; dans l'air aussi, 60% des échantillons (*INRA Rennes*) contenaient des pesticides, 60% dépassaient les 0,1 µg/l de Concentration Maximum Admissible (CMA) pour l'eau de distribution.

Les brouillards sont également très touchés, hautes teneurs supérieures à celle de l'eau de pluie : 140 µg/l, soit 140 fois la CMA de l'eau potable.

Lors de la pulvérisation, 25 à 75% des pesticides appliqués partent dans l'atmosphère, ce qui entraîne la contamination de l'air, du brouillard et de la pluie par les pesticides : la contamination est généralisée.

Des études montrent :

- **Près de 100% des cours d'eau sont contaminés** ; 229 pesticides sont présents dans les eaux de surface, 166 dans les nappes ;
- **Importance de la nature des molécules** : entre autres (*résultats IFEN*), le glyphosate et son produit de dégradation, l'AMPA, sont très présents : dans plus de 55% des recherches et 35% pour le glyphosate [*Source : site [www.mdrgf.org](http://www.mdrgf.org)* ] »

#### LES PESTICIDES ET LES MILIEUX NATURELS

##### LE TRANSFERT DANS LES DIFFERENTS MILIEUX

Quelle que soit le lieu d'application d'un pesticide, seule une partie de la quantité épandue atteint réellement la cible visée : herbe indésirable, insecte ravageur, champignon... Le reste du produit est diffusé dans les différents compartiments de l'environnement : air, sol, eau.

L'évaluation de cette perte dans l'environnement est difficile. Elle diffère selon de nombreux paramètres :

- Caractéristiques propres à la molécule
- Paramètres exogènes à la molécule : climat, lieu d'application (*sols perméables, imperméables...*), mode d'application (*voie aérienne, pulvérisateur...*)...

Selon les sources, l'évaluation de la perte de la quantité appliquée diffère.

En voici deux exemples :

- 30 à 70% selon l'UIPP (*Union des industries pour la protection des plantes*) d'après leur site Internet
- 99,7% d'après Van der Werf de l'INRA

**Quel peut-être le chemin emprunté par les pesticides après application ?** Les pesticides peuvent :

**1 - dériver vers l'atmosphère** avant même que le produit n'ait atteint le sol. Ce type de phénomène est bien évidemment accentué en période de grand vent ou dans le cas d'une application aérienne (*par avion ou par hélicoptère*)

**2 - atteindre le sol** et ensuite :

- se volatiliser par évaporation de l'eau contaminée présente dans le sol ou être transportés vers l'atmosphère par les vents en même temps que des particules du sol où se sont fixées les matières actives
- être emportés par ruissellement vers les eaux superficielles ou percoler vers les nappes phréatiques
- rester en solution dans l'eau contenue dans le sol où ils peuvent alors démarrer leur processus de biodégradation
- être « adsorbés » par certains constituants du sol (*colloïdes minéraux et organiques*), c'est à dire stockés puis « désorbés » c'est à dire relargués dans l'eau contenue dans le sol

**3 - atteindre des animaux et/ou des plantes « non cibles »** et être absorbés par eux, stockés dans les graisses animales ou dans les tissus végétaux puis en partie rejetés (*sueur, selles, évapotranspiration*)

## Quelques résultats de contamination

### Exemple 1 : contamination des sols

Depuis plusieurs années, on observe une diminution très nette du rendement des vignes notamment dans l'Hérault. En 1998, on craignait même une diminution de l'ordre de 20 à 30% par rapport à l'année précédente. Plusieurs scientifiques, tel Gabriel Callot, directeur de recherche en science du sol à l'INRA Montpellier, voient dans cette baisse de rendement les conséquences d'une « rétrogradation biologique du sol » dus en partie à l'emploi massif des engrais et des pesticides. En effet, les pesticides contribueraient à la diminution de l'activité biologique du sol : disparition des microorganismes du sol tels les bactéries et les vers de terre indispensables au recyclage de la matière organique, disparition également des racines des « mauvaises » herbes qui permettaient d'aérer le sol...

*Source : article du Monde du samedi 12 septembre 1998 « Les sols du Midi se dégradent » par Jacques Molenat*

### Exemple 2 : résultats de pesticides dans les eaux brutes

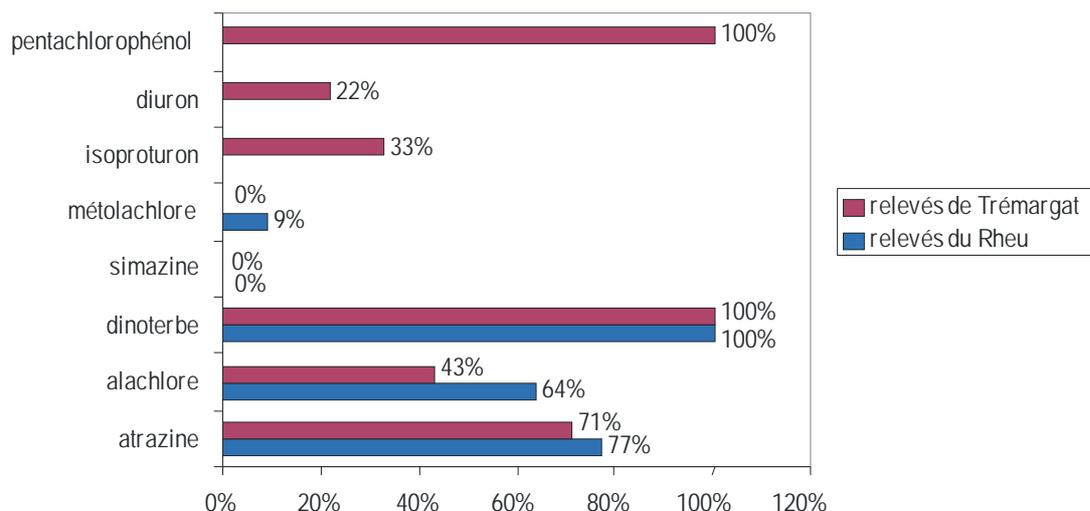
D'après l'IFEN, « sur les 3 000 stations où les données sont disponibles en 2000, 90% de celles situées en eaux de surface et 58% de celles surveillant des eaux souterraines sont touchées par la présence de pesticides ».

*Source : IFEN - communiqué du 17 février 2003*

### Exemple 3 : résultat de pesticides dans les eaux de pluies

En 1995 et 1996, des scientifiques de l'INRA ont effectué des recherches de 8 désherbants dans les eaux de pluies tombées à Trémargat (*près de Saint Brieu*) et au Rheu (*près de Rennes*).

### Pourcentage des résultats dépassant le seuil réglementaire de qualité 0,1 µg/l



- Aucune limite réglementaire pour l'air n'existant, c'est la limite réglementaire pour l'eau qui a servi d'élément de comparaison
- Sur les 8 molécules de désherbants recherchées, 7 ont été retrouvées dans les eaux de pluie
- Une contamination quasi permanente a été observée tout au long de l'année avec des pics de pollution juste après les périodes d'épandage.
- La plupart des concentrations relevées dans les eaux de pluie dépassent les limites réglementaires de qualité.
- Aucun fongicide ni insecticide n'a été recherché.

#### Exemple 4 : Résultats de pesticides dans l'air

Une étude réalisée au cours du Printemps et de l'été 2002 dans la région Centre a mis en évidence la présence de 18 pesticides dans l'air ambiant à des concentrations variant de 0,06 à 24 nanogramme par mètre cube. Des pesticides sont retrouvés dans l'air ambiant en milieu urbain, périurbain et rural, pendant et en dehors des périodes d'épandages à des concentrations de l'ordre du nanogramme par mètre cube d'air. Le printemps est marqué par un plus grand nombre de composés détectés et des concentrations plus élevées.

Source : « Rapport d'étape : Etude de la contamination de l'air par les produits phytosanitaires » - *LIG'AIR/GREPES* - novembre 2002

<http://www.ligair.fr/actu/rapport%20étape%20pesticides.pdf>

#### Avis critique sur la surveillance des milieux

*Si les eaux brutes sont plutôt bien surveillées, l'air et les sols ne font l'objet d'aucun suivi régulier, au plus de quelques études ponctuelles. L'absence de données concrètes sur la contamination des milieux ainsi que sur la contamination des plantes sauvages et cultivées servant à l'alimentation des espèces va rendre difficile l'évaluation de l'exposition de la faune aux pesticides.*

## L'EVALUATION DE LA TOXICITE D'UNE MATIERE ACTIVE SUR LA SANTE HUMAINE A LONG TERME

### Définitions : DJA, DSE

**DJA ou DJT** - La Dose Journalière Admissible pour l'homme encore appelée Dose Journalière Acceptable ou Dose Journalière Tolérable, est la **quantité** d'une matière active, **par kilo de poids corporel**, que pourrait absorber une personne, quotidiennement, durant toute sa vie, sans que cela lui pose des problèmes de santé. Elle s'exprime en milligramme par kilo de poids corporel de la personne et par jour (mg/kg/jour).

- **exemple** : DJA atrazine = 0,0005 mg/kg/jour

**QJA ou QJT**- La Quantité Journalière Admissible encore appelée Quantité Journalière Tolérable est la **quantité** que pourrait avaler **une personne d'un poids donné**, quotidiennement, durant toute sa vie sans que cela lui pose des problèmes de santé. Elle s'exprime en milligramme par jour (mg/jour).

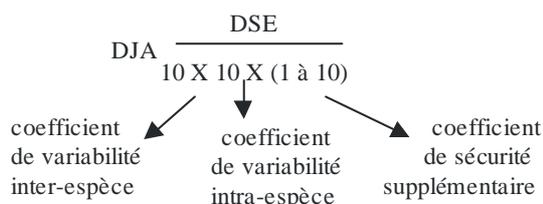
QJA d'une matière active pour une personne = DJA matière active % poids corporel de la personne

- Exemple pour un homme de 60 Kg :  $QJA_{\text{atrazine}/60 \text{ Kg}} = 0,0005 \text{ mg/kg/jour} \times 60 \text{ Kg} = 0,03 \text{ mg/jour}$
- Exemple pour un enfant de 10 Kg :  $QJA_{\text{atrazine}/10 \text{ Kg}} = 0,0005 \text{ mg/kg/jour} \times 10 \text{ Kg} = 0,005 \text{ mg/jour}$

**DSE** - C'est la dose la plus élevée d'une matière active qui ne provoque aucun effet décelable chez deux générations d'animaux soumis à expérimentation (*souris, rat, lapin...*).

**Le calcul de la DJA**: une extrapolation de la DSE - La Dose journalière admissible pour l'homme se calcule en divisant la dose sans effet pour le rat (*ou d'un autre animal d'expérience*) par trois coefficients :

- Un coefficient de variabilité inter espèce égal à 10 : ce coefficient est destiné à prendre en compte le risque qu'une matière active soit jusqu'à 10 fois plus toxique pour une espèce que pour une autre
- Un coefficient de variabilité intra espèce égal à 10 : ce coefficient est destiné à prendre en compte le risque qu'une matière active soit jusqu'à 10 fois plus toxique pour un individu d'une espèce que pour un autre individu de la même espèce
- Un coefficient de sécurité supplémentaire variant de 1 à 10



### Une toxicité difficile à évaluer

L'appréciation de la toxicité d'une matière active est différente suivant l'organisme chargé de l'évaluation.

Ainsi, la matière active de **manèbe** est classée :

- par l'UE : R43-peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau  
R37-irritant pour les voies respiratoires
- par l'EPA : cancérigène probable
- par la NAS : à risque de cancer
- Par ailleurs, son usage est prohibé en Suède

Autre exemple, la matière active de **2,4-D** qui est classée :

- par l'UE : R22-nocif par ingestion  
R36/37/38-irritant pour les yeux, les voies respiratoires et la peau
- par l'EPA : cancérigène possible
- par le CIRC : cancérigène possible

U.E. : Union européenne

E.P.A. : Environmental Protection Agency des Etats-Unis

N.A.S. : National Academy of Sciences des Etats-Unis

C.I.R.C. : Centre International de recherche sur le Cancer de Lyon

### Les limites réglementaires de qualité pour l'eau, l'alimentation et l'air

- **Les normes pour les eaux brutes** (*nappes souterraines, rivières, retenues d'eau*) destinées à produire de l'eau de boisson

Concernant la présence de pesticides au niveau de la ressource, les annexes I-2 et III du décret 2001-1220 du 20 décembre 2001 prévoient d'interdire la production d'eau potable lorsque les eaux douces superficielles ou les eaux brutes souterraines sont de trop mauvaise qualité.

Niveau de traitement	Substance individuelle	Total des substances
au pouvant être distribuée sans traitement spécifique (type A1 ou A2)	< 0,1**	<0,5
Eau nécessitant un traitement spécifique d'élimination des pesticides avant distribution (type A3)	0,1 <sup>TM</sup> et <sup>TM</sup> 2	0,5 <sup>TM</sup> et <sup>TM</sup> 5
Eau ne pouvant être distribuée qu'après autorisation du Ministère chargé de la Santé	II2	II5

\*\* y.c les produits de dégradation sauf aldrine, dieldrine, heptachlore, heptachlore époxyde : 0,03 µg/l

A1 : traitement physique et simple désinfection

A2 : traitement normal physique, chimique et désinfection

A3 : traitement physique, chimique poussé, affinage et désinfection :

Source : *IFEN d'après décret n°2001-1220*

#### • Les normes pour les eaux traitées destinées à la consommation humaine

Les normes des eaux destinées à la consommation humaine pour le paramètre «pesticides» sont fixées par le décret 2001-1220 du 20 décembre 2001 : Elles sont les suivantes :

- Teneur maximale autorisée pour une matière active recherchée : 0,1µg/l sauf pour :
  - aldrine : 0,03 µg/l
  - dieldrine : 0,03 µg/l
  - heptachlore : 0,03 µg/l
  - heptachlorepoxyde : 0,03µg/l
  
- Teneur maximale autorisée pour le total des matières actives recherchées : 0,5 µg/l

Quelles sont les molécules qui doivent être recherchées dans l'eau destinée à la consommation humaine ? La loi ne fixe aucune obligation. Doivent être recherchées les molécules susceptibles d'être retrouvées dans l'eau. Chaque DDASS est donc libre de réaliser les analyses qui lui semblent opportunes.

**N.B.1** : La norme de l'eau destinée à la consommation humaine pour le paramètre pesticides ne correspond pas à une évaluation du risque toxicologique. Elle correspond à une application du principe de précaution (*une fois n'est pas évaluation du risque toxicologique*). Elle correspond à une application du principe de précaution (*une fois n'est pas coutume*). En effet, le 0,1 µg/l, retenu pour la norme, correspond au niveau auquel, à l'époque, l'appareil de mesure décollait du « 0 » ; il manifestait ainsi la volonté de l'Europe de ne pas accepter de pesticides dans l'eau. Cette volonté a été confirmée par la directive 98/83/CE du Conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine adaptée en droit français par le décret 2001-1220 (*voir plus haut*).

Une évaluation toxicologique s'appuyant sur la Dose journalière admissible donnerait le calcul ci-dessous. C'est cette méthode d'évaluation qui a été retenue par l'Organisation mondiale de la Santé pour ses recommandations, moins strictes que les normes européennes, et qui n'ont d'ailleurs pas de caractère réglementaire.

$$\text{TMA eau} = \text{DJA} \times \text{pc} \times \frac{\text{P eau}}{\text{C eau}}$$

où :

**TMA eau** = teneur maximale admissible dans l'eau

**DJA** = Dose journalière admissible

**Pc** = poids corporel de la personne

**P eau** = proportion de la DJA attribuée à l'eau de boisson (*on retient que 10% de l'exposition aux pesticides se fait via la consommation d'eau*)

**C eau** = consommation journalière de l'eau de boisson (*on retient qu'un adulte consomme en moyenne*)

**Exemple** : Teneur maximale en atrazine admissible dans l'eau pour une personne de 60Kg consommant 2 litres d'eau par jour en retenant que l'eau représente 10% de la DJA.

$$\text{TMA atrazine/eau} = (0,005 \times 60 \times 10\%) / 2 = 0,00015 \text{ mg/l} = 1,5\mu\text{g/l} \text{ (arrondi par l'OMS à } 2 \mu\text{g/l)}.$$

Les recommandations de l'OMS fixe une teneur maximale pour l'atrazine dans l'eau de boisson de 2 µg/l. Concrètement, cela signifie qu'ils ont retenu un poids moyen de 60 Kgs pour fixer leurs recommandations.

#### • Les normes pour les produits alimentaires – les limites maximales en résidus (LMR)

Pour calculer les Limites maximales en résidus autorisés pour une matière active on se sert de 3 types de données :

- de la Quantité journalière admissible pour une personne moyenne de 60 Kg
- du code des bonnes pratiques agricoles (*teneur probable en résidus retrouvés si l'utilisateur respecte la dose homologuée, les délais de traitement avant récolte...*)
- du panier de la ménagère (*un français moyen mange en moyenne X Kg de pomme de terre par an, Y Kg de fraises par an, Z Kg de brocolis...*).

#### Exemple pour l'atrazine :

DJA = 0,0005 mg/Kg de pc/jour soit une QJA pour une personne moyenne de 60 Kg = 0,03 mg d'atrazine par jour. Si l'on estime que 90% de la QJA d'atrazine est assimilable via l'alimentation (*les 10% restant via l'eau*), on estime ainsi la Teneur maximale admissible d'atrazine dans l'alimentation à 0,027 mg/jour (*90% de 0,03*).

En compilant ces données avec le code des bonnes pratiques agricoles et le panier de la ménagère, les LMR qui ont été fixées sont les suivantes :

- LMR maïs, maïs doux = 0,05 mg/kg
- LMR fruits et légumes, p.d.t., graines oléagineuses, houblon, thé = 0,1mg/kg

#### Avis critique sur la DJA et sur les limites de qualité

- 1 - Rien ne prouve que la Dose sans effet pour le rat divisé par un coefficient variant de 100 à 1000 est une garantie de dose sans effet pour l'homme (*la DJA*). Plusieurs expériences ont montré, pour une exposition identique, des variabilités d'effets inter ou intra espèces > à 10 (*une espèce 10 fois plus sensible à une même matière active qu'une autre espèce ; un petit 10 fois plus sensible à une même matière active que sa mère*)
- 2 - Chaque matière active est évaluée séparément. Or, dans notre environnement, nous sommes régulièrement exposés non pas à une matière active mais à plusieurs matières actives, à des doses faibles (*vraisemblablement < à la DJA*), mais simultanément par le biais de l'eau de l'air et de l'alimentation. Les effets de ce cumul de molécules sur la santé ne sont pas évalués.

- 3 - Les limites maximales en résidus autorisés dans les aliments sont calculées sur la base du poids d'un individu de 60Kg. De ce fait, un enfant pourrait dépasser sa DJA en consommant des aliments respectant les LMR
- 4 - Si la norme pour l'eau est une application du principe de précaution, il n'existe pas de norme pour l'air : la possibilité d'une exposition via l'air n'a pas été prise en compte. La prise en compte de l'air comme voie d'exposition possible devrait aboutir à une baisse des LMR pour les produits alimentaires.

## Annexe 1: Liste des substances classées R40 – R61 – R63

### R40 - « Possibilités d'effets irréversibles »

« **Substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets cancérogènes ou mutagènes possibles** mais pour lesquelles on ne dispose pas d'éléments pour justifier une forte présomption que l'exposition de l'homme à de telles substances peut provoquer un cancer »

1,3 dichloropropène	fenchlorazole-ethyl
<b>Alachlore</b>	<b>fentine hydroxyde</b>
<b>aminotriazole ou amitrole</b>	<b>flufenoxuron</b>
ATRAZINE	<b>fluquiconazole</b>
<b>Bénomyl</b>	<b>folpel</b>
<b>Captane</b>	<b>formaldéhyde</b>
<b>Carbaryl</b>	<b>iprodione</b>
<b>Carbendazime</b>	<b>isoproturon</b>
Chlordécone	<b>krésoxim-méthyl</b>
<b>Chlorothalonil</b>	<b>linuron</b>
<b>Chlortoluron</b>	phosphamidon
chlorure de méthylène	<b>propyzamide</b>
<b>daminozide</b>	<b>simazine</b>
DDT	sulcotrione
Diallate	tétrachlorure de carbone
<b>Diéthofencarbe</b>	<b>thiophanate-méthyl</b>
<b>Diuron</b>	thirame
DNOC	<b>tribénuron méthyl</b>
Etridiazol	

### R61 et R63 - « risque (possible) pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant »

« *Substances préoccupantes pour la fertilité dans l'espèce humaine ; substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets toxiques possibles sur le développement* »

<b>Bromoxynil</b>	<b>fluazinam</b>
<b>Butraline</b>	<b>luasilazole</b>
<b>Coumafène</b>	<b>ioxynil ou octanoate</b>
<b>Dinocap</b>	<b>metconazole</b>
<b>fentine hydroxyde</b>	<b>myclobutanil</b>

**En gras : substances encore homologuées**

source : UIPP et UPJ

## **Annexe 2 : NOUVELLE MISE EN GARDE DE LA FAO CONTRE LES PESTICIDES PÉRIMÉS - Communiqué de presse de la FAO (extrait)**

Rome, 24 mai 1999. - Véritables bombes à retardement, des stocks importants de pesticides périmés ou obsolètes continueront de menacer la santé et l'environnement au cours des trente prochaines années si les fonds alloués pour leur élimination restent à leur niveau actuel, souligne aujourd'hui l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) à l'occasion de la tenue les 24 et 25 mai d'une réunion de donateurs axée sur ce problème. Les stocks de pesticides périmés ou obsolètes dans le monde sont estimés à plusieurs centaines de milliers de tonnes, dont plus de 100 000 tonnes dans les pays en développement. Selon la FAO, quelque 20 000 tonnes se trouvent en Afrique. Mais la situation est particulièrement dangereuse en Pologne (65 000 tonnes) et en Ukraine (plus de 23 000 tonnes).

## **Annexe 3 : NOUVELLE MISE EN GARDE FAO/OMS CONTRE LES PESTICIDES DE MAUVAISE QUALITÉ DANS LES PAYS EN DEVELOPPEMENT - Communiqué de presse FAO (extrait)**

Rome/Genève, 1 février 2001.- Environ 30 pour cent des pesticides commercialisés dans les pays en développement, soit une valeur marchande annuelle de 900 millions de dollars, ne sont pas conformes aux standards de qualité internationaux et menacent, en conséquence, la santé humaine et l'environnement, souligne un communiqué conjoint de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et de l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

"Ces pesticides de mauvaise qualité contiennent fréquemment des substances dangereuses et des impuretés. Ils sont interdits ou strictement limités ailleurs", indique l'expert de la FAO Gero Vaagt. "De tels pesticides vont souvent gonfler les stocks de pesticides obsolètes des pays en développement."

Au niveau mondial, la valeur marchande des pesticides était de 32 milliards de dollars en 2000, dont 3 milliards pour les pays en développement. Dans ces pays, les pesticides sont principalement employés dans l'agriculture, mais aussi en santé publique, comme insecticides contre l'agent de la malaria.

### **Source :**

[http://www.fao.org/waicent/ois/press\\_ne/pressfre/2001/prfr0105.htm](http://www.fao.org/waicent/ois/press_ne/pressfre/2001/prfr0105.htm)

*Source générale sur site :* [www.mce.info.org/pesticides.php](http://www.mce.info.org/pesticides.php)

## **ANNEXE C :**

### **QUELQUES ELEMENTS BIBLIOGRAPHIQUES SUR LA METHODE DE LUKE MODIFIEE**

PIZZUTTI, I. R., DE KOK, A., ZANELLA, R. *et al.*, 2<sup>o</sup> **International Symposium on Recent Advances in Food Analysis**, Annales, Prague – République tchèque, 2005.

[http://www4.anvisa.gov.br/AGROSIA/asp/frm\\_dados\\_ingrediente.asp?iVarAux=1&CodIng=161](http://www4.anvisa.gov.br/AGROSIA/asp/frm_dados_ingrediente.asp?iVarAux=1&CodIng=161)

LUKE, M.A., FROBERG, J.E., DOOSE, G.M., *et al.* **Journal of the Association of Official Analytical Chemists International**, v. 64, p. 1187 – 1195, 1981.

LEHOTAY, S.J., DE KOK, A., HIEMSTRA, M., *et al.* **Journal of the Association of Official Analytical Chemists International**, v. 88, n.2, p. 595 – 614, 2005.

EUROPEAN COMMISSION, **Quality Control Procedures for Pesticide Residues Analysis**, 3<sup>o</sup> Edição, Documento N<sup>o</sup> SANCO/10476/2003, 5 de fevereiro 2004, Bruxelas, Bélgica.

**ANNEXE D**  
**RECOMMANDATIONS POUR UTILISATION DES PRODUITS ORGANIQUES**  
**( Equipe L.Séguy , S.Bouzinac –UR1)**

**TABLEAU 1 ITINERAIRES RESUMES DES SYSTEMES E SEMIS DIRECT**

<b>CULTURE</b>	<b>GESTION CHIMIQUE</b>	<b>GESTION CHIMIQUE ALLÉGÉE + ORGANIQUE</b>
<b><u>SOJA</u></b>		
<b>Fumure au semis</b>	5-10 N + 90 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 90 K <sub>2</sub> O + oligo-éléments/ha.	2 à 5 N + 45 à 50 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 45 à 50 K <sub>2</sub> O + oligo-éléments/ha
<b>Herbicides</b>	Au choix du Producteur	<i>Suivre la gestion chimique allégée du Tableau 2-A</i>
<b>Insecticides</b>	Au choix du Producteur	
<b>fongicides</b>	Au choix du Producteur	
<b>“SAFRINHAS” DE MAÏS / SORGHO</b>		
<b>Fumure au semis</b>	5 N + 40 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 40 K <sub>2</sub> O + oligo-éléments/ha	2 N + 20 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 20 K <sub>2</sub> O + oligo-éléments/ha.
<b>Fumure couverture</b>	20 N à 20-30 JAS	<i>Suivre la gestion chimique allégée du Tableau 2-D</i>
<b>RIZ</b>		
<b>Fumure au semis</b>	10-20 N + 90 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 90 K <sub>2</sub> O + oligo-éléments/ha	5-10 N + 50 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 50 K <sub>2</sub> O + oligo-éléments/ha
<b>Fumure couverture</b>	20-25 JAS : 40 N (sulfate) 45-55 JAS: 20N + 20 K <sub>2</sub> O	<i>Suivre la gestion chimique allégée du Tableau 2-B</i>
<b>Herbicides</b>	-Dessiccation au Roundup (3 l/ha) -séquence post-dessiccation de 1,5 l de Gramoxone avec le pré-émerg. =3 l/ha d’Herbadox En post-précoce : - 0,3 l/ha Cobra + 3 à 4 g/ha Ally - 1,2 l/ha Clincher	
<b>Insecticides</b>	Au choix du Producteur	
<b>fongicides</b>	Sortie panic.: 0,3 l/ha Stratego 7 jours après: 0,4 l/ha Opera	

(\*) Les produits organiques sont fournis gratuitement par ELVISEM

**TABLEAU 2-A ITINERAIRE TECHNIQUE DE LA CULTURE DE SOJA  
PAR VOIE CHIMIQUE ALLEGEE  
(SOLS FERRALLITIQUES)**

**FUMURE MINERALE AU SEMIS : 5-10 N + 45-50 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 45-50 K<sub>2</sub>O + oligo-éléments/ha**

**SOJA (OU HARICOT<sup>1</sup>)**

PRODUITS APPLIQUÉS	ÉPOQUE D'APPLICATION	
	SOJA cycle court	SOJA cycle moyen
• 4 l/ha de Kompost + Herbicide total ( <i>dessèchement biomasse</i> )	Avant le semis	
• Semences traitées SS3 (7g /kg)=>560-600 g/ha appliquer SS3 aux semences avant le semis , avec Humus liquide à la dose de 2 ml/kg de semences, soit environ 160ml d'Humus liquide et 600g de SS3 pour 80 kg de semences /ha	Au semis	
• 1 l/ha Humus 2 + 2,0 l/ha EP 6	2-3 feuilles du soja	
• 1 l/ha Humus 2 + 2,0 l/ha EP 6	20 JAS	30 JAS
• 2kg/ha de SS3	40 JAS	50 JAS
• 1 l/ha Humus 2 + 2,0 l/ha EP 6	60 JAS	70 JAS
• 1 l/ha Humus 2 + 2,5 l/ha EP 6	80 JAS	90 JAS
• 1 l/ha Humus 2 + 2,5 l/ha EP 6	95 JAS	105-110 JAS

(\*) Prévoir 2 l/ha de Neem TY 10 pour toute attaque de ravageur.

Prévoir aussi 2 kg/ha de DIPEL (Bt ) pour compléter l'action du Neem sur les chenilles.

<sup>1</sup> **POUR LE HARICOT, APRES LE STADE 2-3 FEUILLES, EFFECTUER LES APPLICATIONS TOUS LES 15 JOURS**

**TABLEAU 2-B ITINERAIRE TECHNIQUE DE LA CULTURE DE RIZ  
PAR VOIE CHIMIQUE ALLEGEE  
(SOLS FERRALLITIQUES)**

**FUMURE MINERALE AU SEMIS: 5-10 N + 50 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 50 K<sub>2</sub>O + oligo-éléments/ha**

**RIZ**

PRODUITS APPLIQUÉS	ÉPOQUE D'APPLICATION	
	RIZ cycle court	RIZ cycle moyen
• 4 l/ha de Kompost + Herbicide total (dessèchement biomasse)	Avant le semis	
• Semences traitées SS3 (7g /kg)=>450-600 g/ha appliquer SS3 juste avant le semis avec Humus liquide à la dose de 2 ml/kg de semences, soit 120ml d'Humus liquide + 420 -600 g de SS3 /ha.	Au semis	
• 200 kg/ha sulfate d'ammoniaque à la volée + Pulvérisation de : 3 l/ha Humus 2 + 2,0 l/ha EP 6	15-20 JAS	25-30 JAS
• 10 kg/ha d' Urée liquide + 3 l/ha Humus 2 + 2 kg/ha de SS3	45 JAS	55 JAS
• 2,5 l/ha EP 6	Emission des 1 <sup>o</sup> panicules (5%)	
• 2,5 l/ha EP 6	Une semaine à 10 jours après la première application	

(\* Prévoir 2 l/ha de Neem TY 10 pour toute attaque de ravageur.

Prévoir aussi 2 kg/ha de DIPEL (Bt ) pour compléter l'action du Neem sur les chenilles.

**TABLEAU 2-C ITINERAIRE TECHNIQUE DE LA CULTURE DE COTON  
PAR VOIE CHIMIQUE ALLEGEE  
(SOLS FERRALLITIQUES)**

**FUMURE MINERALE AU SEMIS: 5-10 N + 60 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 60 K<sub>2</sub>O + oligo-éléments/ha**

**COTON SAFRINHA**

<b>PRODUITS APPLIQUES</b>	<b>ÉPOQUE D'APPLICATION</b>
• 4 l/ha de Kompost + Herbicide total (dessèchement biomasse)	<b>Avant le semis</b>
• Semences traitées SS3 (10g /kg)=> appliquer SS3 juste avant le semis avec Humus liquide à la dose de 2 ml d'Humus2 par kg de semences, soit 30 à 40ml d'Humus2 + 150 à 200g de SS3 par ha.	<b>Au semis</b>
• 1 l/ha Humus 2 + 2,0 l/ha EP 6 + 0,5 l/ha SS3	<b>2-3 feuilles du coton</b>
• 200 kg/ha de sulfate d'ammoniaque à la volée + Pulveris° 1 l/ha Humus 2 + 2 kg/ha de SS3	<b>1° BOUTON</b>
• 2 l/ha Humus 2 + 2,0 l/ha EP 6 + 10 kg/ha KNO <sub>3</sub>	<b>60 JAS</b>
• 1 l/ha Humus 2 + 2,0 l/ha EP 6 + 10 kg/ha KNO <sub>3</sub>	<b>80 JAS</b>
• 1 l/ha Humus 2 + 2,0 l/ha EP 6 + 10 kg/ha KNO <sub>3</sub>	<b>100 JAS</b>
• 1 l/ha Humus 2 + 2,5 l/ha EP 6	<b>120 JAS</b>
• 1 l/ha Humus 2 + 2,5 l/ha EP 6	<b>140 JAS</b>

(\*) Prévoir 2 l/ha de Neem TY 10 pour toute attaque de ravageur.

Prévoir aussi 3 kg/ha de DIPEL (Bt ) pour compléter l'action du Neem sur les chenilles.

**TABLEAU 2-D ITINERAIRE TECHNIQUE DE LA CULTURE DE MAÏS  
PAR VOIE CHIMIQUE ALLEGEE  
(SOLS FERRALLITIQUES)**

**FUMURE MINERALE AU SEMIS: 5-10 N + 60 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 60 K<sub>2</sub>O + oligo-éléments/ha**

**MAÏS**

PRODUITS APPLIQUES	ÉPOQUE D'APPLICATION
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>4 l/ha de Kompost + Herbicide total</b> <i>(dessèchement biomasse)</i></li> </ul>	<b>Avant le semis</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Semences traitées SS3:</b><i>appliquer SS3 juste avant le semis avec Humus liquide à la dose de 2 ml/kg de semences, soit 150 à 200 g de SS3 + 40 à 50ml d' Humus par ha.</i></li> </ul>	<b>Au semis</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>200 kg/ha sulfate d'ammoniaque à la volée</b> + <b>Pulvérisation :</b> <b>3 l/ha Humus 2 + 2,0 l/ha EP 6</b></li> </ul>	<b>10-15 JAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>3 l/ha Humus 2 + 2,5 l/ha EP 6</b></li> </ul>	<b>30-35 JAS</b>

*(\*) Prévoir 2 l/ha de Neem TY 10 pour toute attaque de ravageur.*

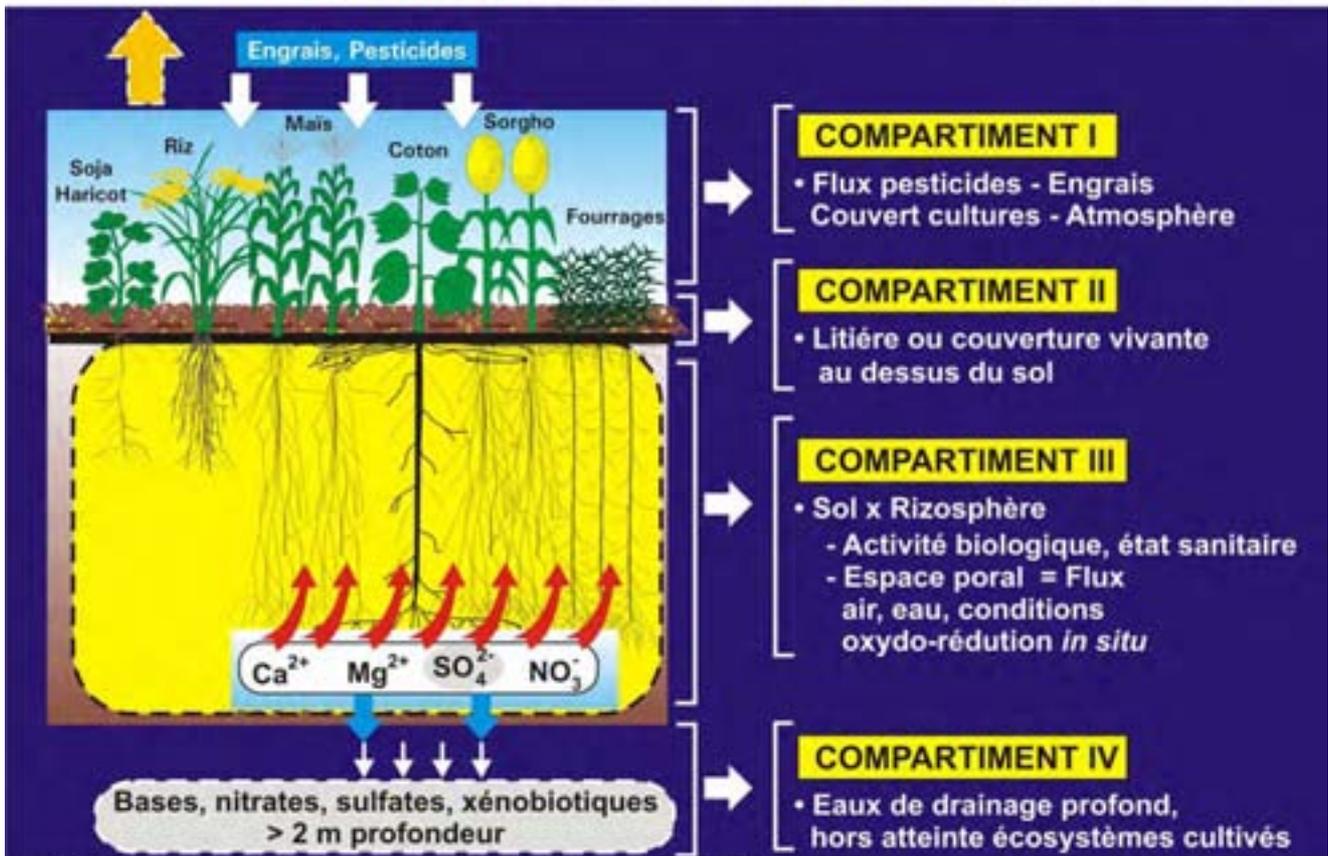
Prévoir aussi 2 kg/ha de DIPEL (Bt ) pour compléter l'action du Neem sur les chenilles.

FIG. 1

**QUALITÉ BIOLOGIQUE DU SOL, DES ALIMENTS, DES EAUX SOUS SCV**

• **Modèle Scientifique Conceptuel**

**UN MODÈLE DE FONCTIONNEMENT AUTO-ÉPURATEUR?**



SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac et al., UPR1, Gestion écosystèmes cultivés

FIG. 2



FIG. 3



FIG. 4



FIG. 5



FIG. 6

**NOMBRE DE TRAITEMENTS CHIMIQUES, INSECTICIDES ET MATIÈRES ACTIVES UTILISÉES SUR COTON, EN FONCTION DU MODE DE GESTION DE LA CULTURE EN SEMIS DIRECT SUR COUVERTURE VÉGÉTALE PERMANENTE (SCV) - Fazenda Mourão - MT/2006**

		MODES DE GESTION		
		COTON Culture principale Chimique (C)	COTON Culture principale Chimique + Organique (C + O)	COTON "Safrinha" <sup>2</sup> Chimique + Organique (C + O)
Nombre de Traitements Chimiques		18	13	6
INSECTICIDES UTILISÉS <sup>1</sup>				
P. commercial	Matière active			
Saurus	Acetamiprid	+	+	
Match	Lufenuron	+	+	
Rimon	Novaluron	+	+	+
Dissulfan	Endosulfan	+	+	+
Mentox	Metil parathion	+		
Polo	Diafentiuron	+		+
Thiodan	Endosulfan	+		
Decis	Deltamethrin	+	+	
Bulldock	Betacyflutrin	+		
Marschal	Carbosulfan	+	+	+
Fury	Zetacypermethrin	+	+	+
Cipertrin	Cypermethrin	+		
Curacron	Profenofos	+		
Abamectin	Abamectin	+	+	

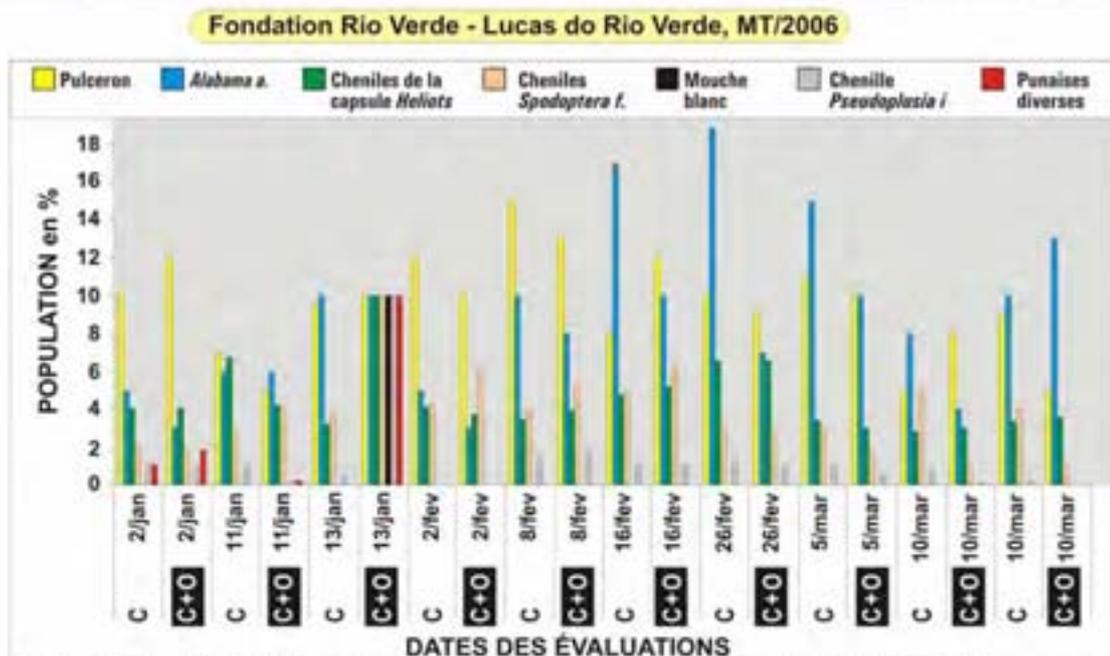
1. Du semis à la récolte; + indique que le produit est utilisé

2. Coton de succession avec intrants minimums

SOURCE: Project FACUAL/COODETEC/CIRAD/FAZ. MOURÃO - Equipe CIRAD: J. L. Belot; J. Martin; L. Séguy; S. Bouzinac; COODETEC: A. Marques, M. Rodrigo; Fazenda Mourão: G. L. da Costa, L. Dalla Nora, Campo Verde, MT/2006

FIG. 7

**INCIDENCE DES ATTAQUES D'INSECTES (Populations %) SUR LA CULTURE DU COTONNIER EN SYSTÈME DE SEMIS DIRECT (SCV) SUR DIVERSES BIOMASSES DE COUVERTURE, EN FONCTION DU MODE DE GESTION DE LA CULTURE: CHIMIQUE ( C ) OU CHIMIQUE + ORGANIQUE ( C + O )**



**Gestion Chimique (C)** - Herbicide + Fongicide (1 Traitement de 0,5 litre de Systane (imidobutanyl)) + insecticides

**Gestion Chimique Réduit + Organique (C + O):**

Traitement organique des semences - Niveau bas de fumure: 70N + 31P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 68K<sub>2</sub>O + oligos

herbicide: traitement Fazenda - application de produits organiques: 6l/ha d'humus + 4,5 kg de EP4 à différents stades: 1<sup>er</sup> bouton, 1<sup>er</sup> fleur et 100-110 JAS; contrôle des insectes avec Neem complétés par produits chimiques si nécessité (punaises, Anthononus g.)

**SOURCE:** C. Boroloni, Fondation Rio Verde; L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD/UR1 - MT/2006

FIG. 8

**PRODUCTIVITÉ DES CULTURES DE RIZ PLUVIAL, MAÏS ET SOJA, EN SEMIS DIRECT (SCV) ET TERRE DE VIEILLE CULTURE, SUR DIVERSES BIOMASSES DE COUVERTURE EN FONCTION DU MODE DE GESTION DES CULTURES: TOTALEMENT CHIMIQUE (C) OU MIXTE: CHIMIQUE + ORGANIQUE (C + O)**

Écologie des sols ferrallitiques des cerrados du Centre Nord Mato Grosso - Lucas do Rio Verde - MT/2005

BIOMASSES DE COUVERTURE	CULTURE ET MODE DE GESTION <sup>1</sup>						
	RIZ PLUVIAL *(CIRAD 141)		MAÏS HYBRIDE (Tork)		SOJA (Conquista)		
	Gestion C NPK	Gestion C + O Mitsui <sup>2</sup>	Gestion C	Gestion C + O	Gestion C	Gestion C + O	
Mil	2112	2430	2124	6072	6036	2910	2790
Sorgho + <i>Brachiaria r.</i>	2238	2316	2442	5772	5844	2886 2790 <sup>3</sup>	2862 2754 <sup>3</sup>
Mais + <i>Brachiaria r.</i>	2016	2766	2706	4212	4650	2916	2868
<i>Eleusine c.</i> + <i>Cajanus c.</i>	2406	2886	2778	6228	6366	3018	2772
<i>Eleusine c.</i>	2502	2784	2658	6492	6432	3150	3048
Moyenne $\bar{X}$	2254	2854	2642	5717	5888	2949	2848
CV %	(8,8)	(9,4)	(10,4)	(15,4)	(12,3)	(4,2)	(3,8)
Productivité Relative	100	118	113	100	103	100	97

(\*) Très forte limitation de la productivité due à un contrôle déficient des adventices.

**1 - Gestion (C), Totalement Chimique** - Traitement chimique des semences + engrais minéraux + insecticides + herbicides sur toutes les cultures. Fongicides sur Soja et Riz. **Itinéraires de référence des agriculteurs de la région**

**Gestion (C + O), Chimique + Organique** - Traitement organique des semences, 1/3 Fumure de base PK de référence, sur toutes les cultures, 1/3 couverture azotée (N) de référence sur céréales Riz et Maïs, pas de fongicides. La moitié de la fumure minérale NPK, et fongicides de l'itinéraire (C) Chimique sont remplacés par des produits organiques: humus liquide (6l/ha) et Élicteur (4 à 4,5 kg/ha) appliqués aux stades physiologiques les plus importants de la culture: les insecticides sont substitués par des dérivés du Neem (complétés si nécessaire par des insecticides chimiques) et *Bacillus thuringiensis* (Bt)

**2 - Engrais Mitsui:** Thermophosphate Yoorin Master 2 Sl, (contient de la Silice)

**3 - Biomasse de Sorgho + *Brachiaria r.* + *Cajanus*** à faible densité

**SOURCE:** Équipes Fondation Rio Verde et CIRAD/GEC - UR1 - Lucas do Rio Verde - MT/2005

FIG. 9

PRODUCTIVITÉ DU COTON "SAFRINHA" <sup>1</sup> CD 409 SUR DIVERS SYSTÈMES DE SEMIS DIRECT (SD), EN FONCTION DU MODE DE GESTION <sup>2</sup> DE LA CULTURE: TOTALEMENT CHIMIQUE (C); MIXTE: CHIMIQUE + ORGANIQUE (C + O); AU PLUS PRÈS DE L'ORGANIQUE (O); FAZENDA MOURÃO - MT/2005									
	SD en succession du Soja				SD sur couverture vivante <i>Bermuda Grass</i>	SD sur couverture vivante <i>Arachis pintoi</i>	SD sur couverture morte de <i>Brachiaria r.</i>		
	Gestion Chimique (C)		Gestion Mixte Chimique + Organique (C + O)		Gestion Mixte Chimique + Organique (C + O)	Gestion Mixte Chimique + Organique (C + O)	Gestion Chimique (C)	Gestion Mixte Chimique + Organique (C + O)	Gestion plus Organique (O)
	Sans Temik	Avec Temik	Sans Temik	Avec Temik	Sans Temik	Sans Temik	Sans Temik	Sans Temik	Sans Temik
Productivité kg/ha et @/ha Coton graine	(126) 1889	(156) 2333	(185) 2778	(224) 3356	(111) 1667	(193) 2889	(169) 2528	(158) 2375	(118) 1764
CV %	5	-	14	23	14	14	8	15	10
Productivité Relative (%)	100	124	147	178	88	153	134	126	93

1- Semis très tardif: 10/02/2005 - Année très sèche: 503 mm des pluies concentrées dans les 80 premiers jours du cycle du Coton (70 derniers jours sans aucune pluie)

2 - Modes de Gestion du Coton:

a) Chimique (C) - Traitement chimique des semences - Niveau bas de fumure: 65N + 73P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 90K<sub>2</sub>O + oligos; herbicides + insecticides : Gestion de la Fazenda

b) Chimique + Organique (C + O) - Traitement organique des semences - Niveau bas de fumure: 65N + 73P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 90K<sub>2</sub>O + oligos; herbicide: traitement Fazenda - application de produits organiques: 6t/ha d'humus + 4,5 kg de EP4 à différents stades: 1<sup>er</sup> bouton, 1<sup>er</sup> fleur et 100-110 JAS; contrôle des insectes avec Neem complétés par produits chimiques si nécessité (punaises, *Anthononius* g.)

c) Plus organique (O) - Idem b, mais sans aucune fertilisation minérale

SOURCE: Projet FACUAL/COODETEC/CIRAD/FAZ. MOURÃO - Equipe CIRAD: J. L. Belot, J. Martin, L. Séguy, S. Bouzinac - COODETEC: A. Marques, M. Rodrigo/2005

FIG. 10

PRODUCTIVITÉ DE 4 VARIÉTÉS DE COTON "SAFRINHA"<sup>1</sup> (en kg/ha et @/ha), EN SEMIS DIRECT ET EN SUCCESSION DE SOJA CYCLE COURT, EN FONCTION DE 2 MODES DE GESTION<sup>2</sup> DE LA CULTURE - Fazenda Mourão - MT/2005

Modes de Gestion <sup>2</sup> du Cotonnier	VARIÉTÉS				
	CD 409	CD 2239	CD 406	CD 407	
Gestion Chimique (C)	Sans Temik	1889 (126)	2138 (143)	2027 (135)	1722 (115)
	CV %	5	12	5	4
	Avec Temik	2333 (156)	2445 (163)	2222 (148)	2056 (137)
	CV %	-	6	-	4
<b>MOYENNE <math>\bar{X}</math></b>	<b>2037 (136)</b>	<b>2241 (149)</b>	<b>2092 (139)</b>	<b>1833 (122)</b>	
Gestion Chimique + Organique (C + O)	Sans Temik	2778 (185)	3010 (201)	3009 (201)	2606 (174)
	CV %	14	15	22	21
	Avec Temik	3356 (224)	3819 (255)	3472 (231)	3588 (239)
	CV %	23	28	20	29
<b>MOYENNE <math>\bar{X}</math></b>	<b>2972 (198)</b>	<b>3278 (219)</b>	<b>3162 (211)</b>	<b>2931 (195)</b>	
<b>Gain de productivité avec gestion Organique (%)</b>	<b>+ 46</b>	<b>+ 46</b>	<b>+ 51</b>	<b>+ 60</b>	

1- Semis très tardif: 10/02/2005 - Année très sèche: 503 mm des pluies concentrées dans les 80 premiers jours du cycle du Coton (70 derniers jours sans aucune pluie)

2 - Modes de Gestion du Coton:

a) Chimique (C) - Traitement chimique des semences - Niveau bas de fumure: 65N + 73P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 90K<sub>2</sub>O + oligos; herbicides + insecticides : Gestion de la Fazenda

b) Chimique + Organique (C + O) - Traitement organique des semences - Niveau bas de fumure: 65N + 73P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 90K<sub>2</sub>O + oligos; herbicide: traitement Fazenda - application de produits organiques: 6t/ha d'humus + 4,5 kg de EP4 à différents stades: 1<sup>er</sup> bouton, 1<sup>er</sup> fleur et 100-110 JAS; contrôle des insectes avec Neem complétés par produits chimiques si nécessité (punaises, *Anthononius* g.)

c) Plus organique (O) - Idem b, mais sans aucune fertilisation minérale

SOURCE: Projet FACUAL/COODETEC/CIRAD/FAZ. MOURÃO - Equipe CIRAD: J. L. Belot, J. Martin, L. Séguy, S. Bouzinac - COODETEC: A. Marques, M. Rodrigo/2005

**FIG. 11**

**PRODUCTIVITÉ DU SOJA SUR RECRÚ FORESTIER, EN FONCTION DU MODE DE GESTION DE LA CULTURE: TOTALEMENT CHIMIQUE (C) OU MIXTE: CHIMIQUE + ORGANIQUE (C + O)**

Écologie des sols ferrallitiques des forêts humides du Centre Nord Mato Grosso - Sinop - MT/2005

	MODE DE GESTION <sup>1</sup> DE LA CULTURE DE SOJA (Cv. Monsoy 8914)	
	Gestion totalement Chimique (C)	Gestion Mixte: Chimique + Organique (C + O)
Productivité Moyenne en kg/ha	3583 (100)	4278 (119)
E. T.	556	72,9
CV %	15,5	1,7
Teneur de protéines (%)	38,7	40,3

1 - **Gestion C Totalemment Chimique** - Traitement chimique des semences + engrais minéraux + insecticides + herbicides sur toutes les cultures, Fongicides sur Soja et Riz: **itinéraires de référence des agriculteurs de la region**

**Gestion C + O, Chimique + Organique** - Traitement organique de semences, ½ Fumure de base PK de référence, sur toutes les cultures, ½ couverture azotée (N) de référence sur céréales Riz et Maïs, pas de fongicides. La moitié de la fumure minérale NPK, et fongicides de l'itinéraire (C)Chimique sont remplacés par des produits organiques: humus liquide (6l/ha) et Éliciteur (4 à 4,5 kg/ha) appliqués aux stades physiologiques les plus importants de la culture; les insecticides sont substitués par des dérivés du Neem (complétés si nécessaire par des insecticides chimiques) et *Bacillus thuringiensis* (Bt)

SOURCE: Équipes Cereaisnet/Fronteira et CIRAD/GEC - UR1 - Sinop - MT/2005

**FIG. 12**

**PRODUCTIVITÉ<sup>1</sup> (kg/ha) DU SOJA (Cv. Coodetec 217), EN SEMIS DIRECT SUR BIOMASSE DE COUVERTURE MAÏS + *Brachiaria ruziziensis*, EN FONCTION DU MODE DE GESTION DE LA CULTURE: CHIMIQUE (C) ET CHIMIQUE RÉDUIT + ORGANIQUE (C + O), ET DU NIVEAU DE FERTILISATION MINÉRALE Lucas do Rio Verde - Fondation Rio Verde, MT/2006**

Fertilisation minérale		Gestion Chimique <sup>2</sup> (C)	Gestion Chimique Réduite + Organique <sup>3</sup> (C + O)
F <sub>1</sub>	10N + 90P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 90K <sub>2</sub> O/ha	3558	3588
CV%		7,8	7,8
F <sub>2</sub>	5N + 45P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 45K <sub>2</sub> O/ha	3540	3640
CV%		4,3	1,6

1 - 8 Répétitions/Traitement (20m<sup>2</sup>)

2 - **Gestion Chimique (C)** - Herbicide + Fongicide (1 Traitement de 0,5 litre de Systane (méclobutanyl)) + insecticides

3 - **Gestion Chimique Réduit + Organique (C + O)** - Traitement organique des semences - herbicide - application de produits organiques: 6l/ha d'humus + 4,5 kg de EP4 à différents stades; 1<sup>o</sup> boulot, contrôle des insectes avec Neem complétés par produits chimiques si nécessité (*punaises, Anthononus* g.)

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD/UR1; C. Bortoloni, Fondation Rio Verde - MT/2006

FIG. 13

**RENDEMENT EN COTON-GRAINE (kg/ha) DE LA VARIÉTÉ MAKINA EN SYSTÈME DE SEMIS DIRECT (SCV) SUR DIVERSES BIOMASSES DE COUVERTURE ET EN FONCTION DU MODE DE GESTION DE LA CULTURE: CHIMIQUE (C) OU CHIMIQUE + ORGANIQUE (C + O)**

Fondation Rio Verde - Lucas do Rio Verde - MT/2006

Modes de Gestion du sol (SCV) (Biomasse de couverture)	Modes de Gestion <sup>1</sup> de la culture	Productivité (kg/ha)	Classement statistique Skott-Knott au seuil de 5 %
Mil + <i>Brachiaria ruzi</i> .	C	2238	H
	C + O	2182	I
Éleusine coracana + <i>Crotalaria sp.</i>	C	2936	A
	C + O	2866	B
Éleusine coracana + <i>Cajanus cajan</i>	C	2901	A
	C + O	2879	B
Sorgho + ( <i>Bachiaria ruz.</i> + <i>Cajanus</i> )	C	2609	E
	C + O	2690	C
Sorgho + ( <i>Bachiaria ruz.</i> + <i>Mucuna grise</i> )	C	2543	F
	C + O	2497	G
Mais + ( <i>Bachiaria ruz.</i> + <i>Mucuna grise</i> )	C	2648	D
	C + O	2509	G

## 1. Modes de gestion du Coton

a) Gestion Chimique (C) - Herbicide + Fongicide (1 Traitement de 0,5 litre de Systane (michobutaryf)) + insecticides  
Niveau de fumure: 178N + 67P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 127K<sub>2</sub>O + oligos E/ha

b) Gestion Chimique + Organique (C + O) -

Traitement organique des semences - Niveau de fumure: 178N + 67P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 127K<sub>2</sub>O + oligos E/ha

herbicide: traitement Fazenda - application de produits organiques: 6l/ha d'humus + 4,5 kg de EP4 à différents stades: 1<sup>er</sup> bouton, 1<sup>er</sup> fleur et 100-110 JAS; contrôle des insectes avec Neem complétés par produits chimiques si nécessité (punaises, *Anthonomus g.*)

SOURCE: C. Bortoloni + Collaborateurs, Fondation Rio Verde; L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD/UR1 - Lucas do Rio Verde - MT/2006

FIG. 14

**PRODUCTIVITÉS DU COTON "SAFRINHA"<sup>1</sup> (Cultivars CD 409 et FT 966), SUR DIVERS SYSTÈMES DE SEMIS DIRECT (SCV), EN FONCTION DU MODE DE GESTION DE LA CULTURE<sup>2</sup>: TOTALEMENT CHIMIQUE (C) OU MIXTE = CHIMIQUE + ORGANIQUE (C+O)**

Fazenda Mourão - MT, 2006

SCV Coton en Succession du Soja	SCV Coton sur couverture vivante Gestion mixte = Chimique + Organique (C + O)		SCV Coton sur couverture morte Gestion mixte = chimique + Organique (C + O)		
	Gestion Chimique (C)	<i>Bermuda Grass</i>	<i>Arachis pintoï</i>	Biomasse desséchée 10 jours avant semis	Biomasse desséchée 40 jours avant semis
Variété FB 966	2010 <sup>(100)</sup>	2944 <sup>(146)</sup>	2639 <sup>(131)</sup>	2583 <sup>(129)</sup>	3134 <sup>(159)</sup>
CV%	16,9	17,8	12,1	21,5	18,6
Variété CD 409	2380 <sup>(100)</sup>	3056 <sup>(128)</sup>	2875 <sup>(121)</sup>	2833 <sup>(119)</sup>	3667 <sup>(154)</sup>
CV%	10,4	16,1	16,2	13,4	7,8

• Moyenne générale FB 966 = 2668 kg/ha (100); CD 409 = 2875 kg/ha (110)

1. Semis du 30/01/2006 - 673 mm de pluie entre semis et récolte

## 2 - Modes de Gestion du Coton:

a) Chimique (C) - Traitement chimique des semences - Niveau bas de fumure: 70N + 31P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 68K<sub>2</sub>O + oligos;  
herbicides + insecticides : Gestion de la Fazenda

b) Chimique + Organique (C + O) - Traitement organique des semences - Niveau bas de fumure: 70N + 31P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 68K<sub>2</sub>O + oligos  
herbicide: traitement Fazenda - application de produits organiques: 6l/ha d'humus + 4,5 kg de Éliciteurs à différents stades: 1<sup>er</sup> bouton, 1<sup>er</sup> fleur et 100-110 JAS, contrôle des insectes avec Neem complétés par produits chimiques si nécessité (punaises, *Anthonomus g.*)

SOURCE: Projet FACUAL/COODETEC/CIRAD/FAZ. MOURÃO - Equipe CIRAD: J. L. Belot; J. Martin; L. Séguy; S. Bouzinac - COODETEC: A. Marques, M. Rodrigo; Fazenda Mourão: G. L. da Costa, L. Dalla Nora - Campo Verde, MT/2006

**FIG. 15**

PRODUCTIVITÉ, (en kg/ha), DE LA CULTURE DE SOJA (Cv. Monsoy 6101) EN FONCTION DU MODE DE GESTION DE LA CULTURE: CHIMIQUE <sup>1</sup> (C), CHIMIQUE + ORGANIQUE <sup>2</sup> (C+O)		
	Gestion Chimique <sup>1</sup> (C)	Gestion Chimique + Organique <sup>2</sup> (C + O)
Échantillons (20m <sup>2</sup> )	3041	3992
	3277	4340
	3333	4097
	3243	4076
	3257	4138
	3541	4236
Moyenne	3282 <sup>(100)</sup>	4147 <sup>(126)</sup>
ET	161,1	122,7
CV%	4,91	2,96
Teneur de protéines (%)	33,2	34,8

1. Gestion Chimique (C) [Insecticides + herbicides + Fongicide:  
Orius (Tebuconazole) x 3 applications de 400 ml chaque  
(± 20 U\$/ha) - (25, 45 et 60 JAS) - Sans engrais
2. Gestion Chimique + Organique (C + O) [Herbicides + Fongicide Orius:  
1 seule application + produits organiques (humus  
liquide - 5 litres) + Éliciteurs EP<sub>1</sub> + EP<sub>2</sub> (6kg + 2 kg):  
coût/ha = R\$ 200,00 - Sans engrais

SOURCE: L. Dalla Nora, G. Costa, Fazenda Mourão; L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-UR1; Campo Verde/MT, 2006

**FIG. 16 PRODUCTIVITÉ MOYENNE DU RIZ PLUVIAL (CV B22) SUR LES SOLS FERRALITIQUES ISSUS DE ROCHES BASIQUES DE LA RIVE EST DU LAC ALAOTRA, EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE**

Site de Marololo - Madagascar/2005

	MODE DE GESTION <sup>1</sup> DU SOL ET DE LA CULTURE							
	Semis Direct (SCV)				Labour (Angady)			
	Gestion Chimique (C)		Gestion Chimique + organique (C + O)		Gestion Chimique (C)		Gestion Chimique + organique (C + O)	
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
Tous Précédents <sup>3</sup> confondus	3061 <i>CN(21)</i>	3808 <i>(18)</i>	3264 <i>(14)</i>	4146 <i>(15)</i>	2536 <i>(21)</i>	3884 <i>(7)</i>	3650 <i>(-)</i>	3825 <i>(13)</i>
Analyse des composantes des systèmes								
1 - SCV C + O/C x 100			+7	+9				
2 - Labour C + O/C x 100							+44	-2
3 - SCV/Labour x 100	+21	-2	-11	+8				
4 - Effet moyen C + O/C x 100	+12							

1 - Gestion Chimique (C): Herbicide Pré-émergent (+ Post- si nécessaire) + insecticide + engrais minéral  
Gestion Chimique + Organique (C + O): Herbicide + engrais minéral PK, l'azote est remplacé par l'humus liquide; traitement organique de semences; Éliciteur + humus sont apportés en cours de végétation aux stades physiologiques déterminants (l'allage - moutaison - épiaison)  
2 - F1 = Fumier seul, 5 t/ha; F2 = 67N + 60P; O<sub>1</sub> + 48K<sub>2</sub>O/ha  
3 - Précédents réunis = Dolique, Vigna un. Vigna umbellata, Maïs + Dolique, Maïs + Vigna  
SOURCE: Équipes ONG TAPA et CIRAD/GEC-UR1 - Antananarivo, Madagascar, 2006

FIG. 17

PRODUCTIVITÉ DU RIZ PLUVIAL (CV B22) SUR SOLS FERRALLITIQUES ISSUS DE ROCHES BASIQUES DE LA RIVE EST DU LAC ALAOTRA - Site de Marololo - Madagascar/2005						
Précédent cultural	Niveau <sup>2</sup> fumure	Mode de Gestion <sup>1</sup> du riz pluvial	Semis Direct			Labour (Angady)
			Sans Écobaue	Écobaue 1998	Écobaue 1999	
Dolique	F <sub>1</sub>	Chimique	3478	4156	3450	2920
	F <sub>1</sub>	Trait. Semences	3267	4060	3535	3620
	F <sub>2</sub>	Chimique	4130	5368	4748	4084
	F <sub>2</sub>	Trait. Semences	4444	5172	5028	4174
Niébié	F <sub>1</sub>	Chimique	3968	-	3329	-
	F <sub>1</sub>	Trait. Semences	3538	-	3477	-
	F <sub>2</sub>	Chimique	3975	-	3798	-
	F <sub>2</sub>	Éliciteur	4610	-	4211	-
Vigna Umbellata	F <sub>1</sub>	Chimique	2202	-	3153	-
	F <sub>1</sub>	Trait. Semences	2464	-	3089	-
	F <sub>2</sub>	Chimique	3317	-	4375	-
	F <sub>2</sub>	Éliciteur	4001	-	4412	-
Niébé	F <sub>1</sub>	Chimique	3067	-	-	-
	F <sub>2</sub>	Chimique	3141	-	-	-
Maïs + Dolique	F <sub>1</sub>	Chimique	-	3069	-	-
	F <sub>2</sub>	Chimique	-	3119	-	-
	F <sub>2</sub>	Humus Liq.	-	3450	-	-
Maïs + Vigna	F <sub>1</sub>	Chimique	1929	-	2501	-
	F <sub>2</sub>	Chimique	3480	-	3500	-
	F <sub>2</sub>	Humus Liq.	3499	-	3519	-
Maïs + Niébé	F <sub>1</sub>	Chimique	2901-2591	-	-	-
	F <sub>1</sub>	Éliciteur	3207-2736	-	-	-
	F <sub>2</sub>	Chimique	3321-3234	-	-	-
	F <sub>2</sub>	Éliciteur	3918-3487	-	-	-

1 - Gestion Chimique: Herbicide Pré-émergent (+ Post- si nécessaire) + Insecticide + engrais minéral  
 - Gestion Chimique+Organique: Utilisation des produits organiques - traitement de semences, fumus liquide  
 Éliciteur sont testés séparément en combinaison avec les produits chimiques (herbicides, engrais minéraux), l'humus liquide remplace l'urée.  
 2 - F1 = Fumier seul, 5 t/ha; F2 = 67N + 60P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 48K<sub>2</sub>O/ha  
 SOURCE: Équipes ONG TIFA et CIRAD/IGEC-UR1 - Antananarivo, Madagascar, 2005

FIG. 18

PRODUCTIVITÉ DU RIZ PLUVIAL (CV B22), EN RIZIÈRE HAUTE DE LA RIVE EST DU LAC ALAOTRA (MADAGASCAR), EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE ET DU MODE DE GESTION DE LA CULTURE - 2005

Précédent Cultural	MODE DE GESTION DU SOL ET DE LA CULTURE									
	Semis Direct (SCV)					Labour (Angady)				
	Gestion <sup>1</sup> Chimique (C)		Gestion <sup>2</sup> Chimique + organique (C + O)			Gestion <sup>1</sup> Chimique (C)		Gestion <sup>2</sup> Chimique + organique (C + O)		
	Sans fumure	67N + 60P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 48K <sub>2</sub> O	Sans fumure	Humus Liq. + 67N + 60P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 48K <sub>2</sub> O	Moyenne $\bar{x}$	Sans fumure	67N + 60P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 48K <sub>2</sub> O	Sans fumure	Humus Liq. + 67N + 60P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 48K <sub>2</sub> O	Moyenne $\bar{x}$
Maïs + Mucuna	3723	4601	4186	5637	4507	-	-	-	-	-
Maïs + Dolique	4299	5691	4780	5927	5174	3653	4021	3840	4025	3885
Dolique	3404	5977	3412	5095	4472	2698	4688	2991	5119	3874
Moyenne $\bar{x}$	3809	5423	4126	5620	4744	3176	4355	3416	4572	3880
Analyse des composantes des systèmes de culture										
Effet gestion <sup>2</sup> (C+O) /Gestion <sup>1</sup> (C)		+8		+4				+8		+5
Effet SCV/Labour (%)		+20		+25		+21		+23		
Effet Fumure (%)		+42		+36				+37		+34

1 - Gestion Chimique: Herbicide Pré-émergent (+ Post- si nécessaire) + Insecticide + engrais minéral  
 2 - Gestion Chimique + Organique: Herbicide + engrais minéral PK, l'azote est remplacé par l'humus liquide, traitement organique de semences.  
 - Éliciteur + humus sont appliqués en cours de végétation aux stades physiologiques déterminants (taillage - moutaison - épandage)  
 SOURCE: Équipes ONG TIFA et CIRAD/IGEC-UR1 - Antananarivo, Madagascar, 2005

**FIG. 19**

**PRODUCTIVITÉ DU RIZ PLUVIAL (CV B22), SUR BAIBOHOS (Sols colluviaux de plaine), DE LA RIVE EST DU LAC ALAOTRA (MADAGASCAR), EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE ET DU MODE DE GESTION DE LA CULTURE - 2005**

Précédent Cultural	MODE DE GESTION DU SOL ET DE LA CULTURE									
	Semis Direct (SCV)					Labour (Angady)				
	Gestion <sup>1</sup> Chimique (C)		Gestion <sup>2</sup> Chimique + organique (C + O)			Gestion <sup>1</sup> Chimique (C)		Gestion <sup>2</sup> Chimique + organique (C + O)		
	Humus Liq.		Humus Liq.			Humus Liq.		Humus Liq.		
Sans fumure	67N + 60P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 48K <sub>2</sub> O	Sans fumure	+ 67N + 60P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 48K <sub>2</sub> O	Moyenne $\bar{X}$	Sans fumure	67N + 60P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 48K <sub>2</sub> O	Sans fumure	+ 67N + 60P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 48K <sub>2</sub> O	Moyenne $\bar{X}$	
Dolique	5537	5861	6389	5254	5760	4972	5444	5200	4611	5057
Maïs + Dolique	4987	5009	-	5290	5095	4579	4856	-	4333	4589
Moyenne $\bar{X}$	5262	5435	6389	5272		4776	5150	5200	4472	
Analyse des composantes des systèmes de culture										
Effet gestion <sup>2</sup> (C+O) /Gestion <sup>1</sup> (C) (%)			+15	-10			+5	-15		
Effet SCV/Labour (%)		+10	+6	+23	+18					
Effet Fumure (%) F <sub>2</sub> /F <sub>1</sub>		+3		-17		+8		-14		

1 - Gestion Chimique (C): Herbicide Pré-émergent (+ Post. si nécessaire) + Insecticide + engrais minéral  
 2 - Gestion Chimique + Organique (C + O): Herbicide + engrais minéral PK, l'azote est remplacé par l'humus liquide; traitement organique de semences  
 Éliciteur + humus sont apportés en cours de végétation aux stades physiologiques déterminants (tallage - montaison - épiaison)

SOURCE: Équipes ONG TAFA et CIRAD/GEC-UR1 - Antananarivo, Madagascar, 2005

**FIG. 20**

**PRODUCTIVITÉ<sup>1</sup> DES CULTURES DE BLÉ D'HIVER ET ORGE, EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE ET DU MODE DE GESTION<sup>2</sup> DE LA CULTURE: TOTALEMENT CHIMIQUE (C), MIXTE: CHIMIQUE + ORGANIQUE (C + O), ET AU PLUS PRÈS DE L'ORGANIQUE (O)**

Sols Bruns Argilo-Calcaires de l'Ouest et du Centre de la France - Montlouis sur Loire et Issoudun - 2005

SYSTÈME DE CULTURE	MODE DE GESTION DE LA CULTURE					
	Chimique (C)		Chimique + Organique (C + O)		Organique (O)	
	Montlouis	Issoudun	Montlouis	Issoudun	Montlouis	Issoudun
<b>SEMIS DIRECT (SCV)</b>						
• Orge de printemps/Blé	-	5500 (100)	-	5000 (91)	-	4500 (82)
• Blé/Colza	6500 (100)	7300 (100)	5800 (89)	6100 (84)	4700 (72)	4600 (63)
<b>LABOUR</b>						
• Blé/Colza	-	6700 (92)	-	-	-	-

(+) Année Sèche - sévère déficit hydrique en phase de remplissage des grains.

1 - Productivité en kg/ha - Productivité relative ( ), par rapport au témoin SCV x Gestion Chimique (C)

2 - Modes de Gestion de la culture

- Chimique (C) - Herbicides + Insecticides(2) + Fongicides(2) + engrais minéral
- Chimique + Organique(C + O) - Herbicides, Insecticide dérivé de Neem(2), humus liquide, Éliciteur, sans fongicide, niveau PK égal à C, dose N réduite de 60%.
- Au plus près de l'organique (O) - Gestion identique à (C + O), mais sans apport d'azote minéral.

SOURCE: H. Charpentier, J. C. Quillet, L. Séguy, Elvisem Produits Organiques; CTAEX, Laboratoire d'analyses - Badajoz, Espagne/2005

FIG. 21

**PRODUCTIVITÉ<sup>1</sup> DES CULTURES DE BLÉ D'HIVER ET ORGE, EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE ET DU MODE DE GESTION<sup>2</sup> DE LA CULTURE: TOTALEMENT CHIMIQUE (C), MIXTE: CHIMIQUE + ORGANIQUE (C + O)**

Sols Bruns Argilo-Calcaires de l'Ouest et du Centre de la France - Montlouis sur Loire et Issoudun - 2006

SYSTÈME DE CULTURE	MODE DE GESTION DE LA CULTURE			
	Chimique (C)		Chimique + Organique (C + O)	
	Montlouis	Issoudun	Montlouis	Issoudun
<b>Orge de printemps/Blé</b>				
• Semis Direct (SCV)	-	3520 (112)	-	3010 (96)
• Labour	-	3140 (100)	-	-
<b>Blé Tendre/Mais</b>				
• Semis Direct (SCV)	7900 (100)	-	6900 (87)	-
<b>Blé Dur/Colza</b>				
• Semis Direct (SCV)	-	5520 (102)	-	5050 (82)
• Labour	-	5470 (100)	-	-

(\*) Année Sèche - sévère déficit hydrique en phase de remplissage des grains à Issoudun; Blé avec irrigation de complément à Montlouis

1 - Productivité en kg/ha - Productivité relative ( ), par rapport au itinéraire Labour x Gestion Chimique (C)

2 - Modes de Gestion de la culture

- Chimique (C) - Herbicides + Insecticides(2) + Fongicides(2) + engrais minéral
  - 170N + 50P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 50K<sub>2</sub>O sur Blé Apache à Montlouis
  - 200N + 60P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 50K<sub>2</sub>O sur Blé Dur Jovau à Issoudun
  - 120N + 60P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 50K<sub>2</sub>O sur Orge à Issoudun
- Chimique + Organique(C + O) - Herbicides, Insecticide dérivé de Neem(2), humus liquide, Élicteur, sans fongicide, niveau PK égal à C, dose N réduite de 26% sur Blé Dur et de 65% sur Orge à Issoudun, et de 45% sur Blé Tendre à Montlouis

SOURCE: H. Charpentier, J. C. Quillet, L. Séguy, Elviseem, Produits Organiques; CTAEX, Laboratoire d'analyses - Badajoz, Espagne/2006

FIG. 22

**PERFORMANCES AGRO-ÉCONOMIQUES DE LA CULTURE DE BLÉ (CV. CAP HORN), EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE ET DU MODE DE GESTION DE LA CULTURE: CHIMIQUE (C), CHIMIQUE + ORGANIQUE (C + O) AU PLUS PRÈS DE L'ORGANIQUE (O)**

Sols Bruns Argilo-Calcaires de l'Ouest et du Centre de la France - Montlouis S/Loire et Issoudun - 2005

I - COÛTS DE PRODUCTION	Modes de Gestion <sup>2</sup> de la culture de Blé						
	Chimique (C)		Chimique + Organique (C+O)		Au plus près de l'Organique (O)		
	kg, g, t/ha	€/ha	kg, g, t/ha	€/ha	kg, g, t/ha	€/ha	
<b>1.1 - Blé CAP HORN</b>							
Semences	100 kg	42,12	100 kg	22,50	100 kg	22,50	
Engrais	Super 23	250 kg	35,32	250 kg	35,32	250 kg	35,32
	Urée	430 kg	93,70	150 kg	32,80	0	-
			+88 humus	48,0	+88 humus	48,0	
Herbicides	Allié	5 g	3,34	5 g	3,34	5 g	3,34
	Monitor	12,5 g	17,42	12,5 g	17,42	12,5 g	17,42
	Communs	250 g	26,98	250 g	26,98	250 g	26,98
	Primus	0,05 t	11,87	0,05 t	11,87	0,05 t	11,87
Insecticides	Karaté Zéon	0,075 t	8,96	Neem 2 t	40,0	Neem 2 t	40
	Mavrik Flow	0,2 t	11,70	Neem 17y 10 (2x1 t)		Neem 17y 10 (2x1 t)	
Fongicides	Opus	0,25 t	10,16	Ep4 3 t	15,0	Ep4 3 t	15,0
	Opus	0,25 t	10,16	(2x1,5 t)		(2x1,5 t)	
	Opera	0,75 t	40,99				
Régulateur croissance	Contec verse	2 t	4,42	2 t	4,42	2 t	4,42
<b>Sous Total</b>		<b>317,14 (100)</b>		<b>257,65 (81)</b>		<b>224,85 (71)</b>	
<b>1.2 - Mode de Gestion du Sol</b>							
Cover Crop		25,0		-		-	
Labour	Labour		50,0		-	-	
	Hersage		8,0		-	-	
	Opérations machines		120,0		-	-	
<b>Sous Total</b>		<b>203,0</b>		-		-	
SCV Metax (2x3kg)		18,90		18,90		18,90	
(Semis Tamrock (0,8 kg)		9,55		9,55		9,55	
Direct) Opérations machines		120,00		120,00		120,00	
<b>Sous Total</b>		<b>148,45</b>		<b>148,45</b>		<b>148,45</b>	
<b>Total Général</b>		<b>520,14</b>	<b>465,50</b>	<b>406,10</b>	<b>273,3</b>		
<b>II - PRODUCTIVITÉ (kg/ha) et PROD. RELATIVE (%)</b>							
	Labour (C)	6700 (100)	7300 (109)	6000 (90)	4600 (69)		
	Labour (O)						
<b>III - MARGES BRUTES<sup>2</sup> €/ha (Hors subsides)</b>							
	Labour (C)	+123,0	+235,2	+169,9	+67,7		

1 - Modes de Gestion de la Culture:

- Chimique (C) - Herbicides + Insecticides + Fongicides + engrais minéral
  - 170N + 50P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 50K<sub>2</sub>O sur Blé à Montlouis
  - 200N + 60P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 50K<sub>2</sub>O sur Blé Cap Horn à Issoudun
  - 120N + 60P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 50K<sub>2</sub>O sur Orge à Issoudun
- Chimique + Organique(C + O) - Herbicides + humus liquide + Élicteur + Insecticide dérivé de Neem, niveau PK égal à C, dose N réduite de 65%.
- Au plus près de l'organique (O) - Gestion identique à (C + O), mais sans apport d'azote minéral.

2 - Prix payé au producteur pour le Blé Cap Horn= 96 €/tonne

SOURCE: H. Charpentier, J. C. Quillet, L. Séguy, Elviseem Produits Organiques; CTAEX, Laboratoire analyses - Badajoz, Espagne/2005

FIG. 23

**PERFORMANCES AGRO-ÉCONOMIQUES DE LA CULTURE D'ORGE DE PRINTEMPS EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE ET DU MODE DE GESTION DE LA CULTURE: CHIMIQUE (C), CHIMIQUE + ORGANIQUE (C+O) ET AU PLUS PRÈS DE L'ORGANIQUE (O)**

Sols Bruns Argilo-Calcaires de l'Ouest et du Centre de la France - Montlouis sur Loire et Issoudun - 2005

I - COÛTS DE PRODUCTION	Modes de Gestion <sup>1</sup> de la culture d'Orge					
	Chimique (C)		Chimique + Organique (C+O)		Organique (O)	
1.1 - Orge de Printemps	kg, g, l/ha	€/ha	kg, g, l/ha	€/ha	kg, g, l/ha	€/ha
Semences	100 kg	46,23	100 kg	22,50	100 kg	22,50
Engrais Super 23 Urée	250 kg	35,32	250 kg	35,32	250 kg	35,32
	250 kg	47,94	91,6 kg	19,98	0	-
			humus III	48,0	humus III	48,0
Herbicides Nicamor Communs Kart	15 g	9,93	15 g	9,93	15 g	9,93
	0,8l	14,32	0,8l	14,32	0,8l	14,32
Insecticides PEARL PEARL	0,075l	8,04	Neem 2l	40,0	Neem 2l	40
	0,0625l	6,70	(2x1l)		(2x1l)	
Fongicides ACANTO OPUS	0,4l	23,82	Epa 3l	15,0	Epa 3l	15,0
	0,4l	16,25	(2x1,5l)		(2x1,5l)	
<b>Sous Total</b>		<b>207,75</b>		<b>205,05</b>		<b>185,07</b>
		(100)		(99)		(89)
<b>1.2 - Mode de Gestion du sol</b>						
Metexes (2 x 3kg)		18,9		18,9		18,9
SCV Tarrock (0,8kg)		9,55		9,55		9,55
(Semis Direct) Opérations machines		70,0		70,0		70,0
		<b>98,45</b>		<b>98,45</b>		<b>98,45</b>
<b>TOTAL GÉNÉRAL €/ha</b>		<b>306,20</b>		<b>303,50</b>		<b>283,52</b>
<b>II - PRODUCTIVITÉ (kg/ha) et P. RELATIVE (%)</b>						
		<b>5500</b>		<b>5000</b>		<b>4500</b>
		(100)		(91)		(82)
<b>III - MARGES BRUTES<sup>2</sup> (hors Subsidés) €/ha</b>						
		<b>+206,3</b>		<b>+171,5</b>		<b>+143,98</b>

1 - Modes de Gestion de la Culture:  
 - Chimique (C) : Herbicides + Insecticides : 170N + 50P, O<sub>2</sub> + 50K, O sur Blé Apache à Montlouis 200N + 60P, O<sub>2</sub> + 5K, O sur Blé Cap Horn à Issoudun  
 + Fongicides + engrais minéral : 120N + 60P, O<sub>2</sub> + 5K, O sur Orge à Issoudun  
 - Chimique + Organique (C+O) : Herbicides + humus liquide + Eléteur + Insecticide dérivé de Neem, niveau PK égal à C, dose N réduite de 62%  
 - Au plus près de l'organique (O) : Gestion identique à (C+O) mais sans apport d'azote minéral.

2 - Prix payé au producteur pour l'orge de printemps = 98 €/tonne.  
 SOURCE: H. Charpentier, J. C. Guillet, L. Séguin, Elviam, Produits Organiques, CTAEX, Laboratoire analyses - Belgique, Espagne/2005

FIG. 24

**PERFORMANCES AGRO-ÉCONOMIQUES DE LA CULTURE DE BIÉ DUR (CV. JOYAU), EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE ET DU MODE DE GESTION DE LA CULTURE: CHIMIQUE (C) ET CHIMIQUE + ORGANIQUE (C+O)**

Sols Bruns Argilo-Calcaires de l'Ouest et du Centre de la France - Montlouis S/Loire et Issoudun - 2006

I - COÛTS DE PRODUCTION	Modes de Gestion <sup>1</sup> de la culture de Bié				
	Chimique (C)		Chimique + Organique (C+O)		
1.1 - Culture: Bié Dur (Joyal)	kg, g, l/ha	€/ha	kg, g, l/ha	€/ha	
Semences	120 kg	78,00	120 kg	28,00	
Engrais Super 23 Urée	250 kg	35,14	250 kg	35,14	
	435 kg	118,00	320 kg	88,80	
			1,5l humus + 1kg Neopar	48,0	
Herbicides Allie Atlantis Communs Primus	10,0 g	6,48	10,0 g	6,48	
	300 g	39,0	300 g	39,0	
	30 g	39,0	30 g	39,0	
	0,05l		0,05l		
Insecticides Pearl	(3x0,075 l)	23,7	Neem (1g 10)	(2x1 l)	32,8
Fongicides Opus (0,3 l) Opus + Corat	0,3 l	12,37	EPN (1,3kg + 2,8kg + 2,8kg)	47,0	
(0,3 l + 0,3 l)	25,95				
Régulateur croissance Contac verse	2 l	4,42	2 l	4,42	
<b>Sous Total</b>		<b>363,06</b>		<b>343,42</b>	
		(100)		(95)	
<b>1.2 - Mode de Gestion du Sol</b>					
Cover Crop		25,0		-	
Labour		50,0		-	
Herbage		8,0		-	
Opérations machines		120,0		-	
<b>Sous Total</b>		<b>203,0</b>		-	
SCV Metexes (2x3kg)		19,60		19,60	
(Semis Tarrock (0,8 kg) Direct) Opérations machines		9,50		9,50	
		120,00		120,00	
		<b>149,10</b>		<b>149,10</b>	
<b>Total Général</b>	<b>Labour (C)</b>	<b>SCV (C)</b>	<b>Labour (C+O)</b>	<b>SCV (C+O)</b>	
	<b>568,06</b>	<b>512,13</b>	<b>492,52</b>	<b>492,52</b>	
<b>II - PRODUCTIVITÉ (kg/ha) et PROD. RELATIVE (%)</b>					
	<b>5478</b>	<b>5320</b>	<b>5050</b>	<b>4820</b>	
	(100)	(97)	(92)	(88)	
<b>III - MARGES BRUTES<sup>2</sup> €/ha (hors subsidés)</b>					
	<b>309,14</b>	<b>371,04</b>	<b>315,48</b>	<b>315,48</b>	

1 - Modes de Gestion de la Culture:  
 - Chimique (C) : Herbicides + Insecticides + Fongicides + engrais minéral + 200N + 60P, O<sub>2</sub> + 5K, O/ha  
 - Chimique + Organique (C+O) : Herbicides + humus liquide + Eléteur + Insecticide dérivé de Neem, niveau PK égal à C, dose N réduite de 26%, sans fongicide.

2 - Prix payé au producteur pour le Bié Dur Joyau = 108 €/tonne (estimation)  
 SOURCE: H. Charpentier, J. C. Guillet, L. Séguin, Elviam, Produits Organiques, CTAEX, Laboratoire analyses - Belgique, Espagne/2006

FIG. 25

**PERFORMANCES AGRO-ÉCONOMIQUES DE LA CULTURE D'ORGE DE PRINTEMPS EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE ET DU MODE DE GESTION DE LA CULTURE: CHIMIQUE (C), CHIMIQUE + ORGANIQUE (C+O)**

Sols bruns Argilo-Calcaires de l'Ouest et du Centre de la France - Montlouis sur Loire et Issoudun - 2005

I - COÛTS DE PRODUCTION		Modes de Gestion <sup>1</sup> de la culture d'Orge			
		Chimique (C)		Chimique + Organique (C+O)	
1.1 - Culture: Orge de Printemps (Sebastian)		kg, g, t/ha	€/ha	kg, g, t/ha	€/ha
Semences		130 kg	67,22	130 kg	30,00
Engrais Super 23 Urea		250 kg	35,14	250 kg	35,14
		230 kg	61,93	85,9 kg	23,60
				Humus 3.0 + Nutriqual 2 kg	49,00
Herbicides Allé Harmony		5 g	3,24	5 g	3,24
		45 g	17,94	45 g	17,94
Insecticides PEARL		(2x0,0625)	13,18	Nuon TT 05 (2x1l)	32,00
Fongicides OPUS ACANTO		0,3	29,80	0,3	29,80
		0,3	29,80	0,3	29,80
				0,3 (0,3kg + 0,3kg + 0,3kg)	47,00
<b>Sous Total</b>			<b>228,43 (100)</b>		<b>237,38 (104)</b>
1.2 - Mode de Gestion du sol					
	Cover Crop		25,8		
Labour	Labour		50,0		
	Herbage		8,8		
	Opérations machines		120,0		
<b>Sous Total</b>			<b>203,6</b>		
SCV (Semis Direct)	Meteeres (2 x 3kg)		18,9		18,9
	Tamrock (0,8kg)		9,55		9,55
	Opération machines		70,0		70,0
<b>Sous Total</b>			<b>98,45</b>		<b>98,45</b>
<b>TOTAL GÉNÉRAL</b>			<b>Labour (C)</b>	<b>SCV (C)</b>	<b>SCV (C+O)</b>
			<b>431,63</b>	<b>329,83</b>	<b>335,83</b>
II - PRODUCTIVITÉ (kg/ha) et PROD. RELATIVE (%)			<b>Labour (C)</b>	<b>SCV (C)</b>	<b>SCV (C+O)</b>
			<b>3140 (100)</b>	<b>3020 (96)</b>	<b>3010 (96)</b>
III - MARGES BRUTES <sup>2</sup> (Hors Subsidés) €/ha			<b>78,9</b>	<b>236,32</b>	<b>145,77</b>

1 - Modes de Gestion de la Culture:  
 - Chimique (C) - Herbicides + Insecticides + Fongicides + engrais minéral - 110N + 80P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 2K<sub>2</sub>O<sub>2</sub>  
 - Chimique + Organique (C + O) - Herbicides + Humus liquide + Désher - Insecticide dérivé de Nuon. Niveau PN égal à C. dose N réduite de 45%, sans fongicide.

2 - Prix payé au producteur pour l'orge de printemps = 100 €/tonne

SOURCE: H. Charpentier, J. C. Guillet, L. Séjoux, Eliseo, Produits Organiques - France 2006  
 CTMEX, Laboratoire analyses - Redips, Evry/Seine 2006

FIG. 26

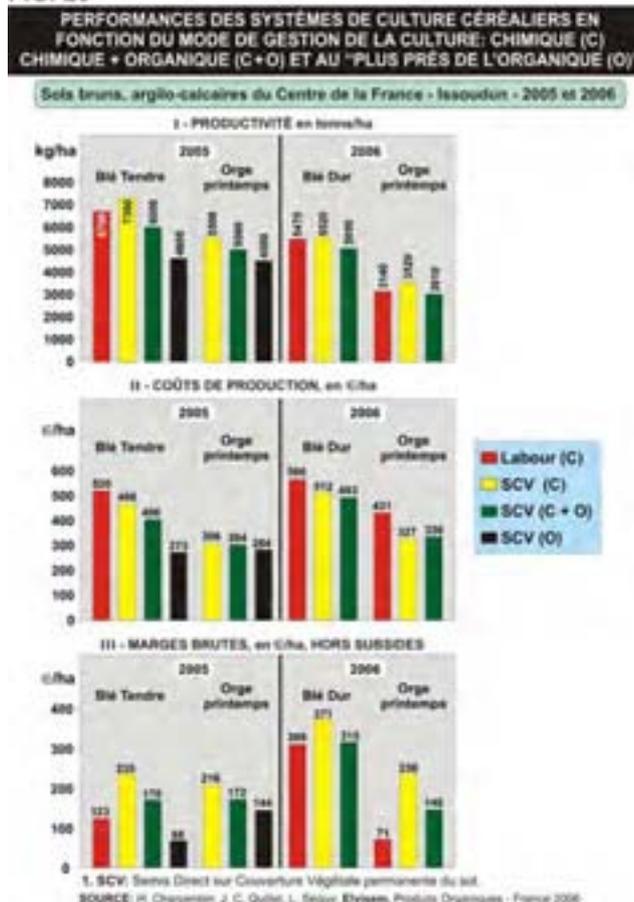


FIG. 27

**RÉSULTATS D'ANALYSES<sup>1</sup> DE RÉSIDUS DE PESTICIDES DANS LES GRAINS ET LE SOL, EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE ET DU MODE DE GESTION<sup>2</sup> DE LA CULTURE: CHIMIQUE (C), CHIMIQUE + ORGANIQUE (C + O) ET "AU PLUS PRÈS DE L'ORGANIQUE (O)"**

Soils Bruns Argilo-Calcaires de l'Ouest et du Centre de la France - Montlouis sur Loire et Issoudun - 2005

SYSTÈME DE CULTURE	Mode de Gestion	Résidus Grains -Sols, en mg/kg et teneur en protéines des grains (%)						
		% protéines	GRAINS			SOLS		
			Multi-résidus	Glyphosate	Paraquat	Multi-résidus	Glyphosate	Paraquat
I - Semis Direct (SCV) • Orge/Blé	C	10,2	<LQ	<0,01	<0,02	<LQ	<0,01	<0,02
	C+O	10,11	<LQ	<0,01	<0,02	<LQ	<0,01	<0,02
	O	9,30	<LQ	<0,01	<0,02	<LQ	<0,01	<0,02
• Blé/Colza	C	11,0-11,65	<LQ	<0,01	<0,02	<LQ	<0,01	<0,02
	C+O	9,32	Malathion <sup>3</sup> 0,01	<0,01	<0,02	<LQ	<0,01	<0,02
	O	7,13-11,32	<LQ	<0,01	<0,02	<LQ	<0,01	<0,02
<b>II - Labour</b>								
• Orge/Blé	C	12,20	<LQ					
• Blé/Colza	C	11,0-12,2	<LQ					

1 - Analyses de résidus: réalisés par le laboratoire CTAEX - Badajoz, Espagne

- Analyses multi résidus = Méthode de Luke modifiée (GC) 152 molécules recherchées (cf. fiche) - <LQ = inférieure à la limite de quantification

- Analyse Paraquat et Glyphosate = HPLC/MSD

2 - Modes de Gestion de la Culture:

- Chimique (C) - Herbicides + Insecticides(2) + Fongicides(2) + engrais minéral
- Chimique + Organique(C + O) - Herbicides + humus liquide + Elicteur + insecticide dérivé de Neem(2), niveau PK égal à C, dose N réduite de 50%.
- Au plus près de l'organique (O) - Gestion identique à (C + O), mais sans apport d'azote minéral.

3 - Malathion - Provenant de la pollution de la remorque de transport des grains en vrac, à la récolte.

SOURCE: H. Charpentier, J. C. Quillet, L. Séguy; Elvitem, Produits Organiques; CTAEX, Laboratoire d'analyses - Badajoz, Espagne/2005

170N + 50P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 50K<sub>2</sub>O sur Blé à Montlouis  
200N + 60P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 0K<sub>2</sub>O sur Blé Cap Horn à Issoudun  
120N + 60P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 0K<sub>2</sub>O sur Orge à Issoudun

FIG. 28

**RÉSULTATS D'ANALYSES<sup>1</sup> DE RÉSIDUS DE PESTICIDES DANS LES GRAINS ET LE SOL, EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE ET DU MODE DE GESTION<sup>2</sup> DE LA CULTURE: CHIMIQUE (C) ET CHIMIQUE + ORGANIQUE (C + O)**

Soils Bruns Argilo-Calcaires de l'Ouest et du Centre de la France - Montlouis sur Loire et Issoudun - 2006

SYSTÈME DE CULTURE	Mode de Gestion	Résidus Grains -Sols, en mg/kg et teneur en protéines des grains (%)						
		% protéines	GRAINS			SOLS		
			Multi-résidus	Glyphosate	Paraquat	Multi-résidus	Glyphosate	Paraquat
I - Semis Direct (SCV) • Orge de printemps/Blé	C	-	<LQ	<0,01	<0,02	<LQ	<0,01	<0,02
	C+O	-	<LQ	<0,01	<0,02	<LQ	<0,01	<0,02
• Blé Duri/Colza	C	-	<LQ	<0,01	<0,02	<LQ	<0,01	<0,02
	C+O	12,2	<LQ	<0,01	<0,02	<LQ	<0,01	<0,02
• Blé Tendre/Mais	C	11,6	<LQ	<0,01	<0,02	<LQ	<0,01	<0,02
	C+O	12,9	<LQ	<0,01	<0,02	<LQ	<0,01	<0,02
<b>II - Labour</b>								
• Orge de printemps/Blé	C	-	<LQ	<0,01	<0,02	<LQ	<0,01	<0,02
• Blé Duri/Colza	C	18,4	0,01 Pirimifos-Méthil	<0,01	<0,02	<LQ	<0,01	<0,02

1 - Analyses de résidus: réalisés par le laboratoire CTAEX - Badajoz, Espagne

- Analyses multi résidus = Méthode de Luke modifiée (GC) 152 molécules recherchées (cf. fiche) - <LQ = inférieure à la limite de quantification

- Analyse Paraquat et Glyphosate = HPLC/MSD

2 - Modes de Gestion de la Culture:

- Chimique (C) - Herbicides + Insecticides(2) + Fongicides(2) + engrais minéral
- Chimique + Organique(C + O) - Herbicides + humus liquide + Elicteur + insecticide dérivé de Neem(2), niveau PK égal à C, dose N réduite de 26% sur Blé Dur, de 65% sur Orge à Issoudun, et de 45% sur Blé Tendre à Montlouis.

SOURCE: H. Charpentier, J. C. Quillet, L. Séguy; Elvitem, Produits Organiques; CTAEX, Laboratoire d'analyses - Badajoz, Espagne/2006

180N + 0P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 80K<sub>2</sub>O sur Blé à Montlouis  
200N + 60P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 0K<sub>2</sub>O sur Blé Dur Joyau à Issoudun  
120N + 60P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 0K<sub>2</sub>O sur Orge à Issoudun

**FIG. 29 RÉSULTATS D'ANALYSES<sup>1</sup> DE RÉSIDUS DE PESTICIDES DANS LES GRAINS ET LE SOL, EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE ET DU MODE DE GESTION<sup>2</sup> DE LA CULTURE COTONNIÈRE**

Écologie des sols ferrallitiques des cerrados du Sud-Est Mato Grosso - Campo Verde, MT/2006

Système de culture	Mode de Gestion <sup>2</sup> Coton	RÉSIDUS GRAINS-SOLS, (en mg/kg)					
		GRAINS			SOL		
		Multirésidus	Glyphosate	Paraquat	Multirésidus	Glyphosate	Paraquat
<b>I - SEMIS DIRECT (SCV)</b> • Coton/Soja + ( <i>Éleusine c.</i> + <i>Crotalaire sp.</i> ) ( <i>S<sub>1</sub></i> ) • Coton/Couverture vivante <i>Arachis p.</i>	C C + O	<LQ	<0,01	<0,02	<LQ	<0,01	<0,02
<b>II - SEMI-DIRECT - TCS</b> • Mil + Coton annuel ( <i>Discaje sur Mil</i> ) ( <i>T<sub>2</sub></i> )	C	• 0,20 • 0,22 • 0,03 <i>Cipermetrinas</i>	<0,01	<0,02	• 0,02 <i>Tetraconazol</i>	<0,01	<0,02
<b>III - DISCAGES</b> • Monoculture Coton ( <i>T<sub>1</sub></i> )	C	• 1,90 • 0,32 • 0,07 <i>Cipermetrinas</i>	<0,01	<0,02	• 0,03 <i>Tetraconazol</i>	<0,01	<0,02

1 - Analyses de résidus: réalisés par le laboratoire CTAEX - Badajoz Espagne

2 - Modes de Gestion du Coton:

a) Chimique (C) - Traitement chimique des semences - Niveau standard de fumure: 140N + 63P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 135K<sub>2</sub>O + oligos; herbicides + insecticides : Gestion de la Fazenda

b) Chimique + Organique (C + O) - Traitement organique des semences - Niveau bas de fumure: 70N + 31P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 68K<sub>2</sub>O + oligos herbicide: traitement Fazenda - application de produits organiques: 6t/ha d'humus + 4,5 kg de EP4 à différents stades: 1<sup>er</sup> bouton, 1<sup>er</sup> fleur et 100-110 JAS; contrôle des insectes avec Neem complétés par produits chimiques si nécessité (punaises, *Anthonomus g.*)

SOURCE: Project FACUAL/COODETEC/CIRAD/FAZ. MOURÃO - Equipe CIRAD: J. L. Belot; J. Martin; L. Séguy; S. Bouzinac; COODETEC: A. Marques, M. Rodrigo; Fazenda Mourão: G. Costa, L. Dalla Nora, Campo Verde, MT/2006

**FIG. 30 RÉSULTATS D'ANALYSES<sup>1</sup> DE RÉSIDUS DE PESTICIDES DANS LES GRAINS ET LE SOL, EN FONCTION DU SYSTÈME DE CULTURE ET DU MODE DE GESTION<sup>2</sup> DE LA CULTURE DE RIZ PLUVIAL**

Sols alluviaux et ferrallitiques sur roche basique du Lac Alaotra - Madagascar/2005

Système de culture	Mode de Gestion <sup>2</sup> Riz	RÉSIDUS GRAINS-SOLS, (en mg/kg)					
		SOL			GRAINS		
		Multirésidus	Glyphosate	Paraquat	Multirésidus <sup>3</sup>	Glyphosate	Paraquat
<b>I - SEMIS DIRECT (SCV)</b>							
Tanety Urée	C	DDE 0,01	<0,01	<0,02	<LQ	<0,01	<0,02
Tanety Éliciteur	C + O	DDE 0,01	<0,01	<0,02	<LQ	<0,01	<0,02
Tanety humus	C + O	<i>Permethrin 0,03</i> DDE 0,01	<0,01	<0,02	<LQ	<0,01	<0,02
Baiboho urée	C	DDE 0,01	<0,01	<0,02	<LQ	<0,01	<0,02
Baiboho humus	C + O	DDE 0,01	<0,01	<0,02	<LQ	<0,01	<0,02
<b>I - LABOUR</b>							
• Labour urée Baiboho	C	DDE 0,01			<LQ		
• Labour urée Tanety	C	DDE 0,01			<LQ		

1 - Analyses de résidus: réalisés par le laboratoire CTAEX - Badajoz Espagne

2 - Modes de Gestion de la culture de Riz

- C: Chimique - Herbicides + Insecticides + engrais minéral NPK ou/et fumier

- C + O - Chimique + Organique: Herbicides: l'Éliciteur et l'humus liquide remplacent l'urée, insecticide dérivé du Neem.

3 - DDE - Molécule dérivé du DDT; pollution des sols antérieure aux expérimentations

SOURCE: Équipes ONG TAFA et CIRAD/GEC-UR1 - Elviseim, Produits Organiques - Antananarivo, Madagascar, 2005



**La gestion du patrimoine sol en SCV** continue de progresser **dans le sens d'une gestion véritablement écologique.**

**Au niveau de la DURABILITE**, diverses démonstrations convaincantes, reproductibles ont été obtenues:

- ✓ **Les SCV fonctionnent comme l'écosystème forestier**, duquel ils se sont inspirés : productivités stables élevées, reproduites au moindre coût, efficacité de l'eau, regain de biodiversité, résilience, séquestration forte du carbone, qualité biologique des sols, constituent les mots-clés du fonctionnement agronomique des SCV ; **les innovations agronomiques actuelles** portent simultanément sur :
  - **La gestion d'une fertilisation minérale revue à la baisse des systèmes de culture SCV** plutôt que des cultures individuellement ; appliquée à la volée de manière anticipée, elle permet de diminuer les coûts opérationnels, les temps de semis, et de prolonger la vie utile des semoirs ;
  - **La biodiversité des couvertures « pompes biologiques » en maintenant dans les mélanges une culture commerciale** pour amortir les coûts de production, **et une légumineuse efficace** pour fixer gratuitement l'azote (*Ex. = Maïs ou Sorgho + [Brachiaria r. + Cajanus c. ou Crotalaria s.]*)
- ✓ **Comme la forêt, les SCV s'alimentent dans la réserve d'eau plus profonde des sols des ZTH** ; bâtis pour cet 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 est arrêtée: c'est là que réside l'efficacité du processus de séquestration du carbone des écosystèmes cultivés SCV (*puits de C*), dont une part importante, 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 jusqu'à ce jour, **les SCV confèrent au sol une forte capacité de production, même en présence de niveaux de fumure minérale très bas sur sols très pauvres**, dérisoires au vu des rendements obtenus : la majeure partie des nutriments est concentrée dans la phytomasse comme dans l'écosystème forestier et retourne aux cultures via la minéralisation ; **les SCV permettent ainsi de s'affranchir rapidement de l'état initial de fertilité** des sols et de produire lucrativement tout en restaurant la fertilité des sols (*résilience et régénération «boostées»*) ;
- ✓ **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 bien plus puissantes, polyvalentes, bénéfiques et écologiques pour le milieu que les seuls OGM spécialisés.**
- ✓ **Après avoir beaucoup progressé 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 au plus près du biologique des cultures en SCV**, en substituant progressivement les molécules chimiques les plus polluantes par des molécules organiques (*qualité biologique des sols, des produits et des eaux*) ; les premiers résultats obtenus à l'échelle du réseau SCV AFD/CIRAD UR1 et en France, montrent que **les systèmes SCV sont toujours propres** : ils garantissent la qualité biologique des sols et des grains qui sont toujours exempts de résidus agrottoxiques dans la limite des capacités d'analyses (*méthode de Luke modifiée*), **contrairement aux systèmes de culture qui combinent travail du sol et monoculture** qui montrent des sols et des produits de récolte souvent significativement pollués ( $>LQ$ ) pour les cultures «les plus chargées chimiquement», telles que le coton (*ZTH Brésil*). Le système le plus utilisé actuellement dans le Brésil Central, dit de «semi-direct» (TCS) apparaît également parfois pollué, mais à un degré moindre (*premiers résultats à confirmer*)
  - **La priorité à la Diffusion - Adaptation des SCV qui intègrent agriculture et élevage et regain de biodiversité** aussi bien dans les agricultures du Nord (*s'adapter rapidement à la suppression des subsides*) que dans les agricultures familiales défavorisées au sud pour s'engager réellement et durablement dans la lutte contre la pauvreté.

## AU PLAN METHODOLOGIQUE

**L'outil expérimental au champ «Matrices des Systèmes de Culture modélisés»** (*scénarios diversifiés de développement expérimental*) et **l'outil de simulation de la dynamique de la Matière Organique (C) de Hénin Dupuis** constituent des auxiliaires précieux et performants pour, à la fois, comprendre les mécanismes de fonctionnement des systèmes de culture, les expliquer scientifiquement, fournir des technologies toujours plus performantes d'agriculture durable aux agriculteurs élaborées pour eux, avec eux et chez eux, et enfin, offrir des supports d'élection pour la formation multi-acteurs (*des agriculteurs aux chercheurs, en passant par les techniciens et agronomes de la R - D*).

**Pour la recherche, ces outils permettent de faire progresser, en synergie, systèmes de culture et amélioration variétale, et donc de mieux appréhender la notion de potentiel de production (l'expliquer), en faisant avancer de manière intégrée, potentiel variétal et capacité de production du sol.**

## PERSPECTIVES

### ▪ POUR LA RECHERCHE

➤ **Nécessité de poursuivre les recherches appliquées, au champ**, (*démarche naturaliste avec l'outil «Profil Cultural» et les réponses de la nature comme guides*), sur l'amélioration des performances agronomiques et technico-économiques des SCV, aussi bien pour la grande agriculture moderne mécanisée que pour les petites agricultures familiales déshéritées du Sud, notamment :

- **Plurifonctionnalité** des mélanges «biomasses de couverture»,
- **Relations «Génotypes x Environnements»**,
- **Bilans hydriques** (*étendre l'aire géographique des cultures*), et **bilans minéraux** (*capacité recycleuse SCV – Fonctionnement en circuit fermé sans pertes de nutriments*),
- **Maîtrise des SCV «Zéro ou Minimum Intrants»**,
- **Capacité de séquestration du carbone**,
- **Substitution progressive** des molécules chimiques les plus polluantes par des **molécules organiques** (*aliments, sols et eaux propres*),
- **Suppressivité** vis-à-vis des maladies cryptogamiques (*Pyricularia oryzae en particulier*).

➤ **En laboratoire, recherches plus fondamentales sur monolithes de sol (lysimètres), couplées aux expérimentations au champ (matrices systèmes pérennisées)** du réseau SCV AFD/CIRAD UR1, **en fonction de la nature des SCV :**

- **Pouvoir de transformation - digestion** des «compartiments » :
  - Litières «couvertures permanentes des sols» en SCV (*prioritaire*),
  - Rhizosphère ,**vis-à-vis des molécules xénobiotiques (pesticides en priorité) en fonction de la nature des SCV ;**
- **Xénobiotiques, bases, nitrates, sulfates dans les eaux de drainage profond ;**
- **Cycle «Minéralisation x Réorganisation de l'azote» ;**
- **Dynamique de la CEC.**

## ▪ POUR LE DEVELOPPEMENT

La recherche SCV (*partenariat AFD/CIRAD URI/MAE*) doit, à partir de ses capacités reconnues de création de l'innovation en matière de gestion écologique des sols et des cultures et à partir du Brésil poursuivre ses efforts pour la **résolution** et à **grande échelle** des **grandes problématiques** des agriculteurs du sud :

- **Restauration des sols tropicaux au moindre coût** compatible avec l'exercice d'une agriculture durable, lucrative et de qualité, grâce aux SCV qui intègrent cultures, élevage et l'arbre (*prioritaire*),
- **Plutôt que le productivisme du nord inaccessible au sud, développer des filières de qualité - traçabilité couplées à l'évaluation économique du capital sol (*impacts environnementaux*) - Produire des aliments de qualité à haute valeur ajoutée dans un environnement protégé (*qualité biologique des sols, des eaux et des récoltes dans une reconquête de la biodiversité*) ;** cette ambition devrait s'appliquer en priorité aussi aux productions alimentaires péri - urbaines (*cultures maraîchères*),
- **Construire des alternatives SCV, sans brûlis, aux systèmes itinérants «Slash and Burn» :** jardins tropicaux à atmosphère forestière dominante qui associent harmonieusement = cultures alimentaires, l'élevage et l'arbre (*bois, fruits, pérennes de rente*)
- **Transférer-adapter en Afrique, les bases de la production du Coton de haute technologie** et de qualité à partir de l'expérience Brésil (*SCV x Géotypes x Modes de gestion organique dominant*)
- **Elargir l'aire géographique des cultures, incorporer de nouvelles cultures** dans les grandes régions écologiques grâce à l'amélioration de l'efficacité de l'eau sous SCV, et de la fertilité d'origine organo-biologique ;
- **Adapter-diffuser les systèmes rizicoles en SCV, productifs et diversifiés dans un environnement protégé,** comme alternatives aux aménagements hydro agricoles et réhabilitations à répétition trop coûteux (*riz poly-aptitudes x SCV diversifiés*) et polluants.

## ▪ POUR LA RECHERCHE ET LE DEVELOPPEMENT

- **Former les acteurs de la R&D ;**
- **Optimiser leurs relations opérationnelles et promouvoir la diffusion des SCV comme outils dans la lutte contre la pauvreté et le changement climatique.**

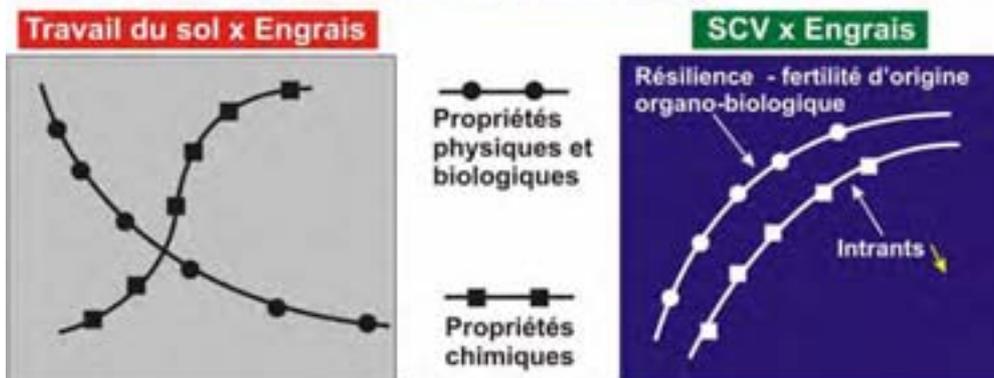
Soit, au total et en guise de conclusion finale, contribuer au développement d'une révolution **TRIPLEMENT VERTE** : produire plus, et de qualité, dans un environnement protégé (*aliments, sols et eaux propres*), en élargissant significativement l'aire géographique des cultures, par la capacité majeure de réponse – adaptation des SCV au changement climatique.

(*MOTS-CLEFS : capacité de régulation du fonctionnement des systèmes, systèmes tampons.*)

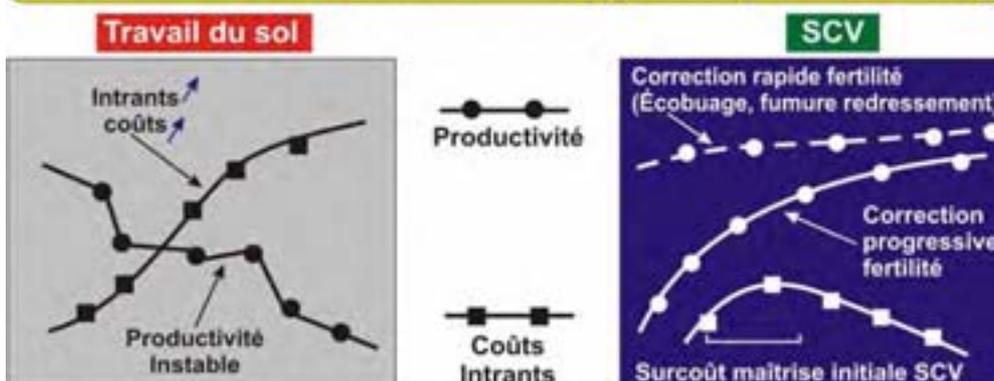
# CE QUI A CHANGÉ AVEC LA MAÎTRISE DES SCV DANS LES GRANDES RÉPONSES DES ÉCOSYSTÈMES CULTIVÉS<sup>(1)</sup> TROPICAUX

## Vision synthétique des tendances majeures

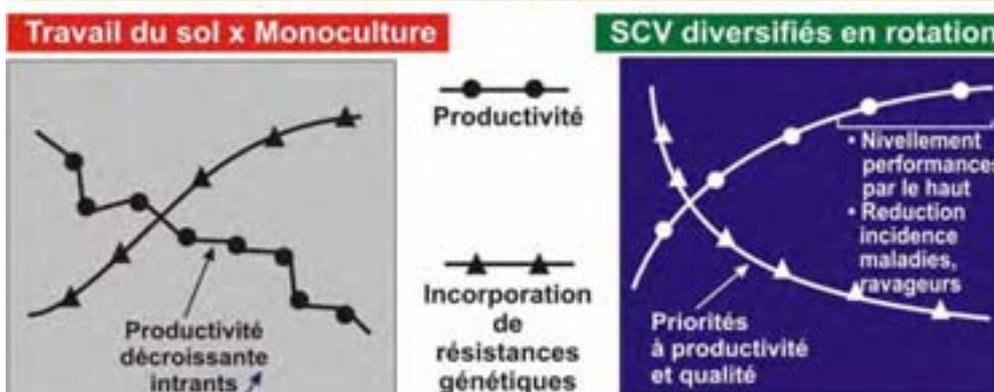
### I - Évolution de la fertilité



### II - Relations "Coûts x Productivité" (Systèmes, main d'œuvre)



### III - Création - Sélection Cultivars pour et dans les systèmes



1 - Pays Tropicaux émergents (cf. Brésil)

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA-UR1, Goiânia - 2006

## IV - PROTECTION DES RESSOURCES NATURELLES ET LUTTE CONTRE LA PAUVRETÉ

### Défrichage par le feu

- Perte immédiate stock natif M. O.
- Processus érosion dégradadttion mise en route
- Système défriche - brûlis, itinérant (*cycle 3-4 ans*)

### Défrichage sans le feu

- Abattage puis digestion biomasse, tendre par pompe biologique (*Mucuna, pueraria*) + couverture sol
- Reconstitution "Jardins tropicaux" en SCV
  - Cultures pérennes de rente
  - Cultures annuelles
  - Élevage

### Travail du sol continu

- Perte continue M. O.
- Résurgence pestes végétales
  - Striga
  - adventices vivaces *Cyperacées, Dicotylédones* fortement concurrentielles des cultures(*Main d'œuvre pénibilité coûts*)

### SCV Diversifiés

- Restauration puis maintien M. O., **Activité biologique**
- Contrôle naturel par SCV des pestes végétales
  - Striga (sols dégradés)
  - Imperata, Chromolaena, sur défrichage forêt
  - Adventices vivaces et dicotylédones de contrôle difficile et onéreux
- **Systèmes de culture durables zéro ou avec minimum intrants**

## V - RIZICULTURES ALTERNATIVES SCV À LA RIZICULTURE IRRIGUÉE AVEC CONTRÔLE DE L'EAU

- **SCV diversifiés x Riz Poly-Aptitudes x toutes conditions de culture:** Riziculture irriguée et par aspersion, riziculture sans contrôle de l'eau: aménagements détruits, zones de bas-fonds, larges plaines, non aménagées (Rainfed Lowland), Riz Pluvial zones exondées
  - Rizicultures économes en investissements, intrants, main d'œuvre, dans un environnement protégé

## VI - ÉTENDRE L'AIRE GEOGRAPHIQUE DES CULTURES SOUS SCV

- Par modification du Bilan Hydrique → Contrôle ruissellement, externalités → Efficacité eau

Ex. → Riz pluvial et Maïs possibles en zone Soudanienne  
Coton en zone tropicale humide

## **ANNEXES**

**I) ANIMATION SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE,  
CONTRIBUTION AU TRANSFERT DES  
CONNAISSANCES VERS L'EXTERIEUR**

**II) CONTRIBUTION A LA VALORISATION  
COMMERCIALE DES RESULTATS DE  
RECHERCHE**

**III) PUBLICATIONS**

## **I) ANIMATION SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE, CONTRIBUTION AU TRANSFERT DES CONNAISSANCES VERS L'EXTERIEUR**

• Le réseau SCV tropical du CIRAD-CA a été fondé<sup>22</sup> puis développé grâce à la synergie AFD/CIRAD-CA/GEC –UR 1.

• **Le Brésil est le pays de référence pour le Semis Direct en régions tropicales et subtropicales, la source du transfert Sud-Sud :**

- Le CIRAD-CA<sup>23</sup> est à la base des SCV de la zone tropicale du Brésil ;
- Le Brésil a aujourd'hui plus de 21 millions d'hectares en Semis Direct, conquis en moins de 20 ans ; la dynamique de son agriculture qu'il a hissée avec succès dans la mondialisation sans subventions, sa capacité à incorporer très vite les progrès technologiques en font un pays de référence, une source d'inspiration et de création de technologies à transférer-adapter pour les petites agricultures du Sud.

• **L. Séguy est l'animateur scientifique et technique du réseau SCV du CIRAD-CA grâce à l'appui de S. Bouzinac**, qui joue un rôle fondamental pour assurer la conduite du programme SCV au Brésil, libérant ainsi L. Séguy pour assurer l'animation du réseau à l'extérieur ; pour ce faire, ce dernier réalise de nombreuses missions annuelles :

- + Afrique : Cameroun, Angola ;
  - + Madagascar ;
  - + Amérique du Sud : Brésil, Colombie.
- (cf. *Rapports de mission Lucien Séguy en 2006*)

---

<sup>22</sup> Denis Loyer (AFD) et Lucien Séguy (CIRAD-CA) dans le début des années 1990.

<sup>23</sup> Equipe L. Séguy, S. Bouzinac et partenaires brésiliens de la R-D.

## II) CONTRIBUTION A LA VALORISATION COMMERCIALE DES RESULTATS DE RECHERCHE

- **Cf. Contrats** EL ACEITUNO/CIRAD-CA – UR 1 en Colombie, et ASPAR/CIRAD-CA en Bolivie, concernant la valorisation des variétés SEBOTAS poly-aptitudes dans les alternatives rizicoles en SCV, préservatrices de l'environnement.

- **Financement de la recherche SCV :**

**Le succès croissant du réseau CIRAD/AFD au Sud a contribué à hisser les SCV dans le débat mondial sur l'agriculture de conservation et lui a assuré un soutien financier constant et très conséquent de la part de notre partenaire AFD (Cf. produits financiers du PTA 1) :**

- **4 millions d'euros (missions-salaires) sont rentrés au CIRAD entre 1999 et 2005 ;**
- **avec une mise de fonds sur EPRD de seulement 1,7 Millions d'Euros du CIRAD, l'AFD a financé, outre les 4 millions d'Euros versés au CIRAD, 37 millions d'Euros pour le développement des projets SCV au Sud.**

- **Visiteurs et activités de formation (L. Séguy et S. Bouzinac)**

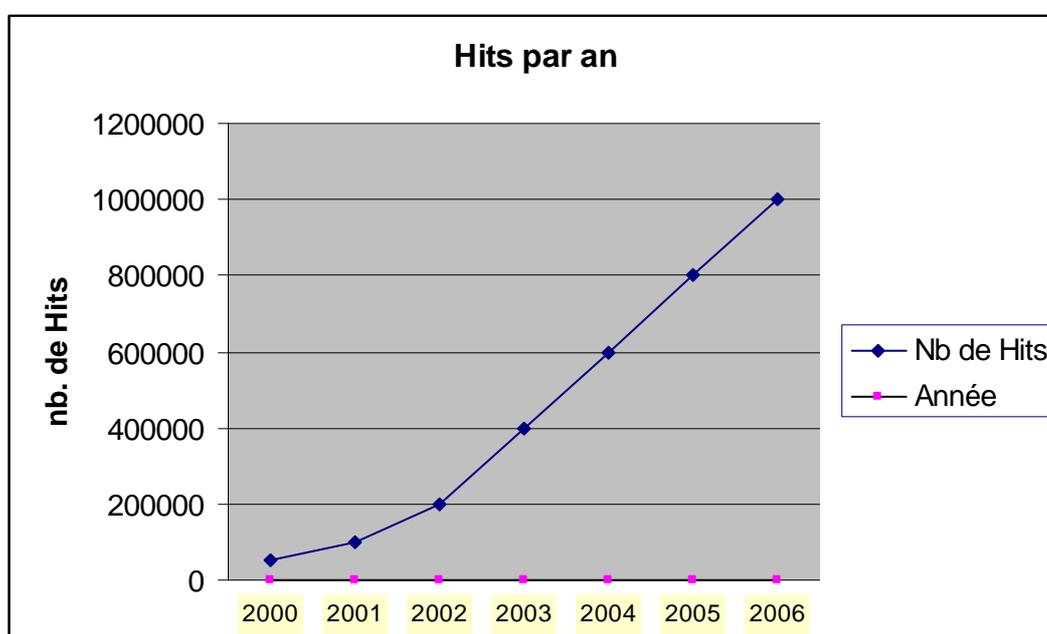
- Visite accompagnée d'une trentaine agriculteurs français, fin janvier-début février 2006 et conférence sur SCV Tropiques et France (*Coopération et transfert technologique Sud - Nord*).
- Conférence dans l'état de Bahia (*début juin 2006*), sur les SCV Cotonniers (*multi-acteurs*) avec +/- 300 personnes Cf. Doc . In « ANAIS 1° ENCONTRO TÉCNICO DO PAS – Fazenda Mizote IV – São Desidério – BA – 07 de junho 2006 » p. 21 – 32 , Gestão dos solos tropicais – L. Séguy, S. Bouzinac.
- Conférences de L. Séguy au cours de ses missions au Sud :
  - **Madagascar** : (*Restitution de mission – Perspectives – Avril 2005*) ;
  - **Israël – Université Ben Gourion** (désert du Neguev): Présentation des SCV, concepts et réalisations en septembre 2006 ;
  - **Cameroun** : Conférence sur le thème SCV en octobre 2005 ;
- **Cours international (Novembre 2006) – «Mastère Semis Direct»** dans le cadre de notre coopération avec l'UEPG ce Ponta Grossa sur financement du MAE – 15 participants chercheurs-agronomes du Sud, en provenance de l'Asie (*Laos, Vietnam*), d'Afrique (*Mali, Cameroun*), de Madagascar et d'Argentine.

## STATISTIQUES DU SITE AGRO-ECOLOGIE DANS LA PERIODE DU 08/06/2000 au 30/12/2006 - UN INDICATEUR DE SUCCES

Site : <http://agroecologie.cirad.fr>

### VUE GENERALE

	Total	Moyenne journalière
Hits	2.153.804	807
Nombre de pages vues	1.841.605	686
Nombre de visiteurs	150.192	



Source : Christine Casino CIRAD/UR1 - 2006

### III) PUBLICATIONS

➤ **CHAPITRES D'OUVRAGE COORDONNÉ PAR LE Dr. NORMAN UPHOFF DE L'UNIVERSITE DE CORNELL INTITULÉ : In « BIOLOGICAL APPROACHES TO SUSTAINABLE SOILS SYSTEMS » 2005/06 édité par TAYLOR & FRANCIS (764 pages).**

**L. Séguy, S. Bouzinac, O. Husson –Chapter 22:** Direct-seeded tropical soils systems with permanent soil cover: learning from brazilian experience. p. 325 – p. 342

**O. Husson, L. Séguy – Chapter 23:** Restoration of acid soil through agro-ecological management – p. 343 à p.356

➤ **In « ANAIS 1° ENCONTRO TÉCNICO DO PAS – Fazenda Mizote IV – São Desidério – BA – 07 de junho 2006 »**

**L. Séguy, S. Bouzinac,** Gestão dos solos tropicais –. p. 21 – 32

➤ **In REVISTA PLANTIO DIRETO Ano XIV N° 84 – Novembro/Dezembro 2004 p. 45 à p. 61**  
**J.C. M. Sá; C. C. Cerri, M. C. Piccolo, B. E. Feigl, J. Buckner, A. Fornari, M.F.M. Sá, L. Séguy, S. Bouzinac, S.P. Venzke Filho, V. Paulleti, M.S. Neto.** – O plantio direto como base do sistema de produção visando o seqüestro de carbono.

➤ **In ÉTUDE ET GESTION DES Sols de l'AFES [Association Française pour l'Étude du Sol]**  
Volume 13 – Numéro 2, 2006 de p. 113 à p. 127

**T.M. Razafimbelo, A. Albrecht, I Basile, D. Borschneck, G. Bourgeon, C. Feller, H. Ferrer, R. Michellon, N. Moussa, B. Muller, R. Oliver, C. Razanamparany, L. Séguy et M. Swarc** – Effet de différents systèmes de culture à couverture végétale sur le stockage du carbone dans un sol argileux des Hautes Terres de Madagascar.

➤ **PARTICIPATION ACTIVE A LA REDACTION DES FICHES DU DOSSIER COORDONNÉ ET ÉDITÉ PAR L' AFD en Novembre 2006 :**

**“LE SEMIS DIRECT SUR COUVERTURE VÉGÉTALE PERMANENTE (SCV)”**

**Une solution alternative aux systèmes de culture conventionnels dans les pays du Sud.**

➤ **COMMUNICATIONS ET POSTERS (comme co-auteur) AU CONGRES DE NAIROBI EN OCTOBRE 2005 :**

**Bounthong BOUAHOM, Florent TIVET, Hoà TRAN QUOC, Pascal LIENHARD, Bounsay CHANTHARATH, Patrick JULIEN, Khamkèo PANYASIRI and Lucien SEGUY** - Direct Seeding Mulch-Based Cropping Systems – A Holistic Research Approach implemented in Northern Laos.

**Hoà TRAN QUOC, Chanthasone KHAMXAYKHAY, Piane CHANTHIP, Bounsay CHANTHRATH, Florent TIVET and Lucien SEGUY** - Managing soil resource on your farm – Example of an iterative approach conducted with farmers groups in northern Laos.

**Charpentier H., Razanamparany C., Andriantsilavo M., Husson, O. and Séguy, L.** - Associating Cassava with *Brachiaria* sp. on degraded hillsides in Madagascar.

**Charpentier H., Andriantsilavo M., Husson, O. , Michellon R., Moussa N. , Chabaud, C. ; Rakotondralambo A. and Séguy, L** - New rice varieties and cropping systems for paddy fields with poor water control.

**Husson, O., Michellon R.; Charpentier H.; Ramaroson, I.; Razanamparany C.; Andriantsilavo M.; Moussa N. ; and Séguy, L.** - An approach for creation, training and extension of systems based on Direct Seeding on Permanent Soil Cover in Madagascar.

**Michellon R. , Ramaroson I. , Razanamparany C. , Moussa N. and Séguy L.** - Developing cropping systems on permanent soil cover with minimal inputs for Madagascar Highlands.

**Michellon R., Moussa N., Rakotoniaina F C., Husson O. and Séguy L** - Soil smouldering: a low cost practice for a rapid recovery of soil fertility

**Muller B. , Andriantsimalona D., Dusserre J., Dzido J.L., Michellon R., Moussa N., Rabary B., Rakotoarisoa J., Ramahandry F., Ramanantsoanirina A., Randriamanantsoa R., Ratnadass A., Razakamiaramanana and Séguy L.** - An original multidisciplinary experimental layout to assess the performances and impacts of various DSPSC (Direct Seeding on Permanent Soil Cover) rainfed rice-based cropping systems on the highlands of Madagascar.

**Pascal LIENHARD, Thammakham SOSOMPHOU, Johnny BOYER, Sompheng SIPHONGXAY, Soulivanthong KINGKEO, Florent TIVET and Lucien SEGUY** - Regenerating wastelands through the use of forage species in Xieng Khouang province, Northern Laos.

**Pascal LIENHARD, Thammakham SOSOMPHOU, Johnny BOYER, Sompheng SIPHONGXAY, Soulivanthong KINGKEO, Florent TIVET and Lucien SEGUY** - Regenerating wastelands through the use of forage species in Xieng Khouang province, Northern Laos.

**Rakotondramanana ; Husson, O.; Charpentier, H.; Razanamparany, C.; Andriantsilavo, M.; Michellon, R.; Moussa, N. and Séguy, L.** - The use of *Cynodon dactylon* as soil cover for direct seeding.

**Ratnadass A., Michellon R., Moussa N., Randriamanantsoa R. and Séguy L.** Impact of rainfed rice-based DSPSC systems on soil pest and *Striga* infestation and damage in Madagascar.

**Razafimbelo T., Michellon R., Séguy L., Moussa N., Razanamparany C., Muller B., Oliver R., Albrecht A., Feller C.** - Soil carbon storage and protection according to tillage and soil cover practices (Antsirabe-Madagascar).

## ➤PRESENTATION A DIVERS CONGRES SCIENCES DU SOL AU BRESIL EN 2005 - 2006

### Poster 1

**Neto, S.M., Perrin A.S., Bernoux M., Pavei M., Scopel E., Douzet J.M., Séguy L., Bouzinac S., Piccolo M.C., Feller C., Cerri C.C., Maronezzi A.C.** - Estoque de carbono em sistemas de manejo do solo em Sinop (MT).

### Poster 2

**Pavei M., Perrin A.S., Neto, S. M., Bernoux M., Piccolo M.C., Scopel E., Douzet J.M., Feller C., Maronezzi A.C., Séguy L., Bouzinac S.** - Estimativa da biomassa microbiana e do nitrogênio mineral em sistemas de manejo do solo em Sinop (MT).

## **Publication**

**Neto, S.M., Perrin A.S., Pavei M., Piccolo M.C., Bernoux M., Scopel E., Douzet J.M., Séguy L., Bouzinac S., Cerri C.E.P., Cerri C.C., Feller C. – Composição isotópica dos estoques de carbono do solo com diferentes sistemas de manejo em Sinop (MT).**

## **➤ RAPPORTS DE MISSION DE L. SEGUY :**

- **Madagascar (Mars-avril 2006)**
- **Angola (mai 2006)**
- **Colombie (Juin 2006)**
- **Israël (Septembre 2006)**
- **Angola (mai 2006)**
- **Cameroun (Septembre 2006)**