



## **LA SYMPHONIE INACHEVÉE DU SEMIS DIRECT DANS LE BRÉSIL CENTRAL : LE SYSTÈME DOMINANT DIT DE "SEMI-DIRECT"**

**LIMITES ET DÉGÂTS, ECO-SOLUTIONS ET PERSPECTIVES:  
LA NATURE AU SERVICE DE L'AGRICULTURE DURABLE**



*L. Séguy  
S. Bouzinac  
et partenaires brésiliens  
2008*



## TABLE DES MATIERES

<b>RESUME</b> .....	<b>p. 3</b>
<b>I) LE SYSTEME DIT DE « SEMI-DIRECT », UN SYSTEME NON DURABLE</b> .....	<b>5</b>
<b>1.1 CHRONIQUE D'UNE DÉGRADATION ANNONCÉE</b> .....	<b>6</b>
<b>1.2 QUELQUES ANNEES PLUS TARD : La crise économique du début des années 2000, révèle et confirme les insuffisances et déficiences du système «semi-direct»</b> .....	<b>6</b>
<b>II) SOLUTIONS ET PERSPECTIVES</b> .....	<b>26</b>
<b>2.1 LES PREMIERES LEÇONS DU PASSÉ</b> .....	<b>28</b>
<b>2.2 DES CERRADOS A LA FORÊT HUMIDE DU SUD DU BASSIN AMAZONIEN</b> .....	<b>33</b>
<b>2.3 APPLICATIONS DE CES PRINCIPES DE GESTION DURABLE</b> .....	<b>51</b>
<b>2.3.1 LES SYSTEMES COTONNIERS SUR SOLS FERRALLITIQUES ARGILO-SABLEUX DU SUD-OUEST DU MATO GROSSO – DECIOLÂNDIA – 2001/2004</b> .....	<b>52</b>
<b>2.3.2 LES SYSTEMES COTONNIERS SUR SOLS FERRALLITIQUES SABLO-ARGILEUX DE L'ÉCOLOGIE DES CERRADOS DE MOYENNE ALTITUDE FAZ. MOURÃO</b> .....	<b>60</b>
<b>2.3.3 PREMIERS PAS VERS UNE GESTION PLUS ÉCOLOGIQUE DES CULTURES EN SCV : il est possible de réduire significativement la charge chimique des cultures</b> .....	<b>86</b>
<b>2.3.3.1 IMPACTS DES MODES DE GESTION DE LA CULTURE SUR LA PRODUCTIVITE DES SYSTEMES SCV</b> .....	<b>87</b>
<b>2.3.3.2 IMPACTS SUR LA GESTION OPERATIONNELLE DES SYSTEMES ET LE NIVEAU D'INTRANTS : moins de pesticides, machines et engrais</b> .....	<b>92</b>
<b>2.3.3.3 IMPACTS SUR LA QUALITE BIOLOGIQUE DES GRAINS ET DES SOLS</b> .....	<b>92</b>
<b>III) ESSAI DE SYNTHÈSE ET PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION DES SCV</b> .....	<b>142</b>
<b>3.1 ÉTAPES CHRONOLOGIQUES DE LA CONSTRUCTION DES TECHNOLOGIES SCV : OUTILS, APPLICATIONS ET SYNTHÈSE DES RESULTATS</b> .....	<b>143</b>
<b>3.2 SYNTHÈSE DES PRINCIPAUX RESULTATS</b> .....	<b>164</b>
<b>3.2.1 Sur la dynamique de dégradation et de résilience du patrimoine sol en ZTH</b> .....	<b>164</b>
<b>3.2.2 Sur la productivité de Phytomasse annuelle et l'optimisation du fonctionnement des relations Sols-Cultures : Les voies de la production propre dans un environnement protégé</b> .....	<b>168</b>
<b>3.3 PERSPECTIVES</b> .....	<b>180</b>
<b>3.3.1 LES ENJEUX POUR UNE RECHERCHE SCIENTIFIQUE SOUCIEUSE DE S'ENGAGER</b> .....	<b>180</b>
<b>3.3.2 RECOMMANDATIONS ET ENJEUX POUR LE DÉVELOPPEMENT</b> .....	<b>189</b>
<b>IV) CONCLUSION</b> .....	<b>205</b>
<b>V) REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	<b>211</b>

## RÉSUMÉ

Les Cerrados de la zone tropicale humide du Brésil couvrent 200 millions d'hectares, dont 50 millions sont potentiellement utilisables pour une agriculture intensive. Leur mise en culture à la fin des années 1970 dans l'état du Mato Grosso, à partir de techniques de travail intensif du sol importées des pays du Nord et des grandes monocultures industrielles, a fortement dégradé le capital sol.

Pour répondre rapidement et durablement à cet échec, le CIRAD et ses partenaires<sup>1</sup> de la recherche et du développement ont construit dès 1985, puis maîtrisé et diffusé progressivement des systèmes de culture en semis direct sur couverture végétale permanente du sol en accompagnant l'avancée des fronts pionniers dans la région Centre Nord Mato Grosso : d'abord les Cerrados de la région de Lucas do Rio Verde, berceau de l'élaboration des techniques de Semis Direct en Zone Tropicale Humide (ZTH), puis rapidement plus au Nord, en zone de forêts dans les régions de Sorriso et Sinop pour précéder l'arrivée du front pionnier et lui offrir des alternatives diversifiées d'agriculture durable de faible impact sur l'environnement, dès son arrivée.

L'adoption massive du Semis Direct de soja sur paille de mil s'est opérée à partir de 1995, sous la forte pression du plan de restructuration économique du président F.H. Cardoso, qui a obligé les producteurs à réduire fortement leurs coûts de production si ils voulaient survivre.

Mais le système originel de semis direct créé par le CIRAD et ses collaborateurs brésiliens<sup>1</sup> a été rapidement modifié par les agriculteurs qui l'ont transformé en un système dit de "semi-direct" dans lequel le semis de la biomasse de couverture (*mil, sorgho*) est effectué à la volée et incorporé par un travail minimum du sol (*discage*) ; les principales justifications à l'adoption de ce système modifié sont : gain de temps opérationnel et décompaction des sols. Le "semi-direct" a trouvé de plus une légitimité officielle avec l'introduction de la culture cotonnière de haute technologie à la fin des années 1990 (*écologies des Cerrados et des Forêts*), la législation en vigueur exigeant la destruction systématique par voie mécanique (*discage*) des repousses de coton en post-récolte pour contenir la propagation d'insectes ravageurs très préjudiciables à la culture (*puçerons, "bicudo" ⇒ Anthonomus grandis*).

Ce système de "semi-direct" (*ou TCS = Techniques de Culture Simplifiées*) a cependant montré très vite ses limites agronomiques, économiques et environnementales dans les conditions pédoclimatiques de la Zone Tropicale Humide (ZTH), et a confirmé qu'il n'est pas durable : perte continue de carbone qui entraîne la stagnation, voire parfois la régression de la productivité du système devenu très sensible aux variations climatiques interannuelles, à une explosion des nématodes phytophages et des maladies cryptogamiques ; il ne peut se maintenir que par un apport massif d'intrants chimiques (*à des coûts de plus en plus prohibitifs*) dont les premières pollutions environnementales sont déjà significatives (*eaux de ruissellement, nappes, sols et productions*), et de variétés nouvelles toujours plus nombreuses qui doivent intégrer (*avec retard par rapport aux besoins de développement*) de plus en plus de résistances multiples au fur et à mesure que le capital sol se dégrade.

Mais, des solutions existent : le CIRAD et ses collaborateurs ont créés au cours des 15 dernières années de nombreux scénarios diversifiés de développement durable en SCV. Les auteurs analysent les diverses étapes qui ont présidé à la genèse de la construction des SCV qui sont issus de l'ingénierie écologique au service du développement et évaluent l'évolution de leurs performances croissantes. Ces systèmes, 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 (*de 23 à plus de 30 t/ha de phytomasse*

---

<sup>1</sup> Equipe CIRAD L. Ségué, S. Bouzinac et ses partenaires brésiliens de la recherche et du développement, en coopération permanente avec les agriculteurs (*dont le pionnier, Mr Munefume Matsubara*), le CNPAF, Centre de Recherche Fédéral sur le riz et le haricot de l'EMBRAPA, l'EMPAER-MT, Centre de Recherche de l'état du Mato Grosso entre 1986 et 1989 ; puis en partenariat avec RHODIA (*filiale Brésil de Rhône Poulenc*) et la coopérative COOPERLUCAS de Lucas do Rio Verde de 1990 à 1995, plus récemment avec la Préfecture de SINOP, puis le groupe MAEDA, la COODETEC et l'entreprise privée de recherche AGRONORTE entre 1995 et 2002, et enfin l'entreprise CEREASNET, l'USP, le FACUAL et l'UEPG entre 2003 et 2008.

Ce document est le fruit et l'œuvre de tous ces partenaires de la Recherche et du Développement brésiliens, engagés dans l'action avec le CIRAD entre 1983 et 2008. Qu'ils trouvent tous ici notre hommage et nos remerciements les plus chaleureux pour nous avoir permis de vivre, ensemble, cette aventure exceptionnelle.

*sèche annuelle*), avec de moins en moins d'intrants chimiques, donc des coûts de production en baisse, ils sont tous construits sur une reconquête de la biodiversité fonctionnelle = rotations de cultures (*soja, riz, coton et cultures de succession*), intégration Agriculture - Elevage, 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*), réduisent l'incidence des maladies et des nématodes phytophages, fonctionnent en circuit fermé comme la forêt (*recyclage profond des bases et nitrates, injection de carbone en profondeur, hors des atteintes anthropiques*) et garantissent la qualité biologique des sols et des productions. Les grandes voies d'une gestion progressivement plus organique des principales cultures dans les SCV sont abordées avec des résultats très prometteurs.

• La construction conceptuelle, scientifique et technique de ces scénarios diversifiés d'agriculture durable de plus en plus performante aux plans agronomique, technique et économique en conditions adverses, a pu se faire, grâce, simultanément, à des outils méthodologiques systémiques performants :

- Les matrices pérennisées des systèmes de culture conduites en conditions d'exploitation réelles et implantées au cœur des réalités agricoles (*pour, avec et chez les agriculteurs, dans leurs unités de production*),
- Le profil cultural qui précise, en continu, la dynamique des relations Sols-Cultures, hiérarchise et oriente les décisions agronomiques,
- L'ingénierie écologique qui traite de la gestion de milieux et de la conception d'aménagements durables, adaptatifs, multifonctionnels inspirés des mécanismes qui gouvernent les systèmes écologiques (*auto-organisation, diversité élevée, structures hétérogènes, efficacité de l'utilisation de l'énergie*)

Les priorités devraient maintenant être données, d'une part, à la promotion et à la diffusion opérationnelle des SCV diversifiés dans le Brésil Central, et d'autre part, à la poursuite de leur perfectionnement à partir de l'écologie fonctionnelle qui constitue sans aucun doute la source d'inspiration la plus prolifique. Ces systèmes SCV peuvent être, à la fois, la clé de la récupération du vaste réservoir de 16,5 millions d'hectares de terres dégradées et abandonnées en Amazonie, ce qui permettrait de freiner efficacement le processus de déforestation et d'ouvrir les voies de réconciliation entre l'écologie et l'agronégoce, décisive pour le développement rapide du Brésil et pour son image à l'extérieur.

La ZTH du Mato Grosso est devenue championne de productivité du Brésil pour le soja, le riz pluvial et le coton de haute technologie ; l'incorporation des SCV diversifiés devrait faire franchir maintenant un nouveau palier supérieur de développement plus en conformité avec les exigences de l'agriculture durable et de la protection des ressources naturelles. Dans l'adversité (*isolement économique, conditions pédoclimatiques très difficiles*) est né, puis s'est fortifié un profil d'agriculteurs très compétents, aptes à affronter les marchés mondialisés sans subventions.

**Mots-clés :** *Zone Tropicale Humide (ZTH), système de culture durable, Semis direct sur Couverture Végétale permanente du sol (SCV), soja, riz pluvial, coton, "safrinhas" (= cultures de successions), fonctionnement et performances agronomiques, techniques et économiques, ingénierie écologique, écologie fonctionnelle, multifonctionnalité des couverts, séquestration du carbone, CEC, taux de saturation des bases, coefficients  $K_1$  et  $K_2$ , qualité biologique des sols et des productions, phytoremédiation, méthodologie de Recherche-Action..*

**Quelques phrases de penseurs et scientifiques célèbres** qui illustrent notre engagement et passion d'agronomes œuvrant pour, avec et dans la nature :

"Il faut forcer la nature aussi loin que notre esprit. Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit" **Gaston Bachelard**

"Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme" **Antoine Lavoisier**

"J'éprouve l'émotion la plus forte devant le mystère de la vie, le sentiment fonde le beau et le vrai, il suscite l'art et la science" **Albert Einstein**

"La vie ne donne ni ne prête ; elle ne s'émotionne pas ni n'a pitié, tout ce qu'elle fait, c'est de rétribuer et transférer tout ce que nous lui offrons" **Albert Einstein**



## **I) LE SYSTEME DIT DE «SEMI-DIRECT», UN SYSTEME NON DURABLE**

**Limites écologiques, agronomiques et technico-économiques**



## 1.1 CHRONIQUE D'UNE DÉGRADATION ANNONCÉE

Dès octobre 2000, nous alertions dans la revue "Direto no Cerrado" de l'APDC (*Direto no Cerrado - Ano 5 N° 18 (APDC) Outubro/Novembro 2000 - Alerta á agricultura do Brasil Central - O PD está em perigo*) sur diverses raisons majeures d'ordre à la fois agronomiques, techniques et économiques qui commençaient à entraîner le système de Semis Direct vers une régression rapide et dangereuse pouvant compromettre la capacité des sols à produire durablement, l'intégrité de l'environnement et qui mettaient ainsi en péril les importants investissements déjà réalisés dans la gestion conservatoire du patrimoine sol dès la fin des années 90 ; parmi ces raisons, les plus importantes à rappeler étaient :

- La gestion inadéquate des biomasses de couverture en succession annuelle du soja avec, à la fois, un semis à la volée de mil enterré aux engins à disques et une insuffisance des quantités de biomasse produites (*mils sensibles au photopériodisme semés trop tard*) qui n'assure plus les fonctions agronomiques essentielles à la sustentation du système SD, ni au-dessus de la surface du sol, ni en dessous dans le profil :
  - o Retour au travail du sol, soit protection insuffisante de la surface, réexposée très tôt à l'agression climatique et à l'infestation des adventices,
  - o Restructuration insuffisante du profil cultural qui conduit à utiliser sur les semoirs, des coutres ("*botinhas*") sous la ligne de semis pour décompacter le sol ; le semoir devient un outil de travail localisé du sol, provoquant une énorme perturbation de surface, qui réexpose le sol et replace les semences d'adventices en surface sur la paille censée les couvrir et les maintenir sous ombrage.
  
- Retour en force de la monoculture souvent dominante (*équipements et investissements obligent !*) avec le développement récent de la cotoniculture de haute technicité construite sur l'emploi massif d'amendements calco-magnésiens et d'engrais minéraux (*formule de fumure annuelle du type 240 N - 160 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 180 à 240 K<sub>2</sub>O/ha + oligo-éléments*) combiné à l'éradication mécanique systématique des repousses de coton en post-récolte. Les opérations d'amendements des terres et d'élimination des repousses effectuées aux engins à disques restructurent les édifices structuraux consolidés sous SD (Semis Direct), réexposent le sol à l'érosion, remettent les semences d'adventices enfouies sous SD en surface. Ce retour au travail du sol avec des outils à disques fortement destructurants (*déprotection rapide des matières organiques par destruction des agrégats*) combiné aux doses massives d'amendements (*taux de saturation V%, souvent supérieur à 60%*) remet la matière organique accumulée sous SD dans une dynamique de minéralisation accélérée entraînant des bilans carbonés annuels négatifs.

Au total, monoculture cotonnière avec destruction mécanique obligatoire des repousses exigée par la législation en vigueur, et systèmes de culture à base de soja, bien trop peu diversifiés, construits à partir du semis direct de ces deux cultures principales sur des biomasses de mil, le plus souvent très faibles, implantées avec travail minimum du sol aux disques (*classable dans les techniques culturales simplifiées = TCS*) ont conduit à l'émergence d'un système dominant de culture dit de «semi-direct» qui signe le retour en force du travail du sol avec son cortège traditionnel de dégâts et de limitations majeures pour l'agriculture durable.

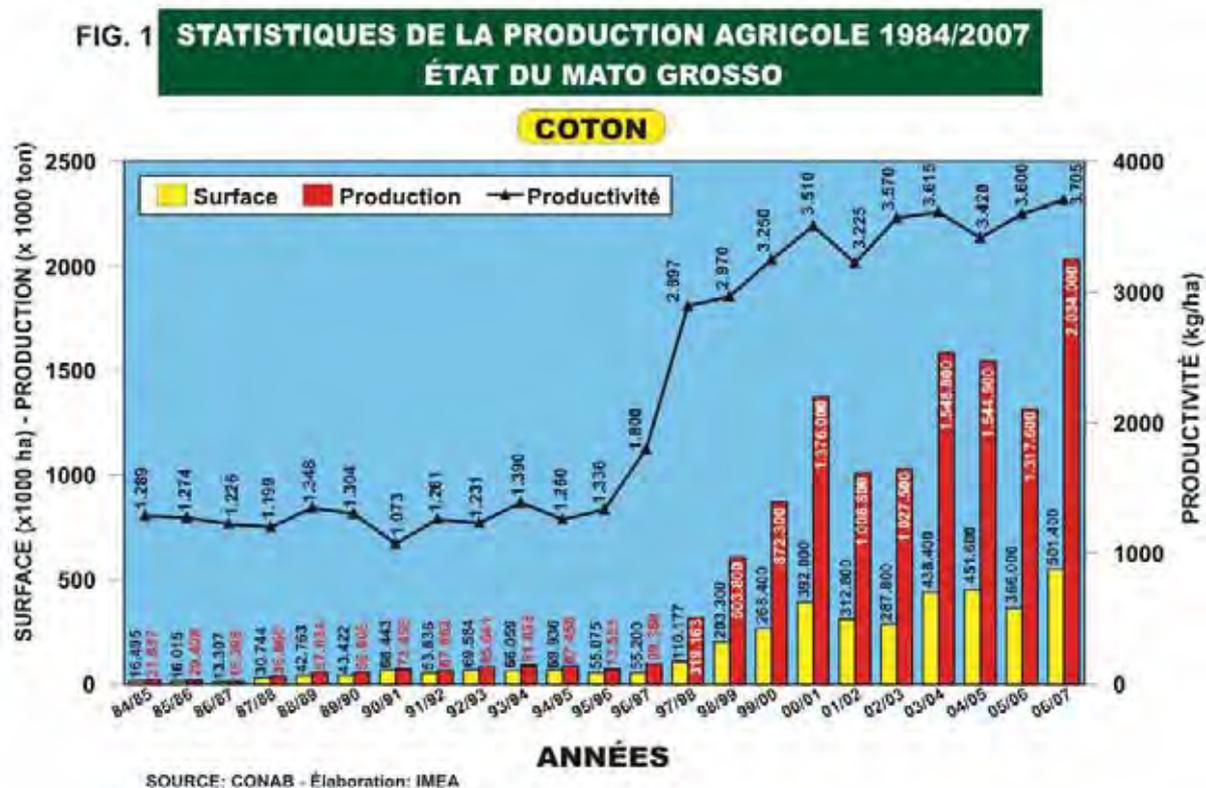
## 1.2 QUELQUES ANNEES PLUS TARD : La crise économique du début des années 2000, révèle et confirme les insuffisances et déficiences du système «semi-direct»

• Une constatation : la stagnation, voire la régression des rendements de soja, coton, maïs entre 2000 et 2007 dans l'état du Mato Grosso

Les figures 1 à 4, qui illustrent l'évolution des performances des cultures principales de soja, coton, maïs et riz (CONAB<sup>2</sup>) qui composent les systèmes de culture et de production du Mato Grosso, mettent effectivement en évidence une stagnation, parfois même une régression des rendements entre 2000 et 2007, lorsqu'il y a conjonction entre des conditions climatiques et économiques défavorables :

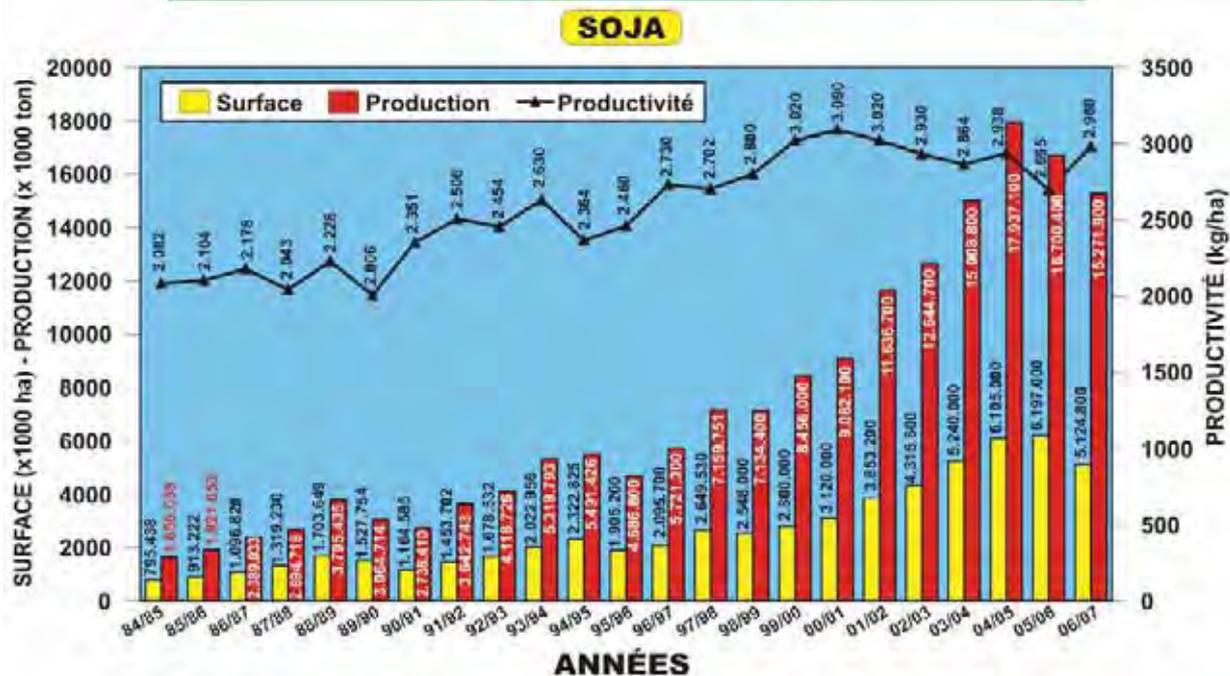
- La productivité du coton de 3.510 kg/ha en 2000/01, oscille entre un minimum de 3.200 kg/ha et un maximum de 3.700 kg/ha (*prévision 2006/07*), soit une moyenne sur les 6 dernières années de 3522 kg/ha (*Fig. 2*) ;
- La productivité du soja sur la même période, de 3.020 kg/ha et 3.090 kg/ha respectivement en 1999/2000 et 2000/01, chute ensuite pour offrir une moyenne de 2.904 kg/ha avec un minimum de 2.695 kg/ha en 2005/06 (*Fig. 1*) ;
- Les rendements de maïs de 3.475 kg/ha en 2000/2001 varient sur les 6 dernières années depuis un minimum de 3.150 kg/ha en 2004/05 jusqu'à un maximum de 3.900 kg/ha en 2005/06, avec une moyenne de 3.438 kg/ha (*Fig. 3*).

• Pourtant, le Mato Grosso n'a jamais reçu un appui scientifique et technique aussi abondant, compétent, concurrentiel et diversifié qu'au cours des 6 dernières années : offre continue annuelle d'un très grand nombre de variétés de soja, dont des variétés transgéniques, de coton, d'hybrides de maïs, emploi régulier, soutenu et maîtrisé de forts niveaux de fumures minérales, d'amendements, d'oligo-éléments, d'une très vaste gamme de fongicides dont la consommation ne cesse d'augmenter, le tout sous assistance technique accrue et de qualité (*Embrapa, Fondation Mato Grosso, Facual, plus toutes les grandes firmes multinationales d'agrochimie, etc...*).



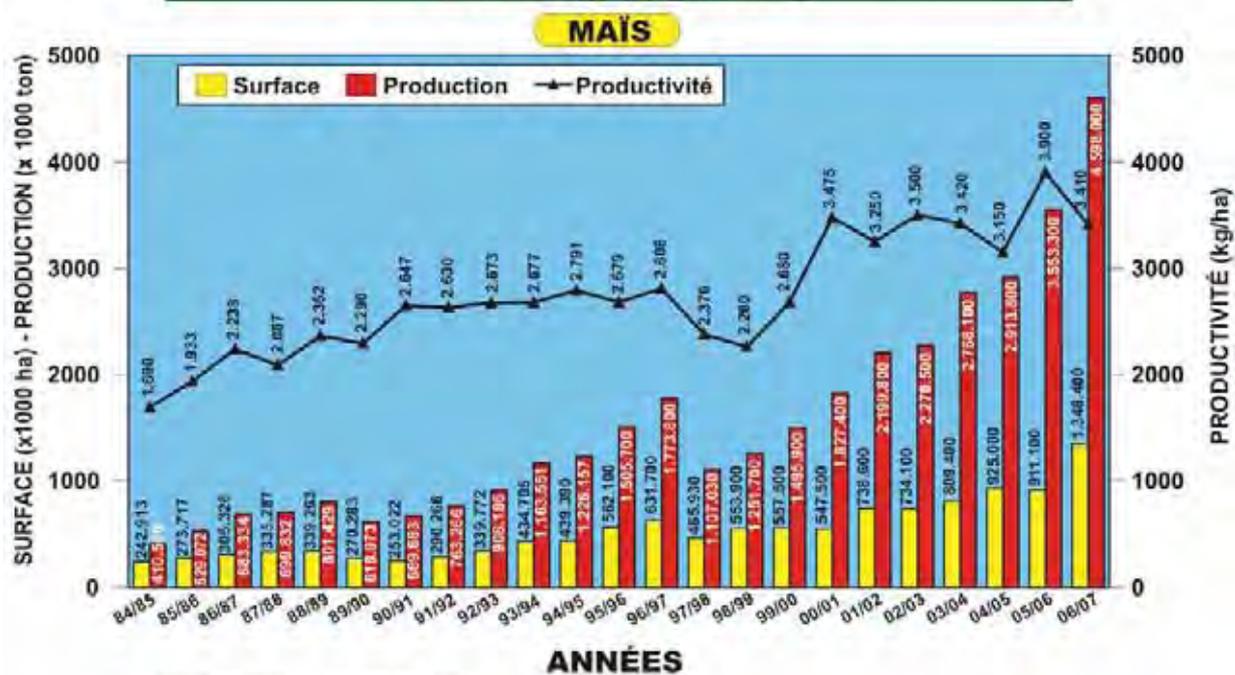
<sup>2</sup> Source : Statistiques de la production agricole issues de la CONAB (Compagnie Nationale de Stockage de grains, brésilienne) et élaborées par l'IMEA.

**FIG. 2 STATISTIQUES DE LA PRODUCTION AGRICOLE 1984/2007 ÉTAT DU MATO GROSSO**



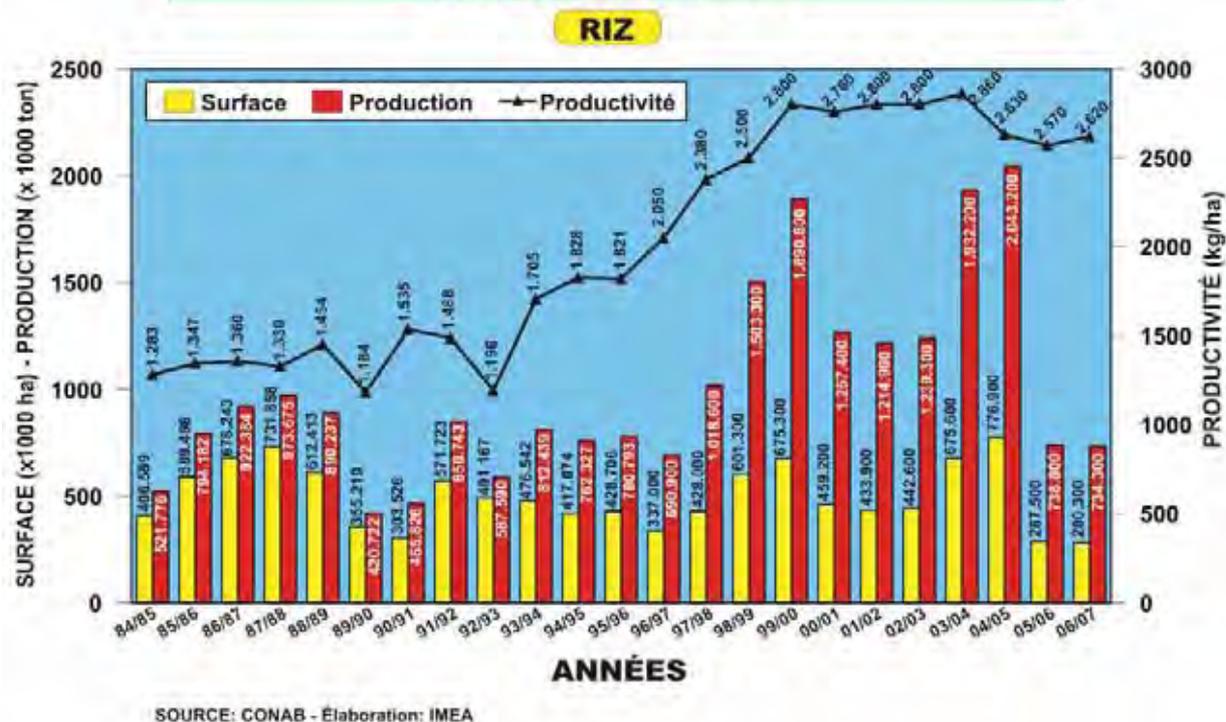
SOURCE: CONAB - Élaboration: IMEA

**FIG. 3 STATISTIQUES DE LA PRODUCTION AGRICOLE 1984/2007 ÉTAT DU MATO GROSSO**



SOURCE: CONAB - Élaboration: IMEA

**FIG. 4 STATISTIQUES DE LA PRODUCTION AGRICOLE 1984/2007  
ÉTAT DU MATO GROSSO**



• **Des coûts de production toujours très élevés (Tableau 1) :**

Malgré tous ces atouts techniques réunis, les coûts de production augmentent non seulement à cause du déphasage du taux de change du Real par rapport au Dollar et de l'augmentation du prix des intrants chimiques (*pétrole cher*), mais également et surtout par la nécessité d'un nombre très élevé de traitements chimiques pour une protection phytosanitaire toujours plus exigeante des cultures dans un système «semi-direct» bien trop peu diversifié, continuellement déficitaire en carbone annuel ; l'augmentation du nombre de traitements fongicides est particulièrement éloquent à cet égard depuis le début des années 2000 sur les cultures de soja (*rouille asiatique*) et de coton (*ramulose, ramularia de fin de cycle*), de même que le nombre des traitements insecticides sur coton pour le contrôle de plus en plus problématique des pucerons au départ transmetteurs de la maladie bleue, du «bicudo» (*Anthonomus grandis vers le milieu du cycle entre 50 et 90 jours après semis*), l'apparition de ravageurs qui se montrent de plus en plus résistants aux traitements chimiques tels que l'hémiptère *Bemisia tabaci*, et tout dernièrement le lépidoptère *Spodoptera frugiperda*, indiquant des déséquilibres de plus en plus conséquents dans les relations auxiliaires - prédateurs.

Le développement très préoccupant des nématodes sur ce système "semi-direct" dominant au Mato Grosso durant les 6 dernières années est bien conforme à nos prévisions de l'an 2000 et constitue également une autre preuve très démonstrative des déséquilibres biologiques dans les chaînes trophiques, liés à une gestion inadéquate des sols et des cultures.

**Tableau 1** Evolution des coûts de production de la culture cotonnière de haute technicité pratiquée en système “semi-direct”**I - Données Mato Grosso 2004 - 2008**

Local	SORRISO		PRIMAVERA DO LESTE		Taux change R\$/US \$
	US \$/ha	R\$/ha	US \$/ha	R\$/ha	
2004/05	1589	4767	1612	4837	3,00
2005/06	1689	3970	1732	4069	2,35
2006/07	1718	3607	1792	3763	2,10
2007/08 (prévision)	2062	3918	1938	3683	1,90

Source : Algodão brasileiro, Embrapa Agropecuária Oeste, 2004/2008

**II - Données Fazenda Mourão 2003 - 2008 - Campo Verde - MT**

Récolte	Coûts de production (US \$/ha)	Coûts des fongicides (US \$/ha)	Nombre des applications fongicides	Coûts des insecticides (US \$/ha)	Nombre des applications insecticides
2003/04	1586	59	6	264	18
2004/05	1620	99	6	235	18
2005/06	1667	109	6	284	21
2006/07	1586	74	6	249	19

Source : G.L. Costa, L. Dalla Nora - Fazenda Mourão - Campo Verde - MT

- **Des impacts négatifs sur l’environnement : pollution par les pesticides et pertes de carbone, des signes inquiétants**

Parallèlement à cette stagnation de la productivité du système “semi-direct” toujours plus exigeant en intrants chimiques et matériel génétique plus performant, apparaissent les premiers signes de pollution chimique des eaux de pluies de surface, de ruissellement, des puits et piézomètres, même si ils restent à un niveau modeste comme le montrent les figures 5, 6 et 7 (Carvalho, E. F.G. de ; Monnerat, R. G.- 2006), qui réunissent les premiers résultats d’évaluation au niveau des unités de paysage de la région de Campo Verde, forte productrice de coton, sur les molécules de Méthyl Parathion, Monocrotophos, Teflubenzuron, Diuron, Endosulfan, Metolachlore, Aldicarb, Carbofuran et Chlorpyrifos.

- En outre, les estimations des pertes en carbone<sup>3</sup> des systèmes de culture conduits avec travail intensif du sol ou avec travail minimum comme le système “semi-direct”, réunies dans la figure 8, montrent que, même si ce dernier réduit fortement les pertes en carbone par rapport au travail intensif, il les maintient cependant à un niveau relativement élevé sous la culture cotonnière de haute technicité, de l’ordre de - 0,6 t/ha/an dans l’horizon 0 - 10 cm (Séguy L. ; Bouzinac S., et al. 2001,a et 2003,a), aussi bien à Deciolândia dans le centre du Mato Grosso qu’à Campo Verde au sud-est sur des sols ferrallitiques de texture contrastée.

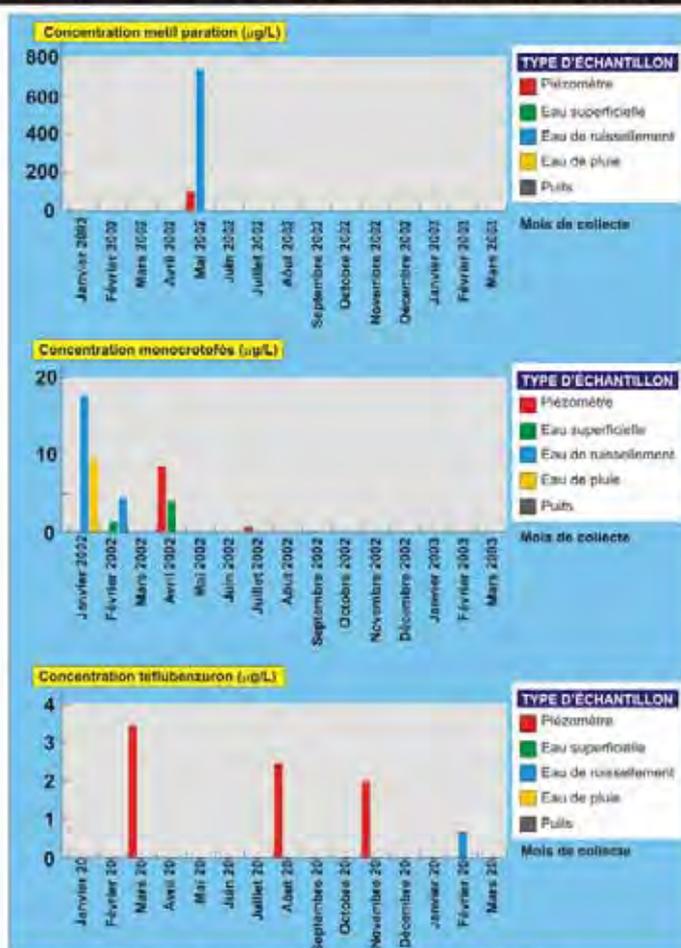
- Il est très important de noter que, lorsque cette même succession annuelle Mil + Coton du système “semi-direct” est pratiquée cette fois en Semis Direct continu, soit lorsque le travail du sol a été définitivement éliminé, elle permet de réaliser, à l’inverse, un gain

<sup>3</sup> Travaux du CIRAD et de ses partenaires brésiliens entre 1987 et 2007 dans l’état du Mato Grosso.

annuel de carbone de + 0,9 t/ha/an ; autrement dit, la suppression définitive de l'utilisation des discages pour détruire les repousses de coton et enterrer les semences de mil biomasse, en adoptant le Semis Direct continu associé au contrôle chimique des repousses de coton, permet d'inverser le bilan carboné du sol : de négatif, il devient positif<sup>4</sup>.

- Cet impact destructeur des discages, même légers, sur le stock de carbone des sols est aussi confirmé par des résultats récents similaires obtenus par J. C. Moraes de Sá dans l'état du Paraná, qui a mesuré des pertes moyennes proches de 0,4 t/ha/an dans l'horizon 0 - 5 cm (Sá, J. C. M de, et al. ; 2004), soit légèrement inférieures à celles du Mato Grosso, mais en parfaite cohérence, car évaluées en conditions climatiques subtropicales d'altitude, plus fraîches et moins «minéralisantes» pour la matière organique que celles des Cerrados Humides.

**FIG. 5**  
**CONCENTRATIONS MAXIMALES DE METIL PARATION, MONOCROTOFÓS ET TEFLUBENZURON SUR ÉCHANTILLONS D'EAU COLLECTÉS DANS 6 ZONES DE LA CULTURE COTONNIÈRE DE LA RÉGION DE PRIMAVERA DO LESTE ET CAMPO VERDE, MATO GROSSO**

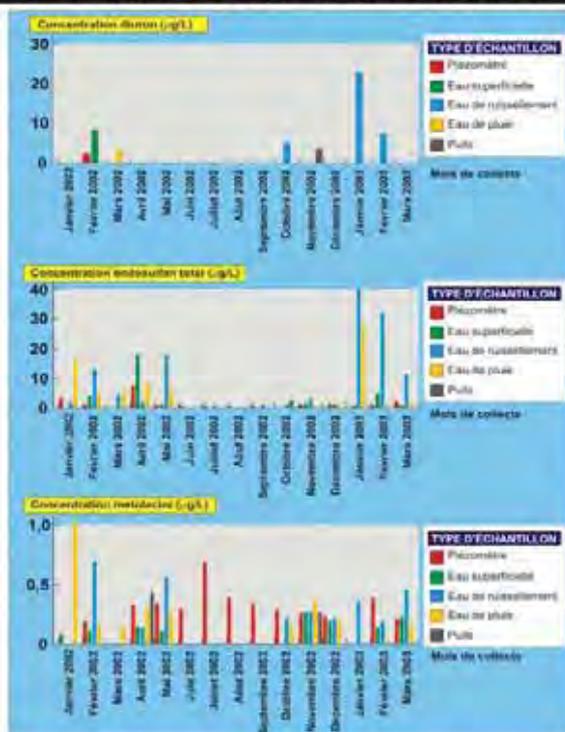


SOURCE: Coton et protection environnementale - Chapitre 15, p. 361-369  
 Eliana F. G. de Carvalho Dores et Rose Gomes Monnerat  
 Extraits du Doc. Facual: Coton - Recherches et Résultats pour le Champ - Cuiabá 2006

<sup>4</sup> Le passage du système «semi-direct» au Semis Direct continu (SCV), permettrait également d'économiser 20 kg/ha de mil ou sorgho, ce qui représente, pour le seul Mato Grosso, des dizaines de milliers de tonnes de grains qui pourraient servir à la production de viande.

FIG. 6

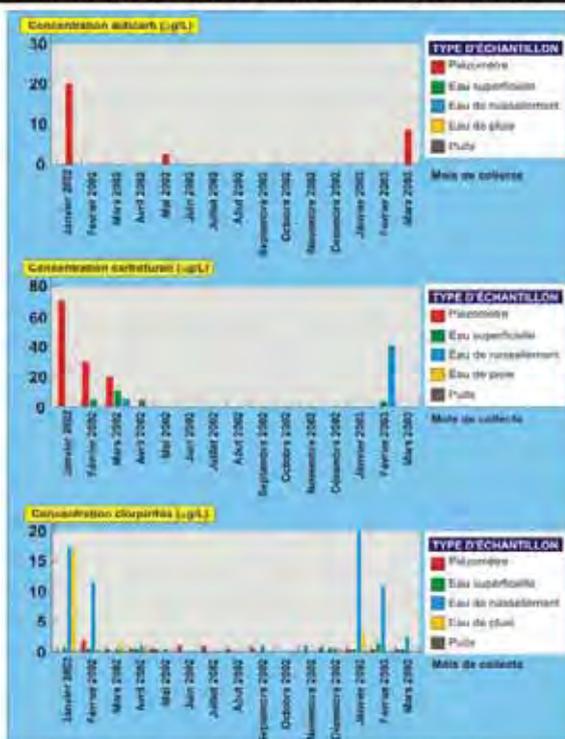
**CONCENTRATIONS MAXIMALES DE DIURON, ENDOSULFAN TOTAL ET METOLACLOR SUR ÉCHANTILLONS D'EAU COLLECTÉS DANS 6 ZONES DE LA CULTURE COTONNIÈRE DE LA RÉGION DE PRIMAVERA DO LESTE ET CAMPO VERDE, MATO GROSSO**



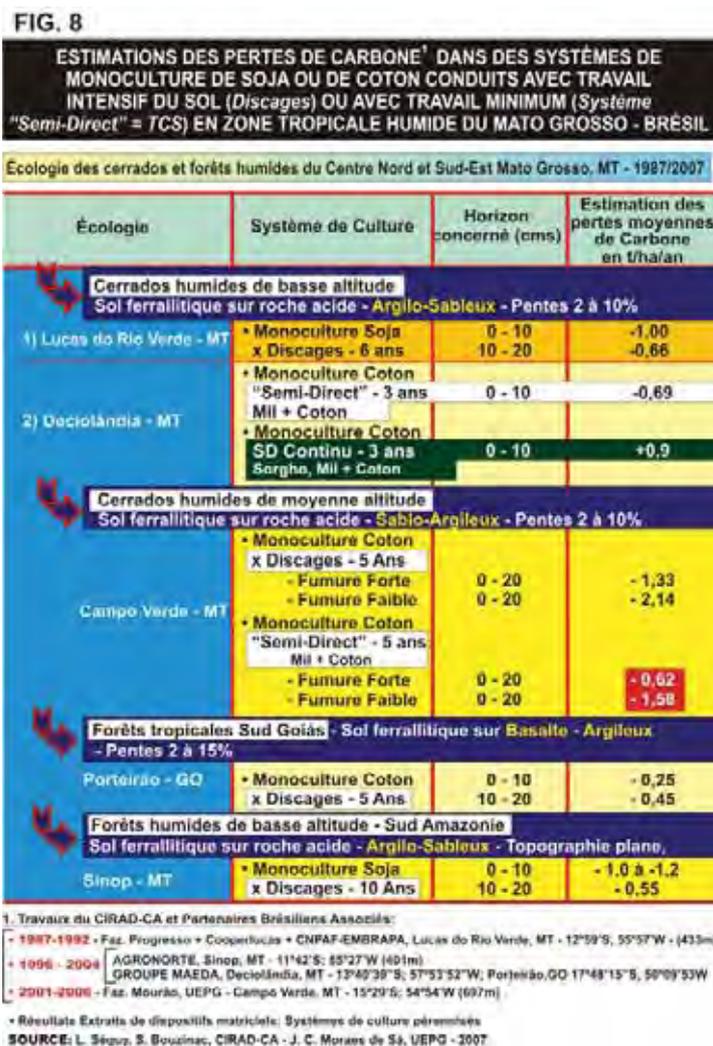
SOURCE: Coton et protection environnementale - Chapitre 15, p. 361-369  
 Eliana F. G. de Carvalho Dorea et Rosa Gomes Monnerat  
 Extraits du Doc. Favoit, Coton - Recherches et Résultats pour le Champ - Curitiba 2006

FIG. 7

**CONCENTRATIONS MAXIMALES D'ALDICARB, CARBOFURAN ET CLORPIRIFOS SUR ÉCHANTILLONS D'EAU COLLECTÉS DANS 6 ZONES DE LA CULTURE COTONNIÈRE DE LA RÉGION DE PRIMAVERA DO LESTE ET CAMPO VERDE, MATO GROSSO**



SOURCE: Coton et protection environnementale - Chapitre 15, p. 361-369  
 Eliana F. G. de Carvalho Dorea et Rosa Gomes Monnerat  
 Extraits du Doc. Favoit, Coton - Recherches et Résultats pour le Champ - Curitiba 2006



• Les performances agro-économiques du système "semi-direct" sont limitées et ne peuvent s'inscrire dans l'agriculture durable.

Des résultats récents obtenus entre 2001 et 2006 à Campo Verde<sup>5</sup> sur les sols ferrallitiques sablo-argileux (17 à 27% d'argile) dans les cerrados humides du Sud-est du Mato Grosso, concernant les performances comparées des systèmes de culture à base de coton, mettent en évidence (*FACUAL/ Rapports - 2003, 2004, 2005, 2006*) :

- La productivité supérieure du système "semi-direct" sur le système de monoculture de coton pratiqué avec travail du sol (*discages*) :
  - o + 18% de coton graine en moyenne sur 4 ans avec fumure élevée standard et + 30% en présence de la fumure réduite (*1/2 fumure standard*) [*Fig. 9*],
  - o L'écart de productivité s'accroît avec le temps en faveur du système "semi-direct" ; après 4 ans de fonctionnement des systèmes, le gain de rendement par rapport au témoin T<sub>1</sub> Monoculture Coton x Travail du sol est de 58% en présence de la fumure élevée et de 50% avec fumure réduite (*Fig. 10, 11*).

<sup>5</sup> Matrice des systèmes de culture pérennisés de la Fazenda Mourão à Campo Verde, qui réunit les systèmes représentant l'agriculture d'hier (T<sub>1</sub> = Monoculture Coton x Travail du sol), l'agriculture d'aujourd'hui (T<sub>2</sub> = "semi-direct" x Mil + Coton), l'agriculture de demain (S<sub>1</sub> ou S<sub>3</sub> = SCV sur très fortes productions de biomasse à forte biodiversité en PD) ; sont évalués les performances agro économiques comparées des systèmes, leurs impacts sur la qualité biologique des sols et des productions.

- Mais, la productivité du système T<sub>2</sub> “semi-direct” reste toujours très inférieure à celle des systèmes SCV S<sub>1</sub>, S<sub>3</sub> très forts pourvoyeurs de biomasse à forte biodiversité : - 15 à -17% en moyenne sur 4 ans quel que soit le niveau de fumure minérale ; après 4 ans de fonctionnement des systèmes, l'écart grandit en faveur des SCV sur fortes biomasses : + 27 à +45% de productivité.
- **Au niveau de l'évaluation des impacts des systèmes de culture sur les composantes qualité biologique des sols et des productions**, on retrouve la même classification des systèmes : les SCV sur fortes biomasses diversifiées S<sub>1</sub> et S<sub>3</sub> sont supérieurs au système T<sub>2</sub> “semi-direct”, lui-même supérieur au système témoin T<sub>1</sub> Monoculture x Travail du sol :
  - Les gains de productivité du cotonnier dûs au Temik (*nématicide, acaricide, insecticide et phytostimulateur de croissance*) déjà hautement significatifs dès la première année de culture sur T<sub>1</sub> et T<sub>2</sub>, augmentent ensuite très fortement entre la 1<sup>o</sup> et la 4<sup>o</sup> année de culture, alors qu'ils restent très faibles et pratiquement constants sur les systèmes à fortes biomasses diversifiées SCV S<sub>1</sub> et S<sub>3</sub> (*Fig. 12*).
  - L'analyse des résidus de pesticides dans le sol et dans la fibre et la graine de coton, par la méthode Luke (*plus de 150 molécules recherchées*), montrent que les systèmes SCV S<sub>1</sub> et S<sub>3</sub> ne sont pas pollués alors que le système T<sub>1</sub> contient le plus de résidus, le système T<sub>2</sub> “semi-direct” étant également pollué, mais moins que T<sub>1</sub> (*Fréquence d'échantillons touchés plus faible et doses de résidus inférieures*) [*Fig. 13*].
- **Les performances économiques reflètent les performances agronomiques =** la classification des systèmes est toujours **S<sub>1</sub>, S<sub>3</sub> > T<sub>2</sub> > T<sub>1</sub>**, soit toujours très significativement en faveur des systèmes SCV à très fortes biomasses diversifiées (*Fig. 14*).

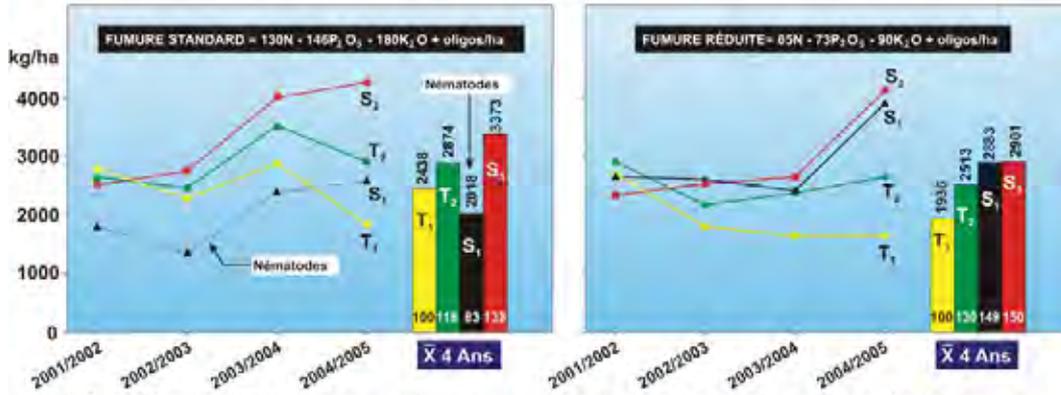
Au total, le système “semi-direct”, constitue sans aucun doute un progrès considérable par rapport aux systèmes de culture avec travail du sol, ne serait-ce que par son contrôle des externalités hydriques qui limite très fortement l'érosion des sols. Cependant, la permanence d'un travail minimum du sol alliée à des inputs limités de biomasse annuelle très peu diversifiée, entraîne une perte continue de carbone du sol, et en conséquences une perte de capacité de ce dernier à produire au cours du temps (*Fig. 15*). Peu performant également sur le contrôle naturel des nématodes phytophages, des insectes ravageurs et des maladies cryptogamiques des cultures par une bien trop faible biodiversité fonctionnelle, ce système ne peut maintenir ses performances agronomiques que par l'emploi massif et soutenu d'engrais minéraux, de pesticides, de fongicides, de nouvelles variétés qui doivent intégrer de plus en plus de résistances de nature variable au fur et à mesure que la qualité biologique des sols se détériore. En outre, il ne protège pas suffisamment les sols ni en surface ni ne les coud de manière assez efficace, ouvrant la porte à une érosion localement active et à une pollution déjà notable de l'environnement ; un tel système n'est pas durable, car il ne réunit pas toutes les conditions minimums nécessaires et suffisantes de la durabilité, et en particulier, il ne garantit pas la reproductibilité environnementale ; ses faiblesses agronomiques et écologiques apparaissent surtout lorsque la conjonction de facteurs économiques et climatiques est défavorable à la production ; il peut alors se montrer très sensible et conduire rapidement à la faillite.

FIG. 9

**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)**

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

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 Ruziziensis*)



1 - Dispositif expérimental: Matrice de systèmes de culture en collection testée, avec 2 témoins répétés à chaque extrémité et intercalés au milieu (T<sub>1</sub> et T<sub>2</sub>) - Dispositif conduit en conditions réelles d'exploitation mécanisées.

Moyenne de 4 variétés (sans Temik): CD 409; CD 2239; CD 406; CD 407

2 - Sol de texture sablo-argileuse (20-27% d'argile; 70-75% de sables)

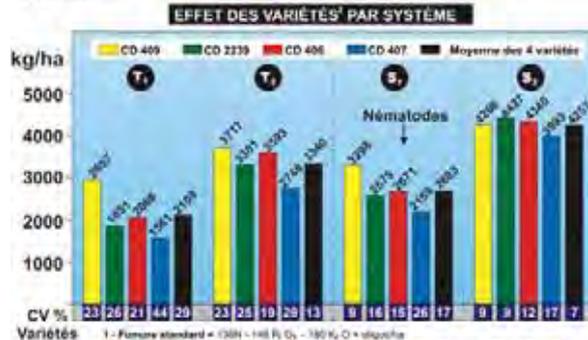
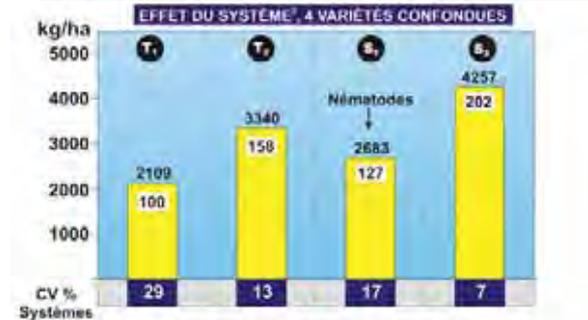
SOURCE: Projet FACUAL/COODETEC/CIRAD/FAZ. MOURÃO - Equipe CIRAD: J. L. Belot, J. Martin, L. Sétyr, S. Beuzinac - COODETEC: A. Marques, M. Rodolfo/2005

FIG. 10

**PRODUCTIVITÉS MOYENNE ET RELATIVE COMPARÉES DES SYSTÈMES DE CULTURE - Fazenda Mourão - Campo Verde, MT - 2004/2005**

**I FUMURE STANDARD DE LA FAZENDA**

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 Ruziziensis*)  
 □ Productivité relative



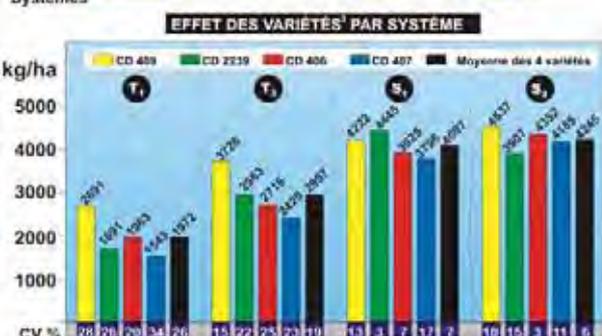
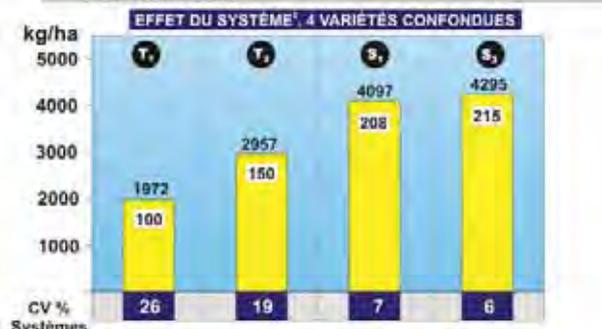
1 - Fumure standard = 130N - 146 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 180 K<sub>2</sub>O + oligos/ha  
 2 - Dispositif expérimental: Matrice de systèmes de culture en collection testée, avec 2 témoins répétés à chaque extrémité et intercalés au milieu (T<sub>1</sub> et T<sub>2</sub>)  
 - Dispositif conduit en conditions réelles d'exploitation mécanisées.  
 - Fumure standard: Moyenne de 4 variétés, sans Temik  
 3 - Variétés testées = CD 409; CD 2239; CD 406; CD 407  
 SOURCE: Projet FACUAL/COODETEC/CIRAD/FAZ. MOURÃO - Equipe CIRAD: J. L. Belot, J. Martin, L. Sétyr, S. Beuzinac - COODETEC: A. Marques, M. Rodolfo/2005

FIG. 11

**PRODUCTIVITÉS MOYENNE ET RELATIVE COMPARÉES DES SYSTÈMES DE CULTURE - Fazenda Mourão - Campo Verde, MT - 2004/2005**

**II FUMURE RÉDUITE<sup>1</sup>**

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 Ruziziensis*)  
 ☐ Productivité relative



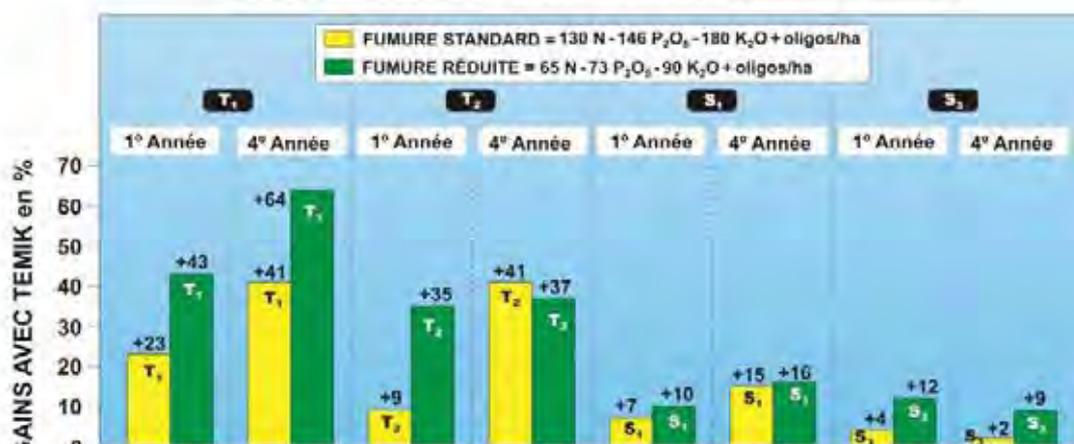
1 - Fumure Réduite = 65N + 73P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 90K<sub>2</sub>O + oligos/ha  
 2 - Dispositif expérimental: Matrice de systèmes de culture en collection testée, avec 2 répétes réalisées à chaque extrémité en intercalés au milieu (T<sub>1</sub> et T<sub>2</sub>)  
 - Dispositif conduit en conditions réelles d'exploitation mécanisées  
 - État du système: Moyenne de 4 variétés, sans Temik  
 3 - Variétés testées = CD 409; CD 2239; CD 406; CD 407  
 SOURCE: PIVET FACUL/CODETEC/CIRAD/FAZ. MOURÃO - Equipe CIRAD: J. L. BLAU, J. MATRIZ, L. SOUZA, S. BOUZINAK - CODETEC: A. MARQUES, M. RODRIGUES

FIG. 12

**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**

**Fazenda Mourão - Campo Verde (MT) - 2004/2005<sup>2</sup>**

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 Ruziziensis*)



1 - Dispositif expérimental: Matrice de systèmes de culture en collection testée, avec 2 répétes réalisées à chaque extrémité et intercalés au milieu (T<sub>1</sub> et T<sub>2</sub>) - Dispositif conduit en conditions réelles d'exploitation mécanisées  
 Moyenne de 4 variétés (sans Temik): CD 409; CD 407; CD 98-32; CD 99-2239  
 2 - Sol de texture sablo-argileuse (20-27% d'argile; 70-75% de sables)  
 SOURCE: PIVET FACUL/CODETEC/CIRAD/FAZ. MOURÃO - Equipe CIRAD: J. L. BLAU, J. MATRIZ, L. SOUZA, S. BOUZINAK - CODETEC: A. MARQUES, M. RODRIGUES

**FIG. 13 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> )	<b>C</b>	<LQ	<0,01	<0,02	<LQ	<0,01	<0,02
• Coton/Couverture vivante <i>Arachis p.</i>	<b>C + O</b>	<LQ	<0,01	<0,02	<LQ	<0,01	<0,02
<b>II - SEMI-DIRECT - TCS</b> • Mil + Coton annuel ( <i>Disage sur Mil</i> ) ( <i>T<sub>2</sub></i> )	<b>C</b>	• 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> )	<b>C</b>	• 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 + 83P<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: 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: Project FACUAL/COODETEC/CIRAD/FAZ. MOURÃO - Équipe CIRAD: J. L. Belot; J. Martin; L. Ségu; S. Bouzinac; COODETEC: A. Marques, M. Rodrigo; Fazenda Mourão: G. Costa, L. Dalla Nora, Campo Verde, MT/2006

**FIG. 14**

**PERFORMANCES ÉCONOMIQUES DE SYSTÈMES DE CULTURE TRÈS CONTRASTÉS, SUR 4 ANS, À BASE DE COTON<sup>1</sup>**

Cerrados humides de moyenne altitude (600 à 700 m) du Sud-Est Mato Grosso- Campo Verde-MT – 2001/2005

Système de culture	Paramètres Économiques en US\$/ha	FUMURE <sup>2</sup>	2001/02		2002/03		2003/04		2004/05		
			Coton	Soja + "Safrinhas"	Coton	Soja + "Safrinhas"	Coton	Soja + "Safrinhas"	Coton	Soja + "Safrinhas"	
1. Monoculture Coton x Offset • Système Conventional <b>T1</b>	Coûts de production	Standard	1120	-	1150	-	1261	-	1624	-	
		Réduite	964	-	994	-	1105	-	1448	-	
		Marges nettes <sup>3</sup>	Standard	-17	-	162	-	33	-	-790	-
		Réduite	109	-	56	-	-366	-	-699	-	
2. Succession annuelle continue Mil/Coton • Disage avant Mil • Semis Direct sur Coton Système "Semi-Direct" <b>T2</b>	Coûts de production	Standard	1035	-	1084	-	1195	-	1548	-	
		Réduite	869	-	1025	-	1131	-	1484	-	
		Marges nettes <sup>3</sup>	Standard	8	-	338	-	384	-	-237	-
		Réduite	278	-	243	-	-73	-	-292	-	
3. Rotation en Semis Direct Coton/Soja + ( <i>Éleusine cor.</i> + <i>Crotalaire spec.</i> ) <b>S1</b>	Coûts de production	Standard	1165	369	1194	366	1246	395	1596	436	
		Réduite	1102	314	1132	322	1104	361	1533	387	
		Marges nettes <sup>3</sup>	Standard	-450	188	-407	335	-171	401	-438	349
		Réduite	-59	247	377	373	-109	446	238	227	
4. Rotation en Semis Direct Coton/Soja + (Sorgho + <i>Brachiaria noz.</i> ) <b>S3</b>	Coûts de production	Standard	1142	344	1176	376	1234	382	1576	424	
		Réduite	1005	289	1111	306	1175	325	1510	372	
		Marges nettes <sup>3</sup>	Standard	-144	235	421	408	547	424	365	376
		Réduite	-161	282	354	390	1	479	283	416	

(1) DANS CE SYSTÈME S3, LE MAÏ VARIÉTÉ PEUT SUBSTITUER TRÈS AVANTAGEUSEMENT LE SORGHO, EN OFFRANT DES MARGES PLUS ÉLEVÉES ET PLUS SÛRES.

(2) FUMURE STANDARD = 82,4 N + 121,8 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 127,8 K<sub>2</sub>O en kg/ha

- FUMURE RÉDUITE = 1/2 FUMURE STANDARD = 41,2 N + 60,9 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 63,9 K<sub>2</sub>O en kg/ha

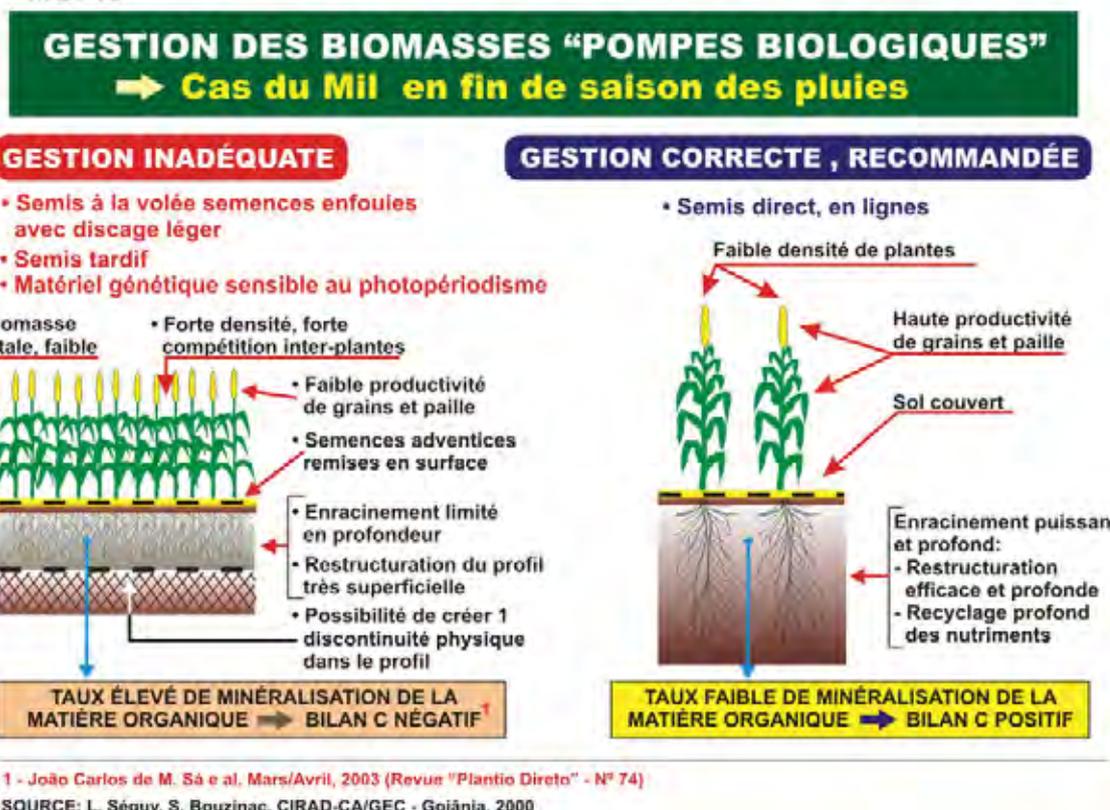
(3) PRIX PAYÉS AU PRODUCTEUR POUR LE SOJA (en US \$/sac de 60 kg) => 2002 = 7,28 ; 2003 = 11,03 ; 2004 = 13,99 ; 2005 = 9,08.

POUR LE COTON FIBRE (en US \$/lb de 15 kg) => 2002 = 14,90 ; 2003 = 21,87 ; 2004 = 16,80 ; 2005 = 17,03.

POUR LES "SAFRINHAS" DE SORGHO ET ELEUSINE + CROTALAIRE, PRIX PAYÉS ESTIMÉS 3,00 US\$/SAC DE 60 kg.

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

FIG. 15



**Tableau 2** Limites (concentrations en µg/l) établies par l'EPA<sup>6</sup> pour diverses matières actives polluantes de l'environnement, et concentrations maximums mesurées dans les régions de campo verde et de primavera do leste - Mato Grosso

Matière active	Classe toxicologique	Classe environnementale	Limites EPA (µg/l)	Concentrations Maximums Mesurées (µg/l)
Aldicarb	I	II	7	19,7 (nappe)
Carbosulfan	II	-	40	69,0 (nappe)
Clorpirifos	II	I	20	68,6 (eaux ruissellement)
Diuron	II	-	10	23,3 (eaux ruissellement)
Endosulfan (haute fréquence)	I	I	-	28,8 (eau de pluie)
Metolaclore (haute fréquence)	II	-	2000	18,7 (eau de pluie)
Methyl parathion <sup>7</sup>	I	-	-	79,7 (nappe)
Monocrotofos <sup>8</sup>	I	I	-	17,0 (eaux ruissellement)
Teflubenzuron	IV	II	-	3,6 (nappe)

Source : Eliana F. G. de Carvalho Dores et Rose Gomes Monnerat

Extraits du Document FACUAL : « Algodão - Pesquisas e Resultados para o Campo » FACUAL - Cuiaba 2006  
 Coton et protection environnementale - Chapitre 15 p. 361 - 389

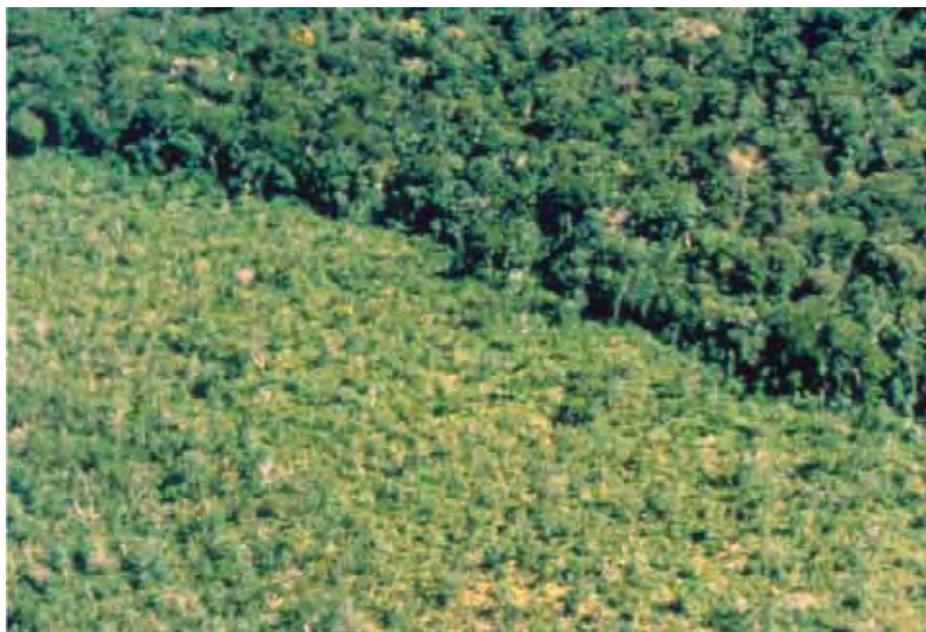
(\* Dans le bassin du Pantanal, sur les 29 agrototoxiques recherchés, 22 ont été présents au moins une fois, dont 68% dans les eaux superficielles, 87% dans l'eau de pluie et 62% sur les sédiments de fond ; les plus fréquents sont les triazines, les acétanilides, la Trifluraline et l'Endosulfan ; ce dernier est très toxique pour les poissons et les animaux aquatiques (concentration létale [CL 50] de 1,0 µg/L pour les poissons).

<sup>6</sup> EPA = Agence de l'Environnement des Etats Unis

<sup>7</sup> Classé comme hautement toxique par l'ANVISA, agence de vigilance sanitaire du Brésil

<sup>8</sup> Classé en classe environnementale I par l'IBAMA (Institut de protection de l'environnement brésilien)

## DÉGÂTS DÛS AU TRAVAIL DU SOL (INTENSIF ET MINIMAL)



**Le milieu de l'étude = cerrados et forêts**



**Sols Ferrallitiques compactés par discages x monoculture – Cerrados –(1982-1995)**



**Profils culturaux compactés, asphyxiants, sur cotonnier- Sud de Goiás**



**Forte érosion hydrique sur sols compactés – Cerrados  
Campo Verde /MT- 1995**



**Erosion catastrophique sur unité de paysage (Soja)-Cerrados  
Lucas do Rio Verde - 1986**



**Erosion catastrophique sur unité de paysage (Soja)-Cerrados  
Lucas do Rio Verde - 1986**



**Erosion sur sol préparé (à gauche); conservation sur Semis Direct (à droite)-Piaui –Nord Brésil -1992**



**Erosion sur travail du sol intensif (T1) - sol sableux –cerrados Campo Verde/MT, après 240mm en 5 h**



**Erosion sur travail du sol intensif (T1) - sol sableux – Cerrados  
Campo Verde/MT , après 240mm en 5h**



**Erosion éolienne – Forêts tropicales – Sud Goiás -1998**



**Erosion éolienne – Forêts tropicales – Sud Goiás - 1999**



**Erosion sur système «semi-direct» (T2=TCS) – Cerrados  
Campo Verde/MT - 2007**



**Erosion sur système «semi-direct » (T2=TCS) – Cerrados  
Campo Verde - 2007**