

SUSTAINABLE COTTON PRODUCTION SYSTEMS FOR THE HUMID SAVANNAS OF CENTRAL BRAZIL

L. Séguy¹, S. Bouzinac¹, J.L. Belot², J.Martin².

SUMMARY

Most Brazilian cotton is produced in the Cerrados, i.e. the humid savannas of Central Brazil. In this frontier region, a very dynamic and powerful agriculture is driven by the search for short term economic returns despite the absence of subsidies. Highly mechanized farmers first introduced large-scale monocultures dominated by soybean. More recently, cotton has become an attractive cash crop, despite difficult natural and economic conditions, resulting in irregular returns. Furthermore, the domination of monocultures, the use of disc tillage and high levels of inputs have resulted in soil and environmental degradations, and less sustainable production systems.

Cirad, national research, and various private partners (Maeda, Coodetec, Agronorte) have jointed forces to find solutions resulting in the significant and regular decreases in production costs while preserving soil fertility and the environment.

Crop rotations, direct seeding on cover crops, and varietal testing within the most performing cropping systems, using a participatory approach constitute the most promising avenues to achieve these objectives. This method, known as innovation-extension, allows the best producers to reach yields ranging from 3,000 to more than 5,000 kg/ha of seed-cotton, while constantly increasing fiber quality, reducing production costs and risks, and minimizing the impact on the environment.

Key-words : *Cotton, no-till, systems, cover crops ,rotations, successions, carbon, productivity, production costs, margins.*

¹: Researchers **CIRAD-CA programme GEC** in cooperation with **USP/CENA**.
Address: C.P. 504 agência central CEP 74001-970 – Goiânia – GO / Brazil ; Telefax = (55) 62 280 62 86 ;
e-mail = lseguy@zaz.com.br

²: Researchers **CIRAD-CA programme Coton** in cooperation with **COODETEC**.
Address :SHIS QI 15- Conj. 15 Casa 03 CEP 71635-350 – Brasília – DF / Brazil ; Telefax = (55) 61 364 43 06
e-mail = belot@cirad.fr

SYSTEMES DE PRODUCTION DURABLES DE COTON POUR LES SAVANES HUMIDES DU BRÉSIL CENTRAL

L. Séguy¹, S. Bouzinac¹, J.L. Belot², J.Martin².

RESUME

La majorité du coton brésilien est produit dans les Cerrados, plus précisément dans les savanes humides du Brésil Central. Dans ces régions pionnières, une agriculture puissante et très dynamique est basée sur la recherche du profit immédiat, malgré l'absence de subventions. Les grands agriculteurs mécanisés ont exploité d'abord ces terres par de grandes monocultures, dominées rapidement par le soja. Plus récemment, le coton est devenu une culture attractive, en dépit des conditions naturelles et économiques difficiles, qui entraînent des revenus irréguliers. Ensuite, la domination des monocultures, l'utilisation intensive d'outils à disques et les hauts niveaux d'intrants ont provoqué des dégradations importantes sur les sols et l'environnement, et ont réduit la durabilité des systèmes de production.

Le CIRAD et ses divers partenaires privés brésiliens (MAEDA, COODETEC, AGRONORTE) ont réuni leurs efforts pour trouver des solutions permettant une baisse significative et régulière des coûts de production tout en préservant la fertilité du sol et l'environnement.

Les rotations, le semis direct sur couvertures végétales, et l'amélioration variétale dans les systèmes de culture les plus performants, utilisant une démarche participative, constituent les voies les plus prometteuses pour parvenir à ces objectifs. Cette méthode, appelée Création-Diffusion, permet aux meilleurs producteurs d'atteindre des rendements entre 3.000 et plus de 5.000 kg/ha de coton-graine, tout en augmentant constamment la qualité de la fibre, en réduisant les coûts de production et les risques, et en minimisant l'impact sur l'environnement.

Mots-clés : *Coton, semis direct, systèmes, couvertures végétales, rotations, successions, carbone, productivité, coûts de production, marges.*

¹: Chercheurs **CIRAD-CA programme GEC** en coopération avec **USP/CENA**.

Adresse: C.P. 504 agência central CEP 74001-970 – Goiânia – GO / Brazil ; Telefax = (55) 62 280 62 86 ;
e-mail = lseguy@zaz.com.br

²: Chercheurs **CIRAD-CA programme Coton** en coopération avec **COODETEC**.

Adresse :SHIS QI 15- Conj. 15 Casa 03 CEP 71635-350 – Brasília – DF / Brazil ; Telefax = (55) 61 364 43 06
e-mail = belot@cirad.fr

I. INTRODUCTION =

La culture cotonnière se déplace et se concentre sur les tropiques humides.

.Dans le début des années 90, la production cotonnière était concentrée dans l'état du Paraná qui fournissait 344.000 tonnes de plume, soit 45% de la production nationale (*Source : CONAB*) . Les états du Parana, São Paulo, Goiás, et Minas Gerais produisaient ensemble, un total de 540.000 tonnes, soit 75% de la production brésilienne sur une dominante de sols rouges foncés à fortes potentialités dérivés de basaltes (*Trapps*) appartenant à l'écosystème des forêts tropicales du centre sud . L'état du Mato Grosso ne produisait à l'époque que 37.000 tonnes, soit 5% de la production nationale.

.Au cours des 3 dernières années (*1998/2001*), le panorama de la production cotonnière s'est radicalement transformé (*Source : CONAB*) = l'état du Mato Grosso est devenu le 1^o producteur du Brésil avec une prévision de 311.000 tonnes de plume en 2001, soit 45% de la production nationale.

La frontière de production maximum, s'est donc déplacée de régions à climat subtropical vers la zone tropicale chaude à forte pluviométrie (*1.300 à plus de 2.000 mm répartie sur 7 à 8 mois*) . L'essentiel de la production est ainsi passé des sols ferrallitiques rouges-foncés à fortes potentialités sur roche basique à des sols ferrallitiques rouges-jaunes et jaunes-gris de moindre potentialités sur roches acides, à caractéristiques hydromorphiques plus ou moins prononcées en fonction de la morphologie des unités de paysage (*Fig. 1*).

Ce transfert de la culture cotonnière s'est fait, en réalité, de zones subtropicales à fortes potentialités mais fortement limitées par la pratique continue et désastreuse de la monoculture de coton (*dégradation des propriétés physiques et biologiques des sols ; Cf. Séguy L. et al, 1998, 1997–2002 Voir Fig. 2*), à la région tropicale chaude et humide aux sols potentiellement moins fertiles, mais qui, depuis 7 à 10 ans, sont gérés en semis direct à partir de systèmes de culture diversifiés à base de soja, riz pluvial + cultures de succession appelées « safrinhas » (*mil, maïs, sorgho*) et qui, de ce fait offrent à la culture cotonnière des sols biologiquement sains, protégés totalement contre l'érosion, pourvus d'excellentes propriétés physiques et biologiques, très favorables à la culture cotonnière (*Séguy L. et al, 1998, 2001*).

I) II. MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE–ACTION:

CONSTRUIRE L'INNOVATION POUR, AVEC LES AGRICULTEURS, DANS LEUR MILIEU.

Un vaste réservoir de terres mécanisables en Zone Tropicale Humide (ZTH) : les Cerrados brésiliens [Fig. 1].

Les Cerrados de la zone tropicale humide du Brésil couvrent 200 millions d'hectares, dont 50 millions sont 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 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 entre 1986 et 2002, le CIRAD et ses partenaires¹ de la recherche et du développement ont construit, maîtrisé et diffusé progressivement des systèmes de culture en semis direct sur couverture végétale permanente du sol (SCV) de plus en plus performants.

La construction des SCV dans les pays du Sud et plus récemment en Europe (*Transfert Sud-Nord*) s'inscrit dans la démarche de Recherche-Action participative (*Séguy L. et al., 1996, 2001*) ;

¹ Equipe CIRAD L. Séguy, 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, et plus récemment avec la Préfecture de SINOP, puis le groupe MAEDA , la COODETEC et l'entreprise privée de recherche AGRONORTE entre 1995 et 2002

schématiquement, elle procède, avec les agriculteurs et autres acteurs du développement, en partant de leurs systèmes actuels, d'abord d'une modélisation pratique des systèmes de culture de demain, puis de leur maîtrise en vraie grandeur ; c'est de la qualité de cette modélisation (*hiérarchisation des composantes au cours du temps*) et de son niveau de maîtrise technique que dépend la rigueur des recherches thématiques explicatives de leur fonctionnement comparé. La recherche scientifique, qui doit d'abord être utile, est ainsi connectée avec les réalités agricoles d'aujourd'hui et avec la construction de leurs possibilités de demain, appropriables par les agriculteurs (*agronomie préventive qui pratique le principe de précaution*) [Cf. Fig. 3]

Cette recherche *in situ*, dite de "création-diffusion-formation" (Séguy L. et al., 1996, 2001) s'appuie sur des unités expérimentales qui sont gérées par les chercheurs et les agriculteurs, et sur des fermes de référence dans lesquelles les producteurs volontaires, charismatiques et influents, appliquent les systèmes qu'ils ont choisis sur les unités expérimentales, en l'état ou en les réadaptant ; l'ensemble des fermes de référence est représentatif de la variabilité régionale (*milieux physique et socio-économique*).

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....*).

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

III. RÉSULTATS

• Une régression dans la gestion durable de la ressource sol : le système "semi-direct" de production du cotonnier.

Les recherches conduites par le CIRAD² avec ses partenaires brésiliens³ ont bénéficié des acquis 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 (Séguy L. et al., 1998, 1999) [Fig. 4].

Leur adaptation aux conditions du Mato Grosso met en évidence que la culture cotonnière à très fort niveau d'intrants chimiques n'est pas durable dans ses pratiques actuelles = très productive au départ, avec 3.000 à 4.500 kg/ha de coton graine sur sol bonifié précédemment par 5 à 10 ans de semis direct continu (*successions soja + maïs ou mil*), sa productivité baisse régulièrement sous l'influence négative à la fois de la pratique excessive de la monoculture, justifiée par des investissements élevés et du retour de l'utilisation des engins à disques, donc du travail du sol, pour incorporer de fortes doses d'amendements calco-magnésiens et pour détruire les repousses de coton après la récolte ; cette mesure prophylactique est imposée par la loi pour contrôler les ravageurs : *Anthonomus g.*, *Bemisia t.*, *Aphis g.* et la ramulose (*Colletotrichum g.*). Le sol est travaillé une seconde fois dans la même année, pulvérisé, à l'occasion de l'implantation à la volée des biomasses de couverture (*mil, sorgho*) qui précèdent le semis direct du coton : ce système appelé « semi-direct », re-expose les sols à l'érosion, accélère la minéralisation de la M.O. dont le bilan annuel devient négatif, remet en surface et en

² Le CIRAD a été le pionnier du semis direct de coton en partenariat avec le groupe MAEDA à partir de 1994/95, dans l'écologie des forêts tropicales du Sud de l'état de Goiás et du Nord de l'état de São Paulo, sur des sols ferrallitiques sur basalte, à fortes potentialités (L. Séguy et al. 1998, 2000)

³ Grâce aux efforts conjugués de : MAEDA, COODETEC, AGRONORTE, UNICOTTON.

conditions de concurrence pour le coton les semences d'adventices qui étaient enfouies, favorise le développement des nématodes. En outre, les très fortes fumures minérales appliquées à la culture (150 à 160 N + 180 à 200 P2O5 + 200 à 260 K2O/ha), et la pression parasitaire croissante (*ravageurs, maladies cryptogamiques*) en font une culture à très haut risque économique avec des coûts de production qui vont de 1.300 à 1.600 US\$/ha (*plus élevés que le prix de la terre dans une région pénalisée par son éloignement des ports et ses voies de communication souvent en état précaire*) [Fig. 5].

• DES SYSTEMES DE CULTURE PRATIQUES EN SEMIS DIRECT SUR COUVERTURE VEGETALE PERMANENTE (SCV), DIVERSIFIES ET DE PLUS EN PLUS PERFORMANTS = Productivités et marges en hausse et plus stables, niveaux d'intrants chimiques et coûts de production en baisse, regain de biodiversité.

• Quantité de phytomasse au dessus du sol et dans le profil cultural, sa qualité en fonction de la nature des systèmes pratiqués, sol jamais travaillé toujours maintenu couvert = les 3 règles fondamentales de la gestion durable de la ressource sol, applicables à la culture cotonnière.

En ZTH, entre 1986 et 2002, la recherche menée par le CIRAD et ses partenaires brésiliens⁴ a mis au point successivement, en partant du système destructeur de monoculture de soja avec travail du sol, faible pourvoyeur de biomasse annuelle de nature fugace :

- des systèmes à une seule culture annuelle bâtis sur la rotation soja-céréales (*Riz, maïs*) avec travail du sol, puis à des systèmes alternant 2 cultures annuelles en succession en Semis Direct (SD) une année avec une seule culture l'année suivante, puis à des systèmes à 2 cultures annuelles en succession pratiqués en Semis Direct continu, et enfin à des systèmes à 3 cultures par an, toujours en SD continu, qui comprennent : 1 culture commerciale (*soja, riz, maïs*), suivie de céréales "pompes biologiques" (*maïs, mil, sorgho, Eleusine*) associées à des espèces fourragères qui sont également de puissantes "pompes biologiques" et qui produisent d'importantes biomasses en saison sèche qui peuvent être exploitées comme engrais vert ou pâturage (*genres Brachiarias, Stylosanthes, Cajanus, en culture pure ou associée*) [Fig. 6 à 11].

Dans ces systèmes en SD sur couverture morte, comme dans l'écosystème forestier, l'association des pompes biologiques "céréale + espèce fourragère" qui succède à la culture commerciale en fin de saison des pluies, utilise l'eau profonde du sol en saison sèche, très largement en dessous de 2 m de profondeur. Cette association a aussi une énorme capacité de reprise végétative aux premières pluies de la saison suivante ou aux pluies parasites de la saison sèche, assurant ainsi une couverture complète et permanente du sol.

La production de matière sèche totale annuelle par hectare (*dessus et dans le sol*) est passée de 4 à 8 t/ha en 1986 pour les systèmes de départ à une seule culture annuelle, à plus de 30 tonnes/ha en l'an 2000 pour la moyenne des meilleurs systèmes en Semis Direct sur couvertures mortes ou vives (*Séguy L. et al., 2001*).

Les résultats de recherche les plus récents (*CIRAD, COODETEC, AGRONORTE*), obtenus sur les 5 dernières années concernant la gestion optimisée des sols et des cultures en SCV montrent que la productivité cotonnière très élevée 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 le coton comme culture principale s'insère un an sur deux ou un an sur trois (*après les successions annuelles soja + maïs ou sorgho ou mil associés à Brachiaria ruz. ; soja + Eleusine cor.*) - (*Séguy L. et al., 1997-2002*), [Cf. Fig. 6, 7 et 12].

Cette gestion en SCV diversifiés, permet d'utiliser des niveaux d'intrants chimiques plus faibles avec des coûts de production qui progressivement doivent descendre en dessous de 1.000 US\$/ha (*engrais et pesticides réduits et suppression des amendements*) et de maintenir des rendements de coton graine élevés, entre 3.500 et 5.000 kg/ha [Fig. 13, 14 et 15].

Le choix des cultivars doit se faire en fonction de la qualité biologique des sols, conditionnée par le choix des systèmes : variétés rustiques (*telles IAC 23 et 24*) sur forte pression biologique négative de la 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. 15].

●**La culture cotonnière peut également être pratiquée comme culture de succession (« safrinha ») des cultivars de soja, de riz de cycle court ou sur fortes biomasses de début de cycle des pluies (*Brachiaria ruziziensis*, *Eleusine coracana*) [Fig. 8, 9 et 16].**

.La safrinha de coton peut être une option économique de grand intérêt dès lors qu'elle est incorporée dans des SCV qui utilisent de fortes biomasses nourricières dans les successions annuelles, sur des sols qui ne sont jamais travaillés.

Ces fortes biomasses (*Eleusine c.* ; sorgho, mil associés à *Brachiaria r.*), permettent de construire une fertilité d'origine organo-biologique dont l'importance dans la capacité du sol à produire, s'accroît au cours des ans (*Séguy L. et al., 2001*).

Cette gestion des sols conduit à utiliser progressivement beaucoup moins d'engrais minéraux et de pesticides pour atteindre des objectifs de rendements élevés et stables. La safrinha de coton peut ainsi produire entre 170 et plus de 200 @/ha (*entre 2.550 e 3.000 kg/ha*), en présence de très faibles niveaux de fumure minérale (*35 à 60 N + 40 P2O5 + 40 K2O*) et avec des coûts de production compris entre 500 et 700 US\$/ha (*Séguy L. et al., 2001*), qui en font une option lucrative de moindre risque économique [*Fig. 17 et 18*].

Parmi les variétés les mieux adaptées à ces conditions de « safrinha », qui ont été sélectionnées dans les SCV, on peut citer : Sicala 32, COODETEC 402, CD 98-47, CD 98-84, CD 98-341, ces dernières présentant des rendements et qualités intrinsèques de la fibre nettement supérieurs à ceux des variétés commerciales actuelles (*Séguy L. et al., 2001,b*).

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 1.500 à 3.000 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 fonction de l'option de culture : principale ou « safrinha »*) en rotation avec les systèmes précédents de production de grains + pâturage.

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

●**Spécificité des SCV = des réponses simples, naturelles, et de moindre coût pour résoudre les nuisances majeures à la production [Fig. 19 et 20]**

Le semis direct sur couverture végétale permanente fonctionne, comme l'écosystème forestier, en circuit fermé, sans perte notable de nutriments et neutralise efficacement les effets nocifs de l'acidité (Al) sur les cultures sensibles (*soja, maïs, coton*), permettant ainsi d'économiser grande partie des amendements calco-magnésiens (*exemple de la succession annuelle soja + maïs associé à Brachiaria ruz. ;Séguy L. et al., 2000 et 2001,a*).

La couverture de sorgho guinea contrôle parfaitement la peste végétale *Cyperus rotundus* dans la culture de coton sur sols ferrallitiques sur basalte, désintoxique efficacement ces mêmes sols pollués par la molécule Sulfentrazone (*phytorémédiation*) (*Séguy L. et al., 1999*).

La pression parasitaire (*maladies cryptogamiques, nématodes, complexe bactériose-nématodes*) diminue très significativement dans les SCV diversifiés (*riz pluvial, coton, soja*) et l'état sanitaire des cultures est nettement amélioré (*Séguy L. et al., 2001,a*).

Les champignons du genre *Nomurea* et le virus *Anticarsia* se développent avec les SCV et constituent des auxiliaires précieux pour le contrôle biologique des chenilles défoliatrices ; les bousiers, les termites et les fourmis contribuent au maintien d'une forte macroporosité.

•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.*[Fig. 21 et 22]

Si les pertes en carbone sont toujours la règle en sol travaillé et monoculture (*soja, coton*) et peuvent être estimées sur 5 ans, entre -0,25 et -1,40 MgC.ha⁻¹.an⁻¹ en fonction des conditions pédoclimatiques, les gains en carbone peuvent être aussi rapides que les pertes, et dépendent de la nature des SCV pratiqués ; les systèmes en semis direct les plus efficaces à cet égard sont ceux qui utilisent des successions annuelles à base de « biomasses de couverture », très fortes pourvoyeuses de phytomasse (*matière sèche aérienne et racinaire*) telles que mils et sorghos associés à *Brachiaria ruz.*, *Eleusine coracana*, *Cynodon dactylon*, espèces fourragères à croissance active en saison sèche en ZTH ; ils conduisent, même sur de courtes périodes de 3 à 5 ans, à recouvrer les taux de M.O. des écosystèmes originels, voire de les dépasser. La séquestration annuelle de C, sur 3 à 5 ans, va de 0,83 à 1,50 MgC.ha⁻¹.an⁻¹ dans l'horizon 0-10 cm en fonction de la nature des SCV, mais peut atteindre 1,40 à 1,80 MgC.ha⁻¹.an⁻¹ 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* ; Cf. L. Séguy *et al.* 2001,a ; Capillon A., Séguy L., 2002,b). Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Corraza E. J. *et al.* (1999) dans les Cerrados du Centre-Ouest brésilien et ceux de Cerri C.C. *et al.* en Amazonie (1992).

L'évolution de la capacité d'échange cationique (CEC) suit strictement celle du carbone : les SCV les plus performants créent un pouvoir de rétention des éléments nutritifs qui limite leur lixiviation.

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.*, 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 culturaux, réalisés pendant 15 ans, ont montré des densités racinaires très élevées sous ces espèces et associations, jusqu'à plus de 3 m de profondeur*) (Séguy L. *et al.*, 2001 ; 1997-2002 ; Capillon A., Séguy L., 2002,b).

Les remontées très significatives du taux de saturation en bases mesurées sous ces « pompes biologiques » dans l'horizon 0-10 cm, sont très démonstratives à cet égard (Séguy L. *et al.*, 2001,a).

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 (L. Séguy *et al.*, 2002,a Doc. Interne CIRAD-CA.).

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 (Séguy L. *et al.*, 2002,a, Doc. Interne CIRAD-CA.).

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 totalement les herbicides dans les cultures ; cette voie agronomique de contrôle naturel des adventices par le choix des couvertures, constitue une alternative très importante et écologique aux OGM.

Ce sont ces SCV à base de production de grains + fourrages en saison sèche qui constituent les précédents les plus performants pour la culture cotonnière (*Coton culture principale un an sur deux ou un an sur trois, ou/et coton en "safrinha"*).

IV) CONCLUSIONS

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct sur couverture permanente du sol a permis de convertir un cycle de dégradation accélérée des sols dûe aux techniques de travail du sol transférées des pays du Nord, en un cycle de reconstruction de la fertilité des sols dans la ZTH du Mato Grosso.

Les scénarios d'agriculture durable, qui ont été créés grâce au semis direct sur couverture végétale permanente et 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 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, en cultures principales et cultures de succession dont le coton "safrinha"*), intégration agriculture-élevage, sols toujours protégés sous couvertures mortes et/ou vivantes, biologiquement très actifs, qui séquestrent efficacement le carbone, favorisent la rétention des nutriments (*CEC plus élevée*) et fonctionnent en circuit fermé comme la forêt (*recyclage profond des bases et nitrates, injection de carbone en profondeur*). La ZTH du Mato Grosso est devenue championne de productivité du Brésil pour le soja, le riz pluvial et le coton de haute technologie.

Petit à petit, dans la difficulté, est né, puis s'est consolidé un profil d'agriculteurs très performants, aptes à affronter la mondialisation, sans subventions.

Les efforts prioritaires doivent maintenant porter sur la formation et la diffusion des SCV les plus performants, intégrant agriculture et élevage ou cultures fourragères, qui permettent de produire plus avec moins d'intrants, sur des sols totalement protégés des excès climatiques et des pesticides.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- . **Capillon A. , Séguy L. 2002,b.** Ecosystèmes cultivés et séquestration du carbone. Cas des systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale ; *Communication Académie d'Agriculture* Doc. Interne CIRAD-CA – 34398 – Montpellier Cedex 5 – France
- . **Cerri C. C. , Moraes J. F. L. , Volkoff B. 1992.** Dinâmica do carbono orgânico em solos vinculados a pastagem da Amazônia brasileira ; in *revista INIA, inv. Agr.*, n° a, t. 1, pp 95-102.
- . **Corraza E. J. , Silva J. E. , Resck D. V. S. , Gomes A. C. 1999.** Comportamento de diversos modos de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação a vegetação de Cerrado. In *Revista Brasileira Ciência do Solo* 23 pag 425-432.
- . **CONAB :** <http://conab.gov.br>.
- . **Séguy L. , Bouzinac S. , Trentini A. , Cortes A.N. 1996.** L'agriculture brésilienne des fronts pionniers. *Agriculture et développement n° 12 - Décembre 1996* . p.1 - p.61 - CIRAD-CA - 34398 Montpellier Cedex 5 - France.
- . **Séguy L. , Bouzinac S. , Maeda E. , Maeda N. 1998.** Semis direct du cotonnier en grande culture motorisée . *Agriculture et développement n° 17 - Mars 1998* - p.3 - p.23 - CIRAD-CA 34398 Montpellier Cedex 5 - France.
- . **Séguy L. , Bouzinac S. , Maeda E. , Ide M.A. , Trentini A. 1999.** La maîtrise de *Cyperus rotundus* par le semis direct en culture cotonnière au Brésil. *Agriculture et développement n° 21, mars 1999*. pp.87-97 - 34398 Montpellier cedex 5 – France.

- . **Séguy L., Bouzinac S., Taffarel W., Taffarel J. 2000.** - Méthode de défrichement préservant la fertilité du sol. In: *Bois et forêts des tropiques - n° 263 – 1^o trimestre 2000* - p.75-79. CIRAD - 34398 Montpellier cedex 5 – France.

- . **Séguy L., Bouzinac S., Maronezzi A.C., Groupe MAEDA. 1997-2002,a.** Rapports annuels AGRONORTE/CIRAD et MAEDA/CIRAD en portugais et français. Doc. Interne CIRAD-CA/ GEC 34398 Montpellier Cedex 5 - France.

- . **Séguy L., Bouzinac S., Maronezzi A.C. 2001,a.** Un dossier du semis direct : Systèmes de culture et dynamique de la matière organique - 203p. (*existe en français et portugais*). Doc. Interne et CD-Rom CIRAD-CA/GEC 34398 Montpellier Cedex 5 - France.

- . **Séguy L., Bouzinac S., Maronezzi A.C., Belot J. L., Martin J. 2001,b.** A safrinha de algodão = opção de cultura arriscada ou alternativa lucrativa dos sistemas de plantio direto nos trópicos úmidos – *Boletim técnico n° 37 da COODETEC CP 301 85806-970 Cascavel – PR / Brésil (traduite en français Doc. Interne CIRAD-CA)*.