

Brésil

semis direct du cotonnier en grande culture motorisée

L. SEGUY, S. BOUZINAC

Cirad-ca, CP 504, a/c Tasso de Castro
Agencia Central, 74001-970 Goiânia,
Goiás, Brésil

Fax : (55) 62 280 62 86

E. MAEDA, N. MAEDA

Maeda SA, Area Industrial S/N, Ituverava,
SP 94500-000, Brésil

Autre publication

Les résultats du projet de coopération entre
Maeda et le Cirad ont également été publiés
dans la revue *The ICAC Recorder* (vol XVI
n° 1, 1998, versions anglaise pp. 11-17,
française pp. 29-36, espagnole pp. 48-54).

Remerciements

Les auteurs remercient M. FOK
et C. FOVET-RABOT du Cirad pour leur
contribution à la réalisation de ce dossier.

Clichés

L. SEGUY

Les fronts pionniers agricoles du Brésil montrent des dynamiques fortes : grande culture, utilisation importante d'intrants, monoculture continue, motorisation de grande puissance, travail rapide, recherche de la rentabilité à court terme. Après le soja dans l'ouest, le coton vers le centre-sud est une spéculation attractive pour les investisseurs. Mais les conditions naturelles sont difficiles et les résultats de production irréguliers. Un organisme de recherche, le Cirad, et un opérateur privé, le groupe Maeda, se sont associés pour trouver des solutions à la fois préservatrices de la ressource sol et garantes d'une baisse significative des coûts de production. Rotations, semis direct sur plantes de couverture constituent les ingrédients que le groupe Maeda met progressivement en place sur ses 22 000 hectares de culture cotonnière.

Le Brésil, placé au 6^e rang mondial de la production cotonnière, est le plus important pays producteur de coton de l'Amérique latine. La culture cotonnière a évolué au cours des deux dernières décennies, du fait de son développement assuré par de grandes exploitations très motorisées dès le début des années 80 ; les principaux Etats producteurs sont aujourd'hui le Paraná et São Paulo, suivis par Minas Gerais, Mato Grosso et Goiás (figure 1). Pour ces opérateurs privés, l'expérience se révèle néanmoins difficile, pour deux raisons majeures :

- des conditions climatiques très fluctuantes, en particulier l'excès d'humidité et les variations pluviométriques interannuelles ;
- des processus d'érosion hydrique et éolienne qui dégradent très rapidement les sols, menaçant la durabilité des systèmes de culture ; il faut de plus en plus d'intrants pour maintenir des niveaux élevés de rendement, ce

qui est un frein à la rentabilité économique de la production et à la pérennisation de la culture cotonnière.

La poursuite du développement cotonnier engagé par ces grandes exploitations suppose de supprimer ou d'inverser les effets agronomiques négatifs et de limiter les coûts de production pour rendre ces systèmes rentables et durables à long terme.

L'expertise de la recherche

Pour faire face aux problèmes évoqués, le groupe Maeda — premier producteur privé de coton au Brésil — a demandé l'expertise du Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad, France) afin d'effectuer un diagnostic agronomique et mettre en place de nouveaux modes de gestion des sols et des cultures (figure 2). Appliqués rapidement sur l'ensemble des terres cotonnières de Maeda, les premiers itinéraires techniques testés ont immédiatement apporté un gain de productivité. Cependant, le souci de maintenir la fertilité à long terme nécessite la conduite d'actions complémentaires : le groupe Maeda et le Cirad ont lancé plus récemment des systèmes de culture fondés sur le semis direct dans une couverture végétale. Ces systèmes visent une restauration durable de la fertilité et une stabilisation de la production cotonnière à un haut niveau de rendement ; les résultats ont convaincu le groupe Maeda qui, en 1996-1997, les conduisait déjà sur 25 % de sa surface cultivée.

Le Cirad, par ses propositions expérimentées au sein du groupe Maeda, participe à l'extension de la culture cotonnière dans des conditions écologiques instables pour le développement de cette culture. L'intervention de la recherche agronomique est d'autant plus attendue par les producteurs que cette culture connaît des prix attractifs depuis plusieurs années qui incitent de plus en plus d'agriculteurs à planter du cotonnier.

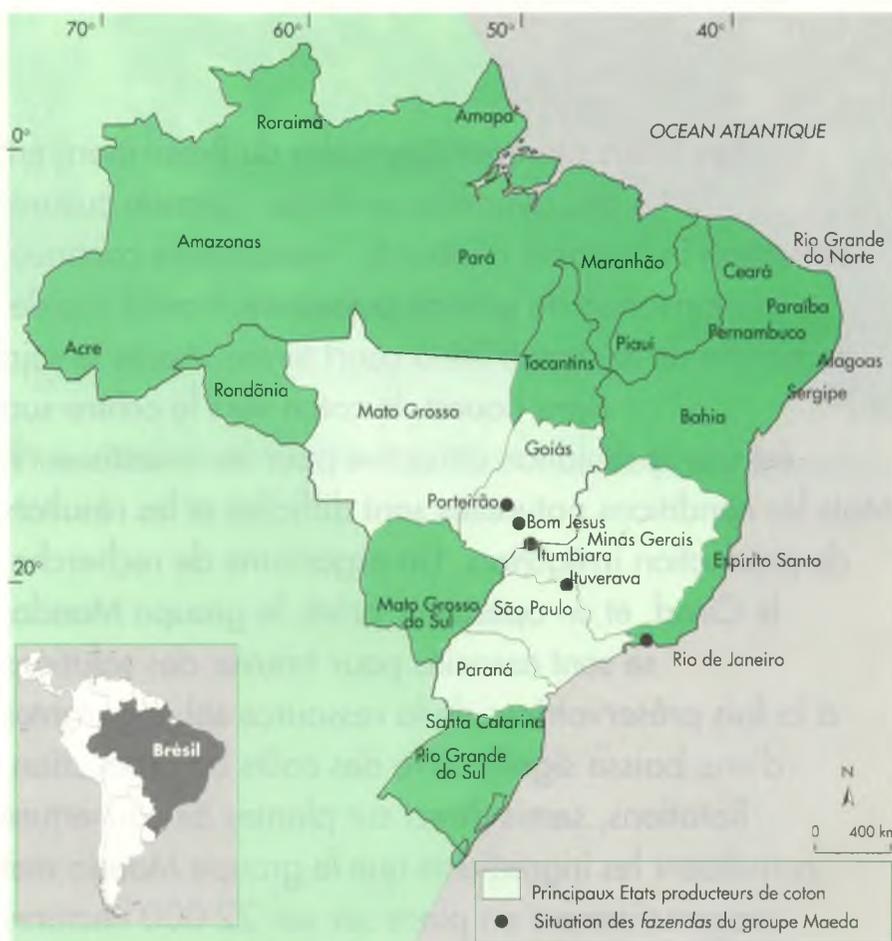


Figure 1. Etats producteurs de coton et localisation du groupe Maeda au Brésil.

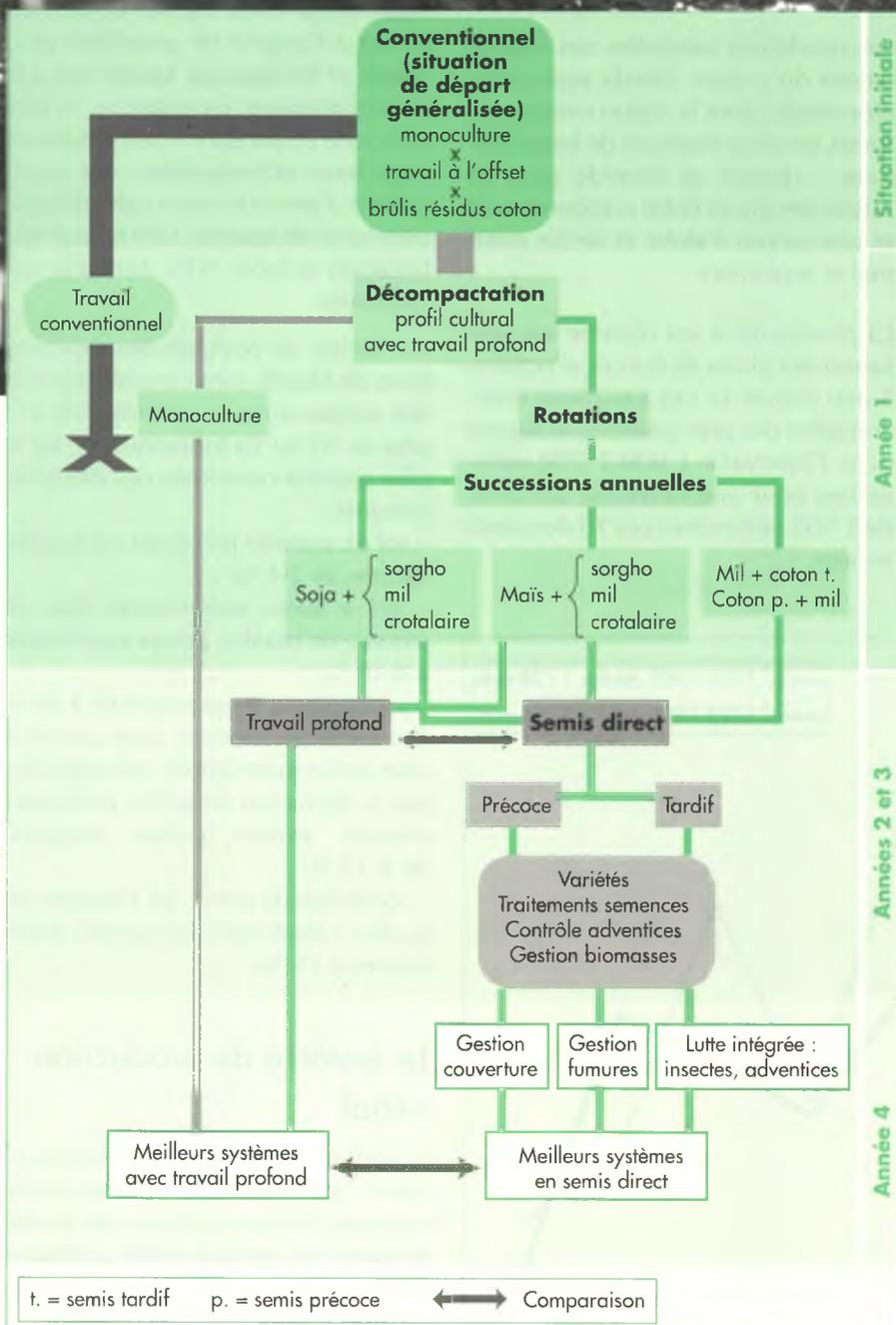


Figure 2. Démarche et méthode de travail appliquées par le Cirad au sein du groupe Maeda pour la mise au point de systèmes de culture.

Cotonnier 60 jours après semis, sol encore bien protégé.

Le groupe Maeda, partenaire de la recherche et premier producteur privé de coton du Brésil

Le groupe Maeda contribue pour 7 % à la production cotonnière brésilienne ; il cultive 33 000 hectares — dont 22 000 en cotonnier, le reste en maïs, soja et pâturages — dans le centre du Brésil. Ses différentes fazendas (exploitations) sont réparties au sud de l'Etat de Goiás et au nord de l'Etat de São Paulo (figure 1). Le groupe assure l'égrenage du coton graine de ses fazendas et d'une partie de la production régionale ainsi que la transformation et la commercialisation des produits et sous-produits (tableau 1).

Tableau 1. Capacité industrielle cotonnière du groupe Maeda.

Fabrication d'huile	330 t/jour 20 % de la production d'huile de coton du Brésil
Graisses végétales	50 000 t/an 10 % du marché national
Filature	3 000 t/an
Délintage de semences de coton	6 750 t/an
Egrenage du coton graine	1 200 t/jour



Les conditions naturelles des exploitations de Maeda

Les conditions naturelles des exploitations du groupe Maeda sont celles rencontrées dans la région centrale du Brésil, en zone tropicale de basse altitude : chaude et humide pour la saison des pluies entre octobre et avril et une saison fraîche et sèche entre mai et septembre.

La pluviométrie est répartie sur une saison des pluies de 6 mois, d'octobre à mai (figure 3). Les variations inter-annuelles des précipitations se situent dans l'intervalle 1 000-1 700 millimètres pour une moyenne annuelle de 1 500 millimètres ces 10 dernières années.

Les terres du groupe Maeda se situent en écologie de forêt tropicale méso-phile. Les sols sont de type ferrallitique rouge foncé dérivés de basalte. Ils ont à l'origine de propriétés physiques et biologiques favorables à la culture intensive. En revanche, ils sont déficients en phosphore, en potassium et en bases échangeables : des applications d'amendements calcomagnésiens sont nécessaires ainsi qu'une fertilisation soluble NPK annuelle sur cotonnier.

Les unités de paysage des exploitations de Maeda sont caractérisées par des pentes longues et fortes (de 2 à plus de 10 %). La toposéquence est le plus souvent constituée des éléments suivants :

- sol de sommet peu épais sur basalte (pentes de 2-4 %) ;
- sol à fortes potentialités sous la (coulée de basalte, pentes supérieures à 8-10 %) ;
- sol de pente, représentant 60 à 80 % des surfaces cultivées, avec une érosion active matérialisée, par exemple, par la formation de griffes profondes chaque année (pentes longues, de 8-15 %) ;
- sol de bas de pente, où l'érosion est la plus catastrophique (pentes supérieures à 15 %).

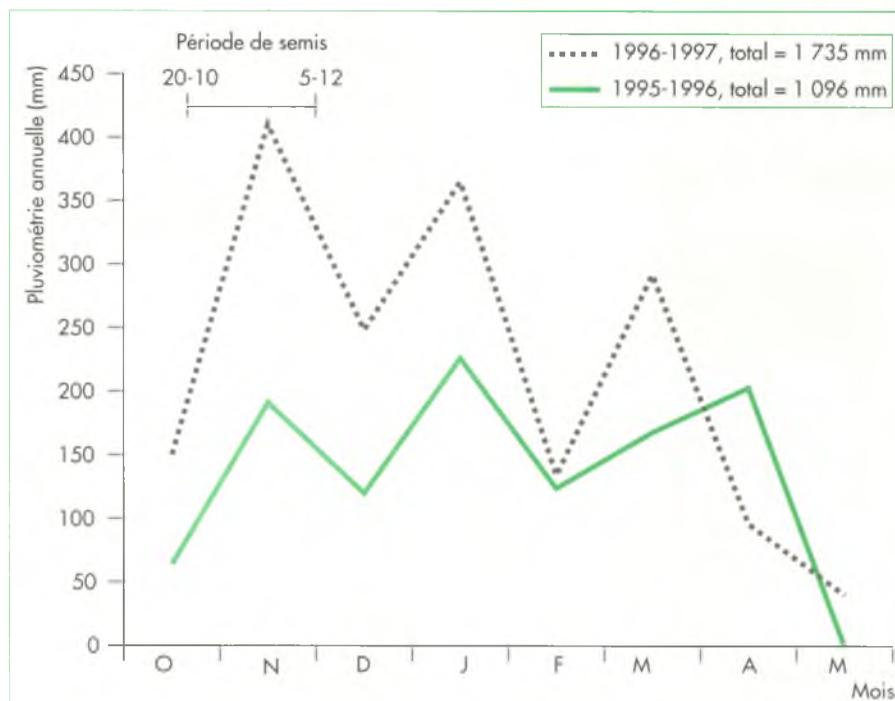


Figure 3. Saison des pluies en 1995-1996 et 1996-1997 et périodes de semis du cotonnier à la *fazenda* Canadá (Itumbiara, Goiás) du groupe Maeda.

Le système de production initial

La culture cotonnière est classiquement conduite en monoculture continue, brûlis des résidus de récolte et travail du sol aux outils à disques (*offset*) avec, pour conséquences, érosion éolienne et hydrique, compaction des sols, perte de fertilité physico-chimique et biologique. Les



Semis direct du coton dans la paille de mil desséchée au glyphosate.

rendements sont très irréguliers (figure 4) d'une année à l'autre malgré les quantités élevées d'engrais et de pesticides. Lors d'une même campagne, d'importants écarts de production sont également constatés entre les semis précoces et les semis tardifs — de l'ordre de 30 à 60 % (les semis précoces étant les plus productifs). Les coûts de production sont élevés et les exploitations se voient dans l'impossibilité de prévoir ou de réaliser tout investissement d'envergure. Autrement dit, le risque écono-

mique est fort et lié à une mauvaise maîtrise de la production dans un contexte climatique très fluctuant.

Le diagnostic agronomique des exploitations de Maeda

Le Cirad a d'abord réalisé un diagnostic rapide des relations entre le développement des cotonniers et les états du profil cultural. Ce diagnostic a mis en évidence les facteurs limitants de la production et de son instabilité interannuelle, dont les causes sont des modes de gestion des sols inadaptés aux conditions naturelles — pratique continues de la monoculture et du brûlis des résidus, utilisation exclusive des outils à disques en sol trop sec ou trop humide.

Profil cultural : une dégradation pénalisante pour la production

La déstructuration du profil cultural se traduit par une structure particulière à l'état sec et une structure massive, compactée, sous culture. A l'état sec, les sols, pulvérulents, sont soumis à une forte érosion éolienne en début de cycle qui détruit les plantations et oblige à des resemis de cotonnier, jusqu'à 5 à 10 % des surfaces. En cours de culture, le profil cultural se compacte rapidement, limitant le pivot racinaire dans les 5 à 30 premiers centimètres. La formation immédiate d'une croûte superficielle entraîne des processus érosifs catastrophiques. Outre l'érosion en nappe, de profondes griffes se creusent chaque année, provoquant des pertes de production estimées entre 8 et 14 % dans les unités de paysage mises en culture sur basalte. Ces processus érosifs sont la cause majeure de la perte de fertilité chimique et biologique de ces sols que les producteurs cherchent à compenser en utilisant davantage d'engrais chimiques.

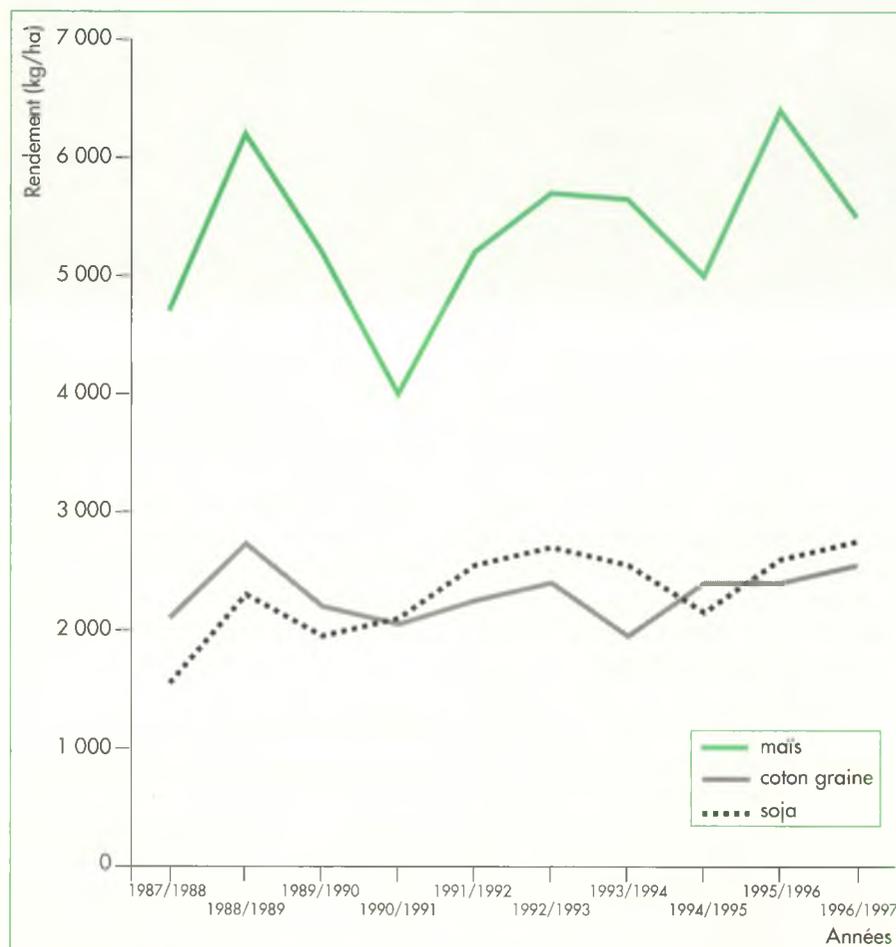


Figure 4. Evolution des rendements moyens en cotonnier, maïs et soja pour les fazendas de Maeda situées dans l'Etat de Goiás.



Nuage de poussière provenant de sols pulvérisés aux *offsets*.



Sol pulvérisé en surface.
Jeune cotonnier détruit par la poussière.

La faible exploration en profondeur du système racinaire induit une forte sensibilité aux aléas climatiques et une croissance discontinue du cotonnier, accrue par ailleurs par l'attaque des maladies, des insectes et par un mauvais contrôle des adventives. La limitation du pivot racinaire aux 30 premiers centimètres de sol réduit les possibilités d'alimentation en eau et en éléments minéraux assimilables. L'excès d'eau favorise l'asphyxie racinaire, le développement et l'incidence d'insectes, de nématodes *Meloidogyne* sp. et de certaines maladies (ramulose, fonte des semis...). La concurrence des adventives dicotylédones est précoce et difficilement maîtrisable — comme c'est le cas pour les plus fréquentes :

Acanthospermum hispidum, *Commelina* sp., *Ipomoea* sp. En monoculture, ces mauvaises herbes prolifèrent à la suite de l'emploi abusif et massif d'un herbicide anti-graminéen, la trifluraline, dont l'enfouissement nécessaire aux engins à disques, en sol le plus souvent trop sec, contribue à accentuer la dégradation des terres.

Relations entre pluviométrie et production

Les aléas climatiques, et surtout les excès d'eau, paraissent très défavorables à la stabilité de la production. L'analyse de la pluviométrie depuis 1987 fait ressortir une corrélation négative forte entre le niveau de



Forte érosion hydrique dans les parcelles de cotonnier préparées à l'*offset*.

rendement et la pluviométrie annuelle — plus il pleut, plus le rendement est faible. Les faibles rendements obtenus en années pluvieuses sont dus d'abord à une forte sensibilité du profil cultural aux excès d'eau (asphyxie racinaire chronique, attaques violentes de nématodes) et à l'incidence accrue des maladies (ramulose en particulier).

Effets de la monoculture

La monoculture, associée au brûlis systématique des résidus et au travail destructeur des *offsets*, provoque rapidement la dégradation des propriétés physiques et biologiques des sols, la prolifération de nématodes et d'adventices dicotylédones, autant de facteurs négatifs extrêmement pénalisants en culture cotonnière.

Face à ce diagnostic, quelles solutions ?

Ces éléments de diagnostic montrent que les solutions à mettre en œuvre doivent intervenir non seulement sur l'amélioration des modes de gestion des sols, mais aussi sur la maîtrise des mauvaises herbes et sur le choix des

rotations, des dates de semis et des variétés (longueur de cycle, résistance aux maladies, adéquation avec le cycle de développement des ravageurs). Ces solutions ont été appliquées en deux temps. Les premières innovations (décompactation des sols et rotations) répondent aux priorités à court terme d'amélioration du profil cultural. La modification radicale des systèmes de culture (semis direct sur couvertures végétales) constitue le second volet d'innovations, dont l'objectif est l'amélioration et le maintien durable et au moindre coût de la fertilité du milieu.

Première étape : décompactation des sols et rotations

En premier lieu, il s'agit de décompacter rapidement les sols, de réduire les processus d'érosion hydrique et éolienne et de créer un profil cultural régulateur pour minimiser les effets des variations climatiques. Des techniques de travail profond du sol à la charrue à socs, associées aux rotations et successions de culture et à la restitution totale des résidus de culture, ont été mises en place. Les outils à disques sont supprimés au profit de la charrue à socs et des canadiens à grand rendement (*speed tillers*). Le labour profond à la charrue à socs est effectué en fin de saison des pluies ; il permet en outre l'incorporation au sol des résidus de culture broyés. La préparation d'un lit de semence grossier se fait au canadien. La rotation testée en même temps que cette nouvelle conduite de culture est bâtie sur 3 ans : 2 années de cotonnier suivie d'une année à deux cycles de culture : soja + sorgho ou mil ou maïs + *Crotalaria spectabilis*.

Résultats agronomiques

L'examen du profil cultural, les mesures de résistance mécanique du sol et d'infiltration de l'eau montrent l'amélioration des propriétés physiques sous travail profond en



Maintien de la rugosité de surface, obtenue avec labour profond de fin de cycle, 30 jours après le semis.

première et deuxième années (figures 5, 6). Le labour profond de fin de cycle associé à la reprise du sol au canadien avant semis laissent une structure grossière en surface qui permet de retarder la formation d'une croûte superficielle et de mieux contrôler la flore adventice. L'effet de décompaction du sol est significatif sur le rendement et le gain moyen varie de 10 à 20 % par rapport à la monoculture cotonnière stricte pratiquée à l'offset (figure 7). On observe aussi une réduction significative de l'incidence des maladies (ramulose en particulier : figure 8a). De plus, le comportement des différentes variétés testées par rapport aux maladies montre que certains cultivars sont sécurisants pour l'agriculteur : c'est le cas de SICALA 32, qui est supérieur à tous les autres en 1995-1996 et 1996-1997. Cette variété offre une productivité très stable en semis direct précoce et tardif, voisine de 3 800 kilos par hectare (figure 8b).

Résultats économiques

Ces gains de rendement sont obtenus avec des coûts de production plus faibles, même pour les intrants (engrais et pesticides) et les équipements, dont les prix unitaires ont beaucoup augmenté entre 1994 et 1996 (tableaux 2, 3). En 1996-1997, le groupe Maeda a généralisé les techniques de travail du sol (labour

profond avec enfouissement des résidus et scarification) sur l'ensemble des surfaces cultivées. Les rotations avec des successions à deux cultures annuelles, qui sont la base de la rotation avec le cotonnier pour mettre en place le semis direct, couvrent déjà 6 250 hectares, soit 25 % des surfaces cultivées. La simplification des opérations culturales a permis de réduire le nombre de tracteurs et, plus fondamentalement, une restructuration des équipements avec :

- l'emploi plus important de l'aviation agricole et des herbicides ;

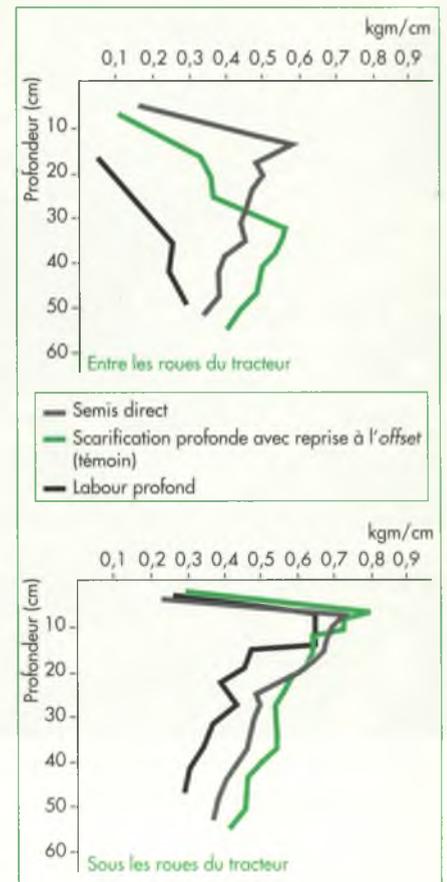


Figure 5. Résistance mécanique du sol à la pénétration en culture cotonnière (fazenda Recanto, Itumbiara, Brésil, Maeda, 1995). Le semis direct, quoique plus ferme en surface, tout comme le travail profond du sol, permet au cotonnier de s'enraciner en profondeur, au delà de 30 centimètres.

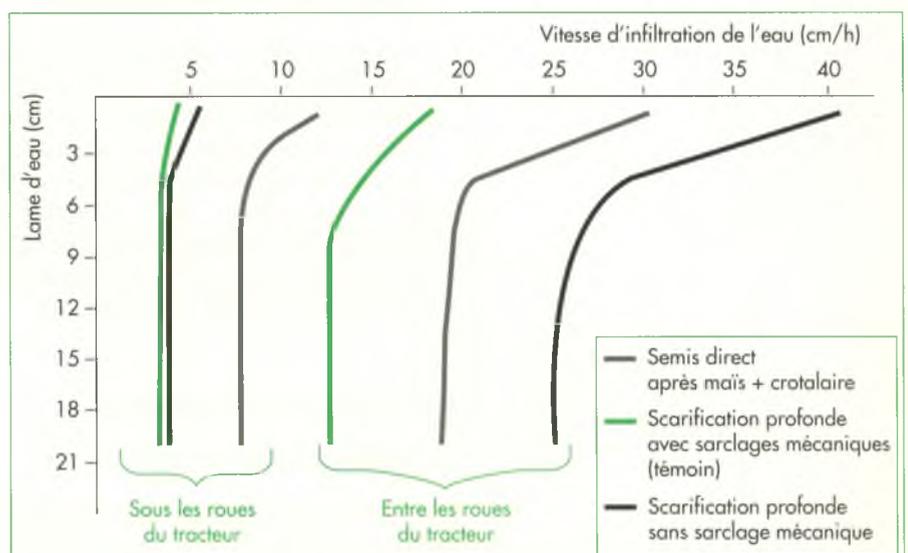


Figure 6. Vitesse d'infiltration de l'eau (fazenda Recanto, Itumbiara, Brésil, Maeda, 1996). Comme dans le cas de la résistance mécanique du sol, le profil cultural en semis direct montre la plus faible sensibilité au passage des engins (différence moindre de la vitesse d'infiltration entre les roues et sous les roues du tracteur).

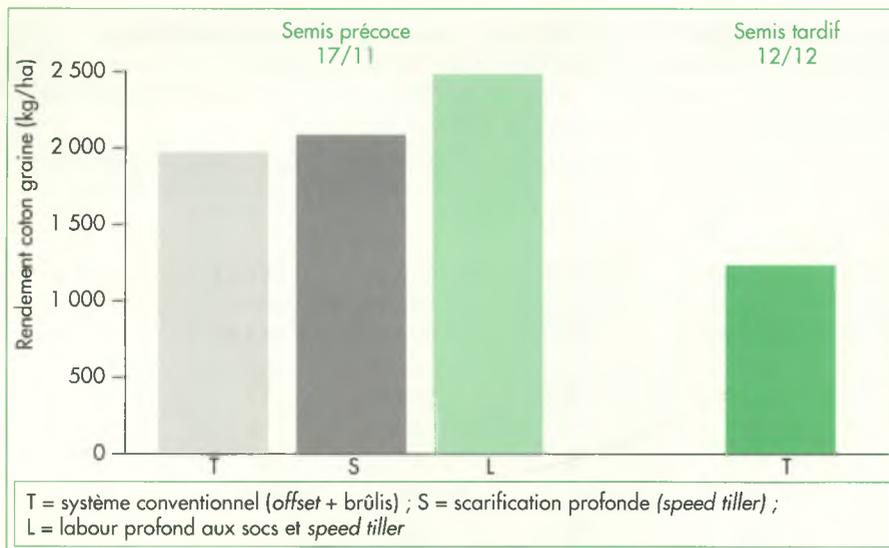


Figure 7. L'effet de décompaction du profil cultural sur le rendement en monoculture cotonnière. Exemple de l'année 1994-1995 (pluviométrie favorable) à la fazenda Recanto (Itumbiara, Brésil, Maeda).

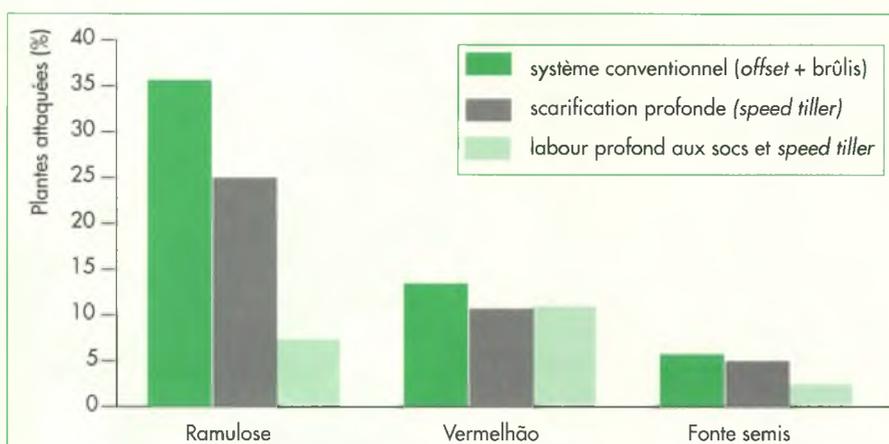


Figure 8a. Incidence des maladies du cotonnier en fonction des modes de travail du sol (cultivar IAC 20, fazenda Recanto, 1994-1995, Itumbiara, Brésil, Maeda).

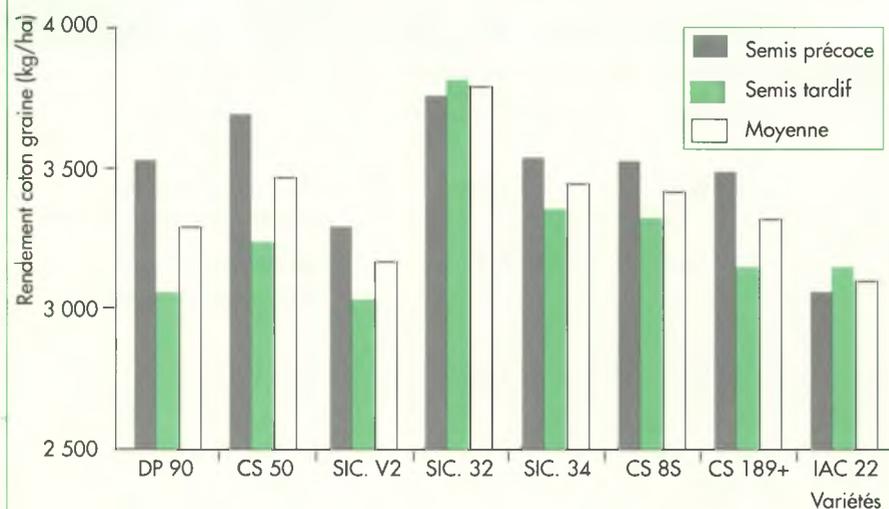


Figure 8b. Comparaison de plusieurs variétés testées en semis direct : la stabilité ou l'écart de rendement entre semis précoce et semis tardif traduit en particulier le comportement des variétés à l'égard des maladies (fazenda Recanto, 1996-1997, Itumbiara, Brésil, Maeda).

Figure 8. Incidence des maladies sur la culture de cotonnier.

– l'augmentation de la puissance des tracteurs.

Les nouveaux systèmes de culture contrôlés par la recherche dans différentes fazendas de Maeda permettent des marges nettes à l'hectare toujours supérieures à celle du travail conventionnel en monoculture. Les opérations sur lesquelles le maximum d'économie est fait sont le pré-semis et le semis (de l'ordre de 30 % par rapport au système conventionnel ; tableau 4 ; annexes 1, 2, 3).

Au delà des avantages, les limites agronomiques

En dépit des effets positifs de réduction des coûts, d'amélioration des revenus et de leur stabilité, les limites du système amélioré (travail profond) sont perceptibles. Dans les conditions particulières de climat et de sol du centre du Brésil, la pratique permanente du travail profond accélère la minéralisation de la matière organique du sol : les experts du Cirad ont constaté une perte du taux d'humus de l'ordre de 50 % en 6 ans en zone tropicale humide (SEGUY *et al.*, 1996). Cette évolution négative compromet à moyen terme la fixation durable d'une agriculture performante et rentable. En fait, le travail profond du sol ne doit être employé que ponctuellement pour corriger rapidement les caractéristiques physico-chimiques des sols dégradés. De plus, l'érosion n'est pas totalement contrôlée et le maintien d'une monoculture dominante fait persister, voire accroître, les problèmes de nématodes.

Si ces résultats montrent une nette amélioration par rapport à ceux du système traditionnel, ils restent cependant insuffisants : il faut considérer ces techniques comme une étape transitoire. Dans l'objectif d'une agriculture durable, il faut changer radicalement les modes de gestion des sols et des cultures : c'est ce que le groupe Maeda a voulu faire en demandant au Cirad de l'assister pour bâtir des systèmes de culture associant rotations, successions de cultures et semis direct dans des couvertures végétales.

Tableau 2. Evolution des données d'exploitation entre 1991-1992 et 1996-1997 pour l'ensemble des fazendas de Maeda ; le Cirad a commencé ses interventions en 1994-1995. Les moyennes sont établies sur 30 000 hectares, dont 22 000 en cotonnier : sur les fazendas les plus performantes, la diminution des coûts des équipements et le nombre d'opérations est plus forte que ne le laissent apparaître les moyennes (groupe Maeda, Itumbiara, Brésil, 1997).

Données d'exploitation	1991-1992	1992-1993	1993-1994	1994-1995	1995-1996	1996-1997
Prix payé par arroba de coton (\$/15 kg)	5,98	6,13	9,73	7,47	6,56	8,57
Coûts de production (total \$/ha)	1 143,18	1 120,67	1 010,45	997,84	985,33	974,46
– coûts fixes	350,27	343,37	309,6	305,74	301,9	298,57
– coûts variables	792,91	777,30	700,85	692,10	683,42	675,89
Nombre de tracteurs (total)	242	242	213	221	180	190
– jusqu'à 100 HP	184	184	179	179	157	157
– de 101 à 160 HP	47	47	25	25	6	6
– 161 à 250 HP	11	11	12	17	17	27
Puissance utilisée en HP	26 710	26 710	23 550	24 550	19 880	21 880
Nombre d'opérations/ha (total)	27	27	18	18	15	15
– avant semis	8	8	5	5	5	5
– après semis	19	19	13	13	10	10

Tableau 3. Evolution des coûts des intrants (\$) entre 1994 et 1996.

Intrants	Unité	1994-1995	1996-1997
Semences traitées de coton	kg	1,24	1,09
Engrais 3-15-15 + oligo	t	210,0	253,9
Engrais 18-00-20	t	180,0	281,0
Urée	t	189,0	437,4
Herbicide alachlor	l	4,70	5,15
Herbicide diuron	l	7,20	7,08
Herbicide treflan	l	5,05	5,48
Herbicide MSMA	l	5,50	7,72
Insecticide deltaméthrin	l	20,0	21,87
Insecticide profenofos	l	11,83	12,22
Insecticide clorpirifiros	l	9,30	10,39
Tracteur John Deere 4960	heure	6,84	31,2
Tracteur Ford 6600	heure	6,74	13,9
Gasoil	l	0,33	0,37
Prix récolte mécanique coton graine	15 kg	0,57	1,24

Tableau 4. Comparaison de coûts de production et des marges nettes (en %) pour les systèmes précisés en annexes 1, 2, 3.

Itinéraires comparés	Coût présemis	Coût semis	Coût développement	Marge nette
Situations annexe 1 :				
– travail profond + rotation/ conventionnel + monoculture	– 29 %	– 23 %	+ 15 %	0 en travail profond négative en conventionnel
– semis direct + rotation/ labour profond + rotation	– 65 %	+ 12 %	– 8 %	positive en semis direct 0 en travail profond
Situation annexe 2 :				
– semis direct + rotation/ conventionnel + monoculture	– 17 %	– 22 %	+ 13 %	+ 41 %
Situation annexe 3 :				
– semis direct + rotation/ labour profond + monoculture	– 34 %	– 12 %	– 3 %	+ 315 %

Note sur le mode de calcul (exemple marge nette situation annexe 3) :

$$\frac{\text{Marge nette semis direct } 709,8 \$ - \text{marge nette monoculture } 171,1 \$}{\text{marge nette monoculture } 709,8 \$} \times 100 = + 315 \%$$

Annexe 1. Coûts et marges comparés en 1995-1996 de 3 modes de culture du cotonnier (cultivar IAC 22) en semis précoce (*fazenda* Recanto, Maeda, Itumbiara, Brésil, 1996). Coûts mesurés sur une surface de 50 hectares contrôlée par la recherche.

Opération (intrants + main-d'œuvre...)	Unité/ha	Monoculture coton travail conventionnel (offsets + brûlis résidus)		En rotation après soja travail profond aux dents (scarification profonde)		En rotation après soja + mil semis direct	
		Quantité/ha	Coût \$/ha	Quantité/ha	Coût \$/ha	Quantité/ha	Coût \$/ha
1. Pré-semis (total)	\$		116,7		82,5		29,2
- entretien aménagements	h	0,24	7,0	0,24	7,0	-	-
- travail du sol	h	3,20	109,7	1,89	75,5	-	-
- herbicides totaux	h	-	-	-	-	0,5	29,2
2. Semis (total)	\$		140,1		101,9		113,7
Semences traitées	kg	15,5	23,3	15,5	23,3	15,5	23,3
Herbicides	l	2,5	38,2	-	-	-	-
Fumure NPK 3-15-15	kg	330,0	68,4	330,0	68,4	330,0	68,4
Semis	h	0,5	10,2	0,5	10,2	1,0	22,0
3. Développement (total)	\$		379,2		436,1		399,8
- sarclage mécanique	h	1,1	30,7	-	-	-	-
- sarclage manuel	j	6,1	41,0	10,4	69,9	5	33,6
- herbicides	nb. applic.	2	57,9	3	116,6	3	116,6
- insecticides + Pix	nb. applic.	9	181,1	9	181,1	9	181,1
- fumure couverture NK	kg	297	68,5	297	68,5	297	68,5
4. Récolte mécanisée	t	2,07	211,4	2,45	249,7	2,73	279,0
5. Transport	t	2,07	20,7	2,45	24,5	2,73	27,4
6. Coûts économiques (total)	\$		133,9		133,9		133,9
- administration indirecte	\$		90,2		90,2		90,2
- assurances obligatoires	\$		43,7		43,7		43,7
7. Coûts fixes	\$		59,3		59,3		59,3
(administration directe)							
8. COÛTS TOTAUX	\$		1 061,3		1 087,9		1 042,3
9. RECETTE coton graine	kg et \$	2 073	925,9	2 450	1 094,3	2 736	1 222,1
(prix : 6,7 \$/15 kg)							
10. MARGE NETTE	\$		- 135,4		= 0 (+ 6)		+ 179,8

Annexe 2. Coûts et marges comparés en 1996-1997 de 2 modes de culture du cotonnier (cultivar DP 90) en semis tardif (*fazenda* Canadá, Maeda, Itumbiara, Brésil, 1997). Coûts mesurés sur une surface de 50 hectares contrôlée par la recherche.

Opération (intrants + main-d'œuvre...)	Unité/ha	Monoculture coton travail conventionnel (offsets + brûlis résidus)		En rotation après sorgho semis direct	
		Quantité/ha	Coût \$/ha	Quantité/ha	Coût \$/ha
1. Pré-semis (total)	\$		112,7		93,4
- entretien aménagements	h	0,35	10,5	-	-
- broyage résidus	h	0,35	5,7	0,35	5,7
- travail du sol	h	2,73	96,5	-	-
- herbicides totaux	h	-	-	0,5	49,1
- semis sorgho	h	-	-	0,52	8,5
- anticipation azote	kg	-	-	50	30,1
2. Semis (total)	\$		155,4		122,3
Semences traitées	kg	15,0	16,5	15,0	16,5
Herbicides	l	2,5	44,7	-	-
Fumure NPK 3-15-15	kg	330	83,8	330,3	83,8
Semis	h	0,52	10,4	1,0	22,0
3. Développement (total)	\$		349,4		396,4
- sarclage mécanique	h	1,03	15,6	-	-
- sarclage manuel	j	1,5	12,3	1,0	8,8
- herbicides	nb. applic.	2	75,2	4	141,3
- insecticides	nb. applic.	8	163,4	8	163,4
- fumure couverture NK 18-00-20	kg	250	82,9	250	82,9
4. Récolte mécanisée	t	2,49	205,8	2,83	233,9
5. Transport	t	2,49	25,7	2,83	29,2
6. Coûts économiques	\$		84,9		84,9
(administration indirecte)					
7. Coûts fixes	\$		75,8		75,8
(administration directe)					
8. COÛTS TOTAUX	\$		1 009,7		1 035,9
9. RECETTE coton graine	kg et \$	2 490	1 422,6	2 829	1 616,3
(prix : 8,57 \$/15 kg)					
10. MARGE NETTE	\$				+ 412,9

Cliché : cotonnier
sur couverture vivante
d'Arachide pintoï.

Annexe 3. Coûts et marges comparés en 1996-1997 de 2 modes de culture du cotonnier (cultivar DP 90), en semis précoce (*fazenda Recanto, Maeda, Itumbiara, Brésil, 1997*). Coûts mesurés sur une surface de 40 hectares contrôlée par la recherche.

Opération (intrants + main-d'œuvre...)	Unité/ha	Monoculture coton travail profond aux socs		En rotation après soja + sorgho semis direct	
		Quantité/ha	Coût \$/ha	Quantité/ha	Coût \$/ha
1. Pré-semis (total)	\$		112,7		73,8
- entretien aménagements	h	0,35	10,5	-	-
- broyage résidus	h	0,35	5,7	-	-
- travail du sol	h	2,73	96,3	-	-
- herbicides totaux	h	-	-	0,6	43,7
- anticipation azote	h	-	-	0,5	30,1
2. Semis (total)	\$		142,6		124,7
Semences traitées	kg	15,5	16,9	17,3	18,9
Herbicides	l	2,5	31,5	-	-
Fumure NPK 3-15-15	kg	330,0	83,8	330,0	83,8
Semis	h	0,5	10,4	1,2	22,0
3. Développement (total)	\$		457,6		442,8
- sarclage mécanique	h	3,1	47,0	-	-
- sarclage manuel	j	1,6	14,4	1,2	10,4
- herbicides	nb. applic.	2	50,2	3	86,4
- insecticides	nb. applic.	11	249,6	11	249,6
- fumure couverture NK	kg	330,0	96,4	330,0	96,4
4. Récolte mécanisée	t	2,19	181,0	3,17	262,3
5. Transport	t	2,19	22,6	3,17	32,8
6. Coûts économiques	\$		84,9		84,9
7. Coûts fixes	\$		75,8		75,8
8. COUTS TOTAUX	\$		1 077,2		1 097,1
9. RECETTE coton graine (prix : 8,57 \$/15 kg)	kg et \$	2 190	1 248,3	3 170	1 806,9
10. MARGE NETTE	\$		+ 171,1		+ 709,8

seul un petit sillon ou un poquet est ouvert et les mauvaises herbes sont éliminées avant et après le semis avec des herbicides.

En revanche, en zones tropicales chaudes et humides de l'ouest et du centre du Brésil, les résidus de culture se décomposent très vite et la protection du sol en surface est trop éphémère pour être efficace — le taux de minéralisation de la matière organique est supérieur à 5 %. La maîtrise de l'érosion reste partielle et la lutte contre les adventices difficile. Dans ce cas, la couverture du sol doit être renforcée et la technique de semis direct doit être associée à la culture de plantes productrices de biomasse dans laquelle est semée la production principale (cotonnier, maïs ou soja), comme cela est en cours de développement sur les fronts pionniers de l'ouest du Brésil (SEGUY *et al.*, 1996).

Seconde étape : semis direct sur couvertures végétales

Historique du semis direct au Brésil

Le semis direct mécanisé dans les résidus de culture a commencé dans les années 70 dans les Etats du sud en zones subtropicales d'altitude, suite aux travaux de la Fondation ABC, des coopératives du Paraná et de l'Iapar (Institut de recherches agronomiques de l'Etat du Paraná). Aujourd'hui, plus de 3,5 millions d'hectares sont cultivés en semis direct au sud du Brésil : dans ces régions subtropicales à tempérées, la saison froide permet de maintenir longtemps une couverture permanente de résidus de culture qui se décomposent très lentement. La semence est placée dans un sol non remanié grâce à des semoirs spéciaux ;

Adaptation des technologies de semis direct aux exploitations de Maeda

Ces systèmes sont fondés sur une combinaison de rotations et de successions de cultures, sur l'emploi

Semis direct de coton
sur *Brachiaria brizantha*.



raisonné d'herbicides et sur le semis direct dans un épais mulch végétal. Le principe est de produire une importante biomasse fournissant le mulch permanent grâce à des cultures implantées en semis direct avant et/ou après la culture cotonnière. Il est souhaitable que le coût d'implantation soit inférieur à celui des modes de gestion des sols (travail profond et scarification) qu'elles remplacent. Le sol n'est donc plus travaillé et les cultures sont toutes pratiquées en semis direct. Les expérimentations mises en place dans les exploitations du groupe Maeda ont visé à résoudre les problèmes suivants :

- Quelles cultures choisir pour les rotations et les successions afin d'obtenir un mulch végétal du cotonnier efficace pour les objectifs définis, c'est-à-dire un volume de production cotonnière élevé et stable et des coûts diminués ? La réponse à cette question est à la fois agronomique et économique ;
- Comment éviter les fontes de semis (*damping off*) accentuées par le microclimat créé par le mulch permanent ?
- Comment maîtriser au moindre coût les techniques d'utilisation des herbicides pour mettre en place le mulch, contrôler l'enherbement sur la ligne de semis et sur l'interligne, et éliminer les repousses de cotonnier ?



Cotonnier 10 jours après semis sur couverture morte de *Brachiaria brizantha*.



Le même cotonnier, 20 jours après semis.



Le même cotonnier, 40 jours après semis.

Quelles rotations ?

Après le test de nombreuses espèces, le mil ou le sorgho *guinea* et *Crotalaria spectabilis* se sont montrés les mieux adaptés pour fournir le mulch végétal souhaité. Ils ont été introduits dans quatre types de succession (tableau 5) :

- soja + mil ou sorgho *guinea* ;
- maïs + *Crotalaria spectabilis* ;
- cotonnier en semis précoce + mil ou sorgho *guinea* ;
- mil ou sorgho *guinea* + cotonnier en semis tardif.

La culture cotonnière est privilégiée dans la rotation et occupe toujours au moins 67 % de l'assolement annuel, le groupe Maeda tirant le maximum de son bénéfice de la transformation du coton.

Fonte de semis et pucerons : éviter les risques

La présence d'un mulch permanent induit un microclimat propice au développement de champignons

nuisibles à la culture (*Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Aspergillus*...). En semis direct sur de fortes biomasses très fermentescibles comme le mil, il faut renforcer la protection chimique fongicide des semences, en particulier contre le *damping off* (fonte des semis à partir des champignons du sol et anthracnose). Les tests de traitements chimiques des semences ont donné des résultats satisfaisants, même en conditions très humides, avec des matières actives en mélange comme thiabendazole + carboxin + thiram, carbendazin, la plus efficace étant le triticonazole (pas encore disponible sur le marché). Pour prévenir les attaques de pucerons et de delphacides en début de cycle, les molécules de traitement des semences les plus efficaces sont l'imidachlopride en traitement de semences et l'aldicarb appliqué sous la ligne de semis en micro-grenulés.

Utilisation des herbicides

Le semis de la culture principale est toujours précédé de l'application d'un herbicide total pour dessécher la culture productrice de biomasse et fabriquer ainsi le mulch : par exemple la dessiccation d'une couverture de sorgho *guinea* ou de mil est effectuée 45 à 60 jours après leur semis. L'utilisation d'herbicides est également indispensable pour la maîtrise des mauvaises herbes lors de l'installation du cotonnier, dont la récolte mécanique impose une culture très propre. La plus grande difficulté réside dans le contrôle des adventices dicotylédones.

En semis direct sur mulch, l'application d'un herbicide de pré-émergence se fait en même temps que le semis, mais seulement sur la ligne de semis où le semoir a perturbé le mulch : cela représente 20 à 30 % de la surface totale. Entre les lignes, des herbicides totaux bon marché sont employés grâce à un équipement spécial constitué de tunnels applicateurs protégeant totalement la culture. L'application d'herbicides entre les lignes est indispensable pour laisser la culture cotonnière parfaitement propre jusqu'à la récolte. En effet, les

Tableau 5. Les possibilités de semis direct actuellement maîtrisées par Maeda : comment passer de la monoculture cotonnière aux systèmes de semis direct dans lesquels le cotonnier occupe 67 % de la surface annuelle ? L'objectif est en premier lieu de cultiver en semis direct les parcelles au sol déstructuré, les parties hautes des unités morphopédologiques à sol peu épais et les pentes les plus agressées par l'érosion.

Surface en assolement	1 ^{re} année	2 ^e année	3 ^e année
1/3	coton semis précoce + mil ou sorgho	coton semis précoce + mil ou sorgho ou mil ou sorgho + coton semis tardif	coton semis précoce + mil ou sorgho ou soja + maïs ou sorgho (1) maïs + <i>Crotalaria</i> maïs + mil ou sorgho (2) soja + <i>Crotalaria</i> (3)
1/3	mil ou sorgho + coton semis tardif	mil ou sorgho + coton semis tardif ou soja + mil ou sorgho (1) maïs + <i>Crotalaria</i> maïs + mil ou sorgho (2) soja + <i>Crotalaria</i> (3)	coton semis précoce + mil ou sorgho ou coton semis précoce + mil ou sorgho
1/3	soja + maïs ou sorgho (1) maïs + <i>Crotalaria</i> maïs + mil ou sorgho (2) soja + <i>Crotalaria</i> (3)	coton semis précoce + mil ou sorgho ou mil ou sorgho + coton semis tardif	coton semis précoce + mil ou sorgho ou mil ou sorgho + coton semis tardif

(1). Le soja est plus intéressant économiquement que le maïs.

(2). Pour renforcer encore plus la biomasse au-dessus du sol lorsque nécessaire.

(3). Pour privilégier la fixation de l'azote et éliminer les nématodes.



Localisateur « tunnel » d'herbicides à protection totale pour la culture.

Traitement herbicide de post-émergence avec herbicides totaux.



meilleurs mulchs (sorgho *guinea*) protègent totalement l'interligne jusqu'à 45 jours après dessication des pailles ; après ce laps de temps, des mauvaises herbes commencent à lever — en particulier les dicotylédones *Commelina* sp., *Acanthospermum* sp., *Ipomoea* sp. — et elles doivent être éliminées jusqu'à la couverture complète du sol par le cotonnier (60 jours après le semis). Au total, cet itinéraire technique est beaucoup moins coûteux que les désherbages mécaniques et chimiques du système traditionnel.

Enfin, les repousses des cotonniers sont éliminées par une application de 2-4 D sel d'amine 20 à 30 jours après le semis du mil ou du sorgho de la succession (figure 9) ; elles peuvent également être éliminées par les herbicides employés dans les autres cultures de la rotation (maïs, soja).



Système racinaire du cotonnier prisonnier dans les 15 premiers centimètres du profil cultural compacté par les *offsets*.

Résultats agronomiques

Les résultats obtenus tendent à confirmer la pertinence des rotations testées. Les successions soja + mil ou sorgho, maïs + *Crotalaria spectabilis* sont d'excellents précédents culturaux d'amélioration de la productivité du cotonnier : elles sont un élément clé de la rotation pour limiter le développement des nématodes, ravageurs très préjudiciables en monoculture cotonnière. Les différences entre espèces choisies pour le mulch sont visibles. D'une manière générale, le mulch issu de graminées permet d'obtenir des rendements cotonniers souvent supérieurs à ceux sur mulch de légumineuses. Toutefois, tous les mulchs ne permettent pas de cultiver le cotonnier sans traitement approprié des semences car ils favorisent les fontes de semis. La comparaison des couvertures végétales de graminées montre que celle de sorgho *guinea* est de meilleure qualité que celle de mil :

- moins fermentescible, le sorgho *guinea* favorise moins le développement de champignons pathogènes au semis du cotonnier, même en conditions de sol très humides qui sont propices à leurs attaques ;

- à décomposition plus lente et doté d'un fort pouvoir allélopathique, il facilite la maîtrise des adventices.

L'examen du profil cultural, les mesures de résistance mécanique du sol et d'infiltration de l'eau montrent l'amélioration des propriétés physiques en semis direct (figures 5, 6). Le semis direct montre un profil cultural nettement moins sensible aux passages des engins mécanisés que le travail profond du sol, mis en évidence par une rapide altération des paramètres physiques sous les passages des roues des tracteurs.

Le semis direct de cotonnier en rotation, comparé au système amélioré avec labour profond aux socs + *speed*

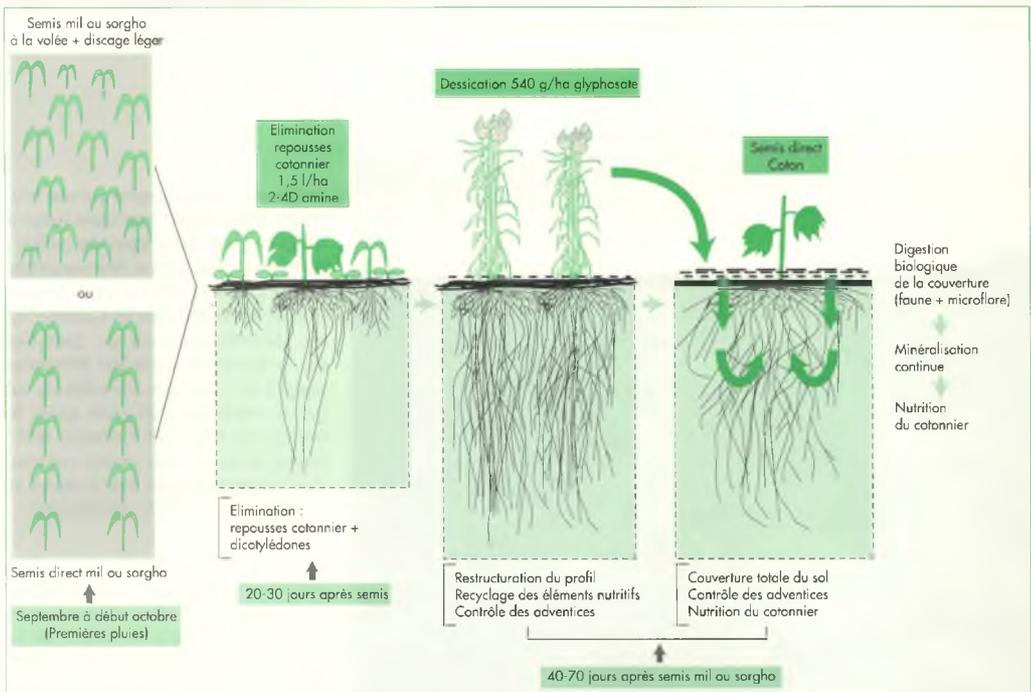


Figure 9. Comment éliminer les repousses de cotonnier en semis direct (mil ou sorgho *guinea* en semis précoce + cotonnier en semis décalé un peu plus tardif, 20-25 novembre), Goias, Maeda, 1995.



Travail biologique du sol par le système racinaire du mil (descente de 3,5 à 5 cm/jour).

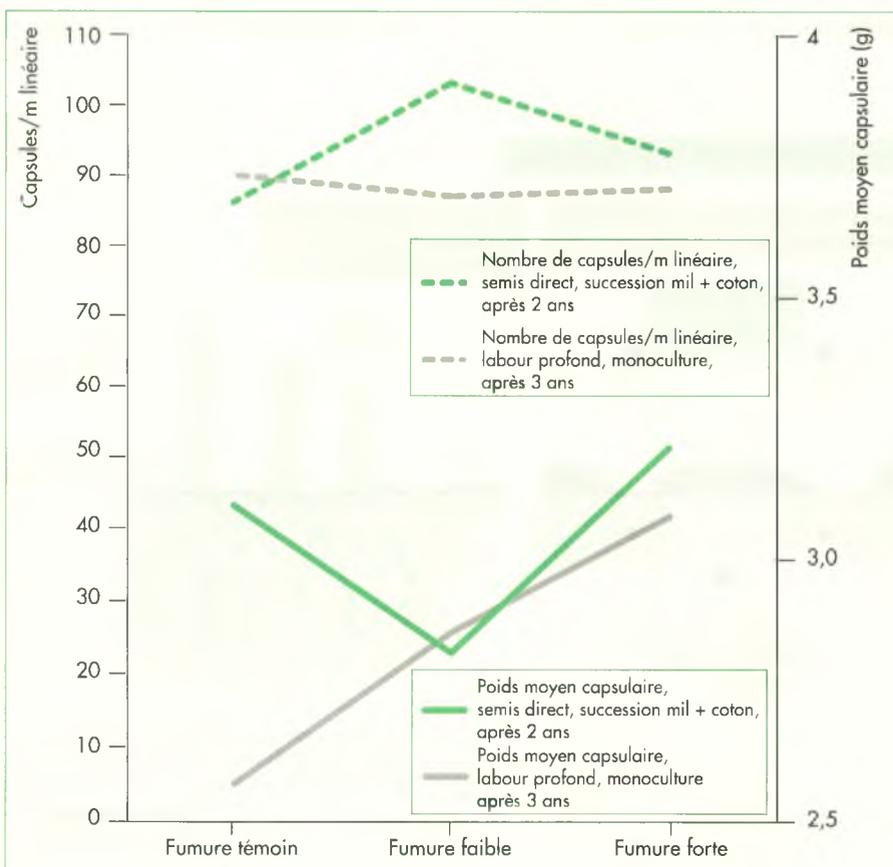


Figure 10. Nombre de capsules au mètre linéaire et poids moyen capsulaire de cotonnier en fonction du mode de gestion du sol, semis tardif du 27-11-1996 (fazenda Canadá, Itumbiara, Goiás, Maeda).

Profil racinaire du cotonnier 80 jours après semis direct, jusqu'à 1,30-1,50 mètre de profondeur.

tiller + broyage des résidus de récolte, permet des gains de rendement en coton graine de 10 à 41 %, en fonction du précédent cultural, du niveau de fertilisation, de la position de la parcelle dans la toposéquence, de l'état de dégradation du sol et de la pluviométrie. La supériorité des rendements cotonniers en semis direct s'explique par un poids moyen capsulaire à maturité significativement plus élevé, de 4 à 21 % selon le niveau de fertilisation (figure 10). En maïs ou soja, ces gains sont globalement élevés, jusqu'à plus de 40 %.

Les systèmes expérimentés, fondés sur la pratique conjointe de la culture de plantes productrices de biomasse et du semis direct, semblent offrir les conditions nécessaires à la stabilité des rendements par une meilleure utilisation de l'eau et des éléments

minéraux nutritifs et par une limitation des effets des aléas climatiques. Les résultats obtenus proviennent d'une amélioration simultanée des diverses fonctions suivantes :

- protection totale du sol des processus d'érosion hydrique et éolienne ;
- maintien d'une forte porosité et d'une structure stable du sol ;
- régulation des amplitudes thermiques et hygrométriques (meilleure gestion des flux hydriques) ;
- maintien du stock de matière organique du sol (meilleure gestion de la minéralisation et fixation gratuite de l'azote) ;
- recyclage vers la surface les éléments minéraux lixiviés en profondeur ;
- offre d'une meilleure alimentation minérale des cultures par la minéralisation progressive de la biomasse ;
- limitation du développement des adventices les plus compétitives (figure 11). Les meilleurs mulchs (sorgho *guinea* > mil > *Crotalaria spectabilis*) empêchent la germination et la levée de 95 % des adventices rencontrées en systèmes de

mono- culture. Toutefois, les 5 % restants doivent être contrôlés pour la récolte mécanique du coton qui doit rester parfaitement propre ;

- gestion au moindre coût des attaques de ravageurs, du fait de la combinaison de plusieurs effets comme : (a) le rétablissement de tous les cycles biologiques rompus par la monoculture, (b) le développement des champignons qui contrôlent les larves de lépidoptères (*Nomurea rileyi*) et qui prennent de l'importance en semis direct, (c) l'amélioration de la maîtrise des ravageurs souterrains par effet de leurre et dispersion des attaques (le prédateur ne sait pas choisir entre les racines du cotonnier et de la plante de couverture), c'est le cas de la larve de punaise *Scaptocoris castanea* qui s'alimente des racines de jeunes cotonniers (40 à 60 % des plants touchés en monoculture sur labour contre pratiquement aucune attaque en semis direct), (d) la meilleure utilisation des matières actives grâce aux rotations de cultures, ce qui permet de préserver les prédateurs des ravageurs.



Variété australienne de coton à haute productivité (CS 50 : 3 500 kg/ha).

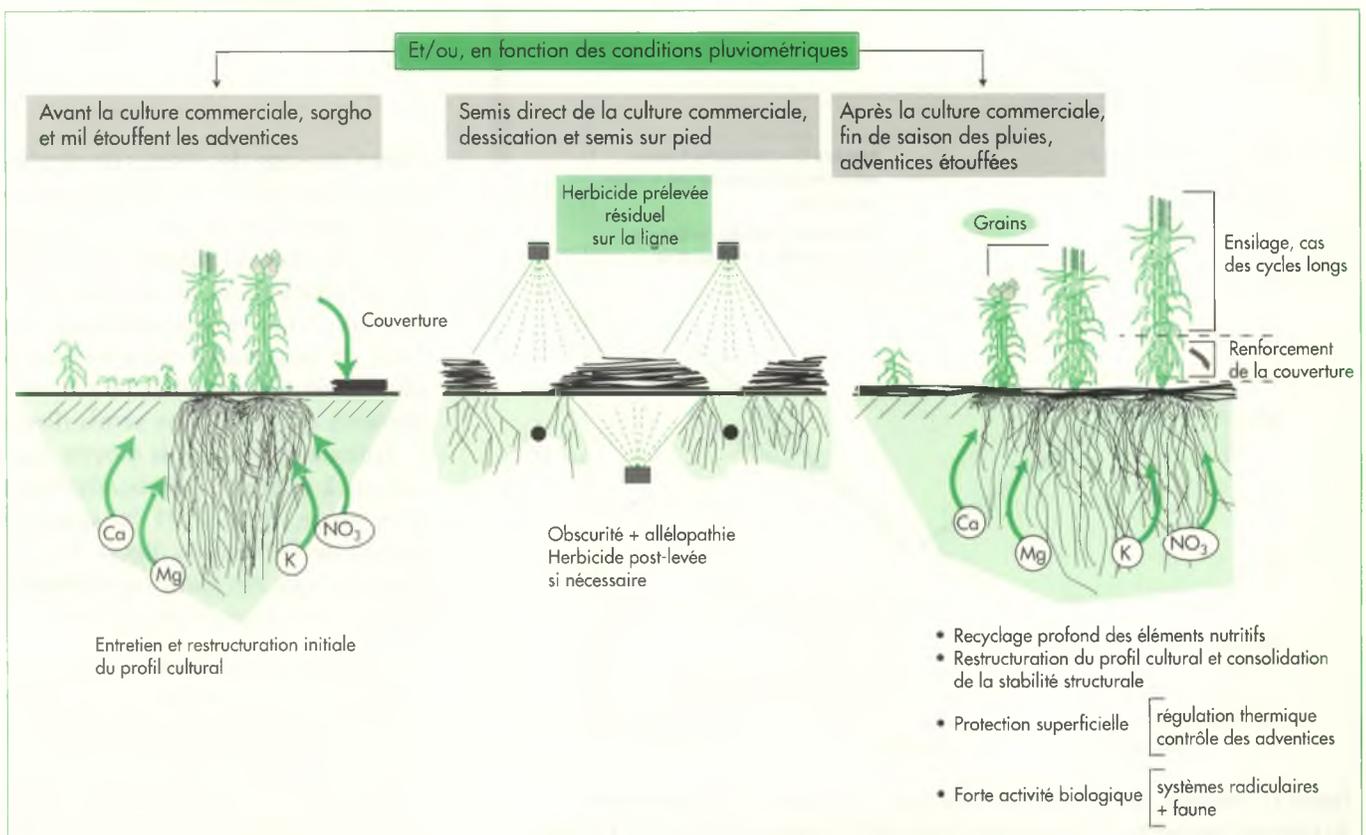


Figure 11. Contrôle des mauvaises herbes par les biomasses de sorgho et de mil en système de semis direct.



Résultats économiques

Sur le plan économique, pour l'opérateur privé, l'avantage des systèmes en semis direct constitue un résultat essentiel : l'assolement issu de ces systèmes, qui comporte 67 % de surface cotonnière, doit permettre d'obtenir, à un coût inférieur, une production supérieure à un assolement comportant 100 % de monoculture cotonnière avec *offset* (tableau 4 ; annexes 1, 2, 3). Les systèmes de semis direct s'affirment d'année en année comme les plus performants : leur productivité est de 10 à 40 % supérieure aux systèmes avec travail profond du sol, en fonction des *fazendas*. Les meilleurs rendements reproductibles dépassent aujourd'hui 3 tonnes par hectare. Par rapport aux modes de gestion avec travail profond du sol, les itinéraires en semis direct sont plus économes sur l'ensemble des opérations de pré-semis et semis et les marges nettes sont toujours très supérieures : + 41 à + 315 % dans les mêmes conditions (tableaux 4, 6 ; annexes 1, 2, 3).

Objectif 2001 : généralisation du semis direct

L'intervention de la recherche, en prise directe avec le groupe Maeda, montre comment des systèmes de culture cotonniers destructeurs du milieu physique peuvent être très rapidement améliorés. Depuis 1994-1995, date du début de la collaboration avec le Cirad, la productivité interannuelle cotonnière est stable et en progression significative malgré des conditions climatiques plus contrastées que les sept années qui ont précédé (1987-1993) (figure 4). Ainsi, après trois années de travail conjoint entre la recherche et l'opérateur privé Maeda, l'expérience montre que les systèmes en semis direct avec couverture végétale sont les plus performants (tableau 6) et stables dans le temps, au regard des rendements obtenus et de la protection du sol.

Le groupe Maeda a mesuré l'intérêt d'abandonner le système conventionnel de grande monoculture

Tableau 6. Evaluation prospective des coûts et marges moyens pour un hectare de coton (résultats 1995-1997, toutes *fazendas* de Maeda). Les coûts du semis direct baisseront encore, du fait de la réduction des fumures minérales et du coût opérationnel des machines lorsque Maeda passera à 100 % en semis direct.

Opération (intrants + main-d'œuvre...)	Unité/ha	Monoculture coton en travail conventionnel (<i>offsets</i> + brûlis résidus)		En rotation après soja + mil, semis direct			
		Fumure conventionnelle Maeda		Fumure conventionnelle Maeda		Fumure minimale proposée	
		Quantité/ha	Coût \$/ha	Quantité/ha	Coût \$/ha	Quantité/ha	Coût \$/ha
1. Pré-semis (total)	\$		112,7		77,7		77,7
- entretien aménagements	h	0,35	10,5	-	-	-	-
- broyage résidus	h	0,35	5,7	-	-	-	-
- travail du sol	h	2,73	96,5	-	-	-	-
- herbicides totaux	l	-	-	3	47,6	3	47,6
- avance azote	N kg	20	30,1	20	30,1	20	30,1
2. Semis (total)	\$		141,7		123,3		63,9
Semences traitées	kg	15,0	16,5	15,0	16,5	15,0	16,5
Herbicides	l	2,5	31,0	-	-	-	-
Fumure 3-15-15	kg	330	83,8	330	83,8	100	25,4
Semis	h	0,5	10,4	1	22,0	1,0	22,0
3. Développement (total)	\$		349,4		326,9		326,9
- sarclage mécanique	h	1,03	15,6	-	-	-	-
- sarclage manuel	j	1,5	12,3	1,0	8,8	1,0	8,8
- herbicides	nb. applic.	2	75,2	3	71,8	3	71,8
- insecticides	nb. applic.	8	163,4	8	163,4	8	163,4
- fumure NK (18-00-20)	kg	250	82,9	250	82,9	250	82,9
4. Récolte mécanisée	t	2,5	206,6	3,2	264,5	2,8	231,4
5. Transport	t	2,5	25,8	3,2	33,0	2,8	28,9
6. Coûts économiques (administration indirecte)	\$		84,9		84,9		84,9
7. Coûts fixes (administration directe)	\$		75,9		75,9		75,9
8. COÛTS TOTAUX	\$		997		985		889,5
9. RECETTE coton graine (prix : 8,57 \$/15 kg)	kg et \$	2 500	1 428	3 200	1 828	2 800	1 600
10. MARGE NETTE	\$		+ 431		+ 843		+ 710

travaillée aux engins à disques et sans valorisation des résidus de récolte. Le changement dans les modes de travail du sol (labour de fin de cycle à la charrue à socs, enfouissement des résidus, préparation du lit de semences au canadien) concerne aujourd'hui l'ensemble des terres. Le passage de la monoculture cotonnière à une rotation, dans laquelle les successions soja + mil ou sorgho, maïs + *Crotalaria spectabilis* interviennent un an sur trois, se met en place progressivement. L'évolution vers les systèmes de semis direct sur couverture végétale — impliquant l'installation de cultures productrices de biomasse en même temps que la culture commerciale — est en cours et touche de façon prioritaire les successions productrices de biomasse à base de soja et de maïs (plus de 6 000 hectares), le cotonnier de semis direct sur ces successions occupant 5 % (environ 500 hectares) de la surface totale. La généralisation des systèmes de semis direct à l'ensemble des *fazendas* de Maeda est prévu sur les trois ans qui viennent — temps nécessaire à la reconversion du parc des équipements.

Perspectives

Cette expérience menée conjointement entre le groupe Maeda et le Cirad est la concrétisation de la contribution efficace d'un organisme de recherche dans le cadre d'une entreprise privée. Elle implique une obligation de résultats rapides, qui ont été ici obtenus grâce aux méthodes appliquées par la recherche ; ce partenariat a abouti à la mise au point de techniques de culture satisfaisantes, mais il existe encore des marges de progrès importantes pour un résultat économique encore plus performant à attendre à la fois d'une optimisation de la production et d'une diminution significative des coûts de production et de tout effet écologique défavorable. Au delà de mieux mesurer les effets positifs obtenus, la recherche doit soutenir son effort, en particulier pour optimiser le fonctionnement agronomique des systèmes de semis



Cotonnier de semis direct à la *fazenda* Recanto : rendement de 2 700 kg/ha.

direct : les modèles de fonctionnement du système sol-plante, en fonction de la nature des biomasses, doivent être davantage précisés pour l'extrapolation des résultats à d'autres écologies tropicales (modèles prédictifs de fonctionnement pour l'aide à la prise de décision). Egalement, les recherches doivent être poursuivies en priorité pour la réduction progressive des coûts de production que les systèmes en semis direct peuvent apporter et pour l'amélioration de la capacité et de la flexibilité d'utilisation des équipements ; la réduction des coûts représente, au même titre que la protection de la ressource en sol, un objectif déterminant pour une agriculture durable et rentable.

Bibliographie

SEGUY L., BOUZINAC S., MAEDA E., MAEDA N., 1998. Large scale mechanised direct drilling of cotton in Brasil. Semis direct du cotonnier en grande culture motorisée au Brésil. Perforación directa mecanizada en gran escala para el cultivo del algodón en Brazil. The ICAC Recorder (16) 1 : 11-17, 29-36, 48-54.

SEGUY L., BOUZINAC S., TRENTINI A., CORTES N. A., 1996. L'agriculture brésilienne des fronts pionniers (*brazilian frontier agriculture on newly cleared land*). I- La méthode de création-diffusion agricole. II- La gestion de la fertilité par le système de culture. III- Le semis direct, un mode de gestion agrobiologique des sols. Agriculture et développement 12 : 2-61, version française. (Version anglaise sous presse).

Résumé... Abstract... Resumen

L. SEGUY, S. BOUZINAC, E. MAEDA, N. MAEDA —

Brésil : semis direct du cotonnier en grande culture motorisée.

L'essentiel de la production cotonnière brésilienne provient d'exploitations très motorisées des Etats du Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso et Goiás, où les conditions écologiques sont instables et difficiles ou contraignantes pour cette culture. Elle est conduite en monoculture avec brûlis des résidus de récolte et travail du sol aux outils à disques. Les conséquences sont l'érosion éolienne et hydrique, la perte de fertilité et la compaction des sols. Les rendements sont très irréguliers malgré les quantités élevées d'intrants utilisées. Le groupe privé Maeda et le Cirad se sont associés pour tester de nouveaux systèmes. Le travail profond aux socs et la rotation répondent à court terme à l'amélioration du profil cultural. Le semis direct sur couverture végétale permanente permet le maintien durable et au moindre coût de la fertilité du milieu. Le principe est de produire un mulch grâce à des biomasses telles que mil, sorgho *guinea* et *Crotalaria spectabilis* implantées en semis direct ou en rotation avec le cotonnier (succession annuelle soja + mil ou sorgho *guinea*, maïs + *crotalaria spectabilis*). Des traitements de semences appropriés permettent d'éviter les fontes de semis liées au microclimat créé par le mulch. L'utilisation des herbicides est maîtrisée pour mettre en place le mulch, contrôler l'enherbement dans la culture et éliminer les repousses de cotonnier. Les successions annuelles composant les rotations sont : soja + mil ou sorgho *guinea*, maïs + *Crotalaria spectabilis*, cotonnier semis précoce + mil ou sorgho *guinea*, mil ou sorgho *guinea* + cotonnier semis tardif. Selon les systèmes, le gain de rendement varie de 10 à 40 % et l'augmentation des marges nettes de 41 à 315 %.

Mots-clés : semis direct, plante de couverture, zéro labour, système de culture, cotonnier, soja, maïs, mil, sorgho *guinea*, *Crotalaria spectabilis*, fertilité, évaluation économique, marge nette, coût de production, zone tropicale, Brésil.

L. SEGUY, S. BOUZINAC, E. MAEDA, N. MAEDA —

Brazil: direct sowing of cotton in a large-scale motorized crop system.

Most Brazilian cotton comes from highly motorized farms in Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso and Goiás, where the ecological conditions are unstable and extreme for the crop. Cotton is grown as a monoculture, harvest residues are burnt and the soil is disc ploughed. This results in erosion due to wind and water, a loss of fertility and soil compaction. Yields are highly inconsistent despite the large quantities of inputs used. The private group Maeda and CIRAD joined forces to test new systems. Deep ploughing with ploughshares and rotation ensured a short-term improvement in the cropping profile. Direct sowing under a permanent plant cover enabled sustainable, low-cost soil fertility maintenance. The aim was to produce a mulch from millet, sorghum *guinea* and *Crotalaria spectabilis*, planted by direct sowing before or after cotton. Appropriate seed treatments prevented damping off due to the microclimate created by the mulch. Herbicides were used sparingly to enable mulch production, control weeds and eliminate cotton regrowth. The annual sequences in the rotations were soybean + millet or Sorghum + *guinea*, maize + *Crotalaria spectabilis*, early-sown cotton + millet or sorghum *guinea*, millet or sorghum *guinea* + late-sown cotton. Depending on the system, the yield gain ranged from 10 to 40% and the increase in net margins from 41 to 315%.

Keywords: direct sowing, cover crop, cropping system, cotton, soybean, maize, sorghum *guinea*, *Crotalaria spectabilis*, fertility, economic evaluation, net margin, production cost, Tropics, Brazil.

L. SEGUY, S. BOUZINAC, E. MAEDA, N. MAEDA —

Brasil: siembra directa del algodón en gran cultivo motorizado.

Lo esencial de la producción algodonera brasileña proviene de explotaciones muy motorizadas de los Estados de Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso y Goiás, donde las condiciones ecológicas son inestables y extremas para este cultivo. Se maneja en monocultivo con chamiceras de los residuos de cosecha y trabajo del suelo con herramientas de discos. Las consecuencias son la erosión eólica e hídrica, la pérdida de fertilidad y la compactación de los suelos. Los rendimientos son muy irregulares a pesar de las altas cantidades de insumos. El grupo privado MAEDA y el CIRAD se asociaron para someter a prueba nuevos sistemas. El trabajo en profundidad con rejas y la rotación responden a corto plazo al mejoramiento del perfil de cultivo. La siembra directa en cobertura vegetal permanente permite mantener durablemente y a menor costo la fertilidad del medio. El principio es producir un material de empajado gracias al mijo, sorgo *guinea* y *Crotalaria septabilis* implantados en siembra directa antes o después del algodón. Tratamientos de semillas apropiados permiten evitar las pudriciones de las plántulas de siembra relacionadas con el microclima creado por el material de empajado. Se domina la utilización de herbicidas para instalar el material de empajado, controlar el enmalezado y eliminar los rebrotes de algodón. Las sucesiones anuales que componen las rotaciones son soja+mijo o sorgo *guinea* y maíz + *Crotalaria septabilis* algodón siembra precoz + mijo o sorgo *guinea* mijo o sorgo *guinea* + algodón siembra tardía. Acorde a los sistemas, la ganancia de rendimiento varía de un 10 a un 40% y el aumento de las márgenes netas de un 41 a un 315%.

Palabras-claves: siembra directa, planta de cobertura, sistema de cultivo, algodón, soja, maíz, mijo, sorgo *guinea*, *Crotalaria septabilis*, fertilidad, evaluación económica, margen neta, costo de producción, zona tropical, Brasil.