

Convention RPA/CIRAD-IRAT
Projet Fazenda Progresso
Lucas do rio verde, Mato Grosso, Brésil

II - Nouveaux concepts de gestion écologique du sol pour la fixation d'une agriculture stable et durable dans les régions tropicales humides et équatoriales du Brésil

**L. SÉGUY (1)
S. BOUZINAC
MUNEFUME MATSUBARA (2)
1992**

(1) Chercheur du CIRAD - Département CIRAD-CA (France)

(2) Propriétaire de la "Fazenda Progresso", promoteur d'innovations technologiques, dans la région de Lucas do Rio verde (Centre-Nord Mato Grosso)

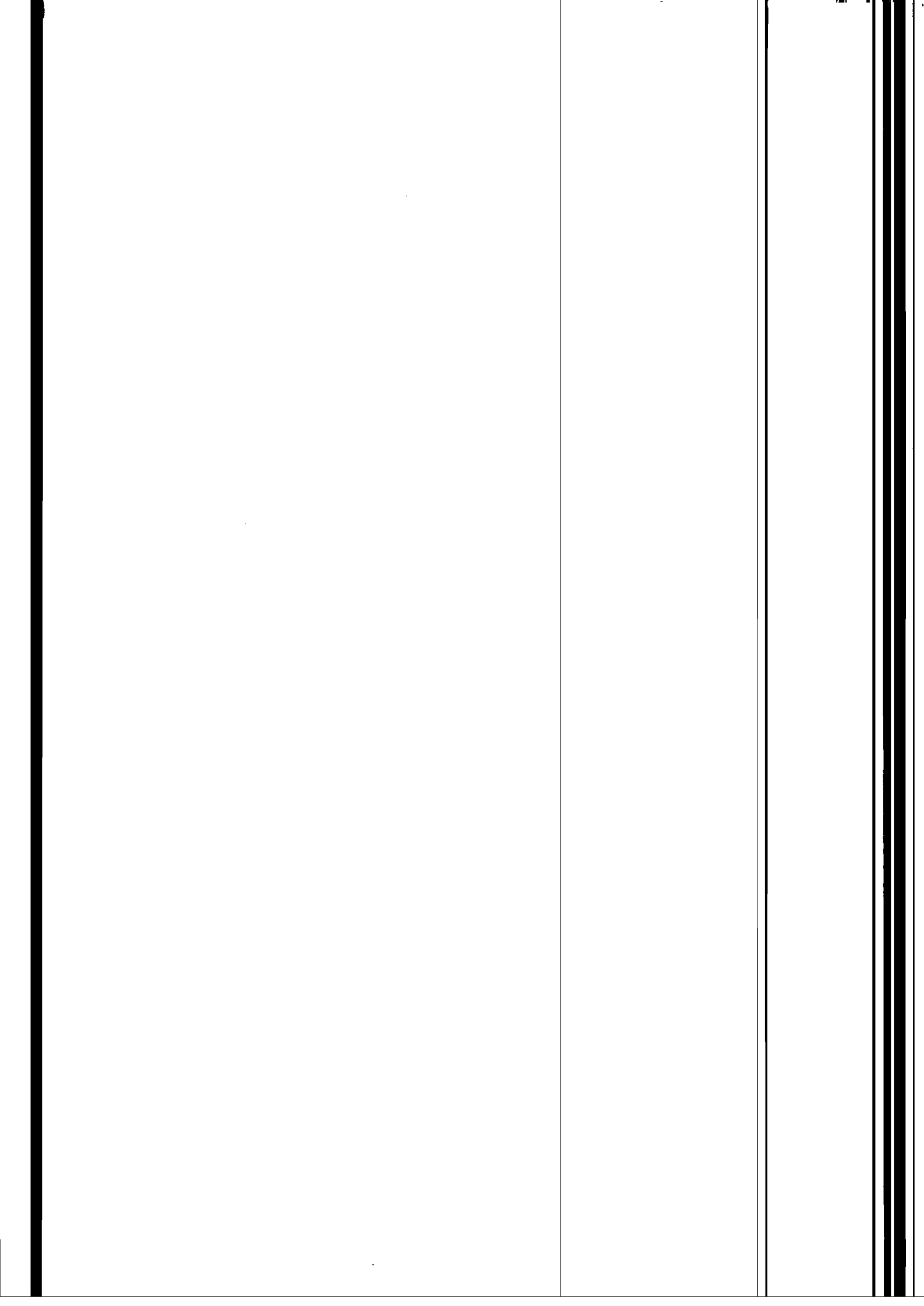
**Convention RPA/CIRAD-IRAT
Projet Fazenda Progresso
Lucas do rio verde, Mato Grosso, Brésil**

II - Nouveaux concepts de gestion écologique du sol pour la fixation d'une agriculture stable et durable dans les régions tropicales humides et équatoriales du Brésil

**L. SÉGUY (1)
S. BOUZINAC
MUNEFUME MATSUBARA (2)
1992**

(1) Chercheur du CIRAD - Département CIRAD-CA (France)

(2) Propriétaire de la "Fazenda Progresso", promoteur d'innovations technologiques, dans la région de Lucas do Rio verde (Centre-Nord Mato Grosso)



Présentation

Plus que dans quelque autre partie du monde, l'évolution très rapide de la fertilité des sols et des conditions techniques et agrotechniques dans les régions tropicales humides et équatoriales, remet constamment en question le choix des cultures et des techniques par les producteurs pour la fixation d'une agriculture qui soit, en même temps, rentable et présentatrice du milieu physique.

Face à cette situation, en voie de généralisation active, la recherche agronomique doit s'efforcer de répondre aux questions essentielles suivantes :

- comment proposer, à partir de références pluriannuelles, un choix optimisé de systèmes de cultures stables et lucratifs, dans la conjoncture économique actuelle ?
- comment prévoir, de manière anticipée, les tendances évolutives des systèmes de cultures et leurs possibilités d'adaptation face, à la fois, à l'érosion continue du capital sol avec la mise en valeur, et aux entraves techniques et économiques, en constante mutation ?

C'est dans cet esprit, que l'école française d'agronomie tropicale du CIRAD, à travers son département des cultures annuelles CIRAD-CA, a créé et diffusé diverses innovations technologiques de très large diffusion dans les régions humides du Centre-Ouest et Nord du Brésil (L. SÉGUY, S. BOUZINAC, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 1988-1992).

Parmi les plus diffusées, nous pouvons citer :

- la technique de labour profond "inversée", pratiquée en rotations de culture, comme mode de restauration de la fertilité des profils culturaux compactés ; cette technologie est la base opérationnelle du système de culture "barreirao", de récupération de pâturages dégradés, actuellement en pleine expansion (L. SÉGUY, J. KLUTLHCOUSKI, *et al.*, 1984,8) ;
- une large gamme de systèmes de culture maîtrisés en **semis direct** dans les régions humides du Centre-Ouest et du Nord-Brésil, grâce à la mise au point de diverses successions annuelles dans lesquelles les cultures de soja, riz et maïs sont suivies de cultures à enracinement profond "recycleuses d'éléments minéraux", telles que maïs, sorgho, mil avec un minimum d'intrants (L. SÉGUY, S. BOUZINAC, 1, 2, 3, 1988-90) ;
- variétés de riz pluvial très performantes, à qualité de grain long et fin, proche de celles des riz irrigués, telle que IRAT 216 (rebaptisée au Brésil "Rio verde") et les systèmes de culture qui ont permis d'intégrer, puis de stabiliser la culture de riz pluvial comme partenaire alimentaire et économique à part entière, du soja.

Ces innovations technologiques ont été élaborées grâce à une approche de recherche systémique créée par le CIRAD-CA (L. SÉGUY, S. BOUZINAC, 1, 1989), adaptée à la résolution des problèmes agricoles régionaux. Cette démarche systémique repose sur des bases physiques d'intervention opérationnelles, appelées "unités expérimentales de création-diffusion de systèmes de cultures et formation". Elles sont conduites chez, pour et avec les producteurs, dans les propriétés agricoles, et en conditions d'exploitation réelles.

Ces unités constituent un outil approprié pour le conseil de gestion au niveau des propriétés de la région, en orientant le pouvoir de décision des agriculteurs, car, elles s'appuient sur des références biologiques et agro-économiques sûres, issues de dispositifs expérimentaux de longue durée. Ce mode d'intervention de la recherche, en prise directe dans le milieu réel, avec les utilisateurs, permet de fournir, de manière anticipée à la prise de décision des agriculteurs, des systèmes de cultures qui soient techniquement praticables, économiquement stables et lucratifs et agronomiquement justifiés.

Ce type de recherche s'est aussi montré, un instrument précieux et indispensable à la valorisation des produits de la recherche thématique, pour le bénéfice des systèmes de cultures régionaux.

Comme tout nouveau concept, la démarche systémique a été confrontée à une grande résistance d'acceptation de la part de la recherche conventionnelle, essentiellement thématique.

Cependant, sa légitimité s'est forgée et renforcée pas à pas, tant par la très large diffusion des innovations technologiques créées qui ont mis en évidence un très haut degré d'adoption par les producteurs du Centre-Ouest Brésil (L. SÉGUY *et al.*, 1989-90, 9-10), que par l'intérêt croissant que la propre recherche thématique manifeste actuellement à son égard.

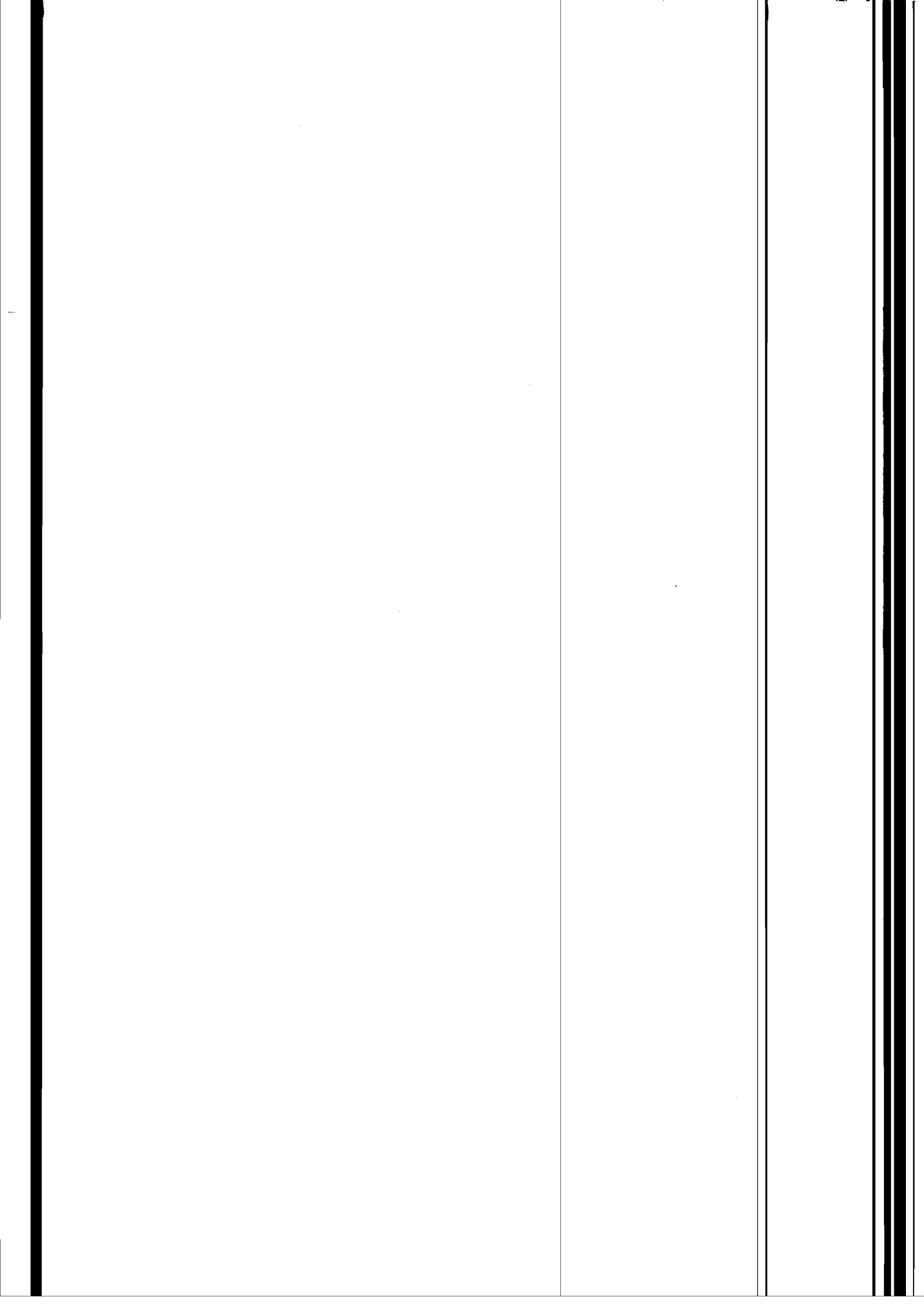
Avec l'avancée rapide des progrès technologiques et méthodologiques, les concepts relatifs à la fixation d'une agriculture stable et durable, sont en pleine évolution et, en particulier, à travers l'élaboration de systèmes d'exploitation biologiques, préservateurs de l'écologie, qui utilisent mieux les ressources naturelles avec moins d'intrants et particulièrement des pesticides.

Ce sont principalement ces concepts et leurs principes de base qui seront mis en relief dans ce court document (1).

(1) **Observation importante** : Nous ne traiterons pas des sols vierges, récemment défrichés, qui ont donc un potentiel physique et organique encore intact, mais au contraire des sols déjà érodés, présentant un degré avancé de dégradation physique, et un très fort potentiel semencier de mauvaises herbes. Cette situation de profil cultural problématique pour la fixation d'une agriculture stable et durable est très représentative des régions des cerrados humides et des forêts équatoriales défrichées entre 1975 et 1985 au Brésil (L. SÉGUY, S. BOUZINAC, 1, 2, 3, 1988-90).

Table des matières

Le semis direct : première étape vers une agriculture stable et durable mais nécessite une adaptation spécifique dans les régions tropicales humides et équatoriales	VII
Historique du semis direct et situation actuelle au Brésil (1)	VII
Adaptation des techniques de semis direct dans les régions humides tropicales et équatoriales du Brésil	VIII
Concept, étape et écueils de l'adaptation des techniques de semis direct dans les cerrados du centre-ouest	IX
Les techniques de semis direct sont maintenant maîtrisés dans les régions tropicales humides et équatoriales	XIX
Vers une nouvelle agriculture durable et stable qui utilise mieux les ressources naturelles	XXI
Nouveaux concepts des modes de gestion écologique du sol pour les régions tropicales humides et équatoriales	XXIV
La rotation quadriennale "production de grains-pâturages"	XXIV
Les associations annuelles : "production de grains-pâturages"	XXVI
Essai de synthèse pour une organisation optimisée de ces systèmes de cultures écologiques au niveau de la propriété	XXXI
Conclusion	XXXIII
Bibliographie	XXXIV



Le semis direct : première étape vers une agriculture stable et durable mais nécessite une adaptation spécifique dans les régions tropicales humides et équatoriales

Historique du semis direct et situation actuelle au Brésil (1)

Les techniques de semis direct sont nées dans le monde avec l'apparition de l'herbicide Paraquat en 1956 ; plus tard, Allis CHALMERS lançait sur le marché des semoirs capables de semer sans travail préalable du sol.

Au Brésil, des recherches intensives sur ces nouvelles techniques ont été initiées en 1971, dans l'Etat du Parana, au sud du Brésil (IAPAR). Les premières machines de semis direct sont apparues sur le marché brésilien en 1973.

Aujourd'hui ces techniques en pleine expansion couvrent **plus de deux millions d'hectares** dans les Etats du Sud, en régions subtropicales et subtropicales d'altitude, à climat très contrasté comportant un hiver froid (Etat du Parana principalement, puis plus récemment Rio Grande do Sul, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Santa Catarina).

La rapide expansion de ces techniques est due à la conjonction de travaux de recherches intensifs et remarquables conduits par l'Institut agronomique de l'Etat de Parana (IAPAR) (2) depuis 1971, puis par les instituts des Etats du Sud, du dynamisme exceptionnel des **coopératives de la fondation ABC** (Ponta Grossa, Parana) et de la prise de conscience aiguë des agriculteurs face à la perte continue et catastrophique de leurs terres par l'érosion.

Des investissements considérables ont été consentis, et aujourd'hui, avec l'avènement de nouveaux herbicides, de machines de semis plus performantes, le dynamisme et les acquis considérables de la recherche, le semis direct n'est plus une expérience, mais une technique bien établie et dominée par les meilleurs agriculteurs.

(1) Extraits du document "Des modes de gestion mécanisés des sols et des cultures aux techniques de gestion en semis direct, sans travail du sol, appliquées aux cerrados du Centre-Ouest brésilien" (L. SÉGUY, S. BOUZINAC, *et al.*, 1, 1989).

(2) On ne saurait aborder les techniques de semis direct au Brésil sans citer quelques uns des grands noms de la recherche des Etats du Sud, qui ont catalysé la mise au point de ces techniques par la qualité de leurs travaux : F.S. Almeida, B.N. Rodrigues, V.F. Oliveira, C. Castro Filho, A. Mondardo, R.M. Biscaia, R. Derpsch, N. Sdiras, F.X. Heinzmann, G.S. Farias, K. Igue, H. Lorenzi, J.A. Machada, A.C.R. Brum, O. Muzilli, J.C. Henklair, C.H. Roth, Z.L. Silva, M.J. Vieira.

Adaptation des techniques de semis direct dans les régions humides tropicales et équatoriales du Brésil

La transposition pure et simple des mêmes techniques de semis direct des régions subtropicales du Sud-Brésil, aux régions tropicales plus chaudes du Centre est extrêmement difficile, pour ne pas dire impossible, en raison des multiples différences fondamentales de conditions pédoclimatiques, entre ces deux situations.

L'existence d'un climat très contrasté au sud avec une saison froide ralentit considérablement la minéralisation de la matière organique par rapport aux régions plus chaudes des cerrados du centre ; les sols ferrallitiques sont généralement plus riches en matière organique et disposent d'un excellent squelette structural, relativement stable, ce qui n'est pas le cas dans les cerrados du centre où les sols, déjà moins riches en matière organique au départ, sont extrêmement sensibles à l'action des outils, se destructurent et se compactent très rapidement (L. SÉGUY *et al.*, 1988).

En outre, le sud du Brésil bénéficie de conditions climatiques qui permettent de réaliser une seconde culture de saison froide (blé par exemple) ou des engrais verts pour reconstituer la couverture du sol, recréer une forte macroporosité, recycler les éléments minéraux, et lutter contre les adventices (allélopathies cumulées des couvertures mortes des deux cultures successives).

Au contraire, dans les cerrados du centre, on ne dispose que d'une seule culture de saison des pluies, et la saison sèche, de cinq à six mois, ne permet aucune culture sans irrigation et donc aucune possibilité évidente de reconstituer la couverture du sol, qui le protégerait contre la température et les adventices qui se multiplient après la récolte.

En outre, une grande partie des cerrados de l'Ouest (Mato Grosso du Nord par exemple) se situe à une altitude inférieure à 500 m, sous des climats très souvent extrêmement agressifs - intensités pluviométriques très fortes et pluviométrie annuelle dépassant 2 200 mm, en sept mois (Figure 1). Ces conditions rendent les possibilités d'adaptation de ces techniques encore plus difficiles, mais d'autant plus nécessaires pour la lutte contre l'érosion qui constitue le facteur prioritaire d'intervention de la recherche (L. SÉGUY *et al.*, 1987).

La mise au point des techniques de semis direct dans les cerrados du centre-ouest du Brésil se heurte donc à des conditions climatiques beaucoup plus sévères, sur des sols très sensibles à l'érosion et aux interventions mécaniques, et nécessite donc une approche spécifique, tout en conservant les principes essentiels énoncés dans le chapitre antérieur.

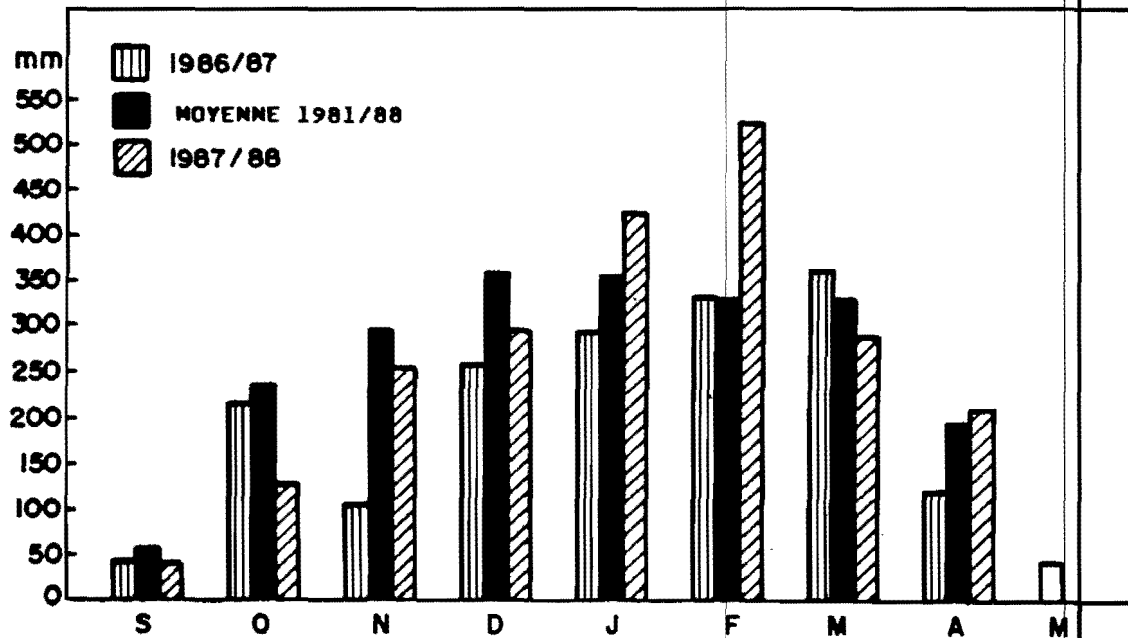


Figure 1. Pluviométrie 1986-88 et moyenne de sept ans.
Fazenda Progresso, MT.

Concept, étape et écueils de l'adaptation des techniques de semis direct dans les cerrados du centre-ouest

■ Premier écueil et solution : comment assurer une couverture permanente du sol en zone de cerrados ?

La protection permanente du sol par une couverture morte ou vive (à condition qu'elle ne soit pas compétitive pour la culture) est une des clés décisive du succès de l'implantation du semis direct sans travail du sol, dès lors que l'on a au préalable corrigé les principaux défauts physico-chimiques et biologiques du profil cultural.

La première étape de nos travaux de 1983 à 1987 a été focalisée d'abord sur la pratique de l'option la plus simple : mise au point du semis direct dans les résidus de récolte (Tableau 1), dans des conditions extrêmement difficiles pour le maintien d'une couverture morte (Etat du Mato Grosso : pluviométrie supérieure à 2 200 mm, faible amplitude thermique, écosystème préamazonien).

Les évolutions de la perte de poids de matière sèche et du pourcentage de couverture du sol pour les différents résidus de récolte sont montrés dans le tableau 2 et attirent les premières conclusions suivantes.

Tableau 1. Concept et principales étapes de la mise au point des techniques de semis direct dans les cerrados du Centre-Ouest.

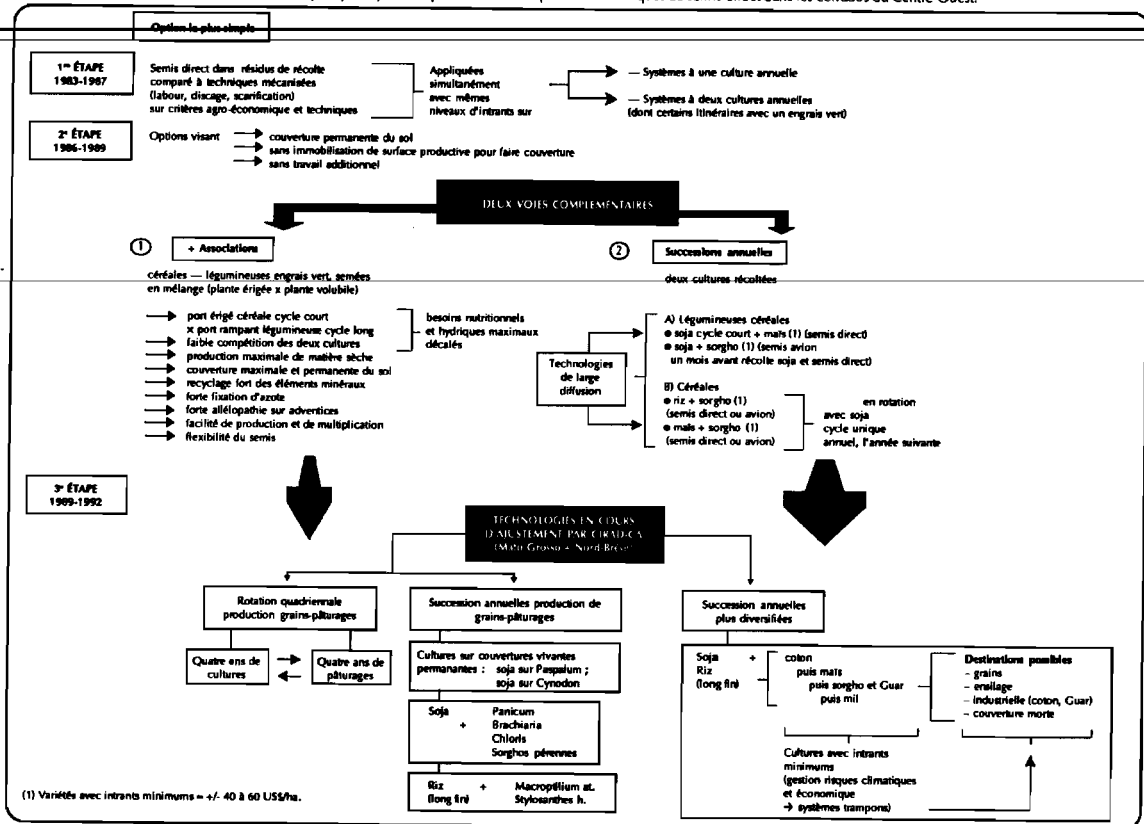


Tableau 2. Evolutions de la perte de matière sèche des résidus de récolte et de l'indice de couverture du sol, Mato Grosso, 1985-1989, L. SÉGUY, S. BOUZINAC.

Résidus	Nombre de jours après premières pluies	Evolution de la perte de poids de matière sèche sur le sol (kg/ha)	Indice de couverture du sol (1) (%)
Maïs	30	7 500	82
	60	4 300	54
	90	2 500	30
	120	1 400	22
Riz	30	6 200	85
	60	3 100	46
	90	2 200	38
	120	1 700	26
Soja	30	1 700	35
	60	540	16
	90	240	7
	120		

L'évolution des résidus de récolte est extrêmement rapide dès le début de la saison des pluies, dès lors que ces résidus sont en contact avec le sol et facilitent la multiplication active de la macro et mésofaunes.

La perte de matière sèche est plus lente pour les résidus les plus riches en lignine et cellulose : riz, maïs et sorgho.

Dans tous les cas, le sol n'est plus couvert à 50 %, à partir de la huitième semaine après le début de la saison des pluies (Tableau 2).

Le sol n'étant plus suffisamment protégé, il est très rapidement soumis à l'action négative de deux facteurs qui affectent le rendement des cultures :

- prolifération des adventices ;
- sensibilité accrue aux fortes intensités pluviométriques qui se traduit par une hausse rapide de la densité apparente, et donc une baisse corrélative de la macroporosité et une nette augmentation concomitante de la résistance mécanique à la pénétration (L. SÉGUY, S. BOUZINAC, *et al.*, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 1988-1992).

Cette évolution est d'autant plus rapide que la disparition de la couverture est elle-même accélérée comme c'est le cas de *Cajanus cajan* (Guandu) dont les tiges les plus fines et les feuilles disparaissent en moins de quinze jours dès qu'elles sont mises en contact avec le sol.

Cette évolution a pour principale conséquence immédiate de réduire le développement racinaire en profondeur par rapport aux techniques de travail profond sur la culture de riz comme l'indique la figure 2.

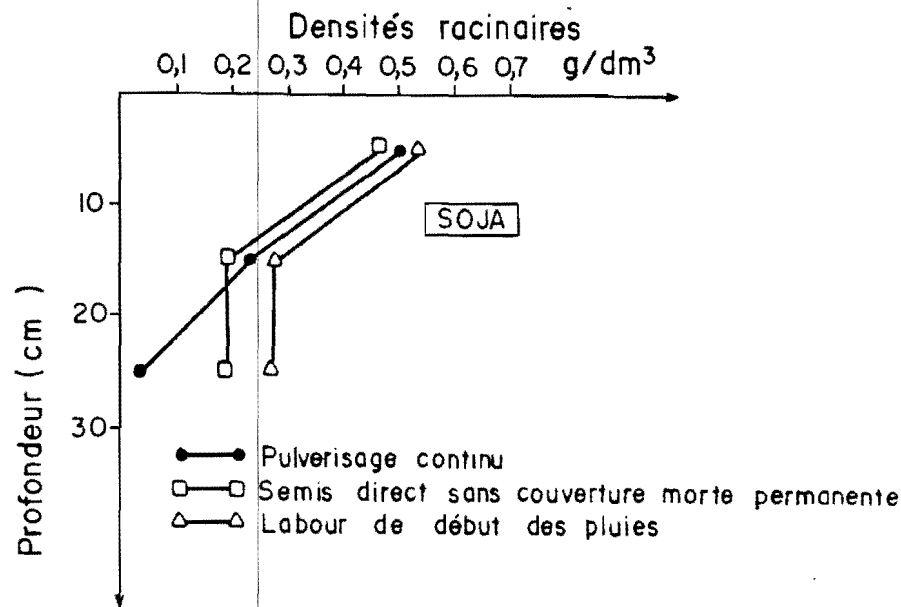


Figure 2. Densités racinaires (g/m³) sous divers modes de préparation du sol. Fazenda progresso, MT, 1989.

On notera cependant que le développement racinaire des cultures sous semis direct dans les résidus de récolte est toujours plus abondant en profondeur que celui obtenu par les techniques de pulvérisage à l'offset qui constituent, sans aucun doute, le pire des traitements agronomiques pour le profil cultural (L. SÉGUY, S. BOUZINAC *et al.*, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 1988-1992).

■ Deuxième écueil et solution : comment assurer une couverture permanente, sans pour ce faire immobiliser une surface productive, et sans travail ni équipements additionnels ?

Au premier écueil, purement agronomique, s'ajoute maintenant une forte entrave de nature économique ; en effet, dans le cerrado central, on ne pratique qu'une seule culture par an en saison des pluies ; en saison sèche, sauf irrigation pas de possibilité de culture.

On pourrait donc imaginer, au vu des résultats de la première étape, trois voies de recherche possibles comme l'indique le tableau 1 :

- immobiliser une partie de l'assolement pour produire la couverture morte permanente, donc fixer son rythme de retour dans l'assolement en fonction des résidus de récolte de chaque culture et de leur vitesse de décomposition ;
- trouver des types d'associations de cultures qui permettent de cultiver et récolter toute la surface, tout en renforçant, et la couverture du sol et sa permanence ;
- développer des systèmes à deux cultures annuelles de cycle court, soit récoltées, soit comportant une culture d'engrais vert qui assurera la couverture après la récolte de la première culture.

Dans tous les cas, il était impératif de formuler nos propositions pour qu'elles soient très facilement **praticables** et **reproductibles** avec le minimum de travail additionnel possible, conditions indispensables à une adoption rapide des techniques proposées.

Le tableau 1 résume dans la partie deuxième étape, les critères retenus pour le choix des espèces à associer avec les cultures et les différentes modalités de leur utilisation pratique.

Depuis 1985, ces diverses voies ont été explorées, les principaux résultats praticables obtenus peuvent être résumés ainsi :

● Le secret de la résistance à la décomposition des couvertures mortes réside dans sa structure à l'état sec et ses relations avec le sol : les structures foliées sont celles qui sont les plus durables, qui assurent la meilleure et la plus complète couverture sans nécessairement être très lignifiée ; c'est le cas des espèces :

– *Calopogonium mucunoides* (légumineuse native du Mato Grosso que nous avons retiré de sa position d'adventice concurrente du soja pour la domestiquer au profit des associations avec céréales riz et maïs) ;

– *Stizolobium aterrimum* (mucuna noire) à structure semblable à l'état sec ;

– *Macroptilium atropurpureum*, plus résistant à la sécheresse, apprécié par le bétail et de gestion facile avec herbicide.

Ces légumineuses (1) sont volubiles, de cycle long. Après un démarrage lent, elles prennent leur plein développement après la récolte de la céréale de cycle court associée.

Ce développement se fait, faute de tuteur, sous forme d'un empilement de lianes qui leur donne cette structure foliée à l'état sec sur plus de 15 cm d'épaisseur.

Cette structure, en très nombreux feuillets empilés, ne laisse en contact avec le sol (donc avec la macro et mésofaunes responsables de leur dégradation rapide) qu'un seul feuillet isolant les autres de l'action de la faune du sol ; la décomposition se fait donc au fur et à mesure que les feuillets sont mis les uns après les autres en contact avec le sol, puis dégradés et minéralisés, ce qui explique la lenteur de la décomposition, comme le montrent les résultats du tableau 3.

● De toutes les espèces testées, nous avons retenu *Calopogonium mucunoides*, espèce qui réunit le mieux l'ensemble des critères d'association requis avec les céréales riz et maïs (Tableau 3) :

– native de la région, elle y est parfaitement adaptée ;

(1) D'autres espèces telles que : *Canavalia ensiformis*, *Pueraria phaseloïdes*, *Centrosema pubescens*, *Glycine wightii*, *Macroptilium atropurpureum*, *Labbab purpureus* sont de ce type et également intéressantes pour les associations avec céréale en mélange (à voir en fonction des conditions pédoclimatiques locales).

– possède une croissance initiale lente, un cycle très long (six à sept mois), donc peu ou pas de compétitivité pour la céréale (eau et éléments minéraux), de toute façon largement compensée par son effet couverture du sol (lutte contre les adventices et diminution de l'évaporation du sol) ;

– production maximale de matière verte à l'hectare :

- plus de 42 t/ha au Mato Grosso à la floraison,
- entre 32 et 40 t/ha à Goiânia,
- soit plus de 8 t/ha de matière sèche,

– complète couverture du sol et lente décomposition qui permet avec la paille de céréales en mélange de maintenir le sol couvert à plus de 80 % pendant plus de seize mois à partir de son plein développement ;

– se ressème naturellement et devient annuelle ;

– très fort recyclage d'éléments minéraux par la surface comme l'attestent les analyses du tableau 4 ;

– forte fixation d'azote dans la rhizosphère comme l'indique le tableau 5 ;

– forte allélopathie sur les adventices parmi les plus compétitives des céréales : *Digitaria horizontalis* et *insularis*, *Eleusine indica*, *Echinochloa colonum* ; mais sélectivité uniquement sur deux espèces principales facilement contrôlées par les herbicides : *Cenchrus echinatus* et *Bidens pilosa* ;

– enfin, facilité de reproduction et de multiplication :

- production annuelle de 500 à 900 kg/ha de semences récoltables à la main et à la moisonneuse-batteuse (1),

Tableau 3. Evolutions de la perte de poids de matière sèche du mélange calopogonium + pailles et de l'incidence de couverture du sol. Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1988, L. SÉGUY.

Date	Evolution du poids de matière sèche (1) (kg/ha)	Evolution de l'indice de couverture (2) (%)
Fin de saison sèche septembre 1986 (3)	15 540	100
Fin de saison des pluies avril 1987	6 950	87
Fin de saison sèche septembre 1987 (4)	17 200	100
Fin de saison des pluies avril 1988	6 400	82

(1) Moyenne de six répétitions (placettes de 2 m²).

(2) Echelle : 0 = 0 % de couverture, 100 = 100 % de couverture.

(3) Mélange calopogonium sec + pailles de riz.

(4) Mélange calopogonium sec + pailles de maïs.

Tableau 4. Analyses minérales du mélange pailles de riz + calopogonium en fin de saison sèche et recyclage des minéraux par hectare. Fazenda Progresso, Mato Grosso, L. SÉGUY, S. BOUZINAC.

Eléments minéraux	% de la matière sèche totale	Recyclage d'éléments minéraux (kg/ha) (1)
N	1,44	180
P	0,15	19
K	0,25	31
Ca	1,00	125
Mg	0,28	35
	(ppm)	(g/ha)
Zn	26	326
Cu	7	88
Mn	70	877

(1) Sans compter l'azote fixé par les racines et les restitutions des systèmes racinaires.

(1) Nécessité d'enlever les doigts escamotables de la vis horizontale de la barre de coupe et de récolter à vitesse très lente.

• semis de 4 à 6 kg/ha de semences en mélange avec 40-50 kg/ha de riz pluvial ; la récolte d'un hectare de calopogonium (plus de 500 kg) permet donc de ressemer une surface d'au moins 100 hectares l'année suivante, sans travail additionnel, puisque le mélange de semences riz-calopogonium est semé avec un semoir commun à disques perforés utilisé pour le riz.

Tableau 5. Fixation d'azote atmosphérique par quelques légumineuses tropicales.

Légumineuse	N fixe (kg/ha/an)	Références bibliographiques
Calopogonium	370-450.....	AGBOALA et FAYEMI, 1972
Crotalaria	154	MELLO, 1978
<i>Stizolobium aterrimum</i>	157	MELLO, 1978
(Mucuna noire)		
Soja pérenne	160-450.....	NUTMAN, 1971
Stylosanthes	30-196	NUTMAN, 1971
Centrosema	112	NUTMAN, 1971

Source : engrais vert au Brésil, fondation Cargill, 1984 (p. 201).

Ce semis en mélange avec le riz pluvial a permis d'atteindre notre objectif de couverture permanente depuis quatre ans ; l'examen de l'évolution des propriétés physiques (densités apparentes, résistance mécanique à la pénétration) dans ce profil sur semis direct continu, montre un comportement similaire à celui obtenu sous profil cultural de labour continu qui lui permet de recréer la macroporosité à chaque cycle. Ces résultats confirment :

- l'effet de protection de la couverture morte à l'égard à la fois des agents climatiques (fortes intensités pluviométriques) et du trafic des machines à la surface du sol ;
- l'existence d'un véritable travail biologique du sol continu grâce à la fois à différents systèmes racinaires associés et l'intensive vie biologique qui se développe dans ce système de semis direct (macro, mésofaune et microflore bactérienne en particulier) (Tableau 6).

Tableau 6. Nombre de bactéries par gramme de sol sous divers modes de gestion du sol et des cultures. Fazenda Progresso, Mato Grosso, P. ARRAES, L. SÉGUY.

Modes de gestion des sols et des cultures	Profondeur (cm)	Nombre de bactéries par gramme de sol	
		en fin de saison sèche (1)	après premier mois de pluies (240 mm) (1)
Labour de fin de saison des pluies	0-10	$1,23 \times 10^5$	$10,7 \times 10^5$
	10-20	$1,17 \times 10^5$	$5,1 \times 10^5$
Semis direct sous couverture morte de calopogonium + pailles de riz	0-10	$4,83 \times 10^5$	500×10^5
	10-20	$1,63 \times 10^5$	$6,4 \times 10^5$

(1) Echantillon de sols moyens (moyenne de dix échantillons élémentaires pris au hasard dans chaque parcelle).

En particulier, nous avons noté, à partir de la quatrième année de semis direct continu, la multiplication explosive de larves type "ver blanc" (bousier du genre *Onthophagus*). Ces larves creusent plus de 25 galeries par mètre carré à partir de la cinquième année. Ces galeries, quasi verticales descendent à plus de 80 cm

de profondeur et leurs parois sont tapissées de matière organique, enrichissant ainsi les horizons profonds en matière organique et créant une perméabilité en grand, exceptionnelle, meilleure garantie contre le ruissellement superficiel et en conséquence, contre l'érosion.

■ Troisième écueil et solution (de nature purement technique et agronomique) : quelles machines de semis et quels herbicides ?

● Quelles machines ?

Cette question était de taille ; elle est maintenant résolue grâce à des investissements considérables aussi bien de la part des petits que des grands constructeurs, et surtout grâce à la créativité des propres producteurs.

Le Brésil dispose aujourd'hui de multiples moyens de semis sur couverture morte :

- **manuels** : ce sont les **cannes planteuses** qui permettent en outre, de localiser la fumure ; elles sont produites à des millions d'exemplaires annuels, et sont vendues localement à des prix défiant toute concurrence (+/- 15 dollars US) ; plus précisément, une roue planteuse, de grande capacité, développée dans l'Etat du Parana (Bernard VAN ARAGON, Coopérative Castrolanda, Castro) ;
- **semoir à traction animale** : moins répandu, il est généralement l'oeuvre d'adaptation par de petits constructeurs dans les Etats où la traction animale est très développée (Etats de Santa Catarina et du Parana) ;
- **semoir à traction motorisé**, leur mise au point a commencé par le montage de kits spéciaux sur les semoirs conventionnels ; disques ouvreurs de sillons situés à l'avant des disques semeurs d'engrais et de semences ; plus tard sont apparus les disques ouvreurs gaufrés suivi d'un double disque de semis composé de deux disques de diamètres différents qui tournent donc à vitesses différentielles et évitent tout bourrage ; enfin, ces équipements ont été complétés par une double roue tasseuse en "V" ouvert vers le haut comportant un réglage de profondeur de semis assistés de systèmes complémentaires à ressorts pour renforcer la pénétration des disques (obstacles de l'importance de la couverture et de l'état d'humidité du sol).

Les kits de Bernard VAN ARAGON, à la Coopérative Castrolanda dans le Parana, sont de ce type et s'adaptent sur les semoirs Semeato.

Aujourd'hui, la plupart des grandes marques sont équipées, aussi bien pour le semis conventionnel sur préparation mécanisée des terres que sur semis direct en couvertures mortes (Semeato, PS6, PS8, PAR 2800 ; SLC, Turbomax, etc.). Toutes ces machines sont capables de semer avec bonne précision dans n'importe quel type de couverture.

● Quels herbicides ?

L'absence de travail du sol dans ce système de semis direct est évidemment un handicap sérieux pour le contrôle efficace des adventices, même si l'écran et les effets allélopathiques des couvertures permettent de résoudre en partie ce problème. Ce problème devient encore plus ardu lorsqu'il est nécessaire d'utiliser des herbicides sur des mélanges céréales + légumineuses tels que riz + calopogonium ou maïs + mucuna noire.

Avec le développement récent de la troisième génération de matières actives herbicides de postémurgence dont certains produits sont très efficaces sur les graminées en pleine croissance, et d'autres sur dicotylédones, le contrôle des mauvaises herbes est devenu plus facile, excepté la résolution de ses aspects économiques qui nécessitent de la part de l'agriculteur de solides connaissances de l'évolution de sa flore pour agir à moindre coût.

Les principales règles de l'utilisation des herbicides en semis direct peuvent être résumées de la manière suivante :

- **généralement deux types d'intervention herbicide sont réalisées :**
- une avant la culture sur les adventices émergées après les premières pluies ;
- une intervention après semis, ou à l'aide d'herbicide de préémurgence résiduel classique, ou en postémurgence avec de nouvelles matières actives qui permettent un contrôle très efficace d'adventices développées en pleine croissance.

L'herbicide de nettoyage, avant semis de la culture, est généralement un mélange de matière actives pour éliminer un large spectre de la flore adventice ; les mélanges les plus utilisés à cet effet sont :

- Glyphosate + 2-4 D (1,5 l [180 g/l] + 1,5 l [400 g/l]/ha) ;
- 2-4 D + paraquat (1,5 l [400 g/l] + 1,5 l [200 g/l]/ha) ;
- paraquat + diuron (1 à 2 l [200 g/l] + 1 à 2 l [200 g/l]/ha).

Le dosage et les combinaisons varient suivant la diversité des espèces, leur nature et leur mode de reproduction.

Ensuite, l'herbicide est appliqué à chaque culture soit sous forme de résiduel ou de postémurgent (Tableau 7).

Tableau 7 : Principales matières actives herbicides utilisées pour les techniques de semis direct, sans travail du sol. Fazenda Progresso. Mato Grosso. L. Séguy, S. Bouzinac.

I Herbicides de nettoyage avant semis	
Cultures	
Toutes cultures	<ul style="list-style-type: none"> ● Mélange Glyphosate + 2-4D⁽¹⁾ ● Mélange Paraquat + 2-4D⁽¹⁾ ● Mélange Paraquat + diuron⁽¹⁾ ● Sur graminées seules : <ul style="list-style-type: none"> — Fluazifop-buthyl — Fenoxaprop-étyl — Sethoxydim
	Utilisés seuls ou en mélange et dosages variables en fonction de la nature et du développement des espèces
II Herbicides résiduels ou postémergents appliqués sur cultures pures	
Soja	Résiduel : Alachlore (2,88 kg m.a./ha), Imazethapyr (100 g m.a./ha) Postémergent : <ul style="list-style-type: none"> — sur graminées développées : <ul style="list-style-type: none"> - Fluazifop-buthyl (0,375 kg m.a./ha) - Sethoxydim (0,230 kg m.a./ha) - Fenoxaprop-étyl (0,180 à 0,240 kg m.a./ha) — sur dicotylédones développées : <ul style="list-style-type: none"> - Fomesafen (0,250 kg m.a./ha) - Chlorimuran ethyl (75 g i.a./ha)
Maïs	Résiduel : essentiellement Atrazine + Métolachlor (3 kg m.a./ha)
Riz	Résiduel : Pendimethaline (1,5 kg m.a./ha) Postémergents : <ul style="list-style-type: none"> — sur graminées : <ul style="list-style-type: none"> - Fenoxaprop-étyl (0,18 kg m.a./ha) — sur dicotylédones : <ul style="list-style-type: none"> - 2-4D amine (0,72 kg m.a./ha)
III Herbicides résiduels et postémergents appliqués sur cultures associées (céréale + légumineuse couverte)	
Riz + calopogonium	Résiduel : Pendimethaline (1,5 kg m.a./ha) Postémergents : <ul style="list-style-type: none"> — sur graminées : <ul style="list-style-type: none"> - Fenoxaprop-étyl (0,18 kg m.a./ha) — sur dicotylédones : <ul style="list-style-type: none"> - 2-4D amine (0,40 kg m.a./ha)

(1) Laisser un intervalle de cinq à sept jours entre application et semis.

Les techniques de semis direct sont maintenant maîtrisés dans les régions tropicales humides et équatoriales

(L. SÉGUY, S. BOUZINAC, *et al.*, 3, 4, 5, 6, 1990-92)

Après cinq années de recherche développées par le CIRAD-CA, sur la Fazenda Progresso au Mato Grosso (Cerrado tropical humide) et dans la frange est de la forêt amazonienne dans le sud-ouest de l'Etat de Maranhão (région équatoriale), les systèmes de cultures praticables en semis direct, les plus performants aux plus agronomique, technique et économique sont :

● Dans le Centre-Nord Mato Grosso (tableau I) :

- essentiellement les successions annuelles soja-céréales (maïs, sorgho) et céréales-céréales (riz + sorgho, maïs + sorgho) alternées avec une culture de soja l'année suivante : ce sont les plus diffusées ;
- les successions annuelles continues (soja + maïs, puis sorgho, puis mil, plus récemment, en cours de diffusion ;
- en cours d'ajustement actuellement par la recherche les successions annuelles :
 - soja ou riz de semis précoce suivi de : coton, puis maïs, puis sorgho et Guar (*Cyamopsis tetragonoloba*), puis mil,
 - soja de cycle court + riz de cycle court.

Si les techniques de semis direct, sont maintenant parfaitement maîtrisées pour les cultures de soja, maïs, sorgho et mil, il en va autrement pour la culture de riz pluvial, pour laquelle de nombreux ajustements sont encore nécessaires, notamment dans le domaine du contrôle des adventices dont la pression est toujours plus forte en semis direct. En outre, le riz pluvial est extrêmement sensible à un manque de forte macroporosité dans le profil cultural ; les techniques de labour profond en soc (dit "inversé") et de scarification profonde conduisent toujours aux productivités les plus élevées et les plus stables.

En conséquences, pour le moment, dans les systèmes de cultures pratiqués en semis direct, la culture de riz sera toujours précédée d'un travail profond du sol ou, pour le moins d'un engrais vert, à puissant système racinaire du genre *Crotalaria* pour assurer et maintenir une forte macroporosité dans le profil et minimiser la pression des mauvaises herbes.

Avec ces technologies maîtrisées, on produit, en grande culture :

- soja : de 3 200 à 4 300 kg/ha ;
- riz pluvial à qualité de grains supérieure : 3 600 à 5 400 kg/ha.

Les cultures de successions, en fin de cycle, pratiquées avec un minimum d'intrants (+/- 40 à 60 US\$/ha) produisent entre 1 200 et 3 000 kg/ha (maïs, sorgho, mil).

Les marges nettes à l'hectare obtenues oscillent, dans les conditions économiques actuelles, entre 100 et plus de 300 US\$/ha.

Les mêmes équipements mécanisés sont capables de cultiver annuellement 150 à 160 % de la surface du sol, grâce à l'augmentation hautement significative de la capacité de travail du parc mécanisé (L. SÉGUY *et al.*, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 1988-92).

● **Dans le sud-ouest du Maranhão et l'ouest du Piauí** (Nord-Brésil, respectivement : écologie de forêt amazonienne, et écologie des forêts secondaires à palmier *Babaçus*) :

- rotations et successions (L. SÉGUY, S. BOUZINAC, 3, 5, 6, 1990-92) :
 - maïs/sorgho,
 - maïs/sorgho + *Calopogonium M.* (sans engrais, ni herbicide),
 - maïs/riz/sorgho + *Calopogonium M.* (sans engrais, ni herbicide),
 - maïs/riz/soja/riz,
 - riz + *Calopogonium/riz* + *Calopogonium*,
- ces rotations et/ou successions, pratiquées en semis direct, conduisent aux productivités suivantes :
 - soja : 2 600 à 3 200 kg/ha,
 - riz à qualité de grain supérieure : 3 000 à 5 000 kg/ha,
 - maïs : 5 000 à 7 500 kg/ha,
 - sorgho, sans engrais, ni herbicide : 4 000 à 5 400 kg/ha,
- les marges nettes à l'hectare oscillent, suivant la conjoncture économique entre 120 et 250 US\$/ha.

En conclusion, de cette **première réponse** aux exigences agrotechniques et économiques de la fixation d'une agriculture durable et stable, on peut affirmer, compte tenu de la très large adoption de ces technologies par les producteurs, que, dans tous les cas étudiés, la production agricole est devenue plus diversifiée, les marges nettes à l'hectare sont maintenant plus élevées et plus stables grâce à la très large gamme de systèmes de cultures créée. Les assolements construits à partir de ces systèmes au niveau des propriétés des diverses régions, apportent, sans aucun doute, de meilleures garanties de protection du capital sol, et d'adaptation économique, face aux entraves techniques et économiques actuelles, en constante mutation (L. SÉGUY, S BOUZINAC, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 1988-92).

Vers une nouvelle agriculture durable et stable qui utilise mieux les ressources naturelles

Une agriculture durable et stable, conçue donc à moyen et long termes, qui utilise mieux les ressources naturelles, avec forte diminution de l'emploi d'engrais chimiques et de pesticides, doit appuyer sa fixation, dans ces régions tropicales humides et équatoriales où la fragilité du milieu physique est extrême, sur de solides pratiques de conservation des sols et de l'espace rural. Un des piliers incontournables de ces pratiques de conservation, est la technique de fertilisation "organo-biologique", qui favorise le développement des cycles biologiques. De fait, fertiliser un sol, n'est pas seulement y introduire des substances fertilisantes minérales et organiques, mais surtout favoriser le développement de cycles biologiques actifs et réguliers qui donnent aux cultures, productivité, résistance et qualité, et augmentent, année après année, l'aptitude du sol à produire. Ce développement actif de la vie biologique dans le profil cultural, nécessite que soient améliorées en même temps :

- les propriétés physiques : structure et stabilité structurale, desquelles dépendent la circulation de l'eau, des nutriments et de l'air ;
- les propriétés physico-chimiques : acidité, taux de saturation de bases, et bon fonctionnement des mécanismes d'échanges entre le complexe argilo-humique et la solution du sol ;
- les propriétés biologiques, ou soit l'aptitude pour décomposer les matières organiques et maintenir de puissantes associations nutritives avec les plantes. En particulier, c'est à travers la production dirigée et périodique de substances agrégantes issues de matériel végétal décomposable, que pourra se maintenir la productivité du sol à moyen et long termes, et que les engrais chimiques rencontrent leur pleine efficacité.

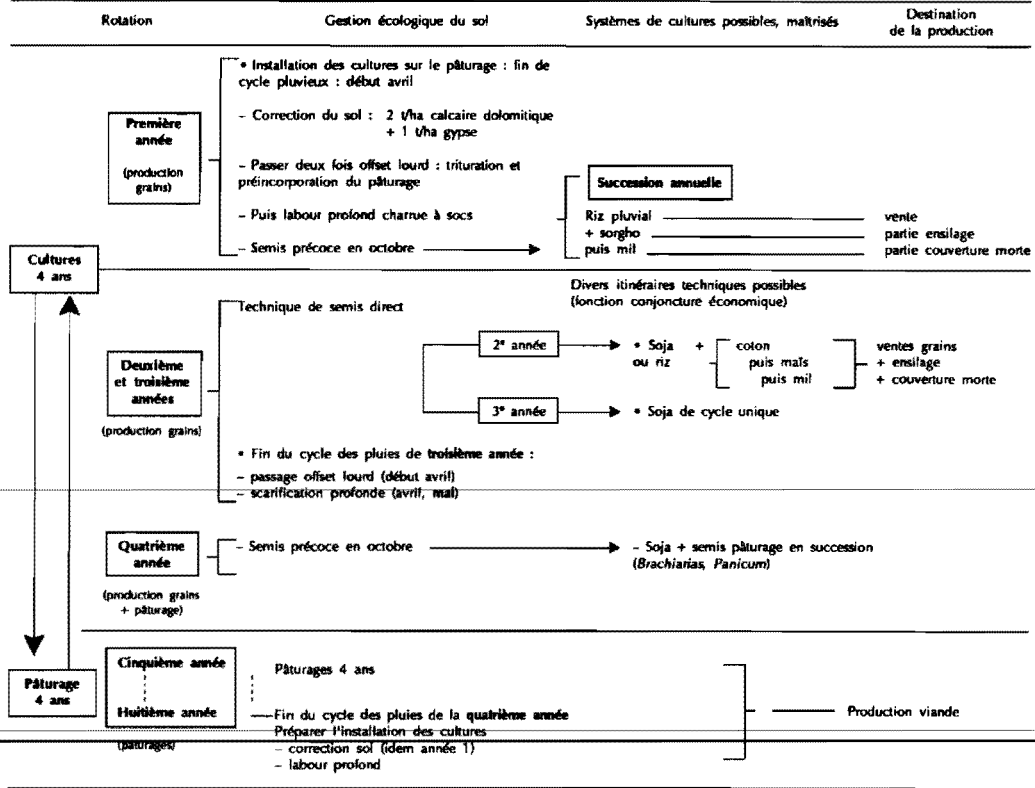
Ces technologies de semis direct (après restauration des propriétés physico-chimiques du profil cultural) pratiquées sur couverture morte importante et permanente, sont déjà des solutions praticables efficaces pour contenir l'évolution négative de la fertilité des sols qui ont été soumis à des modes de gestion inadéquates (préparation du sol exclusivement à base d'offset x monoculture, L. SÉGUY, S. BOUZINAC *et al.*, 1, 1989).

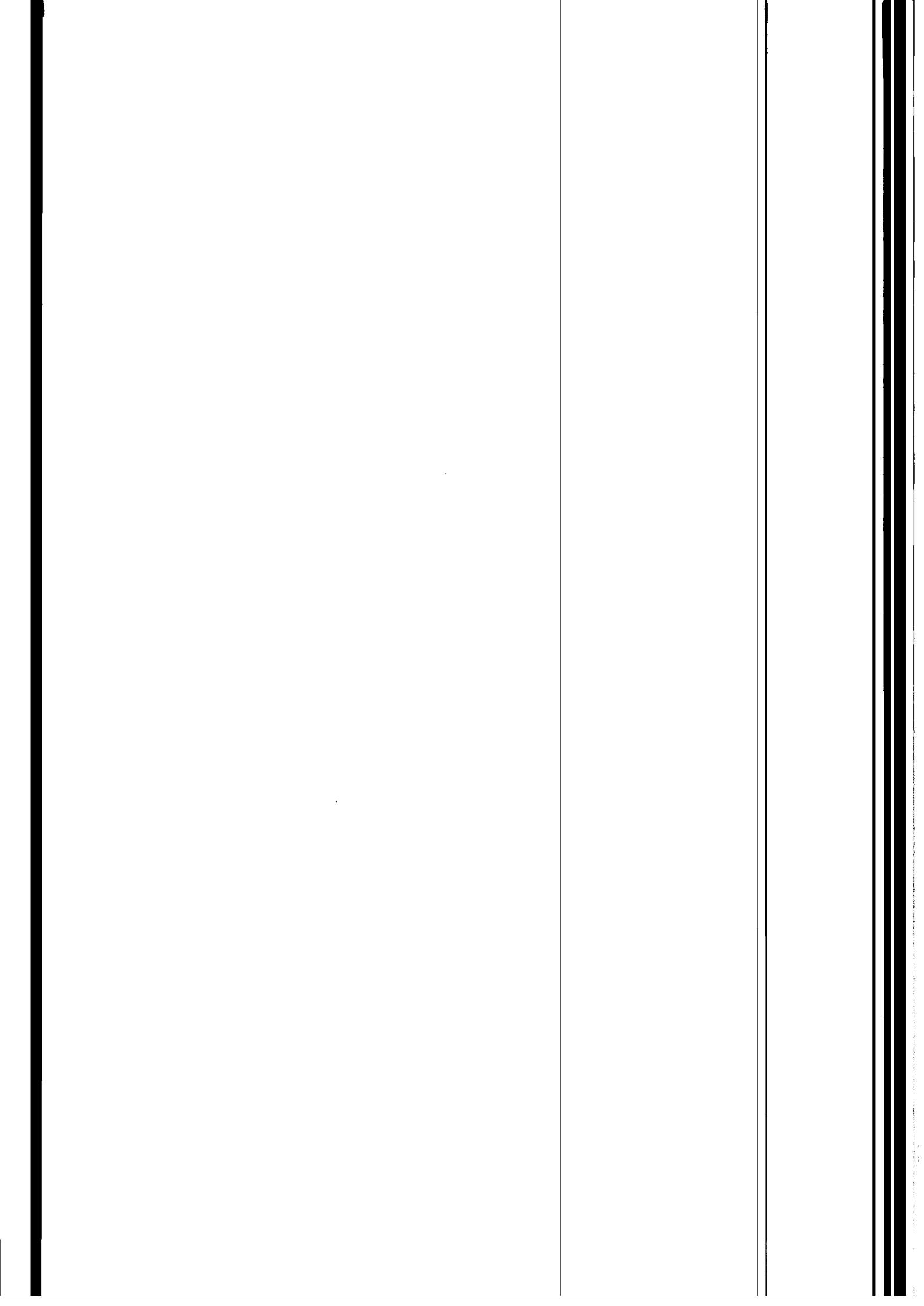
Ces technologies de semis direct doivent être pratiquées, pour les régions qui utilisent la mécanisation, à partir de la troisième année après le défrichement, avant que le processus de dégradation du profil cultural par les offsets, soit trop grave ; en culture manuelle, ces pratiques de semis direct doivent **impérativement** être utilisées, dès la première année du défrichement.

Cependant, si ces technologies de semis direct, mises au point par le CIRAD-CA sont effectivement un premier pas décisif dans la consolidation du processus de fixation de l'agriculture, elles sont encore fortes consommatrices de pesticides.

En conséquence, tant pour réduire encore plus cette consommation, que pour créer et maintenir une biostructure grumeleuse stable dans le profil cultural, il est nécessaire de développer de nouvelles technologies de gestion du sol, qui soient plus écologiques et qui exploitent donc mieux les ressources naturelles.

Tableau 8. Etapes opérationnelles de la rotation quadriennale "productions de grains-pâturages". Fazenda Progresso, Mato Grosso, L. SÉGUY et S. BOUZINAC, 1992.





Nouveaux concepts des modes de gestion écologique du sol pour les régions tropicales humides et équatoriales

Après restauration (si nécessaire) des propriétés physico-chimiques et biologiques du sol, on doit utiliser tous les moyens naturels pour créer et maintenir une biostructure grumeleuse du sol, grâce à des technologies qui entraînent un **bon fonctionnement du cycle des matières organiques** : restitutions organiques, décomposition, humification, nutrition de la plante, nouvelles restitutions organiques, etc. Ce cycle améliore progressivement et de manière durable l'aptitude des sols à produire, tout en augmentant la résistance des cultures au parasitisme et en améliorant la qualité de ses productions animales et végétales. Plusieurs technologies en cours d'ajustement par l'IRAT (Fazenda Progresso, Mato Grosso, en forêt préamazonienne, Fazenda AGRIPÉC, Maranhão) réunissent les conditions propres à atteindre cet objectif fondamental de fixation d'une agriculture stable et durable.

La rotation quadriennale "production de grains-pâturages"

● Sur le plan agronomique

Cette rotation contient tous les ingrédients nécessaires à la création d'un profil de sol biologiquement plus actif et plus sain, soit une économie en intrants avec une aptitude à augmenter les productions végétales et animales.

Les pâturages à base de graminées (*Brachiarias, Panicums...*), implantés sur des sols corrigés et cultivés depuis des années, ayant un meilleur niveau de fertilité, seront les agents actifs de la création et du maintien d'une biostructure grumeleuse, stable grâce à leurs systèmes racinaires fasciculés.

Cet effet de granulation sur la structure résulte :

- de la pénétration des racines de graminées ;
- de la prolifération des micro-organismes et de leurs sécrétions, qui entourent les particules de terre d'un véritable film de filaments microscopiques ;
- de la formation d'un complexe argilo-humique plus stable.

La stabilité de cette biostructure, à court et moyen termes, est due à l'incorporation parfaite, presque microscopique de la matière organique avec les plus petits éléments structuraux du sol par les racines.

Les quantités de matière organique incorporées au sol de cette manière par le renouvellement permanent des systèmes racinaires des graminées de type *Brachiarias* et *Panicum* sont supérieures à 7 t/ha/an (D. PICARD, directeur CIRAD-CA, communication personnelle, 1992).

Outre l'effet de granulation et de stabilisation de la biostructure, la matière organique des systèmes racinaires :

- stimule l'activité biologique par le fait d'être support et aliment de la faune et de la flore du sol, desquelles dépendent les bonnes conditions nutritionnelles des plantes ;
- favorise la croissance des plantes, par les éléments minéraux libérés par sa minéralisation, mais aussi par l'action directe sur la physiologie de la plante, grâce à des activateurs de croissance qui améliorent significativement la nutrition et la résistance des plantes aux maladies et aux prédateurs en général.

Du point de vue opérationnel, pour mettre en oeuvre cette rotation quadriennale dans les meilleures conditions pour tirer tout le profil des bénéfices agronomiques décrits, il est nécessaire d'observer plusieurs règles exposées dans le tableau VIII.

- 1. Au moment de l'installation de la culture après le pâturage, on recommande une correction du sol : base de calcaire dolomitique (2 t/ha) + gypse (1 t/ha), suivie de la trituration et préincorporation du pâturage faite à l'offset lourd en fin de saison des pluies (début avril), puis labour profond à la charrue à socs en début mai. Le sol sera ainsi prêt à être ensemencé au début de la prochaine saison des pluies (octobre).
- 2. La première année de culture, le système recommandé est la succession annuelle :
 - riz de qualité (grain long fin) en semis précoce + semis direct de maïs, sorgho ou mil, au fur et à mesure de la récolte du riz ;
- 3. La deuxième année de culture, divers systèmes de cultures sont possibles : le choix dépendra des conditions économiques du moment (voir tableau VIII) ; tous les systèmes seront pratiqués en semis direct.
- 4. La troisième année de culture, conduite aussi en semis direct, on utilisera un cycle de culture unique afin de pouvoir effectuer une préparation profonde des sols telles que la scarification à la fin du cycle pluvieux après la récolte. Ce travail du sol vise à faciliter l'enracinement le plus puissant et le plus profond possible du pâturage qui sera planté l'année suivante.
- 5. La quatrième année de culture, implantation du pâturage après une culture de riz ou soja de semis précoce :

Riz cycle court, cycle moyen (grain long fin) et/ou soja en semis précoces de début octobre

Suivi de diverses options possibles (fin janvier à fin février)

Semences de pâturages (*Brachiaria*, *Panicum*, puis *Stylosanthes*, *Chloris*) pour productions diversifiées : ensilage, pâturages déjà développés au début de la saison sèche (complément de l'alimentation du bétail en saison sèche, d'importance capitale).

● Sur le plan économique

L'intégration de l'élevage et de l'agriculture, intégrée, sans aucun doute, les facteurs les plus importants de la fixation de l'agriculture, en créant des systèmes tampons de moindre risque économique, lesquels ouvrent une ample gamme de choix économiques avec des productions diversifiées et surtout avec des possibilités de capitalisation grâce à l'élevage, transformant (si les marchés ne sont pas attractifs) les productions de grain en viande.

Les associations annuelles : "production de grains-pâturages"

Ces systèmes sont en phase d'ajustement par le CIRAD-CA, sur les cerrados humides du Mato Grosso et dans les régions préamazoniennes du Nord du Brésil. Ils sont déjà opérationnels à l'île de la Réunion (R. MICHELLON, 1991).

Ces systèmes constituent une véritable révolution dans le concept de cultiver. Ils ont été conçus et élaborés au fil d'années d'observations minutieuses et rigoureuses sur les relations cultures-adventices-profil cultural dans diverses régions tropicales et subtropicales (L. SÉGUY et al., 1, 2, 3, 4, 5, 6, 1986-92).

● Les principes de base sont les suivants

- a. Les technologies de semis direct sont les plus aptes à protéger le sol contre les agressions climatiques. Les couvertures permanentes sont à cet égard les plus efficaces en régions tropicales.
- b. En raison du haut degré de minéralisation des couvertures mortes et de la difficulté de conserver une couverture importante et permanente, il serait préférable d'utiliser des couvertures vives permanentes, à partir du moment où elles sont

compatibles avec des productions de grains et/ou de viande, à des niveaux lucratifs et stables.

• c. **La permanence de ces couvertures vives** est liée à leurs capacités à résister au(x) période(s) sèche(s). Il s'agit donc :

- d'espèces à adaptabilité spécifique à la sécheresse (mais généralement peu adaptées aux excès de pluies, comme c'est le cas des genres *Cenchrus* et *Chloris*) ;
- d'espèces possédant des organes de réserve, tels que rhizomes, tubercules et stolons (même principe que le chameau pour traverser le désert).

• d. **La qualité de la couverture au dessus du sol** : le degré de couverture et surtout le pouvoir de compétition contre les autres espèces, l'épaisseur au-dessus du sol sont des facteurs d'importance capitale afin d'éviter les pollutions des couvertures vives par une flore adventice diversifiée. A cet égard, les espèces à rhizomes et à stolons sont les mieux indiquées, car elles sont **exclusives** des autres espèces. Une fois implantées, elles constituent un véritable tapis vivant de protection du sol ; en outre, plus le tapis est épais, plus il amortit le trafic des machines sur le sol, donc les risques de compaction.

• e. **En-dessous de la surface du sol**, dès que le tapis vivant est bien fermé et épais, on assiste à une explosion de la macrofaune, de la mésofaune et de la microflore, ce qui crée une intense vie biologique dans le sol : les vers de terre et les coléoptères se montrent particulièrement actifs, favorisant la création d'une structure grumeleuse généralisée et une forte redistribution de la matière organique en profondeur grâce à de nombreux canaux et galeries de diamètres variables, soient des conditions d'infiltration maximal de l'eau dans les sols et des conditions idéales pour le développement racinaire des cultures. De nombreuses observations sur diverses écologies humides tropicales et équatoriales montrent que les plantes à rhizomes et stolons ont une capacité exceptionnelle à favoriser le développement des vers de terre, des larves de coléoptères et, en conséquences, une biostructure grumeleuse et stable (L. SÉGUY, 1989).

• f. **Relations entre les tapis vivants et les cultures** :

- à partir des premières pluies, le développement du tapis vivant doit être lent, pour minimiser la compétition initiale "couverture-culture" tant pour l'eau que pour les éléments minéraux ;
- après que la culture ait couvert le sol (+/- 30 à 40 jours après le semis), la couverture vive doit survivre grâce à un métabolisme réduit, n'entrant pas en compétition avec la culture, ou tout au moins offrant une concurrence minimale ;
- après la récolte de la culture, le tapis vivant doit posséder l'aptitude à croître à nouveau rapidement pour atteindre un développement attractif en tant que pâturage. La qualité nutritionnelle du tapis vivant devient donc un facteur de choix important ; la teneur en protéine est en particulier un critère décisif, tout comme l'aptitude à de hautes productivités sous un fort rythme de pâture ;
- encore une fois, ce sont les espèces à rhizomes et stolons qui offrent tous les critères décrits dans ces six points successifs :

- pour les graminées, nous citerons les genres *Paspalum*, *Cynodon*, *Axonopus*, *Stenotaphrum*,
- pour les légumineuses : genres stylosanthes, soja pérenne, *Zornea*, *Lotus*, *Macroptilium*.

Les premières sont des sources d'humus renouvelable, les secondes fixatrices d'azote et banque de protéines pour la saison sèche (complément de l'alimentation du bétail en période sèche).

Construction de systèmes de cultures sur des tapis biologiques avec des niveaux réduits d'intrants et de pesticides

● A - Implantation des tapis vivants sans pour ce faire immobiliser de surface productive

Le système le plus simple pour installer le tapis vivant est le suivant :

- soja de cycle court ou moyen, semé **précocement** ;
- après la récolte du soja :
 - application d'un desséquant : Gramoxone + Reglone (0,75 l/ha de chaque produit en mélange) (1) ;
 - semis direct des semences du tapis vivant mélangées avec un peu d'engrais NPK (semis superficiel avec semoir du type TD 300) ;
 - semis direct de semences de sorgho ou mil mélangées avec des semences de tapis vivant. Dans ce dernier cas, récolter le mil ou le sorgho comme ensilage pour le bétail (complément de l'alimentation en saison sèche).

● B - Implantation des cultures sur tapis vivant avec des niveaux réduits d'herbicides

Les tapis vivants étouffent toutes les mauvaises herbes concurrentes des cultures. Ils constituent ainsi de véritables herbicides naturels, d'où l'importance de maintenir ce tapis en parfaites conditions. La croissance initiale des tapis vivants est lente après les premières pluies, ce qui induit une faible compétition avec la culture durant les trente premiers jours de culture, jusqu'à la couverture totale du sol par la culture.

(1) Renouveler l'application de 1 litre du mélange une semaine après la première application, si nécessaire.

L'implantation des cultures peut se faire sans détruire le tapis, en appliquant les herbicides totaux et résiduels seulement sur la ligne de semis (en traitant ainsi 10 à 15 cm de largeur pour chaque ligne de culture). La surface traitée représente :

- dans le cas du maïs, seulement un sixième de la surface normalement traitée quand l'herbicide est appliquée sur la surface totale ;
- dans le cas du soja et du riz, seulement un tiers de la surface totale.

Dans les trois cas, les dosages d'herbicides appliqués par hectare chutent drastiquement : pour le maïs un sixième de la dose normale, et pour le soja ou le riz un tiers de la dose normale.

Entre les lignes des cultures qui ont été traitées avec des herbicides totaux et résiduels spécifiques à chaque culture, le tapis reste intact, mais peu agressif durant les trente premiers jours après le début des pluies. Une fois que la culture recouvre complètement le sol, le tapis reste vivant, mais ne concurrence pas les cultures et recolonise peu à peu la ligne de culture.

Les cultures de graminées (riz, maïs et mil) doivent être implantées sur des tapis vivants de légumineuses (type soja, pérenne, *Zornia* sp., *Macroptilium*) alors que les cultures de légumineuses (soja, Guar et haricot) seront implantées en couvertures vives de graminées (genres du type *Paspalum* et *Cynodon*) (1).

Les semis des cultures doivent être précoces pour laisser un temps suffisant pour que les tapis vivants se recomposent et qu'ils offrent en fin de saison des pluies un pâturage d'appoint au bétail de haute valeur nutritive (riches en protéines en particulier).

Ces systèmes peuvent aussi être conduits avec des régulateurs de croissance appliqués soit sur la totalité du tapis vivant, soit seulement sur les lignes plantées. Le régulateur Mefluide, par exemple, appliqué sur un tapis vivant de *Pennisetum clandestinum*, à la dose de 100 g ma/ha inhibe la croissance de cette graminée durant trois mois à l'île de la Réunion. Ces produits, non polluants pour le sol, constituent une excellente alternative pour maintenir le tapis vivant dans un état de vie ralentie, sans concurrence pour la culture.

● En agriculture mécanisée, toutes les opérations de semis, de fertilisation sur la ligne et de traitement herbicide, peuvent être réalisées en un seul passage : la cuve d'herbicides est placée sur le relevage hydraulique du tracteur et les buses de pulvérisation sont ramenées à l'arrière de chaque élément planteur près de la surface du sol, à une hauteur minimale nécessaire pour que chaque buse traite une largeur de 10 à 15 cm sur la ligne de semis.

(1) Pour les crucifères et malvacées comme le colza et le coton, des études complémentaires sont nécessaires pour déterminer le meilleur type de tapis vivant.

● En agriculture manuelle, le traitement herbicide (total + résiduel spécifique à chaque culture), est réalisé en premier lieu, sur les futures lignes de semis matérialisées par des cordes. Le semis s'effectue 5 à 7 jours après, quand les lignes à semer commencent à jaunir. Le semis peut être fait avec des cannes planteuses localisant l'engrais sur la ligne ou par une roue planteuse (mise au point par Bernard Van ARRAGON de CASTROLANDA au Parana).

Ces systèmes de cultures, en cours d'ajustement, ont une double vocation : ils peuvent être exploités autant pour la production exclusive de grains que pour la production annuelle de grain, suivie de celle de pâturage. Ils réunissent, sans nul doute, de la même manière que les systèmes de cultures construits sur la rotation quadriennale "production de grains-pâturages", tous les éléments fondamentaux, biologiques, agronomiques, techniques et économiques visant la fixation d'une agriculture stable et durable.

Enfin, il est important d'observer que les diverses successions annuelles décrites antérieurement, sont aussi partie intégrante des technologies disponibles.

En fait, dans le cadre des productions annuelles de grains et pâturages, en fonction des impératifs agronomiques (amélioration de la fertilité du sol) ou économiques (production de viande privilégiée suivant l'offre du marché), il est parfaitement possible avec ces successions annuelles de produire en même temps tous les ans (1) des grains suivis de pâturages :

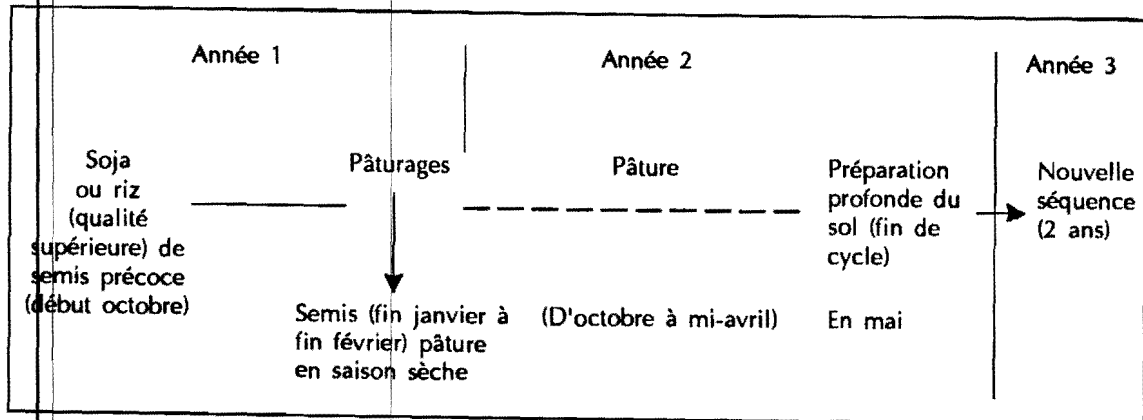
Semis précoce (octobre) • Riz (long, fin, qualité supérieure) • Ou soja	}	[Suivi du semis de pâturage (de fin janvier à fin février)	Ordre du semis : 1. <i>Brachiaria</i> , <i>Panicum</i> , soja pérenne 2. sorgho + <i>Macroptilium A.</i> (Siratro) 3. <i>Chloris</i> , <i>Cenchrus</i> , <i>Stylosanthes</i> (genres plus résistants à la sécheresse)
--	---	---	--	---

Ces successions peuvent être répétées tous les ans, apportant dans la même année agricole :

- production de grains suivi de pâturage (ou ensilage, foin) ;
- améliorations substantielles du profil cultural : maintien de la stabilité structurale avec les graminées, fixation d'azote avec les légumineuses, recyclage des éléments minéraux des horizons profonds vers la surface dans tous les cas, ainsi qu'une lutte efficace contre les adventices et une protection du capital sol avec des couvertures permanentes.

(1) Dès que les semences de pâturages sont produites sur la propriété même (coûts minimaux).

Si l'objectif prioritaire est la restauration de la fertilité du sol, les systèmes suivants sont praticables :



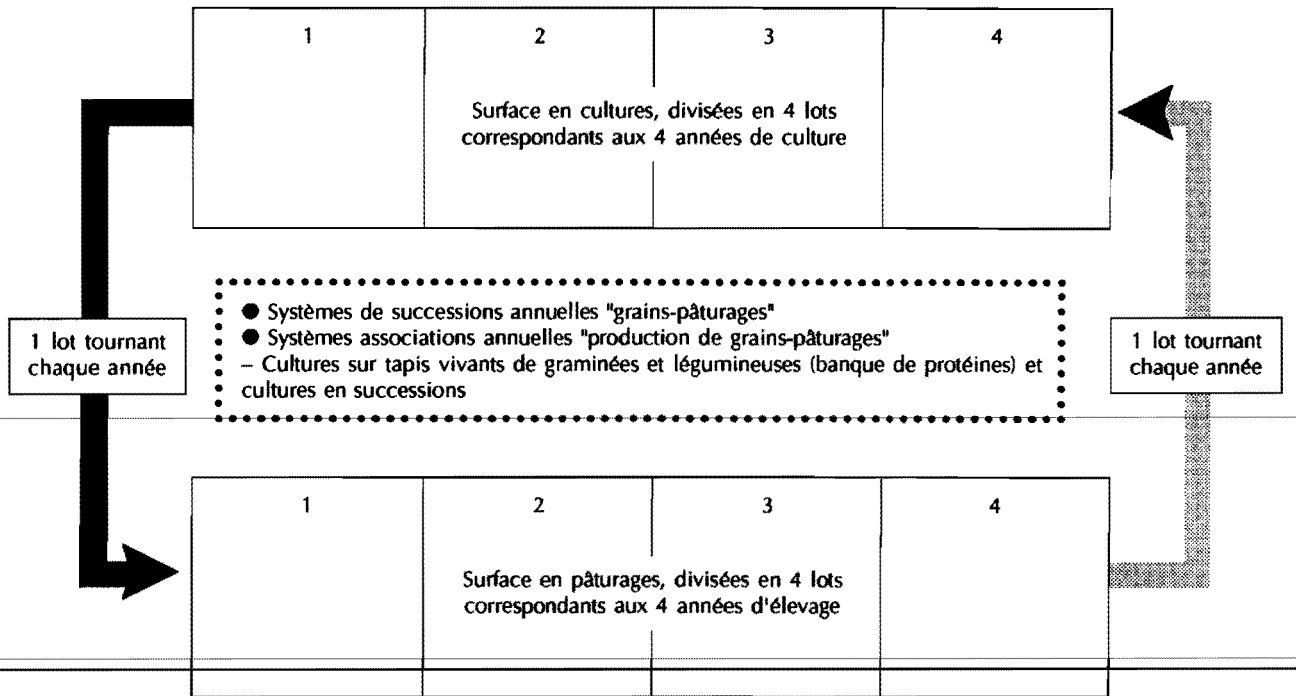
La durée du pâturage peut être augmentée à deux ou trois ans etc. Ces successions "grains-pâturages" sur 1, 2 ou 3 ans sont des systèmes de transition entre les systèmes de production exclusive de grains et les rotations quadriennales "production de grains (4 ans) - pâturages (4 ans)". Dans tous les cas, ils améliorent et facilitent les choix des systèmes en fonction des objectifs des producteurs et de la conjoncture économique.

Essai de synthèse pour une organisation optimisée de ces systèmes de cultures écologiques au niveau de la propriété

Le tableau 9 montre un exemple de distribution des trois modes de gestion :

- les systèmes de production de grains installés pour quatre ans, associant les techniques de restauration périodique de la fertilité avec des technologies à base de semis direct (chaque année, un lot de cette surface passe en pâturage) ;
- les systèmes construits sur la succession annuelle production de grain-pâturages renouvelables chaque année (systèmes pérennes). Une clôture électrique mobile permet l'entrée du bétail sur les pâturages à la fin de la saison des pluies ;
- les pâturages implantés pour 4 ans sur la sole cultivée, sur sol corrigé de bon niveau de fertilité. Chaque année un lot de cette sole passe en pâturage.

Tableau 9. Exemple d'organisation des trois principaux modes de gestion écologique du sol au niveau de la propriété. Fazenda Progresso, MT, L. SÉGUY, S. BOUZINAC, 1992.



Conclusion

Nous disposons actuellement de nombreuses technologies avancées et lucratives, bien plus capables de créer une agriculture stable et durable, que les systèmes anciennement pratiqués dans ces régions tropicales humides et équatoriales. Cependant, des ajustements continus sont nécessaires pour perfectionner encore plus les modes de gestion écologiques déjà bien tracés. Ils sont en seront sans aucun doute d'importance capitale tant pour le Brésil que pour les régions similaires du monde tropical pour la prochaine décennie.

Bibliographie

- (1) SÉGUY L., BOUZINAC S., PACHECO A., KLUTHCOUSKI J., 1989. Dos modos de gestão mecanizados dos solos e das culturas as tecnologias de gestão em plantio direto, aplicados aos cerrados do centro oeste Brasileiro. 166 paginas. em lingua Francesa, livro a ser publicado pelo IRAT.
- (2) SÉGUY L., BOUZINAC S., PACHECO A., CARPENEDO V., DA SILVA V., 1988. Perspectiva de fixacao da agricultura na Região Centrao Norte do Mato Grosso. IRAT/CIRAD/EMPA (MT)/EMBRAPA CNPAF. 52 paginas.
- (3) SÉGUY L., BOUZINAC S., 1990. A pesquisa aplicada ao servico do desenvolvimento agricola regional. Brasil, 148 paginas.
- (4) SÉGUY L., BOUZINAC S., 1992. Gestão dos solos e das culturas em perimetro irrigado e em condicoes de sequeiro na areas de fronteias agricolas do norte do Brasil. 74 paginas.
- (5) SÉGUY L., BOUZINAC S., 1992. Gestão dos solos e das culturas em ecologia pre-amazonica. 59 paginas.
- (6) SÉGUY L., BOUZINAC S., 1992. Gestão e manejos dos solos e das culturas nas regiões de fronteiras agricolas dos cerrados umidos do centro oeste do Brasil. 111 paginas.
- (7) MAZUCHOWSKI J.Z., DERPSCH R., 1984. Guia de preparo do solo para as culturas anuais mecanizadas. Curitiba, ACARAPA.
- (8) SÉGUY L., KLUTHCOUSKI J. *et al.*, 1992. Tecnicas de preparo do solo : efeitos na fertilidade e na conservacao do solo, nas ervas daninhas e na conservacao de agua (EMBRAPA/CNPAF, Circular tecnica 17).
- (9) SÉGUY L., BOUZINAC S., BARON C., 1989. Première évaluation de l'adoption par les agriculteurs du Centre-Ouest brésilien des technologies mises au point par la recherche franco-brésilienne. 55 p.
- (10) SÉGUY L., BOUZINAC S., YOKOYAMA L., 1990. Evaluation de l'adoption par les agriculteurs du Centre-Ouest brésilien par les technollgies mise au point par la recherche franco-brésilienne. Seconde phase 1989-1990. 118 p.

ATELIER DE REPROGRAPHIE
67.65.30.96

La Goutte d'Encre .