

N° 55-96

UN DOSSIER DU CIRAD-CA/RHODIA-BRESIL
Du transfert de technologies Nord-Sud
aux
systèmes de semis direct, en zone tropicale humide



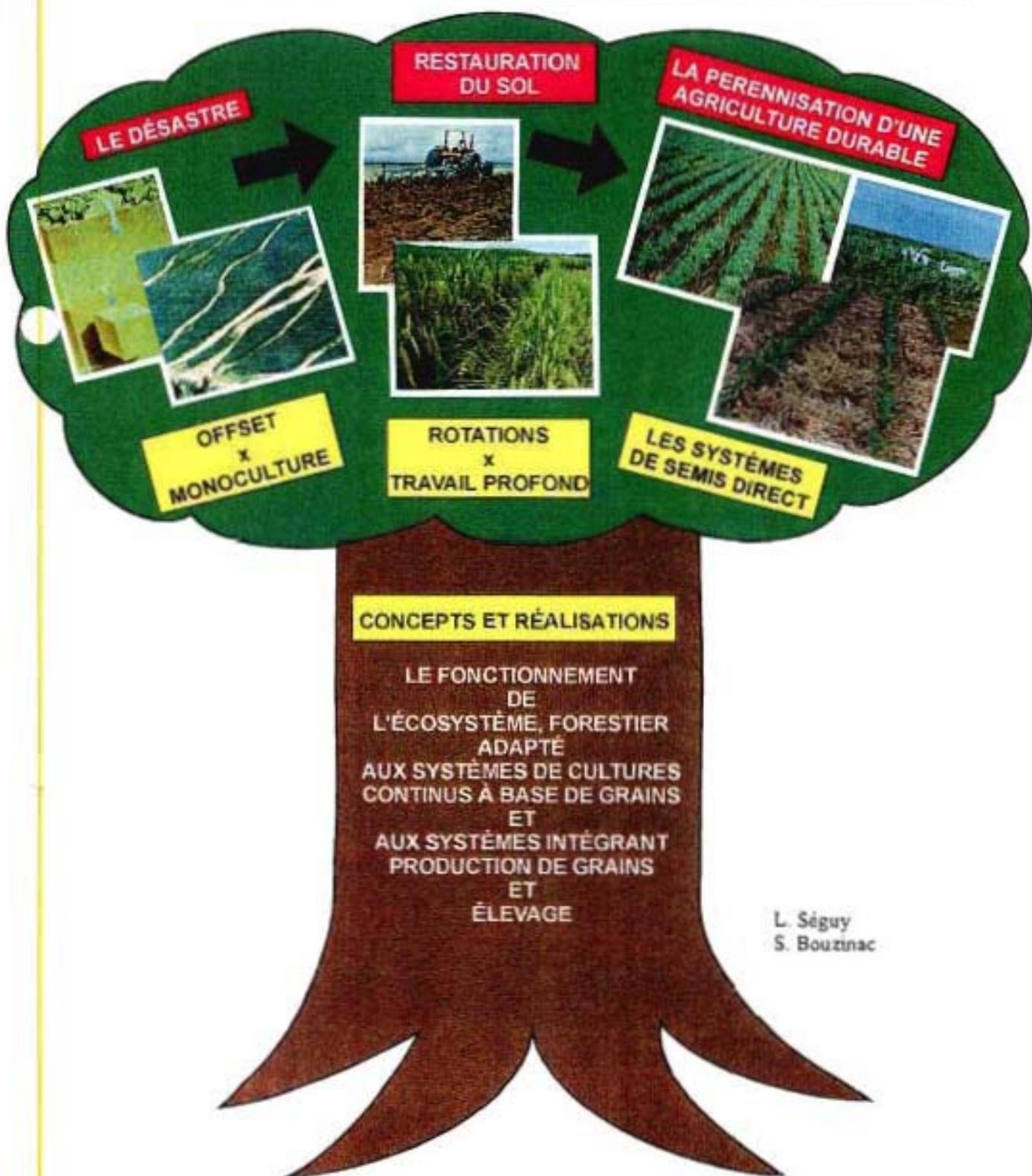
□ CONCEPTS ET REALISATIONS

**LE FONCTIONNEMENT
DE
L'ECOSYSTEME FORESTIER
ADAPTE
AUX SYSTEMES DE CULTURES
CONTINUS A BASE DE GRAINS
ET
AUX SYSTEMES INTEGRANT
PRODUCTIONS DE GRAINS
ET
ELEVAGE**

Octobre 1996

L. SEGUY, S. BOUZINAC
CIRAD-CA - Brésil
Programme APAFP

UN DOSSIER DU CIRAD CA/RHODIA - BRÉSIL
Du transfert de technologies Nord - Sud
aux
systèmes de semis direct, en zone tropicale humide



CIRAD-CA/RHODIA - CNPAF/EMBRAPA -
M^{re} MUNEFUMI MATSUBARA - COOPERLUCAS - PRÉFECTURE SINOP

UN DOSSIER DU CIRAD-CA/RHODIA - BRÉSIL
Du transfert de technologies Nord-Sud
aux
systèmes de semis direct, en zone tropicale humide

□ CONCEPTS ET RÉALISATIONS

LE FONCTIONNEMENT
DE
L'ÉCOSYSTÈME FORESTIER
ADAPTÉ
AUX SYSTÈMES DE CULTURES
CONTINUS À BASE DE GRAINS
ET
AUX SYSTÈMES INTÉGRANT
PRODUCTION DE GRAINS
ET
ÉLEVAGE

L. Séguy (1)
S. Bouzinac (1)

CIRAD-CA/RHODIA - CNPAF/EMBRAPA
MUNEFUME MATSUBARA - COOPERLUCAS - PRÉFECTURE DE SINOP

1996

(1) Ingénieurs Agronomes du CIRAD-CA -
BP 504 - Ag. Central
74001-970 - Goiânia - Goiás - BRÉSIL - Tél. et Télécopie (62) 280.6286 -

Sommaire

• Avis au lecteur	1
• Première étape : le diagnostic initial sur le milieu et ses relations avec les systèmes de culture conventionnels.....	3
• La méthodologie de recherche-développement utilisée.....	12
• 2 ^{ème} . étape de l'intervention de la recherche-action : La restauration rapide des propriétés physico-chimiques et biologiques du profil cultural.....	22
• Troisième étape de l'intervention de la recherche-action : Modes de gestion agrobiologique durable de la ressource sol ⇒ Le semis direct en régions tropicales chaudes et humides 1992-1995 - Coopérative Cooperlucas	66
• Analyse plus approfondie du fonctionnement du semis direct : Le cas des successions annuelles de production de grains.....	108
• Évolution des performances des cultures chez les agriculteurs pilotes (fermes de références) en écologies des cerrados et forêts humides du Centre Nord du Mato Grosso - 1988/1994.....	138
• Conclusions.....	144
• La construction des systèmes de culture durables dans les écologies des cerrados et forêts chaudes et humides de l'Ouest Brésil -- En images --	148
• Annexes.....	164
I La démarche de création-diffusion des systèmes de culture en milieu réel, pour et avec les producteurs sur leurs unités de production.	
II Caractérisation <i>in situ</i> du profil cultural et des relations "climat-sol-cultures" sur sols ferrallitiques.	

Avis au lecteur

• **Ce document est l'histoire de la construction du semis direct sur les frontières agricoles du Centre Nord de l'état du Mato Grosso, en écologies des savanes et des forêts humides tropicales.** Il raconte comment, le CIRAD-CA, et ses partenaires brésiliens de la recherche et du développement, ont réussi, à partir d'une situation initiale agricole désastreuse, à créer une manière originale de cultiver durablement les sols tropicaux, même sous les climats les plus agressifs, partant de sols ferrallitiques très pauvres chimiquement, dont la vocation était jusqu'alors le domaine quasi exclusif des cultures pérennes.

□ **Ce document est d'abord, dans sa présentation, un recueil de cheminements de recherche-action** qui sont chronologiquement mis en oeuvre pour résoudre les problèmes qui se posent au développement, au fur et à mesure que des solutions reproductibles plus performantes sont mises au point et appliquées, à grande échelle, en milieu réel. Partant d'un diagnostic initial, les questions posées à la recherche agronomique et les techniques correspondant à leur résolution sont exposées, analysées, étape par étape, de même que leur niveau d'application dans la région Centre Nord du Mato Grosso et leur diffusion dans les états du Centre Ouest. L'impact des progrès agronomiques et technico-économiques est évalué pas à pas, aussi bien en milieux contrôlé que réel.

□ **Ce document est également un exemple démonstratif de méthodologie de recherche-développement qui a déjà fait ses preuves au Brésil** et dans d'autres pays tropicaux quelque soit le type de public utilisateur (Côte d'Ivoire, Gabon en Afrique; Madagascar, Île de la Réunion dans l'Océan Indien ; Vietnam en Asie). L'exemple décrit ici, appliqué à la grande agriculture mécanisée, montre comment l'agronomie de synthèse intervient, en prise directe dans le développement, pour les agriculteurs, avec eux, sur leurs unités de production. Il met en relief aussi, comment un processus de recherche-développement intégré, participatif et concerté, peut à la fois, créer des connaissances scientifiques à caractères reproductible et prédictif, et construire des solutions praticables de plus en plus performantes pour le développement durable, sur des centaines de milliers, puis, rapidement des millions d'hectares.

□ **Ce document constitue aussi un témoignage** qui se veut exemplaire, aussi bien dans ses concepts que dans ses réalisations praticables, **d'amélioration constante de la gestion des ressources naturelles** ; en particulier, la gestion durable de la ressource sol compatible avec une meilleure gestion des risques climatique et économique constitue l'objectif essentiel de l'élaboration de systèmes de culture et de production qui doivent permettre de produire plus, au moindre coût, tout en protégeant totalement l'environnement ; **la mise au point des systèmes de semis direct sur couvertures mortes et vivantes, est à cet égard, le fil conducteur principal de la construction durable des systèmes de culture.**

□ **Ce document est enfin, un outil pédagogique** : questions à résoudre, solutions praticables apportées, les conséquences agronomiques, techniques et économiques qui découlent de leur application, sont exposées de la manière la plus simple possible, accessible à tous : chercheurs, agronomes, professeurs, vulgarisateurs, producteurs y trouveront des cheminements de progrès, clairs, logiques, construits étape par étape, exposés sous forme de dessins, graphiques, photos, un minimum de texte servant de guide explicatif et de ciment entre les illustrations.

• **L'expérience de recherche-développement relatée ici, a duré 10 ans, et ses conquêtes** que nous considérons comme décisives pour l'avenir de l'agriculture et de l'agronomie

tropicales de cette fin de siècle, relatives à la gestion durable agrobiologique des sols ferrallitiques des régions tropicales chaudes et humides du Centre Ouest brésilien, **couvrent déjà aujourd'hui, une surface supérieure à 1 500 000 hectares** dans les états du Centre Ouest du Brésil (Source: APDC (1), juin 1996).

• Nous avons déjà exporté ces technologies hors du Brésil, dans diverses écologies d'Afrique, de Madagascar, de l'Océan Indien, et d'Asie. Leurs principes, en voies d'adaptation et d'ajustement aux conditions écologiques et économiques des pays en voie de développement, ouvrent sans doute aujourd'hui, la possibilité d'exploiter durablement et au moindre coût le potentiel des sols tropicaux. Les institutions de recherche et de développement qui ont mandat d'assurer les progrès de l'agronomie et de l'agriculture tropicales de demain, devraient se mobiliser et unir leurs efforts, pour promouvoir, adapter, valider, expliquer, diffuser en milieu tropical, des technologies agricoles qui sont maintenant réellement adaptées aux conditions pédoclimatiques des tropiques et les seules capables de convertir, au moindre coût, ce formidable potentiel photosynthétique, en bénéfice d'agricultures manuelles et mécanisées, performantes et durables.

L. SÉGUY - Juillet 1996

() Je tiens à remercier très vivement tous nos partenaires qui ont contribué à la création et à la diffusion continue des modes de gestions des sols en milieu réel.*

⇒ Dans la première phase de diagnostic de la problématique régionale et de restauration des propriétés physiques et biologiques des sols entre 1984 et 1989 : Mr. Munefume Matsubara propriétaire de la fazenda Progresso, promoteur, financier et acteur de la recherche action - nos collègues du CNPAF/EMBRAPA de Goiânia qui ont travaillé avec nous, avec nos méthodes.

⇒ Dans la seconde phase, de mise au point continue des systèmes de semis direct, protecteurs de l'environnement, à base de grains et intégrant productions de grains et élevage, entre 1989 et 1996 :

- Mr. Munefume Matsubara, encore et toujours, comme promoteur, financier et acteur de la recherche-action,

- La Coopérative Cooperlucas de Lucas do Rio Verde, support de la recherche CIRAD en zone de cerrados et en particulier, notre collègue agronome Ayrton Trentini,

- L'EMPAER - MT, entreprise de recherche et développement de l'état du Mato Grosso, et spécialement notre partenaire dans l'équipe de recherche-développement de la Cooperlucas, le médecin vétérinaire, Dr. Nelson de Ângelis Cortês.

- La Coopérative Comicel de Sinop, base de la recherche CIRAD-CA en zone de forêts et spécialement, notre collègue agronome Jorge Kamitani, nos partenaires agriculteurs, Mrs. Tafarel et fils, Mrs. Haroldo Garcia et fils.

- Plus récemment, la Préfecture de Sinop, et tout particulièrement son préfet Mr. Antonio Contini pour son appui constant, sa vision exceptionnelle de la recherche et du développement régional.

- Enfin, la RHODIA AGRO, tutelle de l'intervention CIRAD-CA avec le secteur privé, brésilien et plus spécialement notre soutien direct, Mr. Antero Gonçalves C. Duarte.

(1) Association pour le semis direct dans les cerrados.



**Première étape :
le diagnostic initial
sur le milieu
et ses relations
avec les systèmes
de culture conventionnels
(* Résumé**



***Une gestion désastreuse
des sols et des cultures
dès l'ouverture des fronts pionniers
de l'Ouest brésilien***

Les fronts pionniers de la région Centre Nord du Mato Grosso

⇒ (*) Ouverture des fronts pionniers ⇒ 1976
Intervention de la recherche ⇒ 1986 - **Fazenda Progresso**

— *Situation de la production en 1988 (1)* —

□ **Surfaces plantées et productivités des cultures principales, en 1988** ⇒ Municipales de Nova Mutum, Tapurah, Lucas do Rio Verde, Sorriso, Sinop.

	Surface (ha)	Productivité (Kg/ha)
• Soja	319 878	2 232
• Riz pluvial	53 627	1 680
• Maïs	6 045	< 3 500

□ **Caractéristiques de la colonisation.**

- Vient des états du Sud (Rio Grande do Sul, Paraná), fin des années 1970.
- Colonisation privée ⇒ Spéculation sur la terre, au départ.
- Suivant système de colonisation ⇒ Surface exploitation varie de 200 à plusieurs milliers d'hectares.

- Système de culture initial ⇒
 - Défrichage au câble d'acier
 - Riz pluvial ⇒ 2-3 ans avec minimums intrants (2 t chaux Mg + 40 N - 60 P₂O₅ - 40 K₂O/ha)
 - Puis ⇒
 - ou soja (2 à 3 t/ha chaux Mg)
 - ou pâturage extensif

□ **Agriculture fortement pénalisée économiquement** ⇒ Très éloignée des grands centres de consommation, routes en états précaires (surcoûts de production), prix payés aux agriculteurs 15 à 40% moins élevés que dans le Sud développé (états de São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul).

(1) Estimations - Source : EMATER, IBGE, Coopératives.

⇒ Ce qu'il faut retenir du diagnostic initial ⇒ Enquêtes sur états du profil cultural x conditions de production

— Sur les modes de gestion conventionnels des sols et des cultures —

- Milieu physique très contraignant à exploiter (pluviométrie, pentes, sols ⇒ forte érosion).
- Système de monoculture de soja généralisé et pratiqué exclusivement aux offsets lourds et légers, en toutes conditions d'humidité ⇒ sous-équipement par rapport à surface cultivée.



- Sols compactés (1) (entre 10-25 cm), destructurés ⇒

- Très fort ruissellement
 - Très forte érosion
 - Profils culturaux asphyxiants (soja)
 - Profils racinaires limités aux 15 premiers cm
- ⇩
- Surfaces interceptions eau, éléments minéraux ⇒ très limitées



- Productivité du soja limitée à 2 000 Kg/ha en monoculture, stagnante ou en régression, malgré toujours plus d'intrants chimiques, de nouveaux cultivars plus performants.

- Augmentation continue de la pression parasitaire

- Adventices
- Insectes
- Champignons (*Rhizoctonia*, *Diaporthe p.*)
- Nématodes ⇒ *Meloidogyne j., i.*, puis *Heterodera*

- Coûts de production en augmentation constante ⇒ Utilisation croissante des intrants chimiques, de nouvelles variétés, etc...

- Marges/ha chutent régulièrement ⇒ Faillites de plus en plus fréquentes en 1985.

— Sur la stratégie de recherche-action —

- Les premières priorités, à court terme ⇒ Agronomiques (2)

- Stopper l'érosion ⇒ hydrique, éolienne
- Recréer un profil cultural "régulateur" ⇒

Aplanir, minimiser les excès climatiques



Systèmes racinaires les plus profonds possibles, le plus rapidement

Maximiser la réserve utile

- en eau
- en éléments nutritifs



Porosité élevée, la plus stable possible

⇒ Optimiser fonctions

- ressuyage rapide
- stockage maxi de l'eau
- vitesse rapide de colonisation racinaire

(1) Seul point fort de ces sols : statut chimique satisfaisant (correction progressive des principales carences ⇒ Ca, Mg, P, K, Zn).

(2) Avec leurs conséquences technico-économiques.

- La résolution de ces problèmes :

Par modes de gestion des sols et des cultures ⇒ Travail profond du sol x rotations, successions de cultures, avec restitutions totales des résidus de récolte, sans brûlis.

Restoration des propriétés physiques et biologiques des sols compactés, destructurés.

- Diversifier la production, augmenter les marges/ha, la capacité des équipements.

□ **Priorités à plus long terme**

- Gestion agrobiologique durable de la ressource sol (tirer tout le profit du potentiel pédoclimatique, au moindre coût ⇒ gestion M.O., protection totale contre l'érosion, réduction des intrants chimiques).

- Gestion économique ⇒ recherche de la meilleure stabilité économique :

- Diversité, qualité des productions,
- Réduction des coûts,
- Augmentation de la capacité des équipements, de leur flexibilité d'utilisation

⇒ Conseil de gestion aux exploitations, coopératives régionales.

👉 Guide de lecture des tableaux relatifs au chapitre "Diagnostic initial"

⇒ Tableaux

--- À retenir ---

• L'exemple : la région Centre Nord du Mato Grosso

• Spécificités du profil cultural sur sols ferrallitiques

• Une agressivité climatique exceptionnelle, des modes de gestion des sols et des cultures inadéquats : monoculture de soja alliée au discage continu en toutes conditions d'humidité ont conduit à la destructuration et à la compaction des profils. Il faut les gérer autrement.

• Caractéristiques chimiques des sols ferrallitiques rouges-jaunes des fronts pionniers en fonction de leur utilisation

• Sous savane et pâturage dégradé, profils à excellentes propriétés physiques et biologiques, mais à forte acidité (Al) et carences en Ca, Mg, P, K, Zn.
- Sous culture, après 11 ans, statut chimique satisfaisant [profil cultural corrigé → acidité, P_2O_5 , Ca + Mg, Zn (1)].

• Les fronts pionniers de la région Centre Nord du Mato Grosso - 1988

• **En 10 ans** : ouverture d'un énorme potentiel de production ⇒ plus de 360 000 ha.
Région fortement pénalisée économiquement par son éloignement, l'état précaire du réseau routier, les prix payés aux producteurs qui sont inférieurs à ceux des régions développées du Sud (20 à 30%).



Urgence : Restaurer propriétés physiques et biologiques des sols

par

modes de gestion des sols et des cultures adaptés aux conditions pédoclimatiques et économiques locales.

• Outre la diversification des cultures (rotations)
Rechercher la qualité des produits (valeur ajoutée)

(1) Profil cultural progressivement amendé pour la monoculture de soja.

⇒ L'EXEMPLE LA RÉGION CENTRE-NORD DU MATO GROSSO

⇒ QUI PEUT LE PLUS
PEUT LE MOINS

■ UN CLIMAT D'UNE AGRESSIVITÉ EXCEPTIONNELLE

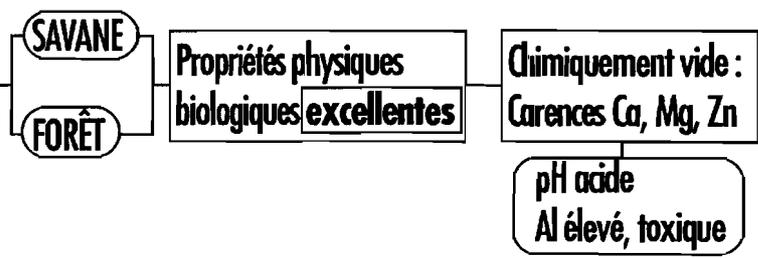
- Pluviométrie 2 000 à 3 000 mm en 7 1/2 mois
- Intensités pluviométriques > 100 mm/heures, fréquentes
- Fréquence élevée de pluies > 100 mm/semaine
- Fort drainage profond

- Forts risques d'érosion
- Fort drainage profond d'éléments minéraux
- Forts risques d'asphyxie racinaire

■ SOLS ⇒ SOLS FERRALITIQUES

- OXYDÉS → Unités de paysage = colline en demi-orange (rouges)
- HYDRATÉS → Unités de paysage = planes, en rapport avec nappe phréatique (caractéristiques hydromorphiques) (jaunes, gris)

⇒ FERTILITÉ NATURELLE



⇒ **SPÉCIFICITÉS DU PROFIL CULTURAL SUR SOLS FERRALLITIQUES**

- EN CONDITIONS NATURELLES — Chimiquement vide (Ca, Mg, K, Zn), Al \nearrow
Bien structurés (sauf textures sableuses)
- SOUS CULTURE + MODES DE GESTIONS INADÉQUATS (Offset x monocultures)

⇒ **À COURT TERME = FRAGILITÉ STRUCTURALE**

- Avec pluies de forte intensité et mode de gestion inadéquat (offset x monoculture)

- ⇒ Au début de la saison des pluies —
- Variation rapide des états de surface :
 - * perte de rugosité
 - * formation de croûte superficielle
 - * effondrement de la structure interne du profil cultural
 - * érosion
 - * prolifération des adventices

- ⇒ Au milieu de la saison des pluies — Lessivage profond des éléments minéraux (Ca, K, Mg, NO₃)

■ **CONSÉQUENCES SUR**

L'enracinement des cultures
(flux d'alimentation hydrique et minéral)
Les relations de concurrence entre adventices et cultures
Les coûts

- ⇒ Durant saison sèche

Cimentation du profil cultural
Multiplication des adventices de cycle court résistantes à la sécheresse

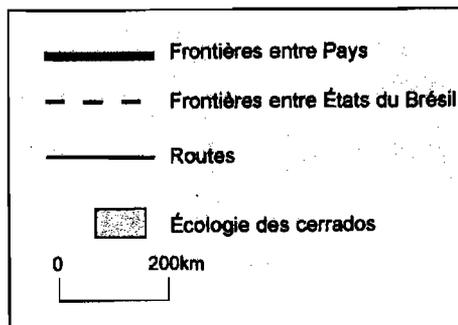
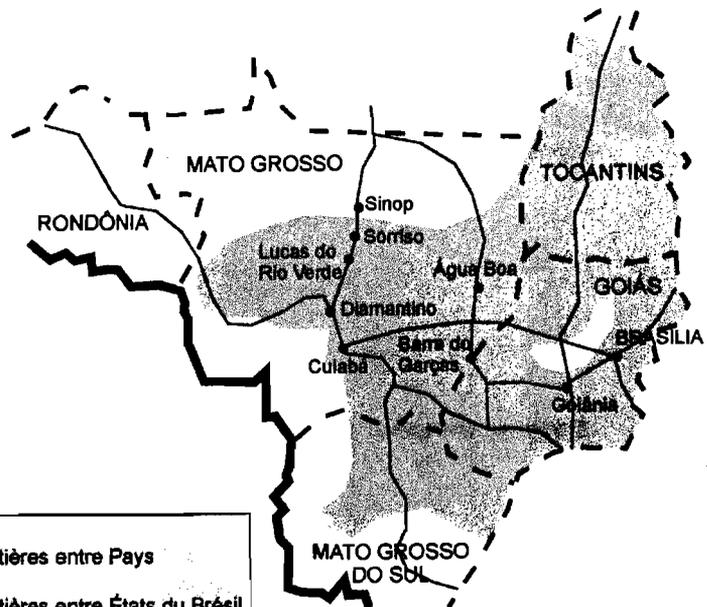
■ **CONSÉQUENCES**

Nécessité de restructuration mécanique du profil cultural, chaque année
Contrôle des adventices à coût croissant

Caractéristiques chimiques des sols ferrallitiques rouge-jaunes des fronts pionniers en fonction de leur utilisation

Localisation des profils	Horizons (cms)	pH eau	M.O. %	P (ppm) (1)	K (ppm)	meq/100ml			V %
						Ca + Mg	Al	CEC	
Sous savane	0-10	5,0	3,0	0,5	27	0,4	2,1	7,2	9,4
	10-20	5,3	2,3	0,4	25	0,6	1,2	6,4	7,2
	20-30	5,3	2,3	0,3	20	0,6	1,0	7,1	6,9
Sous pâturage extensif	0-10	4,8	3,6	2,0	25	0,9	0,9	8,7	8,0
	10-20	4,7	3,4	1,0	22	1,0	1,0	9,4	6,2
	20-30	4,7	3,3	1,0	22	1,0	1,0	9,6	8,2
Sous culture après 11 ans de culture continue	0-10	5,9	2,2	6,2	63	3,9	0,1	7,4	54
	10-20	4,9	1,8	2,1	27	1,1	0,6	6,2	27
	20-30	4,8	1,8	1,8	24	0,6	0,9	6,1	26

(1) Méthode Caroline du Nord (double acide) - Mehlich
 Source : Séguy L., Bouzinac S., Fazenda Progresso - MT - 1986



La méthodologie de recherche-développement utilisée



- **Résumée dans le texte à suivre**
- ***Pour en savoir plus ⇨ Consulter annexe 1
(La démarche, ce que l'on évalue, mesure chaque
année, interannuellement, etc...)***

👉 Guide de lecture des tableaux et dessins relatifs au chapitre "Méthodologie de recherche-développement"

⇒ Tableaux et dessins

- Objectifs de la recherche-action
- Règles de base de l'intervention
- Processus de création-diffusion de technologies
- La progression des systèmes de culture
- Exemple de matrice des systèmes
- Modélisation → la matrice des systèmes 1986/1992 [cf. Étape 2 : p. 34 et 35]

— À retenir —

- *Le diagnostic* agronomique et socio-économique initial conduit à la **modélisation** et à la construction de **matrices pérennisées de systèmes de culture** pilotées en conditions d'exploitation réelles, et qui vont gérer :
 - **L'offre technologique en progression permanente** et diversifiée, évolutive, y compris les systèmes traditionnels de départ, leurs évolutions (mémoire vivante de l'évolution)
 - **Des connaissances scientifiques** à caractères explicatif, reproductible et prédictif sur le fonctionnement agronomique des systèmes de culture :
 - + à court terme
 - + à moyen et long termes
 - **Des indicateurs d'impact et de diagnostic** pour le pilotage agronomique, technique et économique des systèmes de culture et de production régionaux (conseil de gestion, formation des acteurs).
- **La matrice** est construite sur le thème central: **modes de gestion des sols et des cultures** qui sont apparus comme les plus limitants pour l'agriculture régionale et le milieu physique, lors du diagnostic initial. Elle est évolutive et peut intégrer, de nouvelles innovations sans que l'analyse agronomique, depuis le début, en soit altérée.

□ **CONCEPTS ET OBJECTIFS DE LA RECHERCHE-ACTION EN MILIEU RÉEL**

⇒ **Le rôle de la recherche-action en milieu réel =**

- Créer, élaborer les bases régionales des productions végétale et animale.
- Construire des modèles de fonctionnement agronomique **prédictifs**, qui repondent aux spécificités des milieux physiques et humains.

⇒ **Simultanément :**

- Répondre à l'attitude toujours "immédiatiste" des agriculteurs.
- Construire les bases du développement agricole durable, à plus long terme.

⇒ **Comment ?**

- Créer divers scénarios possibles de fixation de l'agriculture, pour et avec les producteurs, dans leurs unités de production.
- Dans ces scénarios différenciés (en termes agronomiques, techniques et économiques), pouvoir :
 - + Hiérarchiser les facteurs limitants par culture et système
 - + Générer des systèmes reproductibles, appropriables, plus motivants que les systèmes en vigueur
 - + Les expliquer scientifiquement.

- Ces objectifs complémentaires nécessitent la pérennisation des unités de recherches afin d'expliquer l'évolution de la fertilité du sol sous divers systèmes, confronter les systèmes innovants durant un espace de temps suffisant pour satisfaire les conditions de "reproductibilité agro-technique", de la meilleure "stabilité économique".
- Les divers niveaux différenciés du potentiel productif (systèmes), doivent aussi permettre :
 - + D'assurer la formation des acteurs du développement.
 - + D'orienter et ré-orienter la recherche thématique amont en faveur des systèmes de culture régionaux.

⇒ **Pour réaliser ces objectifs, la démarche d'intervention doit :**

- Se situer en milieu réel
- La création des innovations ⇒ Avec la participation intégrée et effective des chercheurs, des développeurs et des agriculteurs.

□ RÈGLES DE BASE DE L'INTERVENTION DE LA RECHERCHE-ACTION

- ⇒ **Donner une dimension technico-économique au processus expérimental,**
- ⇒ **Savoir hiérarchiser les entraves (agronomiques, techniques, économiques) au cours du temps,**
- ⇒ **Faire participer les agriculteurs dans le processus de création des innovations,**
- ⇒ **Les laisser choisir,**
- ⇒ **Les aider à organiser les conditions d'appropriation des technologies**

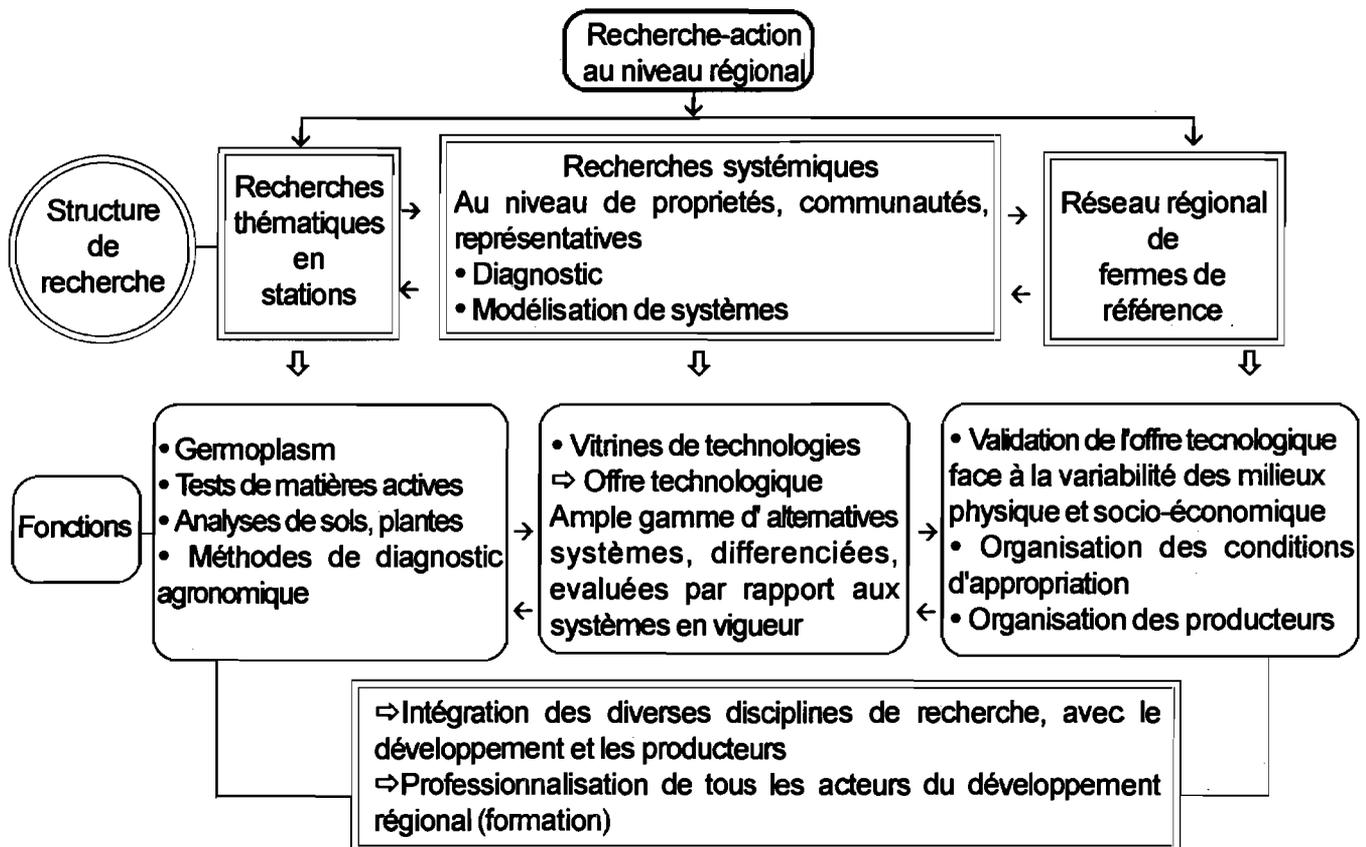
⇒ **POUR CELA LA RECHERCHE :**

- **S'inspire des pratiques traditionnelles ⇒ Références permanentes pour l'évaluation des innovations,**
- **Dans la construction des systèmes innovants ⇒ Prendre en compte les possibilités de praticabilité, de reproductibilité et d'appropriation par les producteurs.**
- **Prendre en compte, dans son intervention, les échelles complémentaires et indissociables:**
 - + **Les unités de paysage ⇒ Échelle des toposéquences représentatives,**
 - + **Les systèmes de culture ⇒ Échelle des parcelles,**
 - + **Les références naturelles (milieu naturel).**

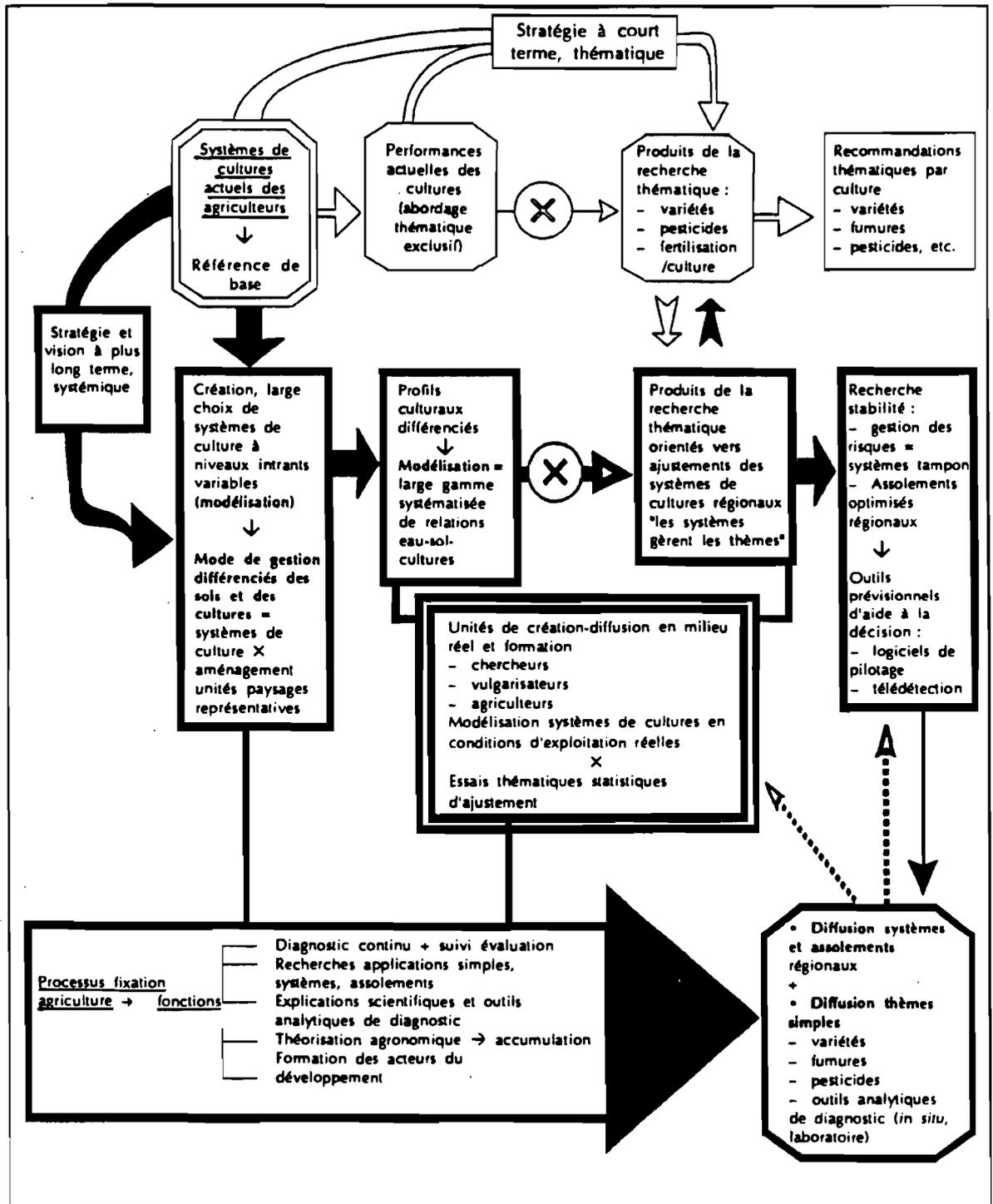
- **Évalue les systèmes innovants :**
 - + **Simultanément en termes : agronomiques, techniques et économiques,**
 - + **Avec l'appui de la recherche thématique plus fondamentale (générer connaissances scientifiques, en ajustant le niveau d'analyse nécessaire pour assurer la progression continue des systèmes),**

- **Ces règles se traduisent, au niveau opérationnel :**
 - **Par l'intégration des pratiques en vigueur chez les producteurs (références de base)**
 - **Une échelle d'intervention crédible pour les utilisateurs et pour évaluer des coefficients techniques et économiques réalistes (grandeur réelle).**

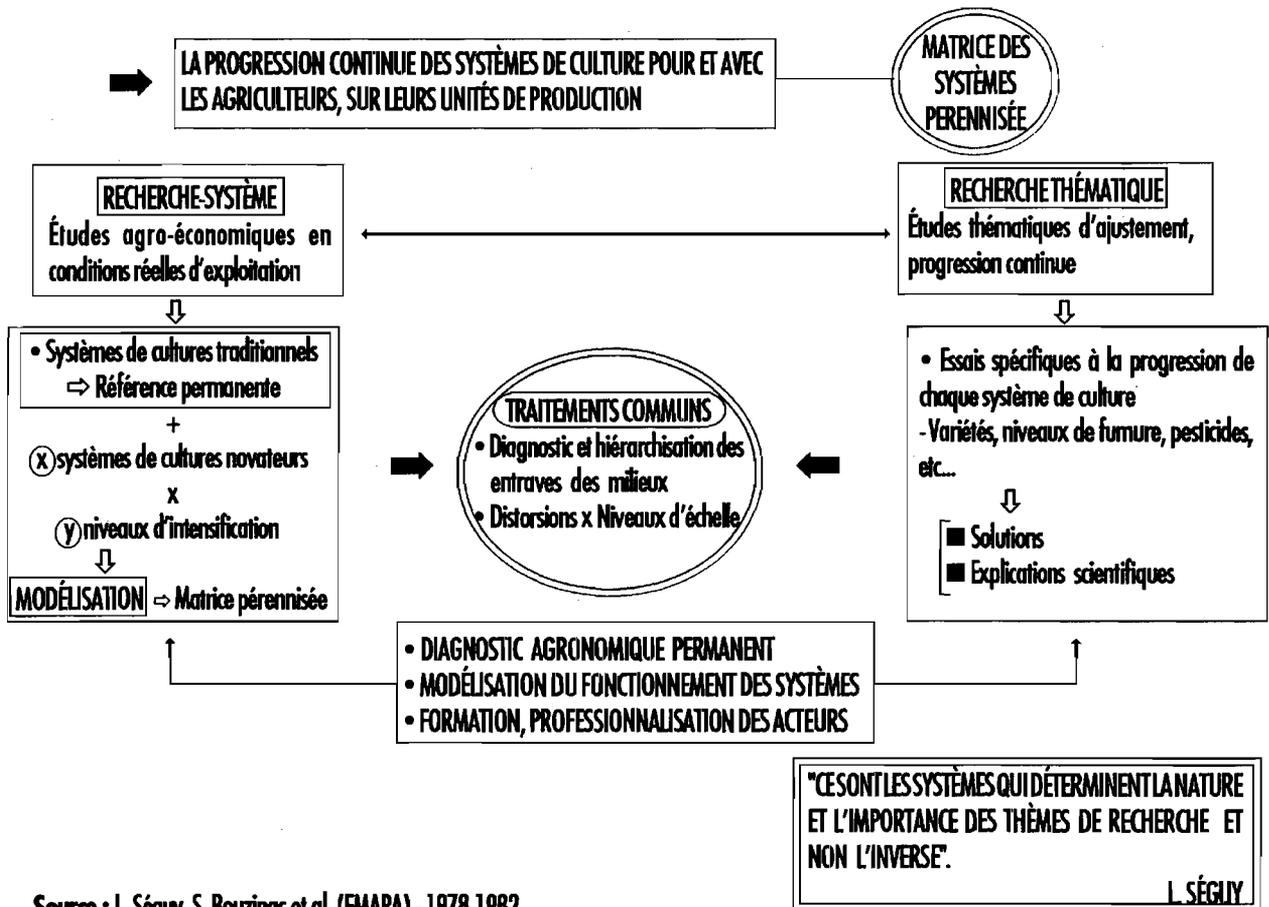
□ PROCESSUS DE CRÉATION-VALIDATION-DIFFUSION DE TECHNOLOGIES AU NIVEAU RÉGIONAL, EN MILIEU RÉEL, POUR ET AVEC LES AGRICULTEURS, SUR LEURS UNITÉS DE PRODUCTION

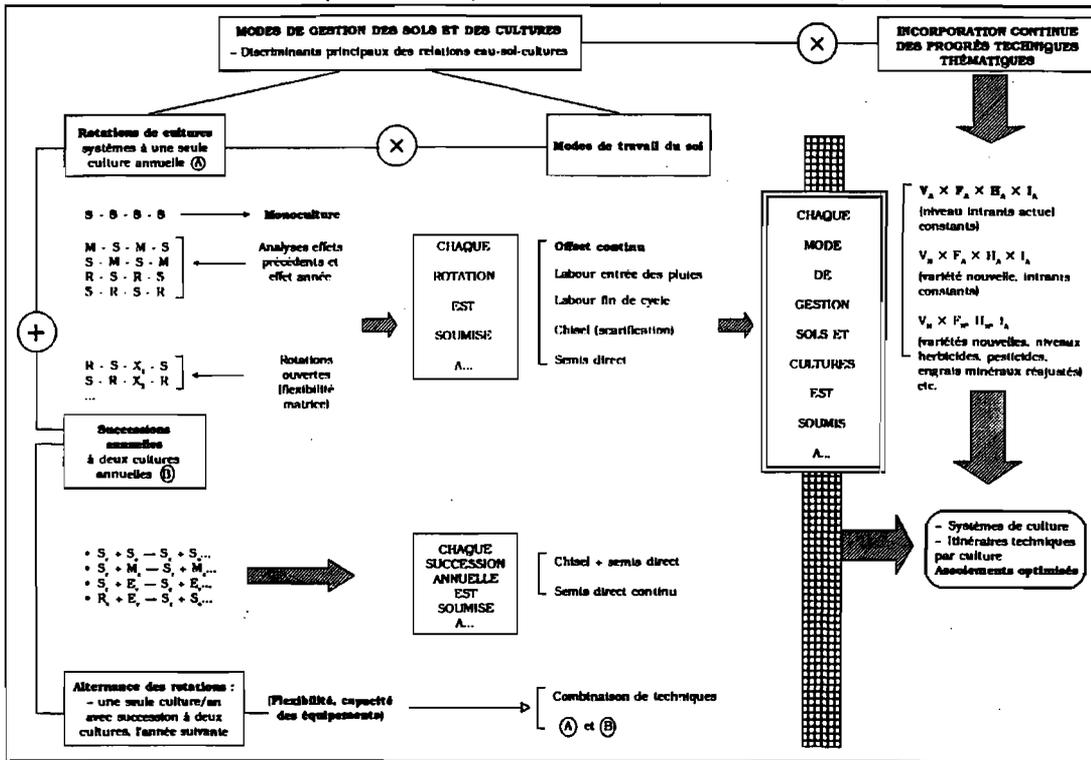


Processus de création-diffusion des technologies pour un domaine de recommandation (L. SÉGUY, S. BOUZINAC, Brésil, 1989).



... Feed back
 → Filière traditionnelles de la recherche thématique par produit
 → Création-diffusion des systèmes de cultures régionaux: démarche, ascendante systémique





V : variété, H : herbicide, I : insecticide, A : actuel, N : nouveau, S : soja, S₁ : soja cycle court, M : maïs, M₁ : maïs cycle court, S₂ : sorgho, R : riz, E₁ : engrais vert, X₁, X₂ : autres espèces, système traditionnel.
 → Surface cultivée de la matrice, sur l'étendue de la topographie représentative : 100 hectares. Aménagement contre l'érosion : terrasses d'absorption totale de l'eau (bases larges). Toute la surface est semée.

**2^{ème}. étape de l'intervention
de la recherche-action :**

**La restauration rapide des propriétés
physico-chimiques et biologiques
du
profil cultural**

**1986/1992 ⇒ *Fazenda Progresso -
Lucas do Rio Verde - Mato Grosso***

⇒ **Ce qu'il faut retenir** ⇒ **Résultats les plus significatifs, reproductibles**

— **Sur la matrice des systèmes de culture** —

• Installée sur la Fazenda Progresso, pionnière de la région (ouverture en 1976), sa surface de 120 hectares au début, passera progressivement à 180 hectares pour incorporer de nouveaux thèmes qui apparaissent prioritaires au fur et à mesure de l'amélioration des systèmes de culture. La surface de la parcelle élémentaire "système de culture" est supérieure à deux hectares. Le montage de la matrice et son pilotage obéissent à des règles précises ⇒ cf. méthodologie et caractérisation du profil cultural en annexe 1.

— **Sur l'évolution rapide des propriétés physico-chimiques et biologiques du profil cultural sous l'influence des modes de gestion des sols et des cultures** —

□ **Le travail profond du sol** (labour profond au soc, réalisé en fin de cycle des pluies, ou à l'entrée de la saison des pluies, scarification profonde réalisée dans les mêmes conditions), permet d'éliminer, en un seul passage, la compaction du profil, et maintient ensuite, au cours des ans, un profil cultural profond sans discontinuité physique, accessible rapidement à l'eau et aux systèmes racinaires, en profondeur.

□ **Les caractéristiques physiques** : résistance mécanique à la pénétration, vitesse d'infiltration de l'eau, mesurées 50 jours après le semis (et le début de la saison des pluies) aussi bien dans ces conditions pédodimatiques (Diamantino) que dans des conditions pédoclimatiques très diverses du Centre Ouest (Alvorada, Goiânia), montrent :

- les discages continus, ou même temporaires, entraînent rapidement lorsque réalisés en conditions de sol trop sec ou trop humide, une très forte compaction en surface,
- à l'inverse, les techniques de travail profond du sol, offrent les résistances mécaniques à la pénétration les plus faibles et les meilleures vitesses d'infiltration de l'eau, traduisant la création, chaque année, d'une forte macroporosité ; cette dernière est fragile et peut être facilement altérée par les passages d'engins en sols humides ou par de très fortes pluviométries à fréquence élevée.

□ **Les caractéristiques chimiques et biologiques sont également très largement modifiées, en fonction des modes de gestion utilisés :**

- les discages concentrent les éléments minéraux et la matière organique en surface, et facilitent les flux superficiels d'eau et d'éléments minéraux (ruissellement ⇒ érosion),
- le travail profond (au soc), au contraire redistribue sur 30 à 35 cm de profondeur les bases : Ca, Mg, K, le phosphore P, et la matière organique (donc la vie biologique, en profil bien aéré),
- de plus, le travail profond répété chaque année (et combiné aux rotations et successions de cultures) privilégie les flux descendants d'eau, d'éléments minéraux et organiques dans le profil cultural ⇒ fort drainage profond, migrations rapides des nitrates, K, puis Ca, Mg (fort risque de lixiviation profonde, en l'absence de cultures à très fort enracinement en fin de saison des pluies qui peuvent recycler les éléments nutritifs vers la surface).

□ **Conséquences sur l'enracinement des cultures** : la vitesse, la puissance et la profondeur de l'enracinement des cultures, en particulier du riz pluvial et du soja, les plus exigeantes en macroporosité et teneurs en matière organique à turn-over rapide (Séguy L., Bouzinac S., 1984-1992), sont très étroitement subordonnées aux modes de gestion des sols et des cultures.

• Le labour profond au soc allié aux rotations et successions annuelles (enfouissement de fortes biomasses sèches), induit toujours les enracinements les plus importants en surface et profondeur, aussi bien dans ces conditions climatiques très agressives (Diamantino - Lucas do Rio Verde) que dans d'autres conditions pédoclimatiques très contrastées du Centre Ouest du Brésil (Alvorada, Goiânia).

• À l'inverse, les discages répétés, conduisent, en toutes écologies, à un développement racinaire, limité, prisonnier des 15-20 premiers cm, exposant la culture à tous les excès climatiques (sécheresse, excès d'eau \Rightarrow $ETR < ETM$), la rendant plus sensible aux agents pathogènes et insectes prédateurs. La profondeur d'enracinement du soja, peut ainsi varier, de 15 à 20 cm sur discage x monoculture, à plus de 60-80 cm sur labour x rotation avec céréales. Dans le cas du riz, culture la plus sensible aux propriétés physiques du profil cultural, la profondeur d'enracinement peut varier de 15 à 30 cm sur discage, à plus de 1,30 m sur labour x rotation avec soja - (130 à 150 mm de réserve utile d'eau).

() La dynamique d'enracinement des cultures est le miroir des conditions physico-chimiques et biologiques offertes par les modes de gestion des sols et des cultures. Cette dynamique d'enracinement constitue le meilleur indicateur des conditions de croissance dans le profil cultural.*

Partant de profils destructurés, compactés, le travail profond (surtout au soc) constitue le moyen le plus rapide pour éliminer toute discontinuité dans le profil cultural et pour favoriser, lorsque rotations et successions sont systématiquement pratiquées, le meilleur enracinement des cultures.

— Sur la productivité des cultures, des systèmes, sous l'influence des modes de gestion des sols et des cultures —

□ Dans les divers systèmes de cultures sur 6 ans, les cultures les plus sensibles aux modes de gestion des sols et des cultures sont, par ordre d'exigence décroissant : riz pluvial, soja, maïs.

□ La productivité des cultures dans les systèmes, est le reflet du développement racinaire qui constitue le meilleur indicateur de fertilité du profil cultural \Rightarrow corrélations positives significatives entre productivité et densités racinaires en profondeur, vitesse d'infiltration de l'eau ; corrélations significatives négatives entre productivité et densités apparentes, résistance mécanique à la pénétration.

□ Sur soja, le travail profond au soc x rotations et successions avec céréales, permet d'augmenter la productivité moyenne sur 6 ans de plus de 80%, par rapport à celle obtenue sur le mode de gestion conventionnel : discage continu x monoculture.

• De même, sur 6 ans, la technique du semis direct (pratiquée uniquement sur résidus de récolte + adventices), conduit à des gains moyens de rendements supérieurs de 80%, à ceux du système de monoculture x discage continu.

• Cette technique de semis direct, nettement inférieure au labour profond les deux premières années, devient ensuite progressivement plus performante que le labour les années suivantes \Rightarrow correction plus lente des propriétés physiques du profil cultural, au départ : l'outil mécanique est plus rapidement efficace que l'outil biologique (systèmes racinaires + faune associée) ; après 2 ans, l'outil biologique devient nettement supérieur, pour la culture de soja.

□ **Sur riz pluvial, en rotation avec soja**, le travail profond au soc conduit à des gains de rendements moyens sur 6 ans de 69% par rapport à ceux obtenus sur travail superficiel à l'offset, et de 87% par rapport à ceux du semis direct sur résidus de récolte qui constitue le pire des modes de gestion pour cette culture sur profil cultural déstructuré, compacté ⇒ le riz pluvial exige toujours une forte macroporosité pour l'obtention de hautes productivités, stables (≈ 3 500 à 4 300 Kg/ha).

□ **Le maïs en rotation avec soja**, est la culture la moins sensible aux modes de gestion des sols dans ces conditions pédoclimatiques ⇒ les écarts de rendements sont faibles entre les diverses techniques, non significatifs.

□ **Les années à pluviométrie excédentaire**, supérieure à 2 500 mm, comme 1989/90, (1 840 mm entre fin octobre et fin janvier contre 750 à 1 100 mm en moyenne sur 6 ans), les cultures les plus exigeantes pour les qualités du profil cultural telles que riz et soja, accusent des chutes de rendements spectaculaires sur les modes de gestion des sols et des cultures qui sont toujours les moins performants ⇒ discage continu x monoculture pour le soja, discage continu et semis direct pour le riz pluvial en rotation avec soja. À l'inverse, les meilleurs modes de gestion du profil cultural permettent d'obtenir, même dans ces conditions, de hautes productivités ⇒ profil cultural régulateur ⇒ stabilité de la production au cours du temps, même sous forte variabilité climatique interannuelle.

□ **Au cours de cette phase de restauration de la fertilité du sol (1986/92)**, les meilleures performances reproductibles des cultures principales dans les meilleurs systèmes, ont atteint :

- 3 200 à 4 000 Kg/ha pour le riz pluvial en rotation avec soja,
- 3 000 à 3 800 Kg/ha pour le soja + 2 400 à 3 000 Kg/ha de sorgho en succession annuelle (implanté par semis avion ou semis direct),
- 4 000 à 5 000 Kg/ha pour le maïs en rotation avec soja.

— Influence des modes de gestion des sols et des cultures, sur les performances économiques des systèmes —

(*) *Résultats reproductibles*

□ **Les systèmes de monoculture de soja et riz**, conduisent à la faillite, quelque soit le mode de travail du sol ; parmi les modes de travail du sol expérimentés, le labour, est celui qui permet de réduire le mieux les pertes financières.

□ **Les systèmes de culture**, sur 3, 4, 5 et 6 ans, qui associent le travail profond avant la culture principale soja, riz pluvial, avec un semis direct sur la culture de succession annuelle (sorghos), procurent les marges nettes/ha annuelles et interannuelles les plus élevées et les plus stables, malgré des coûts de production extrêmement fluctuants dûs à la succession de divers plans de restructuration économique (1)

• La production par hectare, nécessaire pour couvrir les coûts de production de soja, a ainsi varié, entre 1987 et 1992, d'un minimum de 1 560 Kg en 1988 à un maximum de 2 190 Kg en 1992. Au cours de la même période, pour le riz pluvial, la production/ha pour couvrir les coûts a varié d'un minimum de 1 440 Kg à un maximum de 2 510 Kg.

(1) Successivement : Plan "Collor" - Plan "Cruzado" - Plan "Real".

• Durant la période 1987/91, les marges nettes moyennes les plus élevées ont été obtenues sur les systèmes alternant une seule culture annuelle, avec 2 cultures en succession l'année suivante :

- riz + sorgho / soja / riz + sorgho
- soja + sorgho / riz / soja + sorgho

Les marges varient entre 100 et plus de 200 US\$/ha, avec les prix réels payés dans la région.

□ **Une simulation des performances** (recettes et coûts/ha), en fonction des prix minimums (**non garantis, en réalité**), de prix moyens, et de prix élevés, avec 2 taux d'intérêts très différents appliqués au crédit : 12%/ an ("Plan Collor"), et 48%/an (Plan "Real"actuel), montre :

- avec les productivités dominées et reproductibles entre 1987 et 1990, seuls les prix élevés (13 US\$/sac de riz pluvial et de soja) garantissent des marges toujours positives, comprises entre 100 et 300 US\$/ha avec des taux d'intérêts élevés (+ 48%/an),

- les marges les plus stables comme les productivités, sont toujours obtenues avec la fertilisation minérale de correction forte, immédiate (1 500 Kg/ha de thermophosphate/3 ans ⇨ 5 cultures).

— Influence des modes de gestion des sols et des cultures sur la capacité des équipements mécanisés, leur flexibilité d'utilisation —

(*) *Résultats reproductibles -*

□ **L'optimisation de la capacité des machines, de leur flexibilité**, est obtenue, en pratiquant les systèmes qui alternent une seule culture annuelle, avec deux cultures en succession l'année suivante :

• Les temps consacrés à la préparation des sols passent de 60 à 80 jours sur le système de monoculture traditionnel, à 135 jours pour ces systèmes,

• De même, les temps de récolte passent de 80 jours, à plus de 130-140 jours.

Outre, une capacité des équipements de 50 à 70% supérieure avec les nouveaux systèmes, la surface plantée augmente de 50%, avec le même parc de machines de départ, exceptée la substitution d'offsets par des charrues à socs et des scarificateurs (1).

— Diffusion des technologies dans les états du Centre Ouest —

(*) *Diffusion réalisée surtout à partir de jours de champ démonstratifs, conférences, télévision, presse -*

□ **L'impact des technologies** (2) a été évalué par voie d'enquêtes en 1989 et 1990 dans les états du Centre Ouest sur des échantillons, respectivement de 42 664 et 17 123 hectares.

(1) Scarificateurs ⇨ Type chisel à dents rigides, ou vibrantes par ressorts fixés au châssis.

(2) CIRAD-CA/CNPAF-EMBRAPA - 1989 et 1990 - états du Centre Ouest du Brésil.

- Les résultats, montrent une très large diffusion de modes de gestion des sols et des cultures, combinés ou non à de nouvelles variétés, sur une distance de plus de 1 500 Km, à partir des unités expérimentales du Mato Grosso où on été créées les innovations technologiques.
- 6 entreprises se lancent dans la fabrication de charrues.
- Les surfaces labourées sont estimées à plus de 360 000 hectares en 1989, (Séguy L., Bouzinac S. et al., 1989,1990).

□ **Les performances moyennes des technologies** obtenues en milieu réel, leur classement, sont conformes à ceux obtenus sur les unités expérimentales du CIRAD-CA/ EMBRAPA, de la Fazenda Progresso au Mato Grosso.

□ **Ces résultats obtenus** sur une très vaste échelle géographique, recoupant un grande diversité climatique, montrent :

- La fiabilité de l'outil de recherche-développement,
- La très large portée des technologies créées, bien au delà de leur aire de mise au point (*les mêmes outils engendrent les mêmes contraintes agronomiques, à des variations de temps près, fonctions du sol x climat x qualité de la gestion du sol*).

— Analyse de l'évolution après 6 ans, des propriétés physico-chimiques et biologiques des sols —

□ **La pérennisation de la matrice de systèmes de culture**, sur 6 ans a permis de suivre l'évolution des divers paramètres physico-chimiques sur une période climatique longue (1).

□ **Les analyses de sols effectuées** après 6 ans d'application continue des divers modes de gestion des sols et des cultures (donc objectivement et rigoureusement comparés et évalués sous les mêmes conditions pédoclimatiques), mettent en évidence :

- En se référant à l'évolution croissante des productivités pour les meilleurs systèmes (2 cultures/an alternées avec une seule culture l'année suivante, et son inverse), des intervalles de recommandations ont pu être définis pour les paramètres chimiques en vue d'objectifs de rendements précis. Parmi les paramètres, le taux de saturation revêt une importance particulière (gestion de l'acidité, fourniture Ca, Mg, micro-éléments) ⇒ un taux de saturation, à partir de 40% est suffisant pour atteindre de hautes productivités reproductibles, avec le matériel végétal utilisé.

- Le résultat le plus important concerne l'évolution de la matière organique ⇒ les teneurs en M.O. les plus basses, après 6 ans, sont mesurées sous le labour profond continu. Même la réincorporation annuelle de fortes biomasses de cellulose et lignine ne suffit pas, dans ces conditions pédoclimatiques, à freiner la perte d'humus du sol. Le taux de M.O., voisins de 2% au départ de l'étude, chutent à moins de 1% après 6 ans ⇒ le labour profond, accroît le taux de minéralisation de la M.O. (le taux de minéralisation annuel dépasse probablement, 5%).

Seuls les systèmes de semis direct continu, avec 2 cultures en succession annuelles, ou à base de céréales cultivées sur couverture de *Calopogonium m.*, permettent d'inverser cette chute ⇒ le taux de M.O. augmente dans l'horizon 0-30 cm, après 6 ans.

(1) D'où l'importance de la pérennisation des modes de gestion des sols et des cultures ⇒ vision rigoureuse de leur évolution ⇒ la mémoire vive de l'évolution, depuis le départ, qui conserve toutes les étapes du changement technico-agronomique au cours du temps.

— Conclusions principales des cette phase de restauration des propriétés physico-chimiques des sols —

□ **Le travail profond du sol** allié à la pratique de rotations et successions de cultures est le chemin technologique le plus court, le plus rapide, pour restaurer les propriétés physico-chimiques et biologiques, créer un profil cultural profond, sans discontinuité, très rapidement accessible aux racines ⇒ profil régulateur, qui permet d'obtenir le plus rapidement de hautes productivités, stables sur 5-6 ans dans nos conditions pédoclimatiques, de réduire fortement le risque d'érosion, de mieux gérer le potentiel d'adventices, l'incidence des pathogènes et insectes prédateurs.

□ Cependant, **c'est également le mode de gestion du sol qui accélère le plus la minéralisation de la matière organique stable**, favorise le plus les flux descendants et lixivians dans le profil cultural ⇒ ces derniers peuvent être minimisés par la pratique de successions annuelles de cultures dans lesquelles, la 2^{ème} culture implantée en semis direct qui terminera son cycle en saison sèche, joue un rôle recycleur et restructurant.

• Ce résultat essentiel, remet en cause la pérennité de ce mode de travail du sol dans la zone tropicale chaude et humide :

• La perte rapide de la matière organique (⇒ fonctions : garde-manger, phytoprotectrice, structurante, pouvoir de rétention) montre que, à très brève échéance, les objectifs de rendements actuels ne pourront être maintenus qu'à partir de l'accroissement d'intrants chimiques : engrais minéraux, pesticides, soit une augmentation prévisible des coûts de production.

• La pratique du labour profond (x rotations avec fortes restitutions de pailles) ne peut être considérée que comme une technique passagère, temporaire, pour éliminer très rapidement les entraves de nature physique des sols de la zone tropicale chaude et humide.

⇒ **Il faut donc cultiver autrement**, dans ces régions où les conditions pluviométriques sont très agressives pour le milieu. Les techniques de semis direct déjà expérimentées au cours de cette 1^o phase de restauration de la fertilité, montrent la voie, pour produire plus (1), de manière toutefois plus progressive, et préserver la matière organique du sol, voire l'augmenter dans l'horizon de surface ⇒ produire plus, au moindre coût, passe par l'amélioration de cette voie du semis direct.

- Ce sera l'objet principal des chapitres suivants.

(1) Excepté pour le riz pluvial, pour lequel, les techniques de semis direct devront être très largement améliorées notamment dans la recherche constante d'une forte macroporosité durable.

Guide de lecture des tableaux et graphiques relatifs au chapitre "2^{ème}. étape de l'intervention de la recherche-action : la restauration rapide des propriétés physico-chimiques et biologiques du profil cultural"

(*) Séquences logiques et cohérentes de résultats explicatifs, démonstratifs.

⇒ Tableaux et graphiques

• Les étapes de la restauration de la fertilité du sol.

• Comment faire ?

• Modélisation → La matrice des systèmes de culture - Fazenda Progresso 1986/92

• Évolution des propriétés physiques sous divers modes de gestion des sols et des cultures - Centre Ouest - 1987/88

• Propriétés chimiques sous divers modes de gestion des sols et des cultures - Centre nord Mato Grosso - 1989

• Évolution dans le temps, des concentrations dans la solution du sol, de Ca, Mg et K x 3 profondeurs x modes de gestion du sol - Goiânia - 1985/86

• Concentrations de K, Ca et Mg dans le profil cultural sous 2 modes de gestion x 2 époques du cycle du riz pluvial - Goiânia - 1985/86

• Descente du front racinaire du riz pluvial, sur ouverture de terre neuve - 1987/91

• Densités racinaires du riz pluvial sous divers modes de gestion de sols ferrallitiques

• Relations : propriétés physiques du profil, composantes du rendement, productivités soja et riz, adventices - Fazenda Progresso - 1987/91

• Analyse en composantes principales (ACP) des variables explicatives de la productivité sur soja, riz - Fazenda Progresso - 1987/89

• Classement interannuel des modes de gestion du sol sur la productivité relative du soja et du riz - Fazenda Progresso - 1987/91

— À retenir —

• Construction d'une matrice pérennisée des systèmes de culture, conduite en conditions d'exploitation réelles, qui permet de comparer un large éventail de systèmes de culture, sur la même période climatique ⇒ l'offre technologique diversifiée

• Les modes de gestion des sols et des cultures, identifiés comme les facteurs les plus limitants sont les composantes principales des systèmes.

• Le travail profond du sol (labour au soc, scarification) est la pratique la plus rapide pour décompacter le profil cultural, recréer une forte macroporosité, redistribuer les bases, P, la M.O., en profondeur.

• Le travail profond du sol, construit un système ouvert vers la profondeur, dans lequel les flux verticaux sont rapides : eau, bases.

• À l'inverse, le discage continu provoque une forte compaction en surface et facilite la circulation superficielle des fluides (donc l'érosion), concentre M.O., bases, P en surface.

• Les systèmes racinaires des cultures principales riz et soja sont toujours beaucoup plus développés sur travail profond, excepté sur soja où le semis direct, à partir de la 3^{ème} année conduit également à un puissant enracinement, profond.

• Au contraire, le discage continu, concentre les systèmes racinaires en surface.

• Les productivités des cultures riz, soja sont corrélées positivement à la densité racinaire en profondeur, la vitesse d'infiltration de l'eau.

• Sur riz pluvial, meilleur traitement ⇒ labour profond au soc, le pire ⇒ discage.

• Sur soja, travail profond > semis direct les 2 premières années, ensuite : semis direct > travail profond.

-- continuation --

⇒ **Tableaux et graphiques**

• Évolution de la productivité annuelle du riz pluvial, soja - Fazenda Progresso 1987/91

• Productivités moyennes du riz pluvial (5 ans) et du maïs (6 ans) - Fazenda Progresso - 1987/91

• Effet moyen, sur 6 ans, de modes de gestion des sols et des cultures, sur la productivité du soja - Fazenda Progresso 1986/92

• Productivités nécessaires pour couvrir les coûts de production du soja et du riz - Fazenda Progresso 1987/95

• Performances économiques des systèmes de culture - Fazenda Progresso 1987/91

• Productivité des meilleures rotations - Fazenda Progresso , 1987/90

• Performances économiques réelles et simulées - Fazenda Progresso 1987/90

• Passage du système initial de monoculture de soja x discage continu aux meilleurs systèmes soja x céréales - Performances techniques - Fazenda Progresso - 1989

• Performances des technologies adoptées par les producteurs du Centre Ouest - Enquêtes - 1989

• Performances des technologies adoptées par les producteurs du Centre Ouest - Enquêtes - 1990

-- **À retenir** --

• *Le travail profond permet d'augmenter la productivité moyenne du riz pluvial de plus de 67% par rapport au discage et 87% par rapport au semis direct, sur 5 ans.*

• *Le travail profond et le semis direct, procurent des augmentations moyennes de rendements du soja supérieures à 80%, sur 6 ans, par rapport à celles obtenues sur discage x monoculture.*

• *Le maïs répond peu aux modes de travail du sol.*

• *Les meilleurs systèmes permettent des productivités : de 3 200 à 4 000 Kg/ha de riz, de 3 000 à 3 800 Kg/ha de soja + 2 000 à 2 500 Kg/ha de sorgho en succession annuelle.*

• *Les coûts de production interannuels sont très fluctuants et peuvent varier de plus de 40% pour le soja, de 75% pour le riz.*

• *Les meilleures marges nettes sont obtenues avec les systèmes alternant une seule culture annuelle avec 2 cultures annuelles en succession, l'année suivante. Elles varient de 100 à plus de 300 US\$/ha, en fonction de la conjoncture économique.*

• *Avec les meilleurs systèmes, la capacité du parc de machines augmente de plus de 50%, la surface cultivée annuelle également.*

• *Les résultats de la diffusion des technologies évalués sur des dizaines de milliers d'hectares dans divers états du Centre Ouest, montrent que les performances des modes de gestion des sols et des cultures, leur classement interannuel, sont conformes à ceux obtenus sur les matrices systèmes du Mato Grosso ⇒ fiabilité de l'outil de recherche pour le développement de l'agriculture mécanisée du Centre-Ouest brésilien.*

-- continuation --

⇒ **Tableaux et graphiques**

• Analyses chimiques du profil cultural, après 6 ans de restauration de la fertilité - Fazenda Progresso 1986/92.

• Intervalles de recommandations (paramètres chimiques).

• Évolution du taux de matière organique totale, sur 6 ans, en fonction des modes de gestion des sols et des cultures. Fazenda Progresso - 1986/92.

• Le travail profond du sol, de fin de cycle, recommandation au développement, comme technique temporaire.

• Évolution des sols ferrallitiques sous monoculture de soja x discage continu - synthèse 1986/92.

• Évolution de la fertilité à moyen et long termes.

• Les limites du transfert de technologies Nord-Sud.

-- **À retenir** --

• *Propriétés chimiques satisfaisantes.*

• *Conseil de gestion sur paramètres chimiques pour objectifs de rendements précis.*

• *Perte inexorable de l'humus sur 6 ans, avec labour profond au soc → 1% de perte de M.O. totale sur 6 ans, soit 50% de la teneur initiale.*

• *Une technologie de grande capacité, mais à ne recommander que 1 an ou 2, pour éliminer les entraves physiques du profil cultural, le préparer pour recevoir le semis direct.*

(*) *Technique donc de correction rapide, à renouveler chaque fois que la compaction du profil devient fortement limitante pour la production.*

• *Partant du milieu naturel (cerrados) on part d'entraves de nature chimique et on passe à des limitations physiques lorsque des modes de gestion inadéquates des sols sont utilisés.*

• *La perte continue d'humus avec les techniques (même adaptées) des pays développés, condamne leur utilisation à moyen et long termes.*

- *Le labour ne peut être utilisé que temporairement pour éliminer les entraves de nature physique.*

LES ÉTAPES DE LA RESTAURATION DE LA FERTILITÉ DU SOL

- EN DIRECTION DU SEMIS DIRECT
- EN DIRECTION DE LA GESTION RATIONNELLE, À BAS COÛT, DES RESSOURCES NATURELLES

"Tirer profit de tout ce que la nature peut offrir, tout en préservant le capital-sol et sa fécondité, à moindre coût, pour minimiser l'utilisation onéreuse de pesticides et d'engrais chimiques" - L. Séguy - 1995

COMMENT FAIRE ?

COURT TERME

1^{ère} ÉTAPE



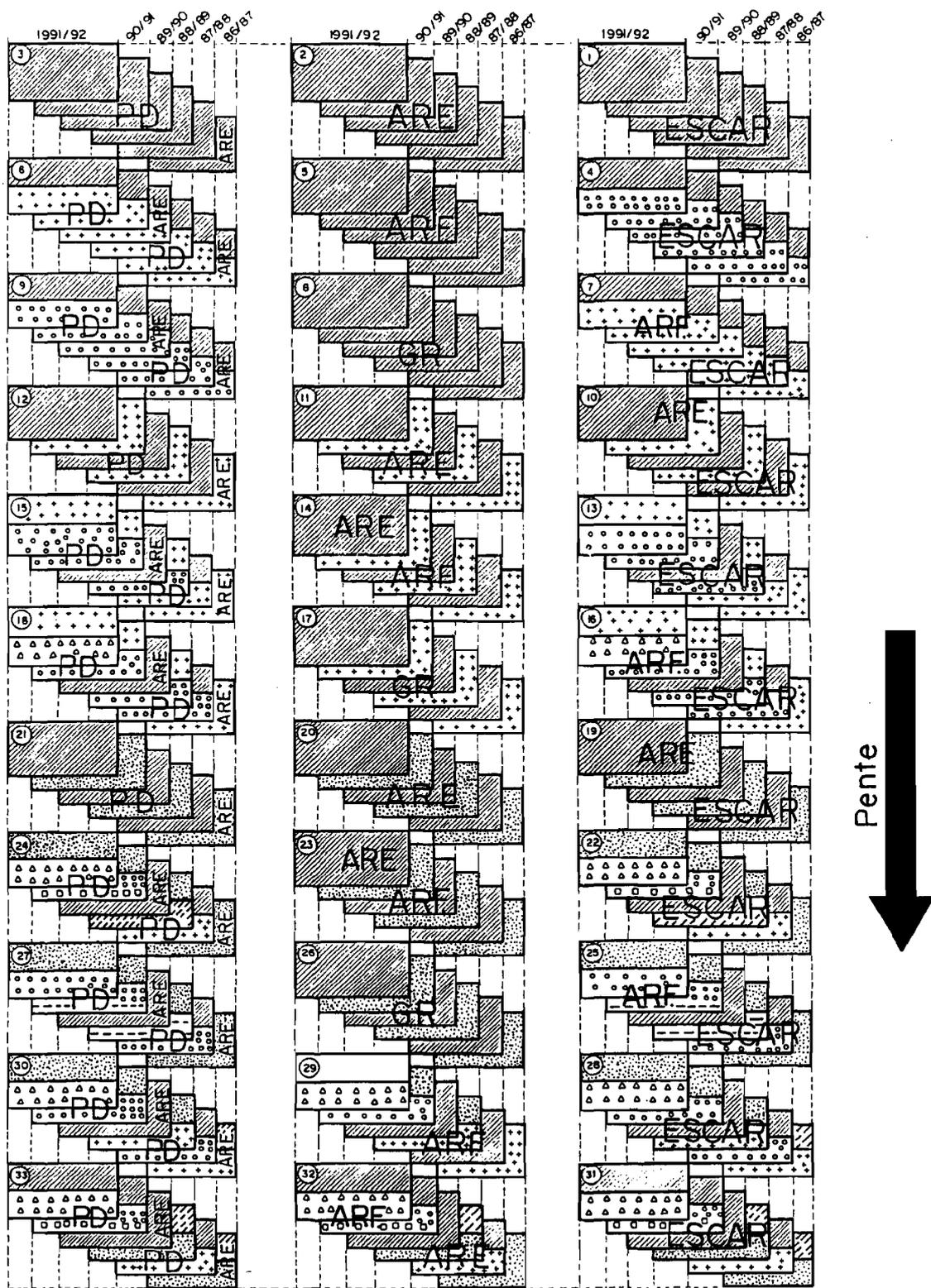
RESTAURER LA FERTILITÉ DU PROFIL CULTURAL

- **ÉLIMINER**
 - HORIZONS COMPACTÉS**
 - ADVENTICES PÉRENNES**
- **REDISTRIBUER LES BASES (Ca, Mg, K), P₂O₅ EN PROFONDEUR**
- **RÉACTIVER LA VIE BIOLOGIQUE**
 - ROTATIONS ET SUCCESSIONS**
 - INTÉGRATION "PRODUCTION GRAINS-ÉLEVAGE"**

**PRÉPARER
LE PROFIL
POUR RECEVOIR
LE SEMIS DIRECT**

•MODELISATION → LA MATRICE DES SYSTEMES DE CULTURE - 1986/92

APRÈS 4 ANS MONOCULTURE SOJA



LEGENDE →

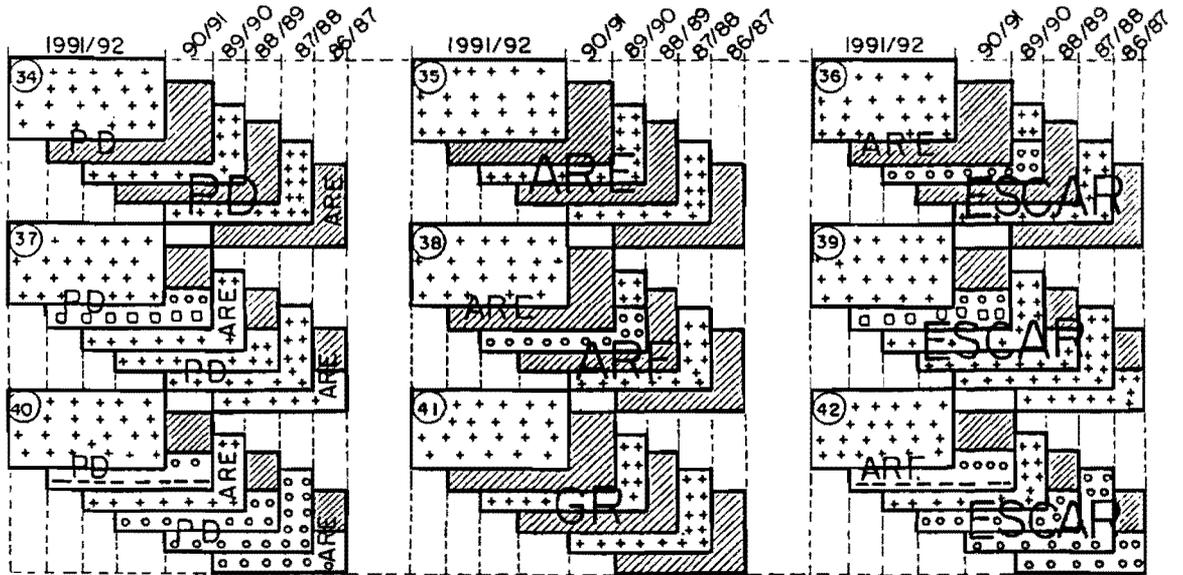
SOJA	CALOPOGONIUM M.	1 ^{re} Culture	Succession annuelle de cultures
MAÏS	CAJANUS C.	2 ^e Culture	
RIZ	DOLICHOS	Une seule culture annuelle	
SORGHO	MIL		

[PD]: Semis direct
 [ARE]: Labour profond - début des pluies
 [ARE]: Labour profond - fin de cycle
 [ESCAR]: Scarification profonde

• MODELISATION → LA MATRICE DES SYSTEMES DE CULTURES -1986/92

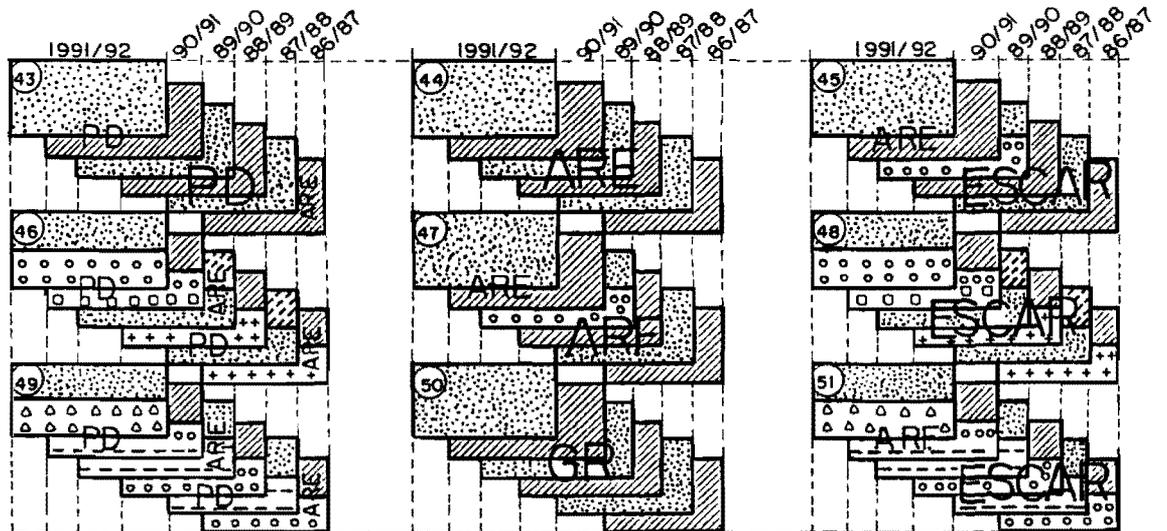
APRÈS 3 ANS MONOCULTURE SOJA + 1 AN MAÏS

Pente



APRÈS 3 ANS MONOCULTURE SOJA + 1 AN RIZ

Pente



- | | | | |
|--------|-----------------|----------------------------|-----------------------------------|
| SOJA | CALOPOGONIUM M. | 1 ^{re} Culture | } Succession annuelle de cultures |
| MAÏS | DOLICHOS | 2 ^e Culture | |
| SORGHO | MIL | Une seule culture annuelle | |
| RIZ | CAJANUS C. | | |

PD: Semis direct

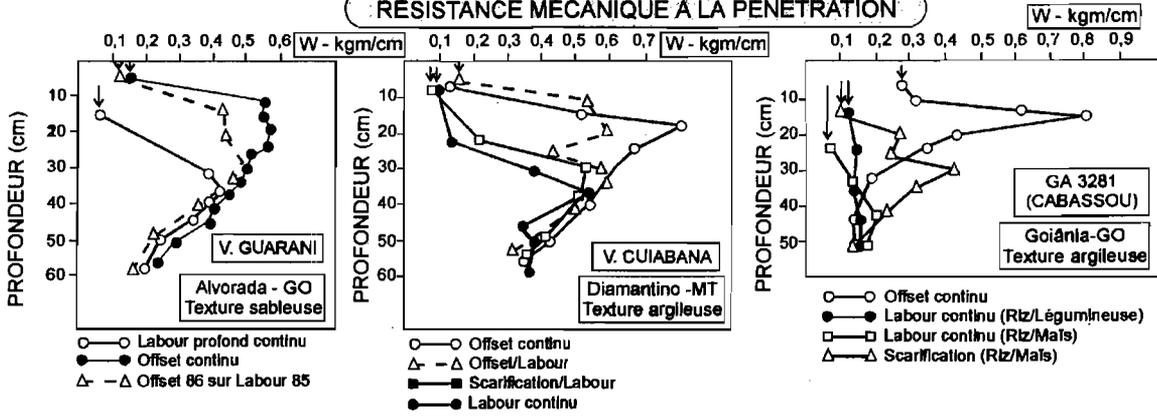
ARE: Labour profond début des pluies

ARF: Labour profond fin de cycle

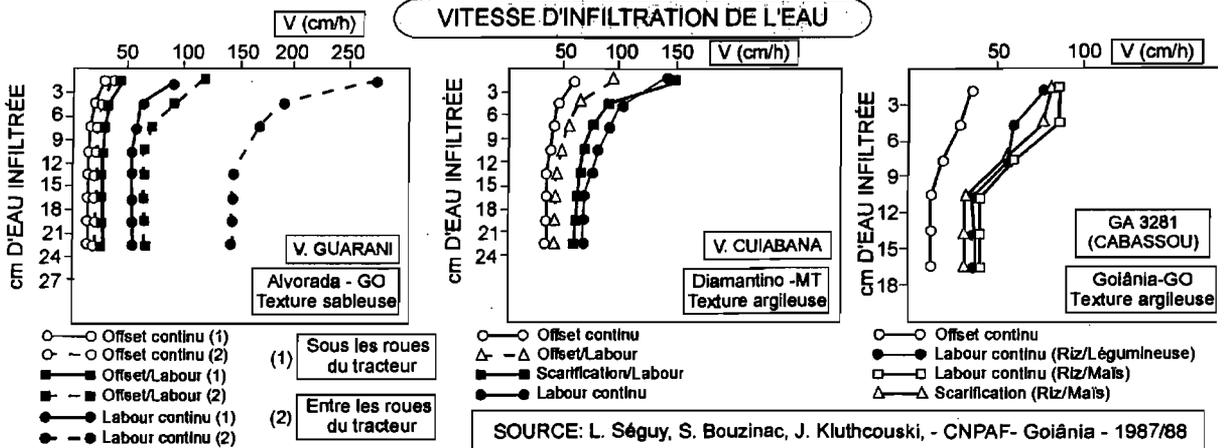
ESCAR: Scarification profonde

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DE SOLS FERRALLITIQUES DU CENTRE-OUEST BRÉSILIEN
SOUS DIVERS MODES DE GESTION DU SOL

RÉSISTANCE MÉCANIQUE À LA PÉNÉTRATION

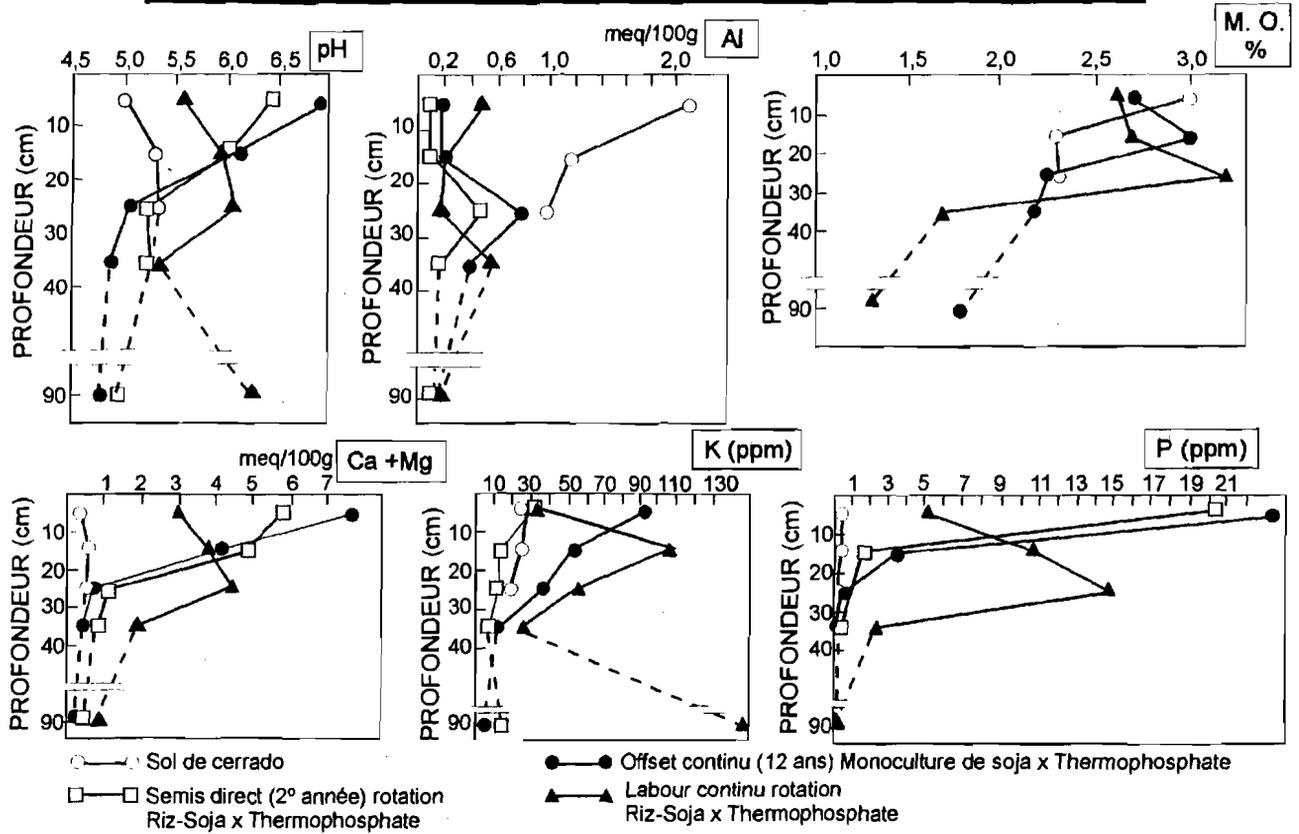


VITESSE D'INFILTRATION DE L'EAU

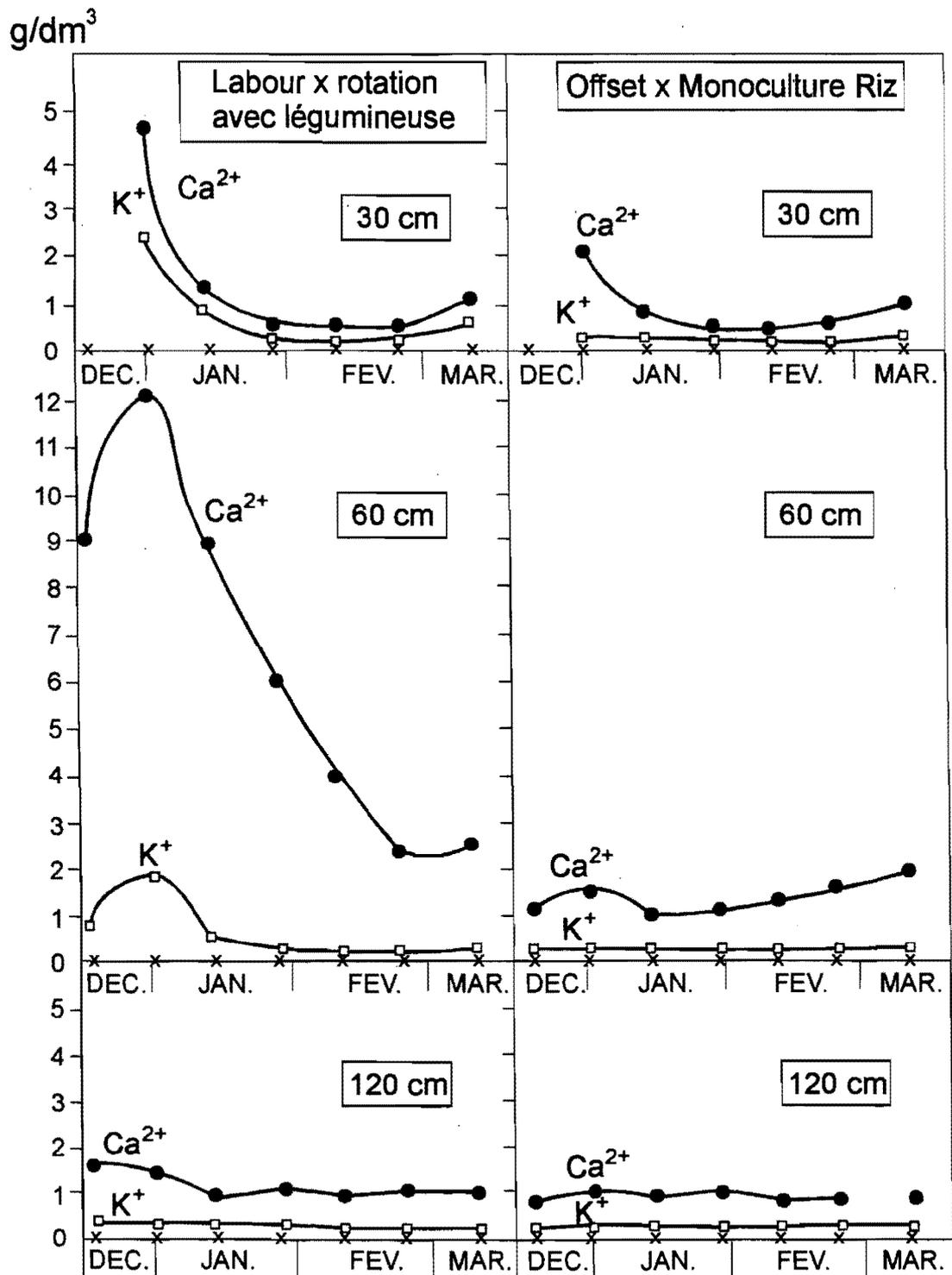


SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, J. Kluthcouski, - CNPAF- Goiânia - 1987/88

ÉVOLUTION DES PROPRIÉTÉS CHIMIQUES, EN SOLS FERRALLITIQUES DES CERRADOS HUMIDES DU CENTRE NORD MATO GROSSO (BRÉSIL), SOUS DIVERS MODES DE GESTION DES SOLS ET DES CULTURES



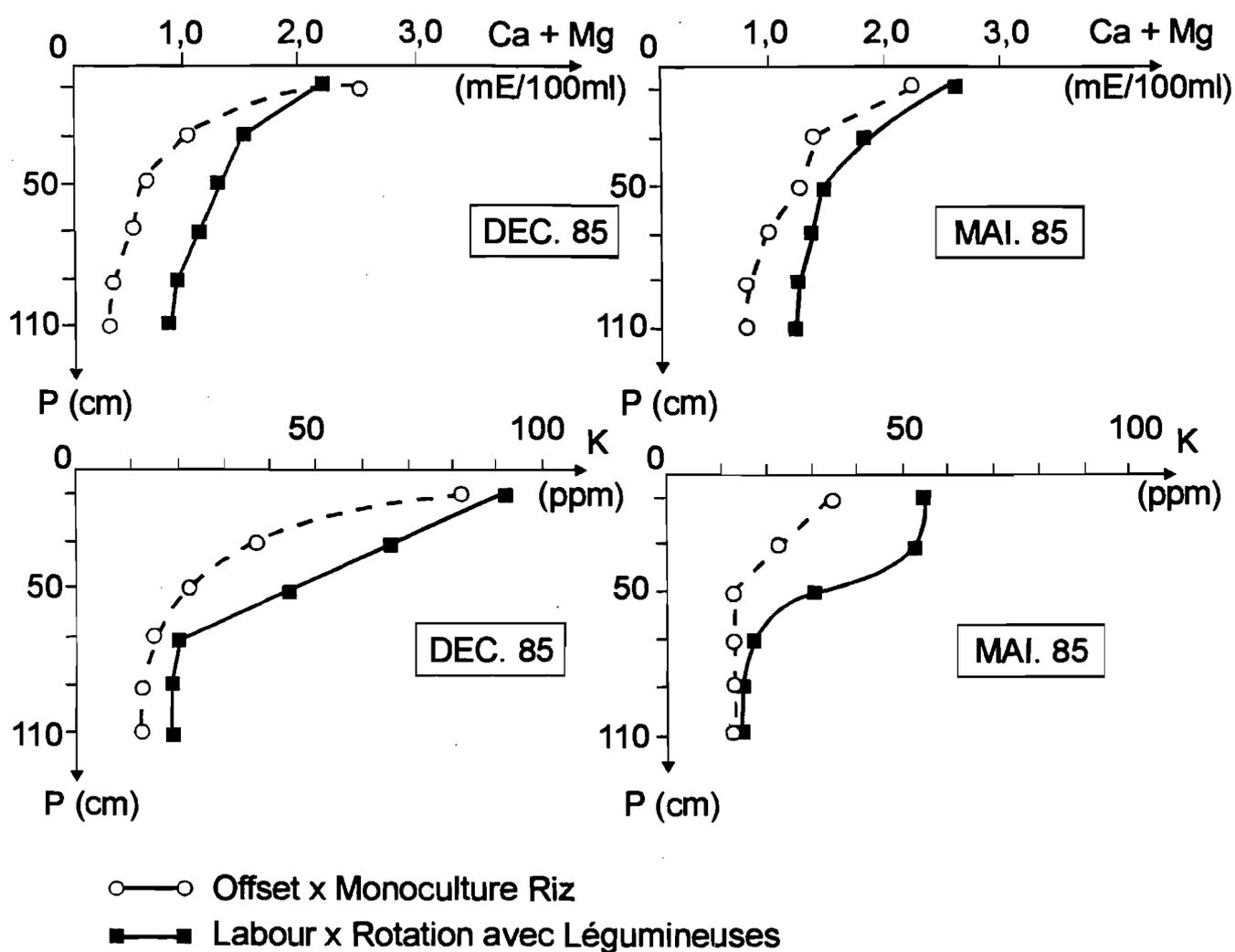
SOURCE: L. S. Séguy, S. Bouzinac, et al., - CNPAF/EMBRAPA- Goiânia-GO, 1989



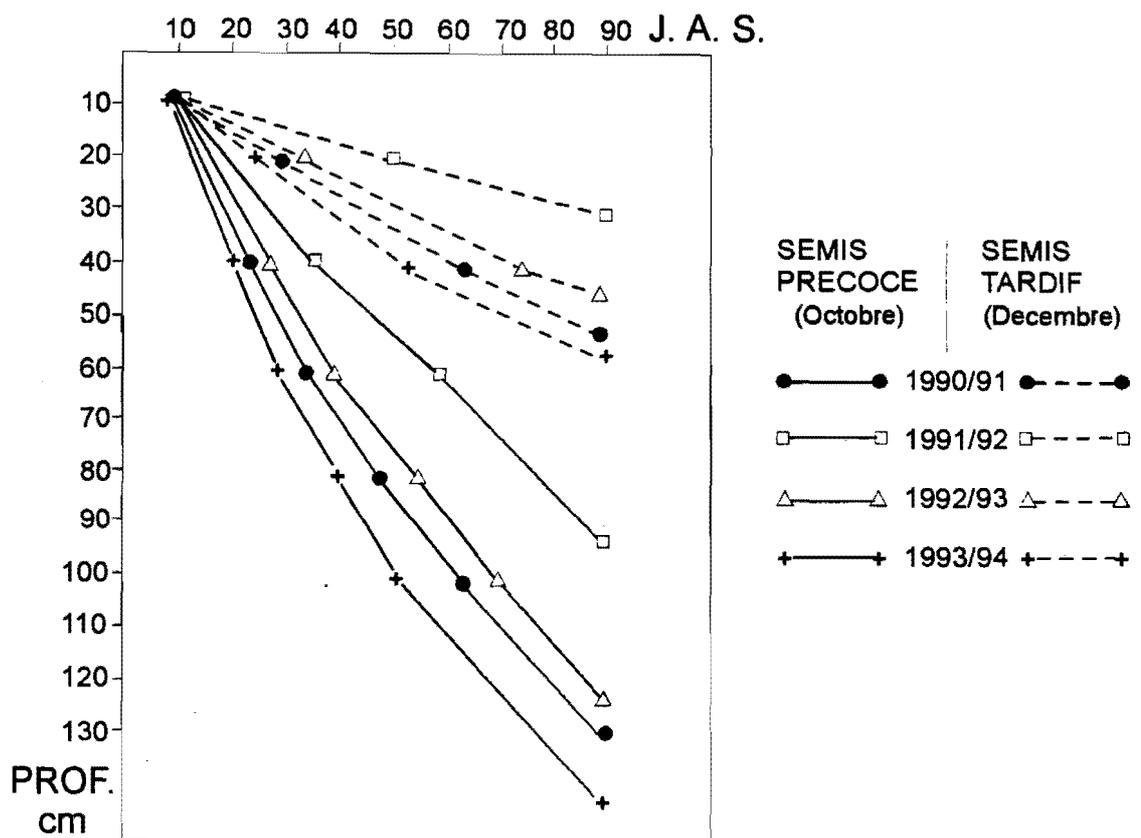
ÉVOLUTION DANS LE TEMPS DES CONCENTRATIONS DANS LA SOLUTION DU SOL DE Ca ET K À TROIS PROFONDEURS SOUS 2 MODES DE GESTION - SOL FERRALLITIQUE ROUGE FONCÉ.

• SOURCE: M. de Raissac., A. Moreira., - CNPAF - Goiânia - 1985/86

CONCENTRATIONS K, Ca + Mg, DANS LE PROFIL CULTURAL, SOUS 2 MODES DE GESTION DU SOL, À 2 ÉPOQUES DU CYCLE CULTURAL DU RIZ PLUVIAL



SOURCE: M. de Raissac., A. Moreira., - CNPAF, Goiânia - 1985/86



■ **Descente du front racinaire riz pluvial
(Cv. CIAT 20), sur ouverture terre neuve**

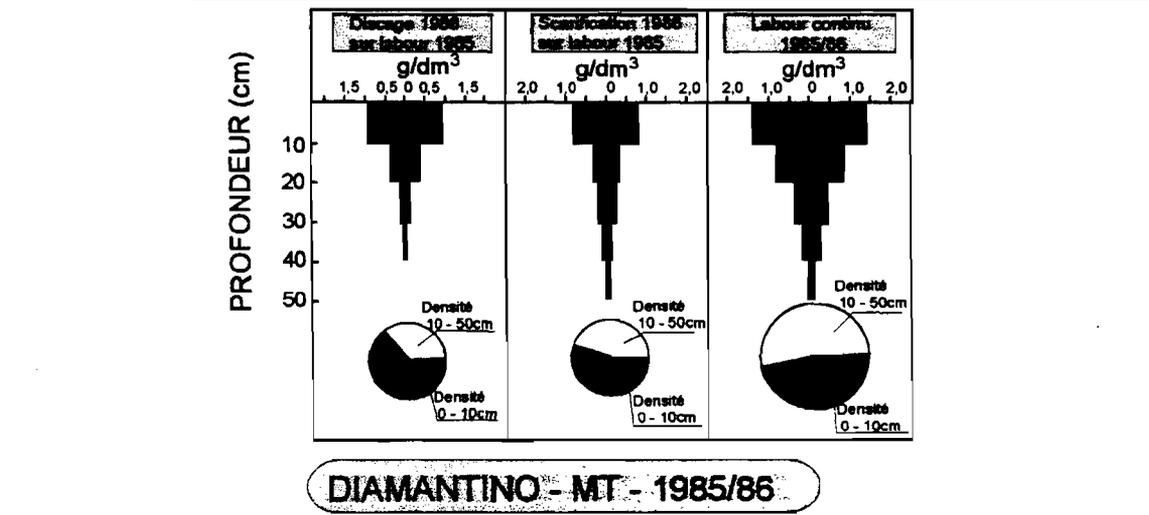
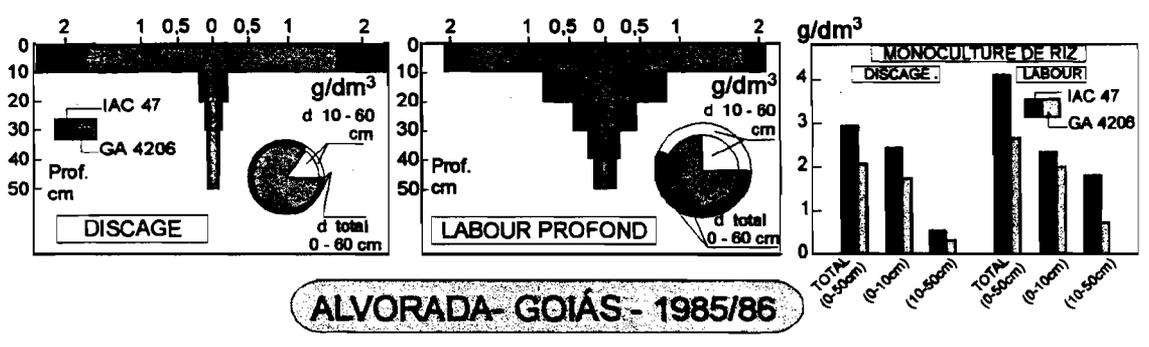
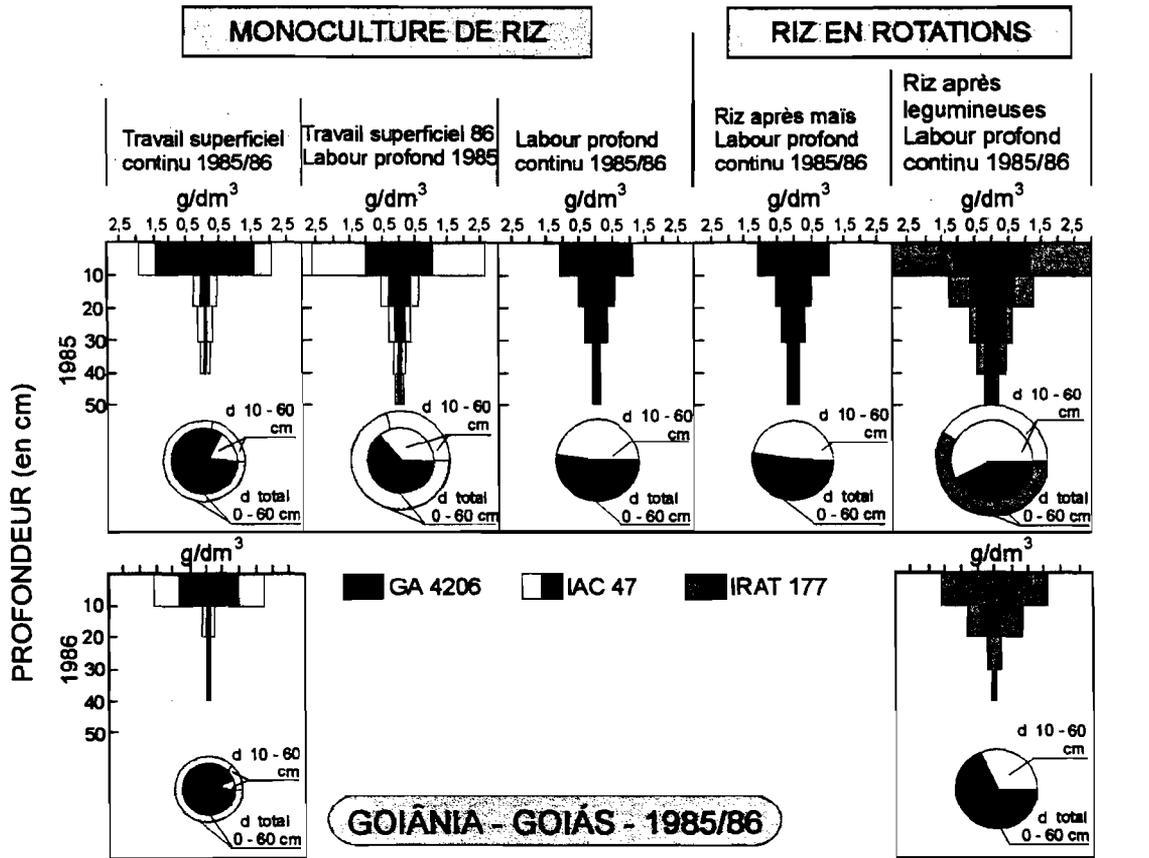
● **Correction phosphatée de fort niveau**

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, et al., -Fazenda Progresso
Lucas do Rio Verde MT 1990/94

DENSITÉS RACINAIRES DU RIZ PLUVIAL SOUS DIVERS MODES DE GESTION DE SOLS FERRALLITIQUES DU CENTRE-OUEST BRÉSILIEN, EN ÉCOLOGIES=

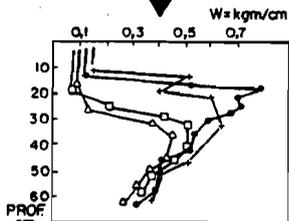
- À fort risque climatique → ALVORADA - GOIÁS
- À risque climatique modéré → GOIÂNIA - GOIÁS
- Favorable, sans risque climatique → DIAMANTINO - MATO GROSSO

1984-87 SOURCE = L. Séguy, S. Bouzinac - CIRAD-CA
CNPAP/EMBRAPA - FAZ. Progresso



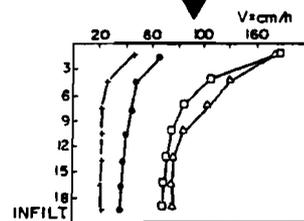
I - ROTATION - RIZ - SOJA - 1987/88

RIZ

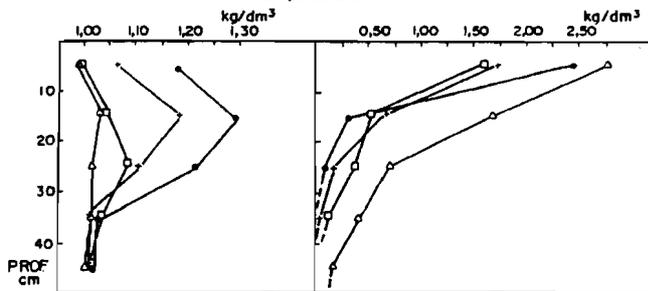


1- Résistance mécanique à la pénétration

SOJA

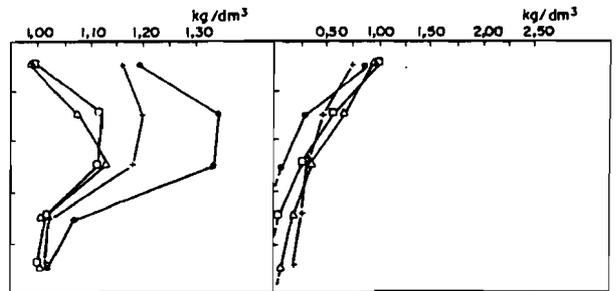


2- Vitesse d'infiltration de l'eau



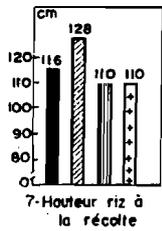
3- Densités apparentes sous riz

4- Densités racinaires du riz pluvial

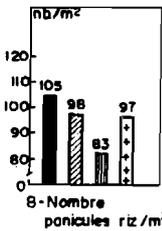


5- Densités apparentes sous soja

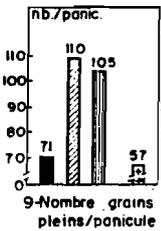
6- Densités racinaires du soja



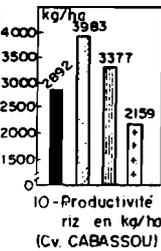
7- Hauteur riz à la récolte



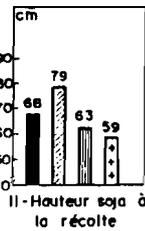
8- Nombre panicules riz/m²



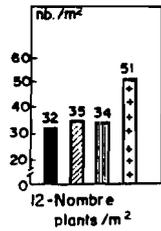
9- Nombre grains pleins/panicule



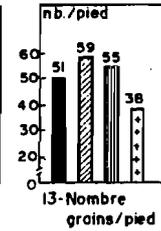
10- Productivité riz en kg/ha (Cv. CABASSOU)



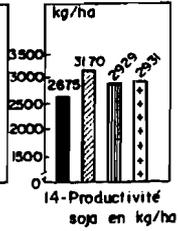
11- Hauteur soja à la récolte



12- Nombre plants/m²



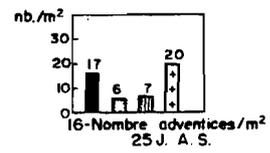
13- Nombre grains/pied



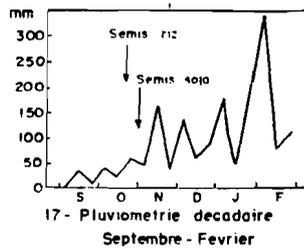
14- Productivité soja en kg/ha



15- Nombre adventices/m² 25 J. A. S.



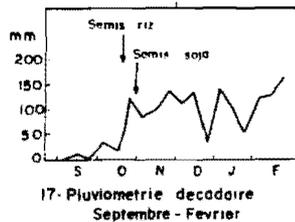
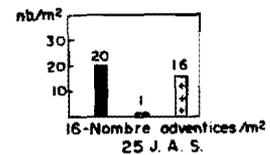
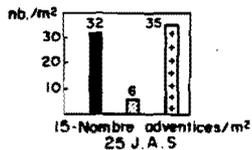
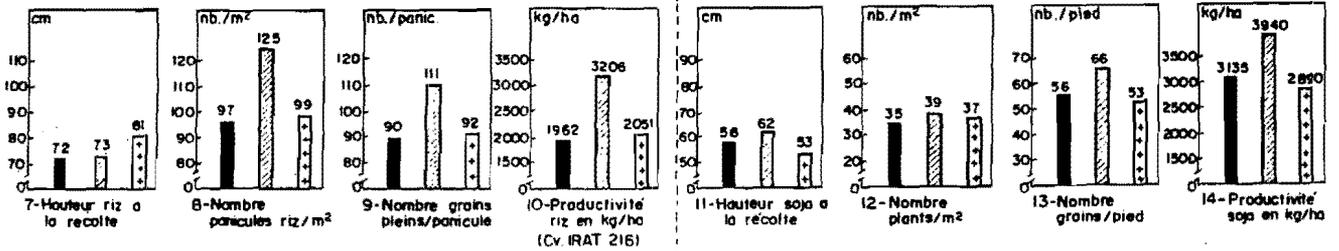
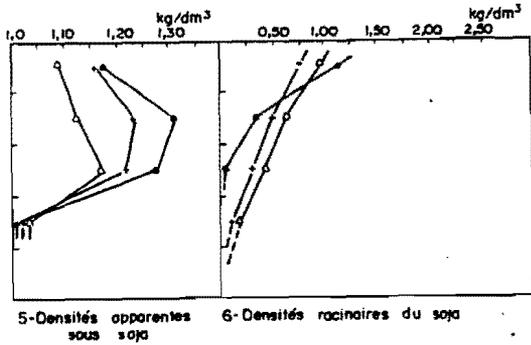
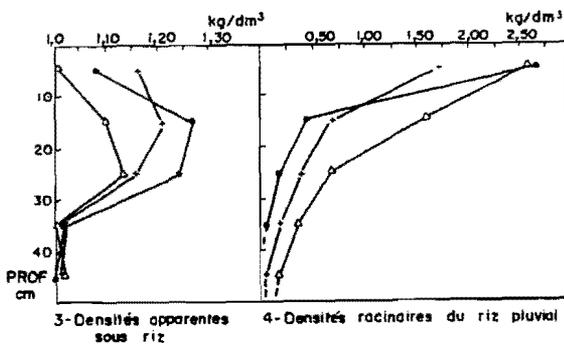
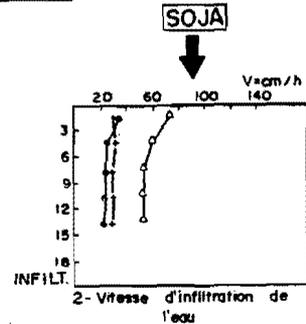
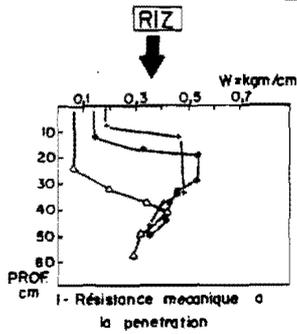
16- Nombre adventices/m² 25 J. A. S.



17- Pluviométrie décaire Septembre - Février

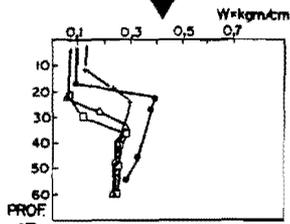
- OFFSET
- LABOUR
- ▨ SCARIFICATION
- ⊕ SEMIS DIRECT

II - ROTATION - RIZ-SOJA - 1988/89



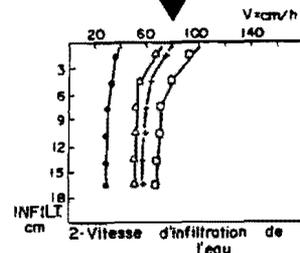
III - ROTATION - RIZ - SOJA - 1989/90

RIZ

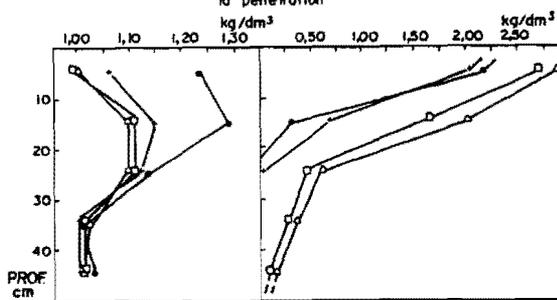


1- Résistance mécanique de la pénétration

SOJA

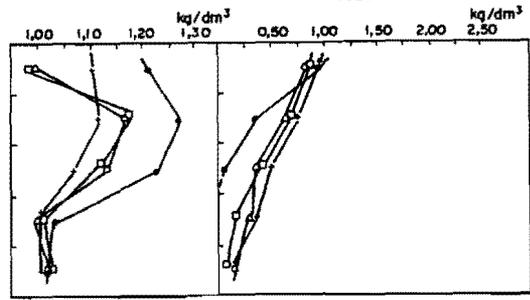


2- Vitesse d'infiltration de l'eau



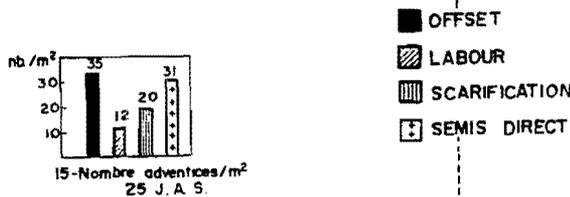
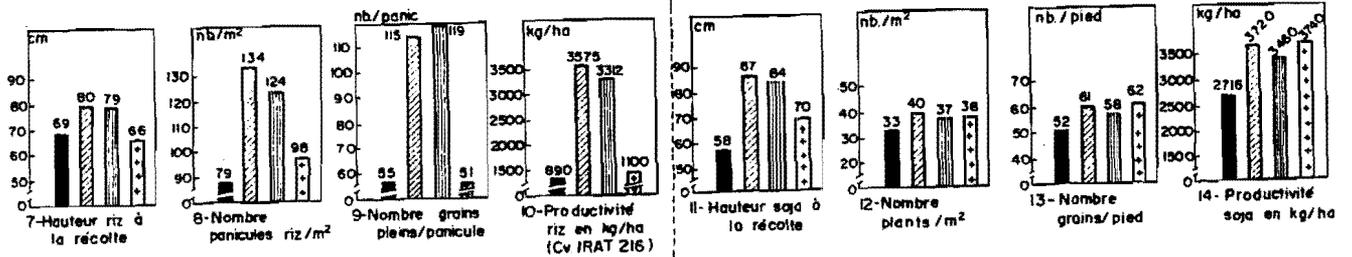
3- Densités apparentes sous riz

4- Densités racinaires du riz pluvial

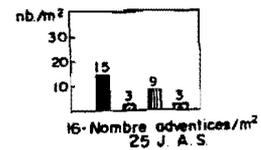


5- Densités apparentes sous soja

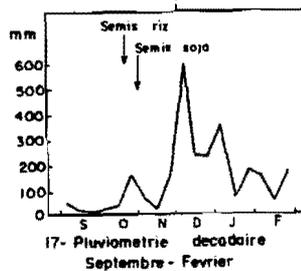
6- Densités racinaires du soja



15- Nombre adventives/m² 25 J. A. S.



16- Nombre adventives/m² 25 J. A. S.

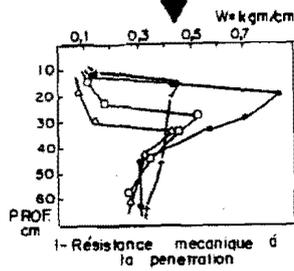


17- Pluviométrie decadaire Septembre - Février

■ OFFSET
 ▨ LABOUR
 ▩ SCARIFICATION
 □ SEMIS DIRECT

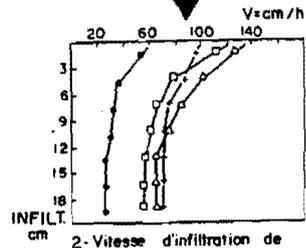
[V-ROTATION - RIZ - SOJA - 1990/91]

RIZ

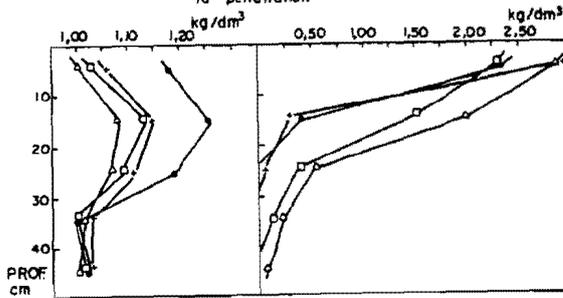


1- Résistance mécanique à la pénétration

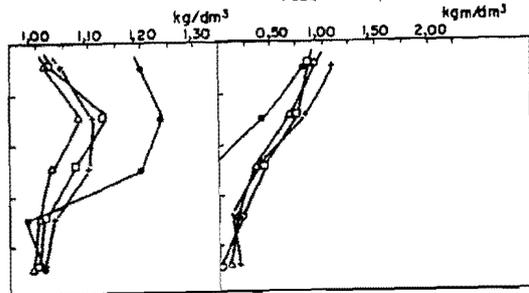
SOJA



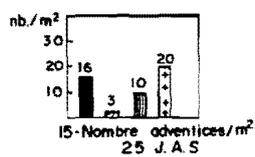
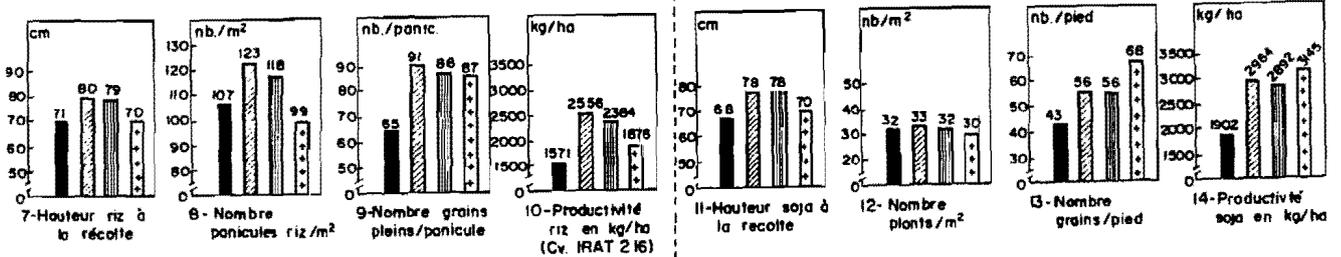
2- Vitesse d'infiltration de l'eau



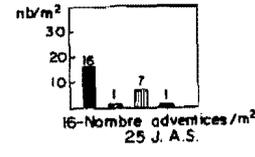
3- Densités apparentes sous riz 4- Densités racinaires du riz pluvial



5- Densités apparentes sous soja 6- Densités racinaires du soja

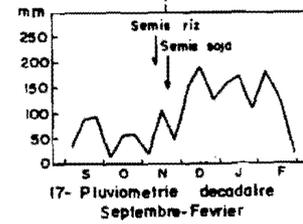


15- Nombre adventives/m² 25 J. A. S



16- Nombre adventives/m² 25 J. A. S.

- OFFSET
- ▨ LABOUR
- ▤ SCARIFICATION
- SEMIS DIRECT



17- Pluviométrie décadaire Septembre-Février

Fig. 7- Analyse en composantes principales (ACP) des variables explicatives sur culture de riz pluvial
FAZENDA PROGRESSO - MT - 1987/88

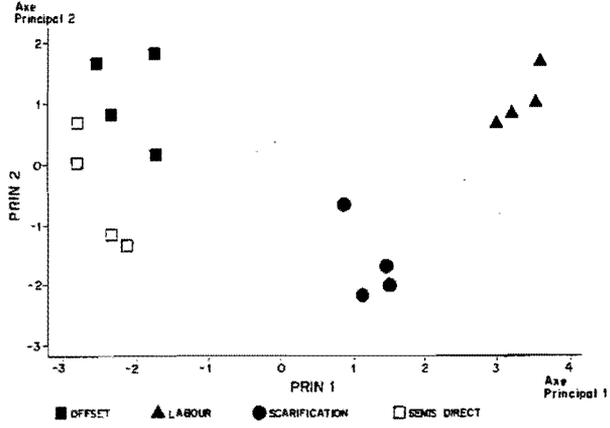
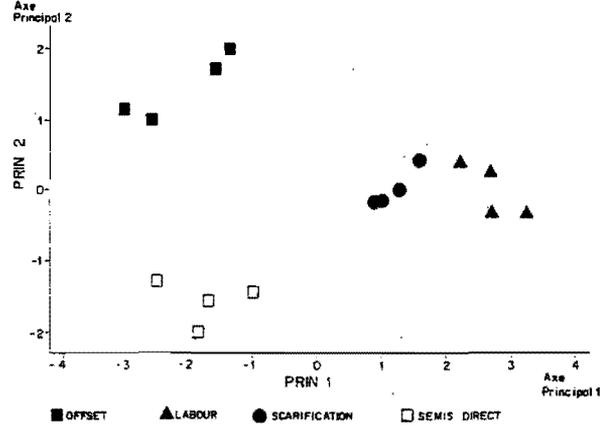


Fig. 8- Analyse en composantes principales (ACP) des variables explicatives, sur culture de Soja
FAZENDA PROGRESSO - MT - 1987/88



□ Analyse en composantes principales (ACP) des variables explicatives sur riz et soja - 1987-89

Fig. 9- Analyse en composantes principales (ACP) des variables explicatives sur culture de riz
FAZENDA PROGRESSO - MT - 1988/89

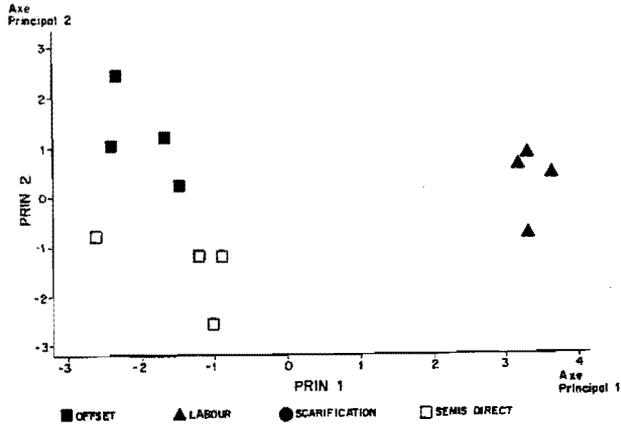
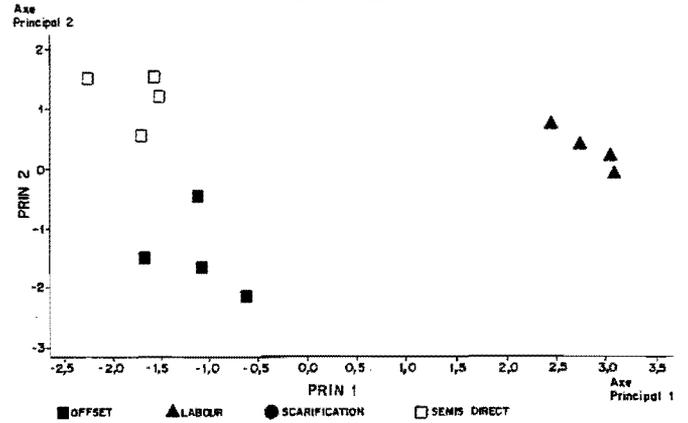


Fig. 10- Analyse en composantes principales (ACP) des variables explicatives sur culture de Soja
FAZENDA PROGRESSO - MT - 1988/89



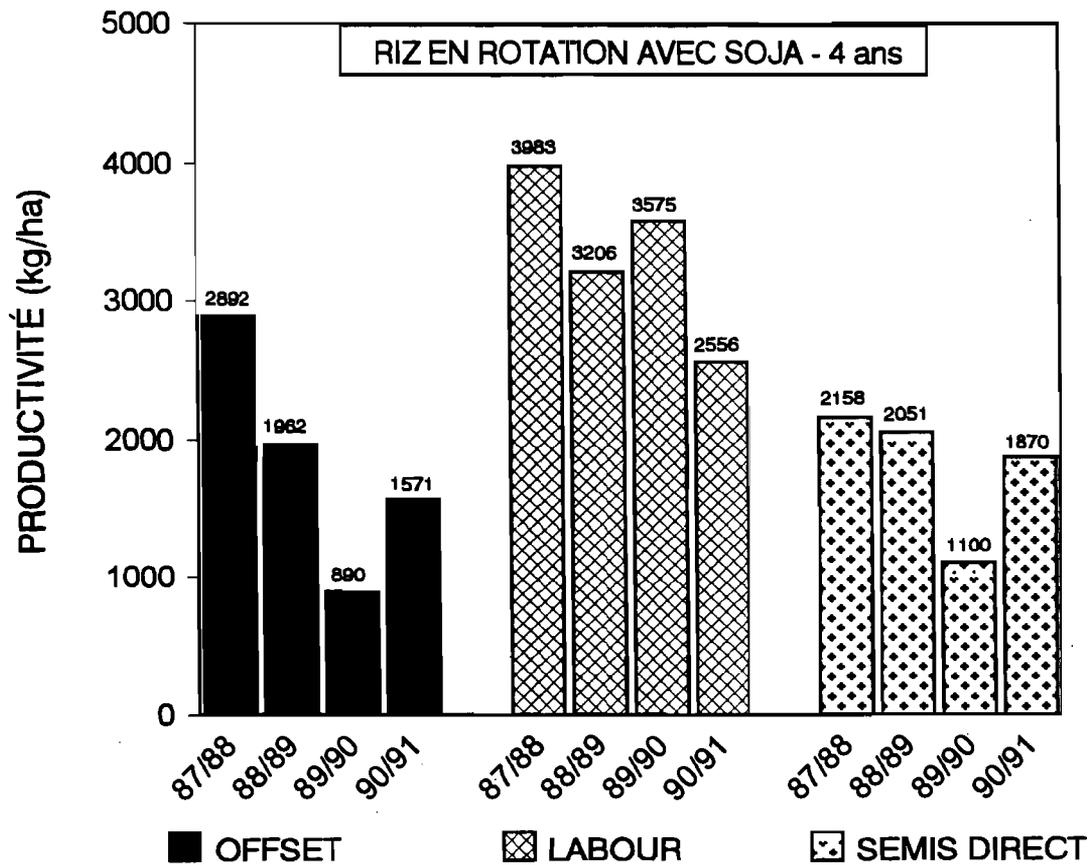
Classement interannuel des modes de travail du sol sur la productivité des cultures de soja et riz - 1987-1991

	SOJA				RIZ PLUVIAL	
	Monoculture		En rotation avec riz		En rotation avec soja	
	Classement décroissant	Productivité relative (1)	Classement décroissant	Productivité relative (1)	Classement décroissant	Productivité relative (1)
1987/88	1 ^o Labour	173	1 ^o Labour	129	1 ^o Labour	175
	2 ^o Scarification	155	2 ^o Scarification	120	2 ^o Scarification	149
	3 ^o Semis direct	139	3 ^o Semis direct	117	3 ^o Offset	100
	4 ^o Offset	100	4 ^o Offset	100	4 ^o Semis direct	94
1988/89	1 ^o Labour	141	1 ^o Labour	126	1 ^o Labour	172
	2 ^o Scarification	132	2 ^o Scarification	109	2 ^o Scarification	155
	3 ^o Semis direct	115	3 ^o Offset	100	3 ^o Semis direct	102
	4 ^o Offset	100	4 ^o Semis direct	92	4 ^o Offset	100
1989/90	1 ^o Labour	119	1 ^o Semis direct	142	1 ^o Labour	402
	2 ^o Scarification	116	2 ^o Labour	141	2 ^o Scarification	372
	3 ^o Semis direct	111	3 ^o Scarification	131	3 ^o Semis direct	124
	4 ^o Offset	100	4 ^o Offset	100	4 ^o Offset	100
1990/91	1 ^o Labour	132	1 ^o Semis direct	165	1 ^o Labour	163
	2 ^o Scarification	125	2 ^o Labour	156	2 ^o Scarification	152
	3 ^o Semis direct	104	3 ^o Scarification	152	3 ^o Semis direct	119
	4 ^o Offset	100	4 ^o Offset	100	4 ^o Offset	100

(1) Par rapport au témoin offset = 100 (Résultats des grandes parcelles)

Source : Séguy L., Bouzinac S., 1991

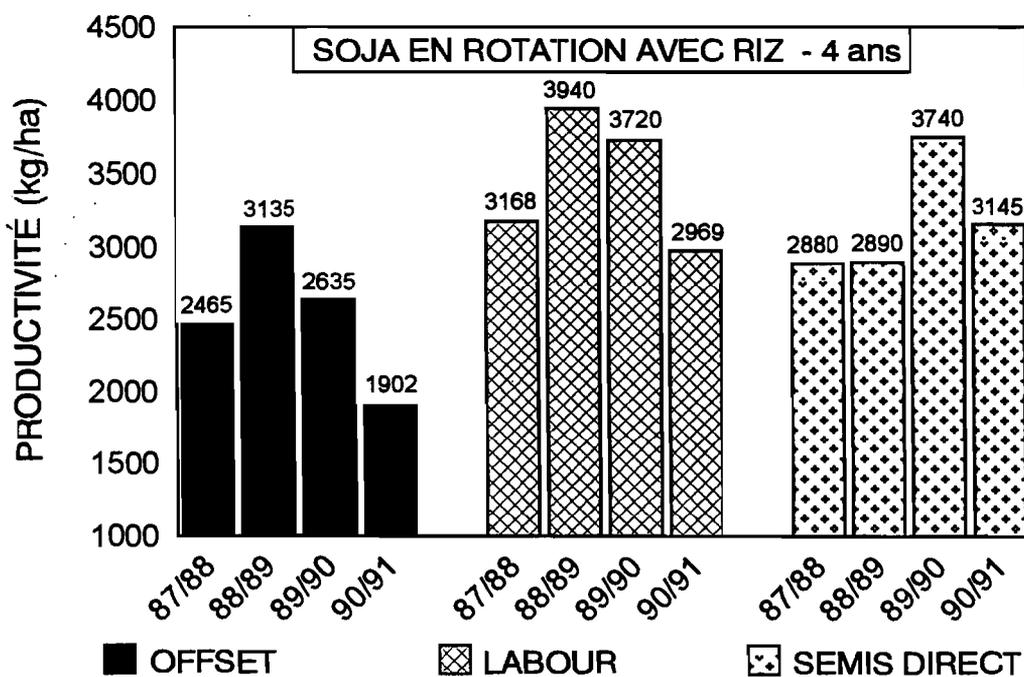
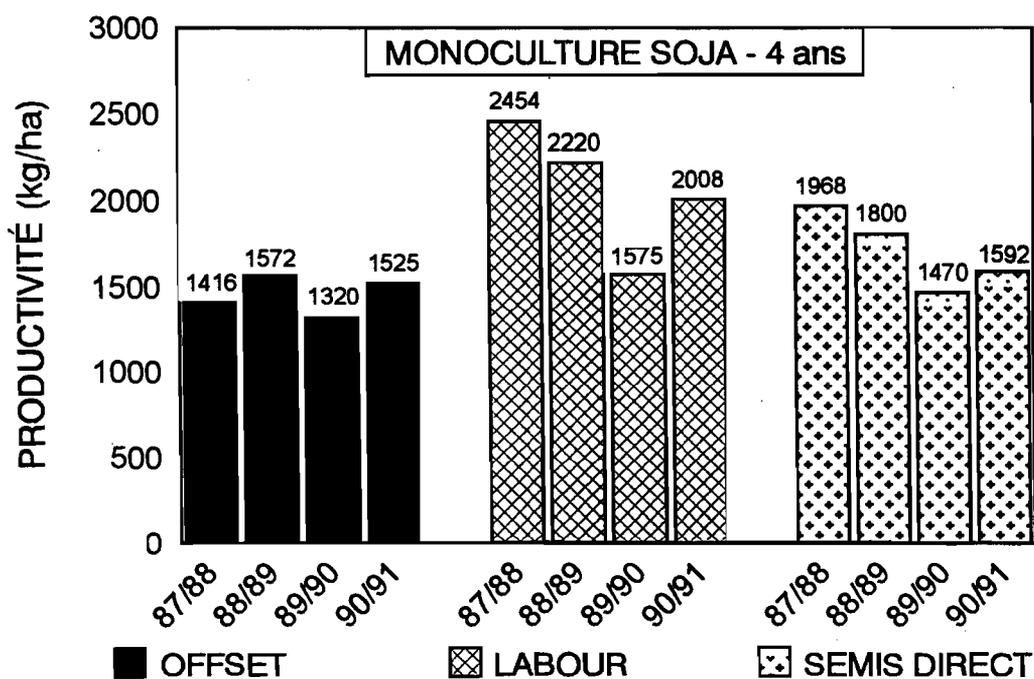
ÉVOLUTION DE LA PRODUCTIVITÉ DU RIZ, SUR 4 ANS SOUS DIVERS MODES DE GESTION DES SOLS ET DES CULTURES, - SOLS FERRALLITIQUES DES CERRADOS HUMIDES DU CENTRE NORD MATO GROSSO - BRÉSIL.



SOURCE:

L. Séguy, S. Bouzinac, et al., - Fazenda Progresso, Lucas do Rio Verde-MT- 1987/91

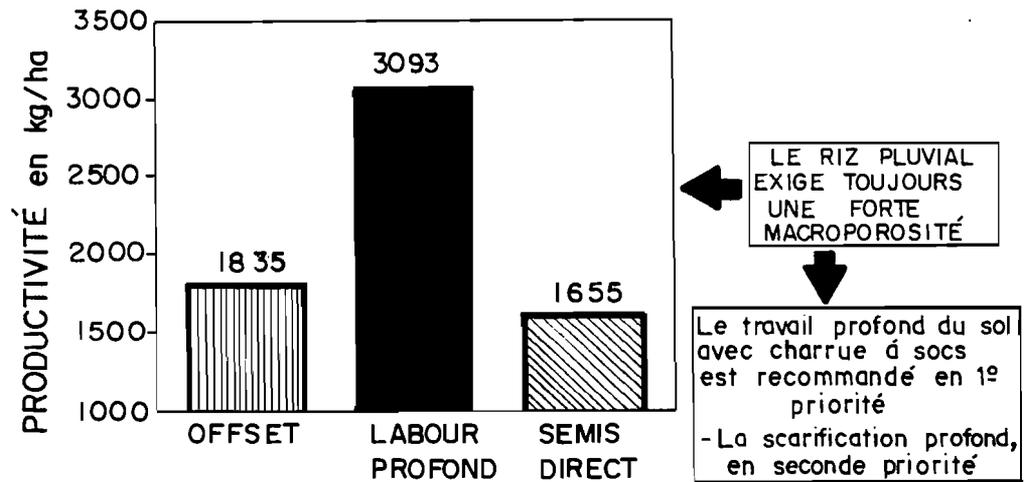
ÉVOLUTION DE LA PRODUCTIVITÉ DU SOJA, SUR 4 ANS SOUS DIVERS MODES DE GESTION DES SOLS ET DES CULTURES, - SOLS FERRALLITIQUES DES CERRADOS HUMIDES DU CENTRE NORD MATO GROSSO - BRÉSIL.



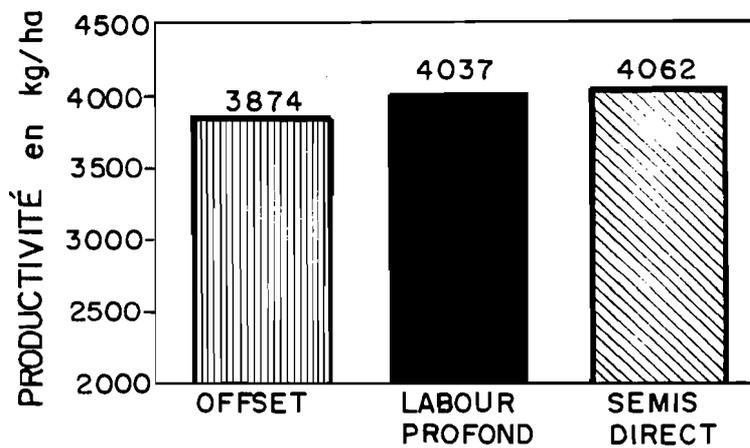
SOURCE:

L. Ségué, S. Bouzinac, et al., - Fazenda Progresso, Lucas do Rio Verde-MT- 1987/91

PRODUCTIVITÉ MOYENNE, SUR 5 ANS, DU RIZ PLUVIAL EN ROTATION AVEC SOJA - FAZ. PROGRESSO-SORRISO/MT-1986/91

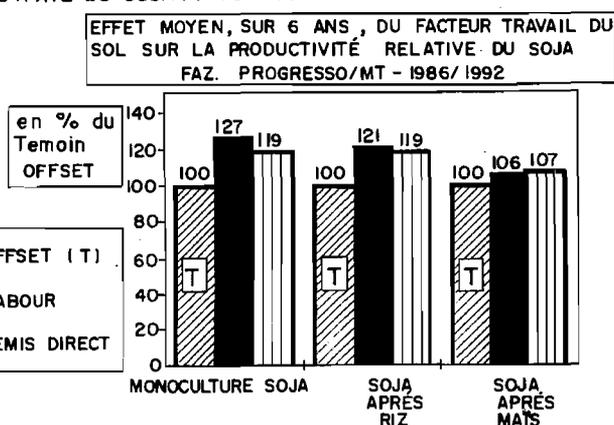
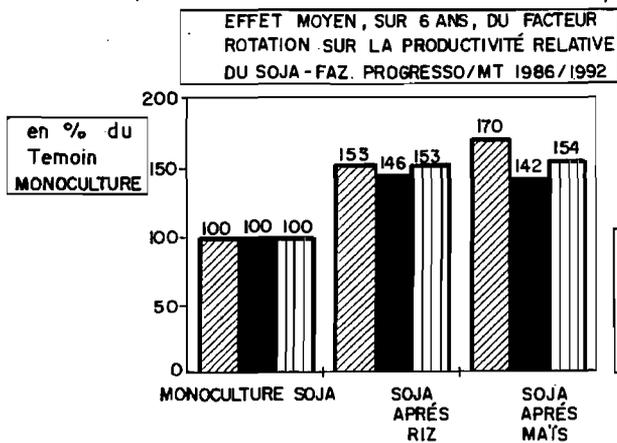


PRODUCTIVITÉ MOYENNE, SUR 6 ANS, DU MAÏS EN ROTATION AVEC SOJA, SUR 3 MODES DE PREPARATION DU SOL. FAZ. PROGRESSO - SORRISO/MT - 1986/92

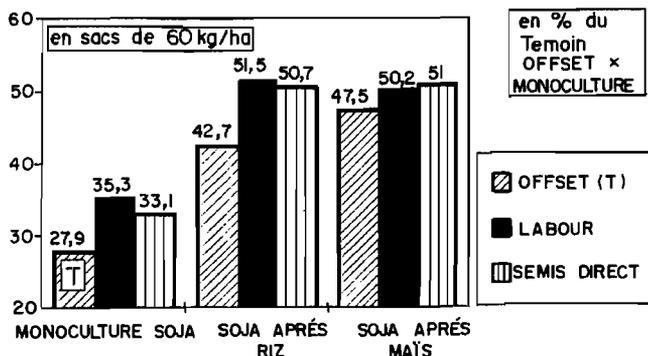


• SOURCE = CIRAD - CA
(L. Seguy, S. Bouzinac - 1986/1992)

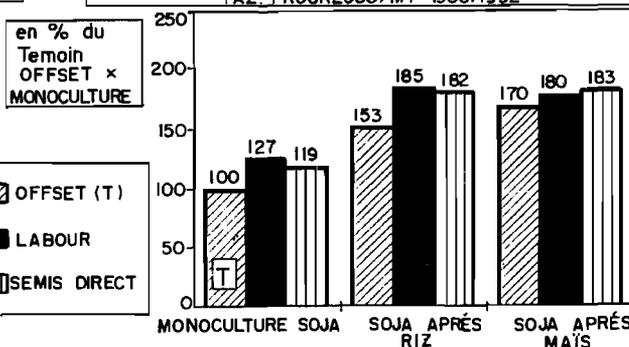
EFFET MOYEN, SUR 6 ANS, DES MODES DE GESTION DES SOLS ET DES CULTURES, SUR LA PRODUCTIVITÉ DU SOJA (1) 1986/1992-FAZ. PROGRESSO-MT



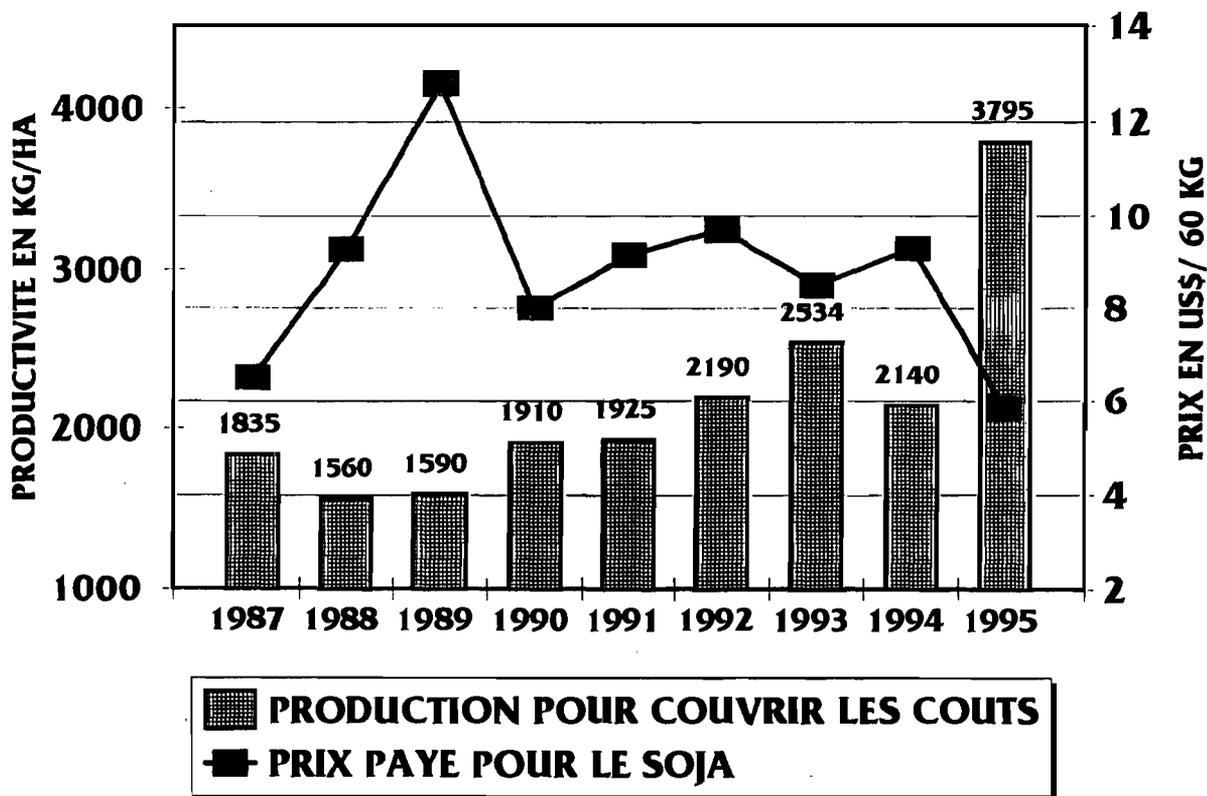
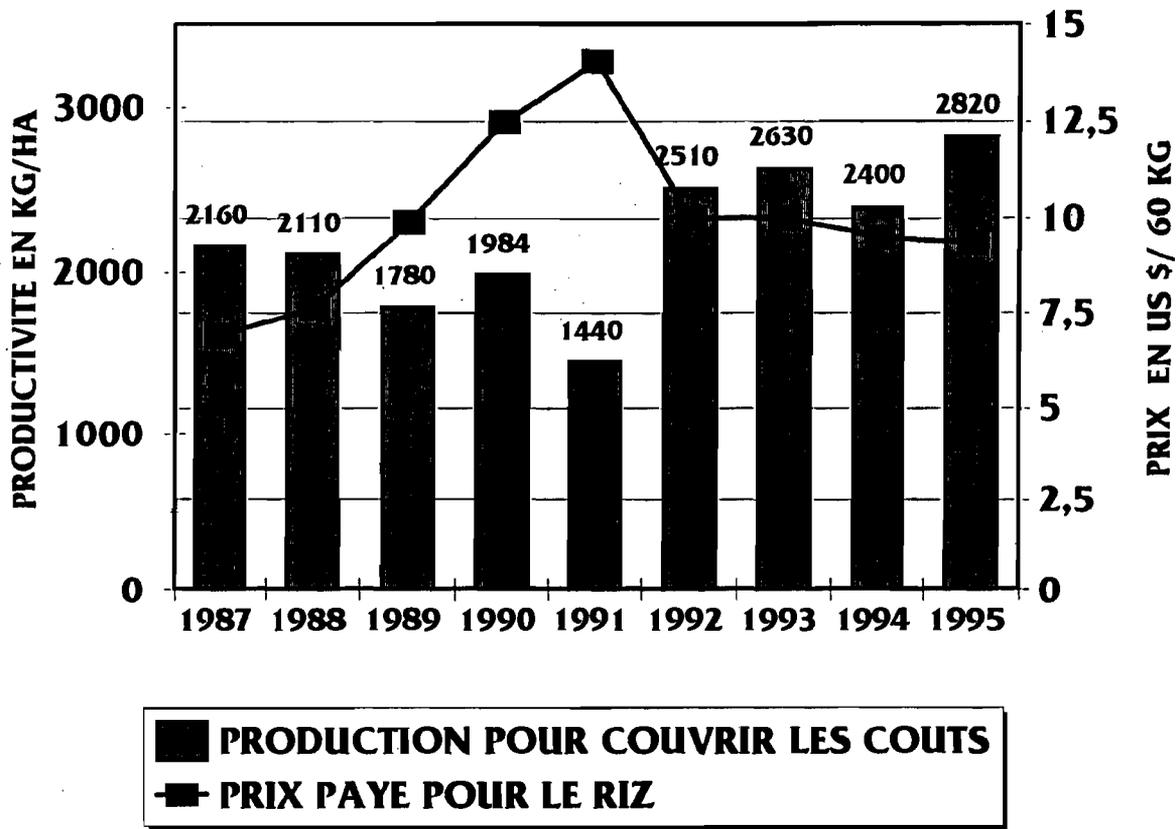
PRODUCTIVITÉ MOYENNE, SUR 6 ANS, DU SOJA DANS DIVERS SYSTEMES DE CULTURE-FAZ PROGRESSO/MT 1986/1992



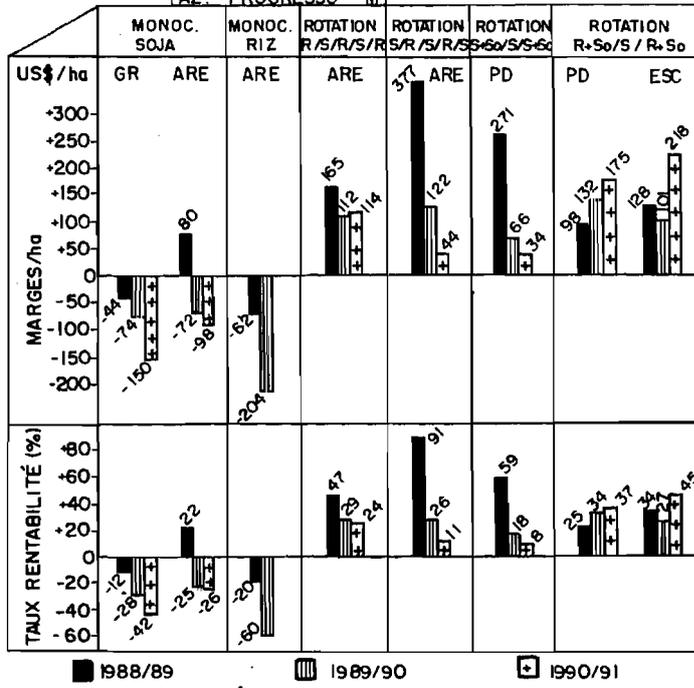
EFFET MOYEN, SUR 6 ANS, DES FACTEURS TRAVAIL DU SOL x ROTATIONS, SUR LA PRODUCTIVITÉ RELATIVE DU SOJA FAZ. PROGRESSO/MT 1986/1992



- (1) AVEC NIVEAU DE FERTILISATION PROGRESSIVE = 400kg/ha 02-20-20+ Sous la ligne de semis+ correction calcaire dolomitique (2 à 3t/ha) Tous les 3 ans
- SOURCE : CIRAD- CA (L. Seguy, S. Bouzinac.)



Performances économiques des meilleurs systèmes de cultures comparées à celles des monocultures de soja et riz - 1988/91
FAZ. PROGRESSO - M



MAXIMISER LES MARGES/ha, C'EST UTILISER ROTATIONS ET SUCCESSIONS DE CULTURES

Systemes tampons de meilleure gestion du risque économique

• SOURCE = CIRAD-CA (L Seguy, S. Bouzinac.)

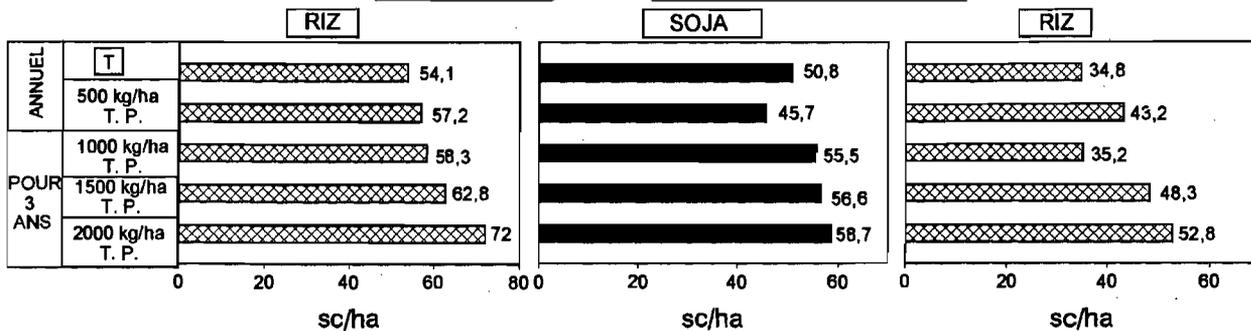
GR - Offset ESC - Scarification ARE - Labour profond au soc
PD - Semis direct So - Sorgho S - Soja R - Riz

1^a PHASE

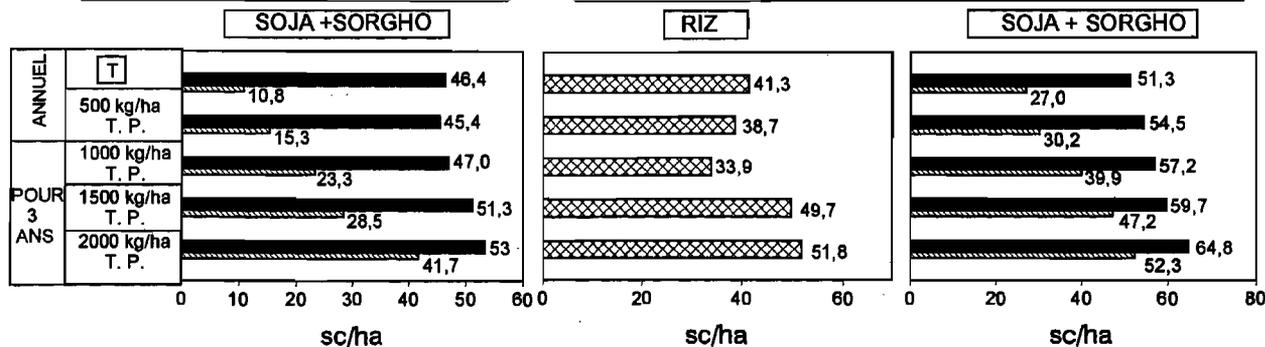
PRODUCTIVITÉS DES ROTATIONS, EN SACS DE 60 kg/ha

1987/90

■ RIZ/SOJA/RIZ ⇌ UNE SEULE CULTURE/AN



■ SOJA + SORGHO/RIZ/SOJA + SORGHO ⇌ 2 Cultures en succession/an, alternées avec une seule culture/an

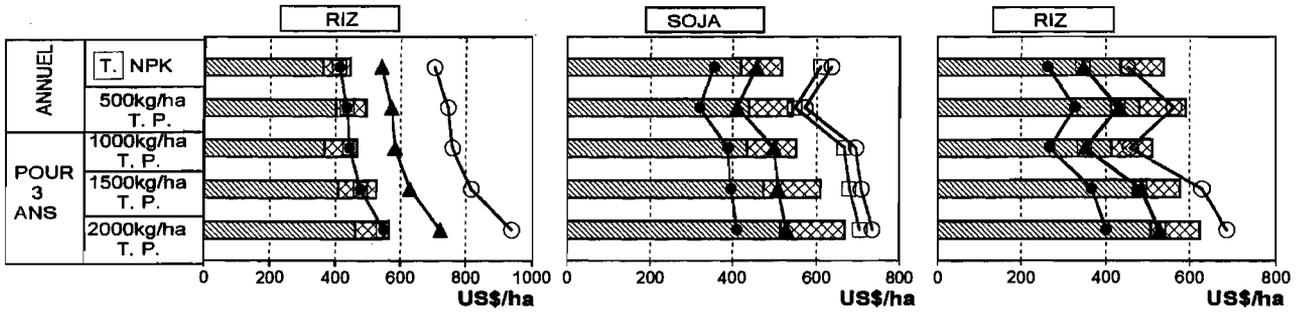


T = Témoin

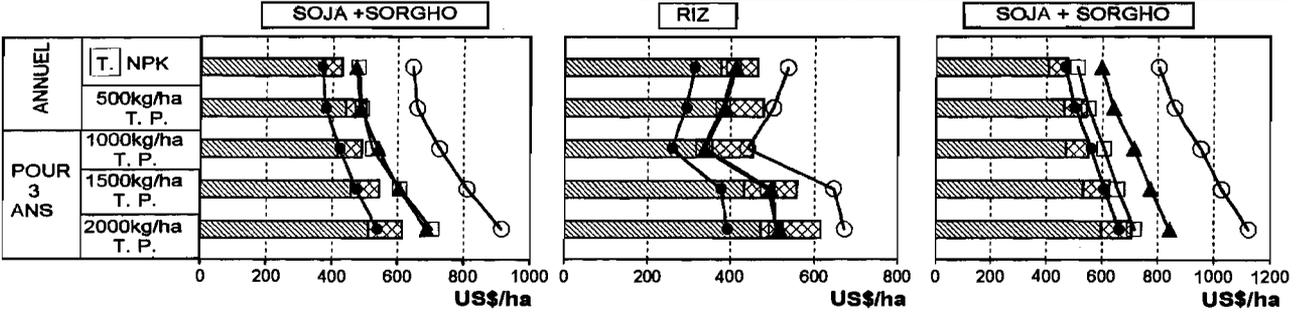
• NPK 300 kg/ha 04-20-20 - Céréales + calcaire dolomitique → V ≥ 40%
 • NPK 300 kg/ha 00-20-20 - Soja
 • 65 N/ha couverture sur riz
 • Sorgho sans engrais
 T.P. = Thermophosphate Yoorin + NK idem T

SOURCE: L. séguy., S. Bouzinac., Cooperlucas - Fazenda Progresso - MT - 1987/90

■ RIZ/SOJA/RIZ → UNE SEULE CULTURE/AN



■ SOJA + SORGHO/RIZ/SOJA + SORGHO → 2 Cultures en succession/an, alternées avec une seule culture/an



RECETTES US\$/sac → ● Prix minimum = 7,6 □ Prix réel = 7,6 ▲ Prix moyen = 10 ○ Prix élevé = 13

▨ Coûts de production de la culture + 20% - intérêts 12%/an ⊠ Coûts de production de la culture + 48% - intérêts 52%/an

55

[T] = Témoin [NPK] 300 kg/ha 04-20-20 - Céréales / 300 kg/ha 00-20-20 - Soja + calcaire dolomitique → V₂ ≥ 40% [T. P.] = Thermophosphate Yoorin + [NK] idem [T]
 • 65 N/ha couverture sur riz
 • Sorgho sans engrais

SOURCE: L. séguy., S. Bouzinac., Cooperlucas - Fazenda Progresso - MT - 1987/90

Performances des technologies adoptées par les producteurs dans les "municipios" de Sorriso (Mato Grosso), Água Boa (Mato Grosso), Paracatu (Minas Gerais) Maracaju (Mato Grosso do Sul) : 42 664 hectares, 116 producteurs, Centre-Ouest brésilien - 1989-90.

Modes de gestion des sols et de cultures	Soja (32 531 ha)				Riz pluvial (7 121 ha)			Maïs (3 012 ha)	
	Surface (%)	Productivité (Kg/ha)			Surface (%)	Productivité (Kg/ha)		Surface (%)	Productivité (Kg/ha)
		CR	D	A*		Variétés anciennes	Variétés nouvelles		
Travail profond x tous précédents	46,5	2 551	2 283	2 641	14,6	2 100	2 145	81	4 656
Offset x défriche	7,4	1 650	1 476	1 560	67,0	1 704	1 428	-	-
Travail profond x rotation légumineuse-céréale	19,0	2 625	2 347	3 673	10,8	2 100	2 512	-	-
Monoculture x offset	27,1	2 025	1 827	2 132	7,6	1 537	1 451	3	3 360
Offset → tous précédents	-	-	-	-	-	-	-	16	3 507

* Variétés : CR : Cristalina, D : Doko, A : autres.

Source : Séguy L., Bouzinac S. et al, 1989 (10)

Performances des technologies adoptées par les producteurs dans les "municipios" de Sorriso (Mato Grosso), Água Boa (Mato Grosso), Paracatu (Minas Gerais) : 17 123 hectares, 57 producteurs - 1990-91

Modes de gestion des sols et de cultures	Soja (13 904 ha)		Riz pluvial (1 678 ha)	
	Surface (%)	Productivité (Kg/ha)	Surface (%)	Productivité (Kg/ha)
Monoculture x offset	40	1 410	28	1 050
Sur défriche x offset	1,5	1 110	37	1 470
Monoculture x labour profond	52	1 875	-	-
Rotation x offset	1,5	2 480	17	1 905
Rotation x labour profond	5	2 560	18	2 890

Source : Séguy L., Bouzinac S. et al, 1990 (14)

**ANALYSES CHIMIQUES DU PROFIL CULTURAL APRÈS
RESTAURATION DE LA FERTILITÉ - 1986-1992**

Modes de gestion des sols et des cultures	Profondeur des échantillons (cm)	pH		M.O. %	meq./100 ml					V %	P (ppm)
		CaCl ₂	Eau		Ca	Mg	Al	K	CEC		
Monoculture Soja x Offset (T) (1)	0-10	4,9	5,5	1,0	2,9	1,1	0,1	0,21	8,4	50,1	8,3
	10-20	5,0	5,6	1,0	2,0	0,8	0,1	0,12	6,3	46,2	2,6
	20-30	5,2	5,6	1,0	0,5	0,3	0,4	0,09	4,3	20,7	5,3
Monoculture Soja x Labour prof.	0-10	4,5	5,1	1,1	2,7	0,9	0,1	0,17	9	42,0	2,6
	10-20	4,4	5,0	0,9	2,7	1,0	0,1	0,08	10,2	37,1	5,3
	20-30	4,5	5,1	0,7	2,5	0,8	0,1	0,10	9,8	34,7	5,3
Rotation Soja-Maïs Labour prof.	0-10	5,1	5,7	1,5	1,9	0,5	0,1	0,15	5,3	47,6	3,0
	10-20	5,5	6,1	1,3	2,1	0,7	0,1	0,16	4,5	64,2	7,6
	20-30	5,0	5,6	1,3	1,8	0,8	0,1	0,14	6,4	41,0	5,0
Systèmes alternant 1 seule culture avec 2 en succession x Semis direct	0-10	4,7	5,3	2,4	2,0	0,9	0,1	0,21	7,8	39,8	6,6
	10-20	5,1	5,7	2,2	2,8	2,0	0,1	0,17	6,8	58,6	10,0
	20-30	5,2	5,8	2,0	1,2	0,9	0,1	0,12	4,8	58,5	7,6
Rotation Soja-Riz Labour prof.	0-10	4,6	5,2	1,7	2,5	1,0	0,1	0,24	8,3	49,6	9,6
	10-20	4,7	5,3	1,3	2,8	0,9	0,1	0,10	8,5	44,7	4,0
	20-30	5,0	5,6	1,3	2,5	0,7	0,1	0,10	6,1	53,9	7,8
Système Soja-Maïs 5 ans de semis direct (*)	0-10	4,3	4,9	2,0	3,4	0,8	0,1	0,20	10,2	43,2	9,5
	10-20	3,6	5,2	3,4	2,5	1,0	0,1	0,14	8,3	43,7	2,3
	20-30	4,9	5,5	3,8	0,8	0,4	0,1	0,12	7,1	18,6	1,2

(*) Plus de 20 galeries de 2-3 cm de diamètre, verticales, sur 1,20 m de profondeur/m² creusées par des larves de bousiers.

(1) Référence négative (système traditionnel).

- Source : CIRAD-CA - Fazenda Progresso - Lucas do Rio Verde - 1991 - L. Seguy, S. Bouzinac
- Laboratoire - Lagro - Campinas

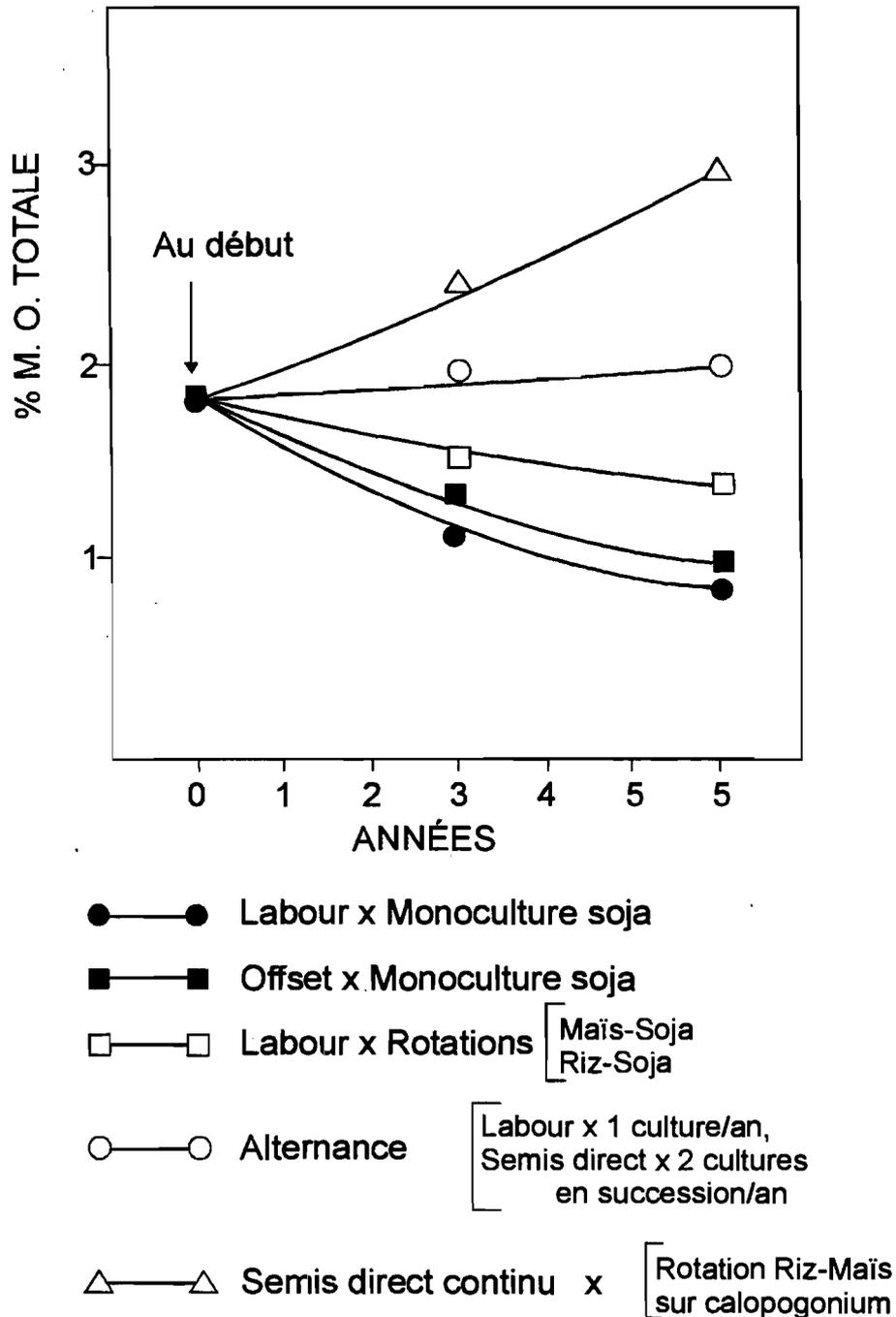
Intervalles de recommandations pour les analyses chimiques (1) sur l'horizon 0-30 cm										
CaCl ₂	pH		M.O. %	meq./100 ml					P (ppm)	V % Saturation de bases
	Eau			Ca	Mg	Al	K	OEC		
	entre	entre	entre	entre	entre	entre	entre	entre	entre	
5,0	5,6		1,7	2,0	0,8	<0,2	0,15	6,5	5	40
et	et		et	et			et	et	et	et
5,4	6,0		3,0	3,5	1,3		0,24	10	10	60

(1) - Dans la mesure où les modes de gestion des sols et des cultures sont respectés.

(2) - Méthode Mehlich (Caroline du Nord).

(*) Source : Séguy L., Bouzinac S., 1993 - Fazenda Progresso et Cooperlucas - MT

**ÉVOLUTION DU TAUX DE MATIÈRE ORGANIQUE TOTALE (M. O. %) SUR 6 ANS, DANS L'HORIZON 0-30cm, EN FONCTION DES MODES DE GESTION DU SOL ET DES CULTURES - MILIEU CONTRÔLÉ -
- ÉCOLOGIE DES CERRADOS HUMIDES - MT -**



SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac., Fazenda Progresso, Lucas do Rio Verde - MT 1986/92

⇒ **LE TRAVAIL DU SOL PROFOND DE FIN DE SAISON DES PLUIES**
⇒ **UNE TECHNOLOGIE DE GRANDE CAPACITÉ = ACCÈS AU SEMIS DIRECT ET AUX SUCCESSIONS DE CULTURES**

**AVEC
LE MODE
DE TRAVAIL
DU SOL**

- Formation d'une structure grossière en surface
 - Retarder la formation de croûte
 - Contenir les adventices
- Profiter du pic de minéralisation initial de la M.O.
- Conserver la macroporosité pour le plus long temps possible
- Enmagasiner toute l'eau de pluie (où elle tombe, elle s'infiltré) et la redistribuer rapidement en profondeur
- Ré-oxygéner rapidement le profil cultural après les périodes très pluvieuses

**AVEC
LES ROTATIONS
ET LES
SUCCESSIONS**

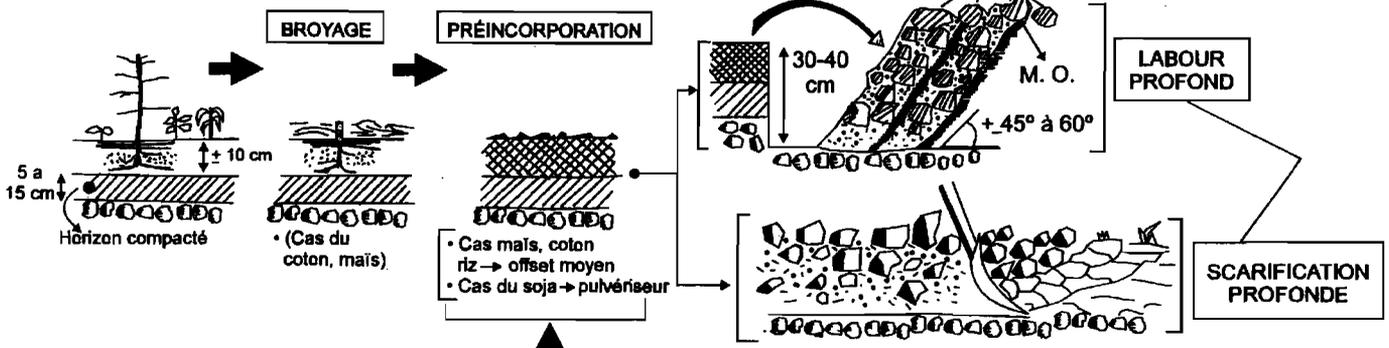
- Incorporer un maximum de matière organique à turn-over rapide
- Assainir la rhizosphère, réactiver la vie biologique
- Maximiser la surface d'interception d'eau et d'éléments minéraux, et l'efficacité du système racinaire
- Minimiser les pertes d'éléments minéraux dans le système "sol-culture"

TRAVAIL DU SOL PROFOND DE FIN DE SAISON DES PLUIES

PARTANT DE PROFILS COMPACTÉS (Offset x Monoculture)

OPÉRATIONS EN CHAÎNE, AVEC LA RÉCOLTE (Avril, Mai, Juin)

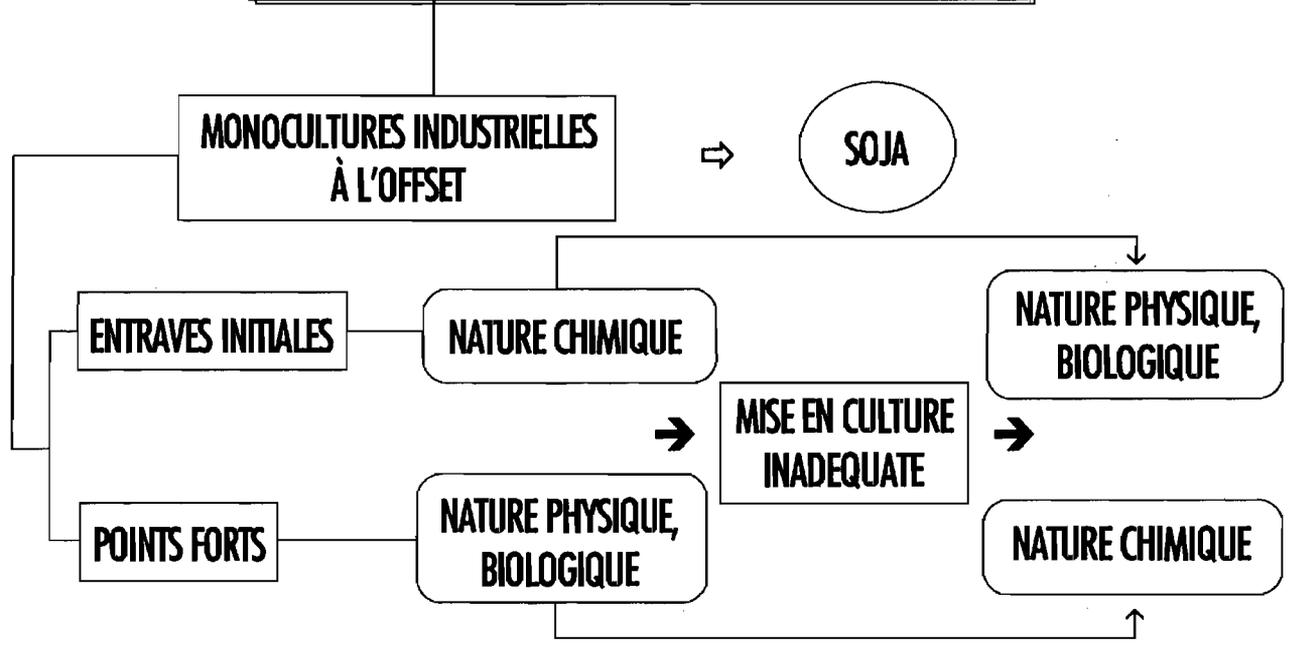
FIN MARS, DÉBUT AVRIL



- RUPTURE DE LA CAPILLARITÉ
- SUPPRESSION DES ADVENTICES
- CONSERVATION DURABLE DE L'EAU DANS LE PROFIL

SOURCE: L. Ségué, S. Bouzinac, 1984

→ **EVOLUTION DES SOLS FERRALLITIQUES EN CULTURE CONTINUE**



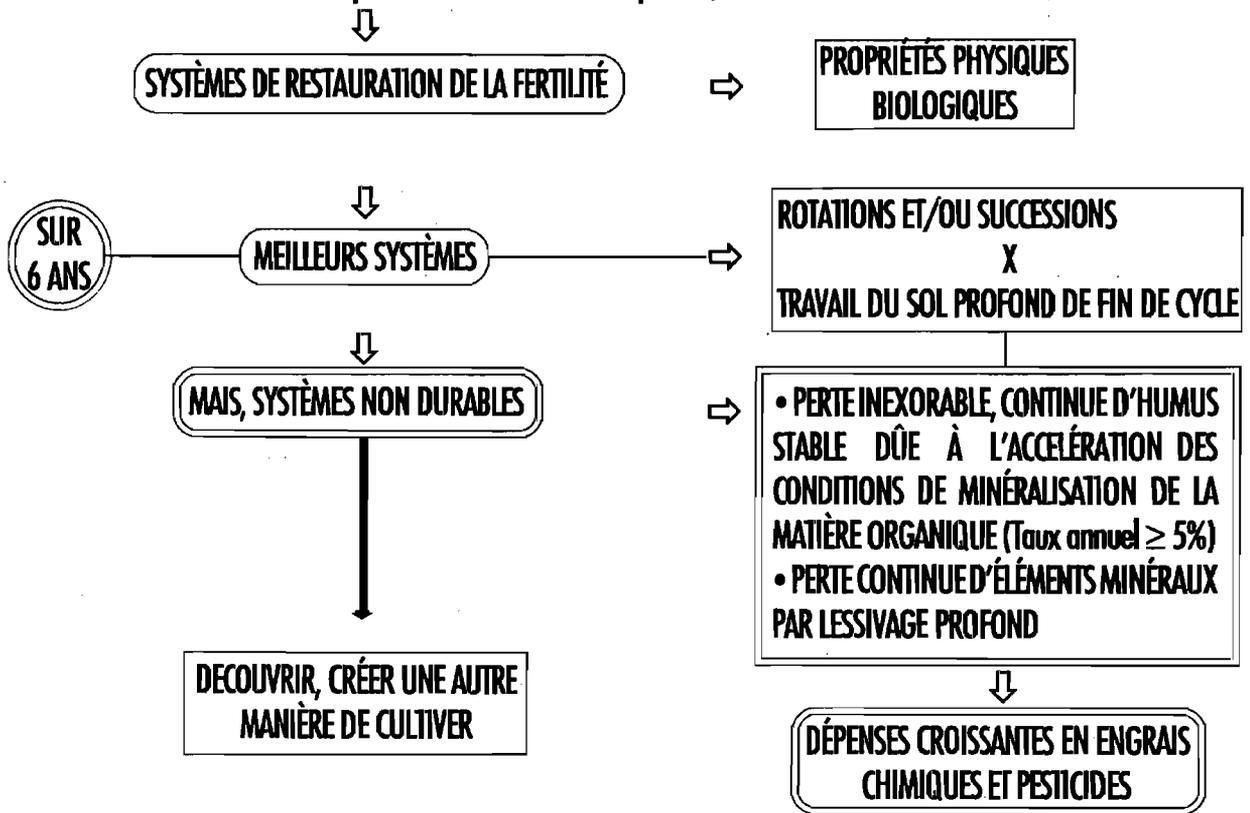
→ **À MOYEN ET LONG TERMES → APPAUVRISSEMENT BIOLOGIQUE, DESTRUCTURATION**

- Perte continue de : humus stable, vie biologique (macro et microfaunes, microflore)

■ **CONSÉQUENCE** Coûts de production croissants (augmentation de l'emploi d'engrais minéraux, de pesticides).
Agriculture durable à faible coût → impossible

⇒ **LES LIMITES DE TRANSFERT DES TECHNOLOGIES NORD-SUD**

■ Partant des profils culturaux de sols compactés (Monoculture x offset → continu)





**Troisième étape de l'intervention
de la recherche-action**



**Modes de gestion agrobiologique
durable de la ressource sol**
⇒ **Le semis direct en régions tropicales
chaudes et humides**
**1992-1995 - Coopérative Cooperlucas
Lucas do Rio Verde - MT**

Concepts et fonctionnement global

**Plusieurs voies
technico-
agronomiques
complémentaires**

Un seul modèle :
**Le fonctionnement de l'écosystème
forestier ⇒ Reconstitution des meilleures
équilibres naturels, les plus stables sous
culture continue, en zone tropicale humide**

⇨ **Ce qu'il faut retenir ⇨ Résultats les plus significatifs, reproductibles**

(*) L'essentiel de ce chapitre est exposé sous forme de tableaux, dessins explicatifs détaillés.

— Sur l'évolution de la matrice des systèmes —

□ D'une seule culture par an, au départ, les systèmes sont passés progressivement à l'alternance d'une culture par an avec 2 cultures en succession annuelle l'année suivante.

□ À partir de 1990, dans le cadre de la création des systèmes de semis direct continus, ont été incorporés à la matrice :

- Les systèmes à deux cultures annuelles en succession, de production de grains.
- Les systèmes intégrant production de grains et élevage, en rotation, sur 3 ou 4 ans (capitalisation de l'agriculteur, moindre dépendance économique).

— Les concepts de base du semis direct, en zone tropicale, chaude et humide —

□ L'expérimentation sur 6 ans de la restauration des propriétés physiques de profils cultureux compactés, destructurés, a montré la nécessité de cultiver autrement, pour conserver la matière organique de manière durable et ouvrir la possibilité de produire plus, au moindre coût, à moyen et long termes.



□ La mise en culture doit permettre, dans une pratique durable, de créer un nouvel équilibre dominé par la gestion biologique de la ressource sol ⇨ Des biomasses renouvelables, chaque année, au moindre coût, protectrices, recycleuses, substituent le travail mécanique du sol et protègent totalement le sol contre l'érosion avant et/ou après les cultures commerciales (soja, riz, maïs).



□ C'est la reproduction du fonctionnement de l'écosystème forestier ⇨ il faut l'adapter aux systèmes de production de grains, à l'élevage, aux deux systèmes intégrés en rotation.

— Le semis direct appliqué aux successions annuelles de production de grains et aux successions annuelles de production de grains en rotation sur 3-4 ans avec les pâturages (élevage) —

□ **La notion de pompe biologique**

• Le premier principe de base de la gestion de la matière organique (M.O.), c'est de ne pas l'enfourir, mais de la laisser sur le sol.

• Mais les résidus de récolte, même lignifiés, de la culture annuelle, ne suffisent pas à maintenir une couverture permanente de la surface du sol en conditions climatiques chaudes et humides.

• Il faut donc, en plus de la culture commerciale, dans la même saison de pluies, produire de fortes biomasses additionnelles [base cellulose, lignine (1)], au moindre coût ⇨ au plus égal ou

(1) Composés de la matière sèche, les plus lents à se décomposer.

inférieur à celui de la préparation mécanisée des sols.

• Ces biomasses additionnelles renouvelables, doivent être produites à des moments importants du cycle climatique annuel, où elles ont des fonctions essentielles :

- **en tout début des pluies**, préparer biologiquement le sol (*substitution de l'outil mécanisé*) avant l'installation de la culture commerciale (*par semis direct sur la biomasse*), protéger totalement la surface du sol (*contre l'érosion*), recycler les éléments minéraux (*ne rien laisser perdre des produits minéraux issus du pic initial de minéralisation de la M.O. aux premières pluies*), contrôler les adventices ; sous la culture commerciale, la biomasse a ensuite une fonction alimentaire par minéralisation progressive \Rightarrow alimentation organo-biologique de la culture (*de la matière organique morte à la matière organique vivante*).

- **en fin de cycle des pluies**, recycler les éléments minéraux et organiques qui ont échappé, en profondeur, à la culture commerciale (*fermer le système annuel sol-plante*), restructurer le profil cultural en voie d'assèchement (*systèmes racinaires fasciculés*) et puissamment, en profondeur, laisser une forte biomasse au dessus du sol, à un moment où elle ne peut se décomposer (saison sèche) et protéger efficacement la surface du sol en saison sèche (*température, humidité \Rightarrow développement de la faune*), produire ou des grains (*résidus laissés sur le sol*) ou du fourrage ou de l'ensilage (*une partie étant laissée sur le sol \Rightarrow couverture*).

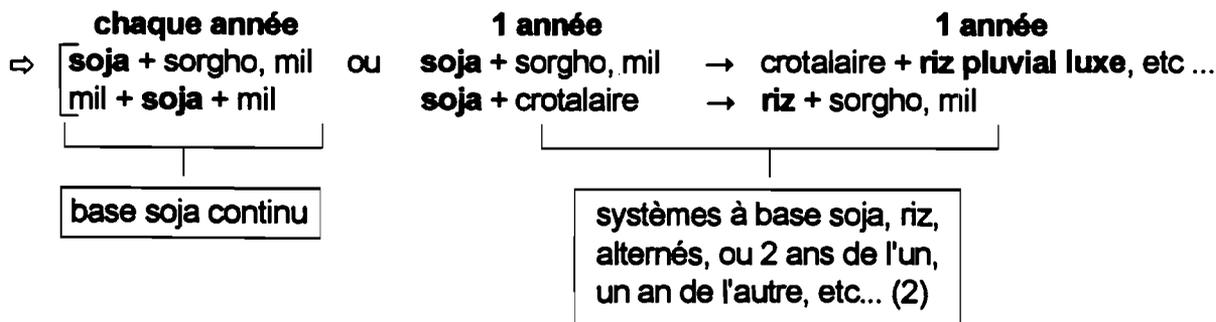
• Dans la pratique, si la saison de pluies, à une durée de 7 à 8 mois, ces biomasses peuvent être cultivées avant et après la culture commerciale ; si la saison des pluies est plus courte :

- 1/2 surface \Rightarrow semis précoce biomasse + semis direct tardif de la culture commerciale,
- 1/2 surface \Rightarrow semis direct précoce de la culture commerciale + semis direct tardif biomasse.

• Les espèces qui peuvent mobiliser de très fortes biomasses, en un temps très court et en conditions pluviométriques marginales \Rightarrow sorghos (*race guinea*), mils africains à fort développement végétatif (1) qui sont adaptés à ces conditions (*retenir également variétés de mils à cycle long peu sensibles au photopériodisme pour la production de fourrage, ensilage en saison sèche tout en laissant aussi une quantité de matière sèche suffisante pour assurer la couverture complète du sol*).

□ **Les systèmes qui peuvent être implantés en semis direct continu avec ces pompes biologiques -**

• **Systèmes de production continue de grains :**



(1) Le *Brachiaria ruziziensis* peut également, comme 2^{ème} culture \Rightarrow biomasse installée en semis direct, après la culture commerciale, constituer une option très intéressante pour les producteurs de grains-éleveurs.

(2) Exemple de la Fazenda Progresso de Mr. Munefume Matsubara - Lucas do Rio Verde-Mato Grosso

⇒ Leurs systèmes racinaires, descendent vers la profondeur, à la vitesse de 3 à 5 cm/jour, leur conférant ainsi, un pouvoir recycleur exceptionnel, avant le semis direct de la culture commerciale, et/ou après la culture commerciale, en fin de cycle des pluies (*fermeture du système sol-plante, à l'image de la forêt*).

• **Leur puissance alimentaire**, pour les cultures commerciales qui sont implantées sur leur matière sèche en semis direct.

⇒ Vitesse de minéralisation, donc la fonction alimentaire, dépend de la nature de l'espèce, de son rapport C/N au moment de la dessiccation avant semis direct de la culture commerciale.

⇒ À cet égard, plus la plante est âgée, plus la minéralisation est lente ; le sorgho se minéralise plus lentement que le mil, au même stade de développement ; les légumineuses se minéralisent très vite ⇒ fonctions alimentaire et de couverture du sol, fugaces.

• **Leur coût d'implantation est peu coûteux**, voisin de 50 US\$/ha, aussi bien en début de cycle (*avant la culture commerciale*) qu'en fin de cycle des pluies, en succession de la culture commerciale. Ce coût est au plus égal (plutôt inférieur) à celui de n'importe quel mode de préparation mécanisée des sols.

• **Leur productivité** ⇒ en grains, pour les sorghos et mils en succession de la culture principale (*sans engrais*), va de 1 200 à plus de 2 000 Kg/ha (jusqu'à plus de 3 000 Kg/ha pour certains sorghos).

⇒ Avec une bonne valorisation commerciale, à la hauteur de leur qualité alimentaire, les marges dégagées (*en plus des fonctions agronomiques*) peuvent être supérieures à celles de la culture commerciale, avec un risque économique pratiquement nul.

⇒ Comme ensilage, certains cultivars de sorghos et mils, à cycle plus long et haute productivité instantanée, peuvent produire plus de 50-60 tonnes/ha de matière verte, en pleine saison sèche.

□ **Les économies de carburant, l'amélioration de la capacité des équipements, de leur flexibilité d'utilisation** (⇒ Vers la baisse des coûts de production)

• Jusqu'au semis inclû, par rapport à n'importe quel mode de préparation mécanisée, le semis direct permet d'économiser, environ la moitié des temps de travaux.

• Le semis direct permet l'application des engrais minéraux, fumures minérales d'entretien, des amendements, à la volée, sur la paille, en saison sèche (*période de non travail*) ; par rapport au semis conventionnel, où l'engrais est appliqué sous la ligne de semis, l'économie de temps en faveur du semis direct est d'environ 20%, de même que l'économie du prix de revient/ha, de l'opération semis.

• Le semis direct permet de maintenir l'humidité en surface, après les premières pluies, donc de semer plus tôt, en prenant un risque minimum.

• Lorsque le profil cultural est saturé d'eau, ce qui est fréquent dans ces écologies, une heure sans pluie, permet de reprendre le semis direct, sans incidence négative sur la productivité finale, alors qu'en semis sur sol préparé, la capacité de semis devient rapidement nulle (*trafic des machines de semis, impossible*), et un semis forcé dans ces conditions, conduit à une forte chute de la productivité des cultures.

□ **Performances agronomiques essentielles des successions annuelles, de production de grains, en semis direct**

• **Maintien de la productivité sur 40 à 60 jours d'étalement des semis -**

Cette règle est valable pour le soja, le riz pluvial, aussi bien en écologies de savanes (cerrados) que des forêts tropicales ⇒ le rôle protecteur et mainteneur de la fertilité initiale (aux

— Le semis direct contruit sur les systèmes de production continue de céréales (sorghos, mils, maïs, riz) sur légumineuses pérennes (1) —

Dans ces systèmes, les céréales sont cultivées sur légumineuses volubiles ou prostrées, qui leur sont associées \Rightarrow *Calopogonium mucunoïdes*, *coeruleum* - *Pueraria phaseoloïdes*, *Stizolobium aterninum* - *Dolichos lab lab* - *Tephrosia pedicellata* - *Arachis pintoï* - *Lotus uliginosus* - *Trifolium semipilosum*, etc...

• Ces systèmes sont faciles à pratiquer avec maïs, sorghos, mils, céréales à grand développement, plus difficiles avec riz pluvial - (à l'implantation \Rightarrow herbicides sélectifs des 2 cultures associées : Alachlore sur maïs, Pendimethaline sur riz).

• Les légumineuses associées sont contrôlées, en pré-semis par herbicides totaux :
 \Rightarrow Triclopyr, fluoroxypr, mélanges : Diquat + 2-4 D, Glyphosate + 2-4 D.

• Elles peuvent être également contrôlées dans la céréale, en post semis, si nécessaire (cas du riz pluvial à cycle court) avec 2-4 D amine, Triclopyr, Fluoroxypr, en localisé, ou en plein suivant la céréale.

□ Interêts agronomique et économique de ces systèmes -

• Agronomique :

- Substitution de la flore adventice diversifiée, par une seule espèce à contrôler.
- Couverture permanente du sol (lutte contre l'érosion).
- Régénération efficace de la fertilité, + fixation N + forte activité de la faune (2).
- Productivité élevée, stable avec minimums engrais minéraux.

• Économique \Rightarrow Diminution importante des coûts de production en pratiquant des systèmes alternant :

- 1 an \Rightarrow sorgho, mil (haute valeur grains) + légumineuse, sans engrais.
- année suivante \Rightarrow culture commerciale de maïs, riz à cycle court, en semis direct et minimums intrants.

Dans de tels systèmes, par rapport aux systèmes conventionnels, sur deux ans, les coûts de production sont diminués de près de 50% (meilleure gestion du risque) et les marges/ha, multipliées environ par deux.

— Le systèmes de production continue de grains sur tapis vivants pérennes : la succession annuelle soja, haricot, cultures maraichères + pâturage —

Le tapis vivant est constitué de graminées pérennes à rhizomes et stolons, de haute valeur fourragère : *Pennisetum clandestinum*, *Paspalum n.* (pensacola), *Cynodon dactylon* (hybrides *Tifton 68, 85*) ; ces tapis pérennes sont installés dans une culture type maïs à large espacement entre lignes (120 cm) ou par semis de graines, ou par boutures. Après la récolte du maïs, le tapis domine rapidement toutes les adventices et peut être pâturé (ou foin).

Légumineuses, telles que soja, haricot, cultures maraichères comme les tomates, aubergines etc, peuvent ensuite être cultivées sur ces tapis tous les ans ; à la récolte, le tapis se reconstitue et peut être pâturé en succession.

- Le tapis vivant est contrôlé chaque année, en pré semis des légumineuses ou cultures maraichères, par herbicides totaux de contact : Paraquat, Paraquat + Diuron.

(1) Pérennes par leur graines.

(2) Cas de larves de bousiers qui peuvent creuser plus de 15 galeries verticales au m² sur plus de 80 cm de profondeur, sous systèmes maïs/riz + *Calopogonium* - Fazenda Progresso-1987/91 - Mato Grosso.

- Dans la culture, la compétition du tapis est contrôlée jusqu'à ce que la culture couvre totalement la surface du sol (\Rightarrow 30 à 40 jours après semis) par des graminicides sélectifs des légumineuses, solanacées, à très faibles doses (1) (Fluazifop P butyl, Phenoxaprop P ethyl, Quizalofop ethyl, etc...), pour ne pas détruire les organes de réserve (rhizomes). Des régulateurs de croissance peuvent être également utilisés qui stoppent la croissance du tapis, en pré semis jusqu'à ce que la culture recouvre totalement le sol : méfluidude (2) par exemple sur *Pennisetum c.*

□ Intérêts agronomique et économique de ces systèmes -

- Agronomique :

- Substitution d'une flore adventice diversifiée, par une seule espèce à contrôler.
- Couverture parfaite du sol contre l'érosion.
- Forte régénération de la fertilité (M.O.), par forte activité de la faune associée, en particulier vers de terre.

- Contrôle total de *Pseudomonas solanacearum* sur solanées.

- Productivités élevées: grains+ viande ou lait, avec minimums intrants.

- Économique \Rightarrow Facile gestion durable de la ressource sol, au moindre coût.

(*) Par exemple, la production de soja sur tapis vivant de *Paspalum c.*, cv. Pensacola, est voisine de 3 000 Kg/ha avec des coûts de production de 265 US\$/ha, soit de 20 à 40% inférieurs à ceux des systèmes mécanisés conventionnels, pour une productivité comparable \Rightarrow Augmentation des marges nettes/ha, meilleure gestion du risque économique et meilleure stabilité.

(1) Par exemple sur tapis de *Pennisetum clandestinum*, des doses de 0,25 l/ha sont suffisantes pour stopper sa croissance sur 20 jours - (Île de la Réunion - R. Michellon - Cirad-Ca - 1990-95).

(2) 100 g/ha de matière active sont suffisants pour stopper sa croissance plus d'un mois.
(• Source : Travaux R. Michellon - CIRAD-CA, Île de la Réunion).

☞ Guide de lecture des tableaux, graphiques et dessins relatifs au chapitre "3^{ème} étape de l'intervention de la recherche-action"

⇒ Modes de gestion agrobiologiques : le semis direct en régions tropicales chaudes et humides

(*) *Séquence logique et cohérente de résultats explicatifs, démonstratifs, obtenus sur les unités expérimentales de la Cooperlucas, Coosol, Comicel, Fazenda Progresso et en milieu réel - 1990/95.*

⇒ Tableaux, graphiques et dessins

— À retenir —

• Évolution des systèmes de production - 1986-92.

• *Systèmes de culture évolutifs ⇒ à une seule culture/an, à 2 cultures/an, et intégrant production de grains et élevage.*

• Concepts - Reproduire le fonctionnement de l'écosystème forestier, l'adapter à la production agricole.

• *Le modèle de fonctionnement pour la production agricole ⇒ un nouvel équilibre basé sur la gestion biologique de la ressource sol.*

• Principal problème : maintenir une couverture morte.
• Évolution de la perte de matière sèche des résidus de récolte.
• Évolution de la perte de matière sèche du mélange *Calpogonium* + pailles.

• *En climat chaud et humide ⇒ difficulté de maintenir une couverture permanente du sol.
• Pour ce faire ⇒ renforcer résidus de récolte avec légumineuses volubiles associées au céréales.*

• La forêt équatoriale ombrophile : un modèle de fonctionnement à reproduire pour l'agriculture.

• *Création de systèmes à 2 cultures annuelles en succession, dont une culture commerciale principale et une cultures dite pompe biologique qui produit une énorme biomasse en fin de cycle des pluies, recycle les éléments minéraux, protège totalement le sol, contrôle les adventices (mils, sorghos)
⇒ à l'image de la forêt
Cette culture "pompe biologique" peut également précéder la culture principale et sert dans ce cas, de couverture alimentaire.*

• Le système mainteneur de fertilité.

• La notion de pompe biologique,

• Les pompes biologiques au dessus du sol,
• Les pompes biologiques en dessous de la surface.

• *Le mil africain recycle de très fortes quantités d'éléments nutritifs, en particulier la potasse, le bore.*

• Restitution minérale de 2 variétés de mil.

• Objectifs des systèmes de semis direct.
• Comment fonctionne le semis direct, ⇒ les cultures : une mini forêt.
• Maximiser la capacité des équipements mécanisés.
• Les systèmes de production de grains-élevage, en semis direct

• *La mise en pratique du fonctionnement de l'écosystème forestier adapté à la production agricole ⇒ le semis direct, appliqué aux :
- systèmes à base de production de grains.
- systèmes intégrés "production de grains-élevage".*

• La réalité du semis échelonné

• *Comment augmenter la capacité des équipements mécanisés, leur flexibilité d'utilisation.*

• Temps/ha comparés entre semis direct et autres modes de préparation des sols

⇒ *Diminuer les coûts, avec le semis direct.*

— continuation —

⇒ **Tableaux, graphiques et dessins**

- Coûts d'installation de la pompe biologique mil avant semis direct du soja.
- Performances agro-économiques des pompes biologiques.

- Productivité du soja - Écologies de savanes et forêts.
- Productivité moyenne relative du soja.
- Productivité du riz pluvial - Écologies de savanes + forêts.
- Productivité du riz pluvial en semis direct tardif.
- Performances moyennes de nouveaux cultivars de riz pluvial à qualité de grain supérieure.

- Indices zootechniques comparés entre élevage traditionnel et intégré en rotation avec la production de grains, en semis direct.
- Performances de pâturages installés en semis direct et succession après soja.
- Performances de 3 modes de nutrition bovine en saison sèche sur pâturages *Panicum* et *Brachiana*, installés en semis direct, en succession annuelle de soja.

- Les systèmes de production continue de céréales sur légumineuses pérennes.
- Productivités comparées des cultures de soja et maïs avec labour continu et semis direct sur couverture morte permanente.
- Performances agro-économiques de la rotation maïs/sorgho + *Calopogonium*, en semis direct.

- Production continue de grains sur tapis vivants pérennes : la succession annuelle ⇒ grains + pâturage
- Principes de base.
- La succession annuelle continue ⇒ production de grains +

pâturage, foin
couverture du sol

- Performances agro-économiques de la culture de soja en semis direct sur tapis de *Paspalum n.* (Pensacola).
- Teneurs en M.O. comparées, après 2 ans, entre systèmes de semis direct sur *Paspalum pensacola* et semis direct sur pailles de riz.

— **À retenir** —

• La production de biomasse (pompe biologique) chaque année, avant et/ou après la culture principale, ne coûte pas plus cher que le travail du sol.

• Si la qualité des mils et sorghos est bien valorisée, la pompe biologique peut rapporter plus que la culture principale.

• Le semis direct sur pompes biologiques permet d'obtenir des productivités nettement supérieures à n'importe quel mode de travail du sol. En outre, la productivité de soja et riz pluvial se maintient stable, sur un étalement des semis de 50 à 60 jours.

• Productivités de soja et riz long fin, dépassent 4 000 Kg/ha en grande culture (avec pointes de rendements à plus de 6 000 Kg/ha pour le riz de qualité).

• Le pâturage (genres *Panicum m.*, *Brachiana b.*) implanté en semis direct en succession annuelle du soja, peut supporter 2 têtes/ha durant la saison sèche, avec un gain de poids journalier de 0,423 Kg, soit une marge nette/tête de 75 US\$.

• Les indices zootechniques (taux de mortalité, % naissance, âge à l'abattage et poids, intervalles entre vêlages) sont améliorés de près de 100%, par rapport au système d'élevage traditionnel.

• Faciles à planter (maïs, sorghos, mils) et à pratiquer avec les herbicides actuels, ces systèmes protègent totalement le sol contre l'érosion, régénèrent la fertilité du sol, et permettent de réduire fortement les coûts de production.

⇒ systèmes avec fertilisation minérale + pesticides: 1 an sur 2.

• Ces systèmes offrent les mêmes avantages que les précédents, mais sont encore plus faciles à maîtriser et associent chaque année, production de grains et pâturage en succession annuelle - Les opérations culturales, et les coûts de production sont réduits nettement (30% de moins que les systèmes traditionnels, avec des productivités égales, voire supérieures).

- La régénération de la fertilité du sol est rapide (M.O., faune ⇒ vers de terre).

1 **EVOLUTION DES SYSTÈMES DE PRODUCTION SUR LES CERRADOS HUMIDES DU CENTRE NORD DU MATO GROSSO 1986-1992 - CIRAD-CA**

Qu'a fait la recherche ?

ETAPES → Partant de

1986

1

MONOCULTURE DE SOJA

Produit = Soja
Monoculture
x Offset

2

Systèmes à une seule culture annuelle

Soja Riz ou Maïs Soja Riz ou Maïs

Création et évaluation [agronomiques techniques économiques]

- Restaurer la fertilité
- Installer le semis direct

Produits : Soja, maïs, riz, mil et guar

3

Systèmes alternant une seule culture annuelle avec 2 cultures en succession l'année suivante

Produits de qualité et diversification

Modes de gestion du sol

- Labour [Fin de saison de pluies Début de saison de pluies]
- Scarification [Fin de saison de pluies Début de saison de pluies]
- Discage
- Semis Direct

Rotations

Successions

4

Systèmes à 2 cultures annuelles en succession = 1 culture principale + cultures en succession
soja + sorgho et/ou mil

X Niveaux de correction du sol

- Correction progressive
- Correction élevée

sur 6 ans

5

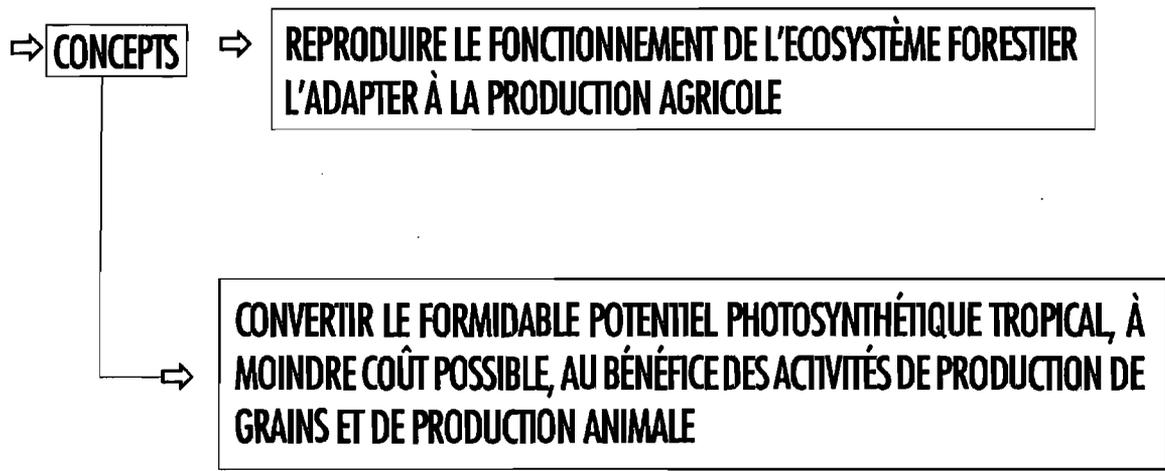
1992

Systèmes - "Production de grains-pâturage"

Succession annuelle Grains + pâturage en succession Rotation = 3 ans-grains 3 ans-pâturages

Meilleure gestion des ressources naturelles

- Diminuer les coûts de production : - moins d'intrants chimiques (pesticides, engrais minéraux)
- augmenter les productivités et leur stabilité
- augmenter revenus nets/ha
- Capitaliser l'agriculteur avec des systèmes "production de grains-élevage" de moindre risque économique.





**PRINCIPAL PROBLÈME
MAINTENIR UNE COUVERTURE DU SOL**

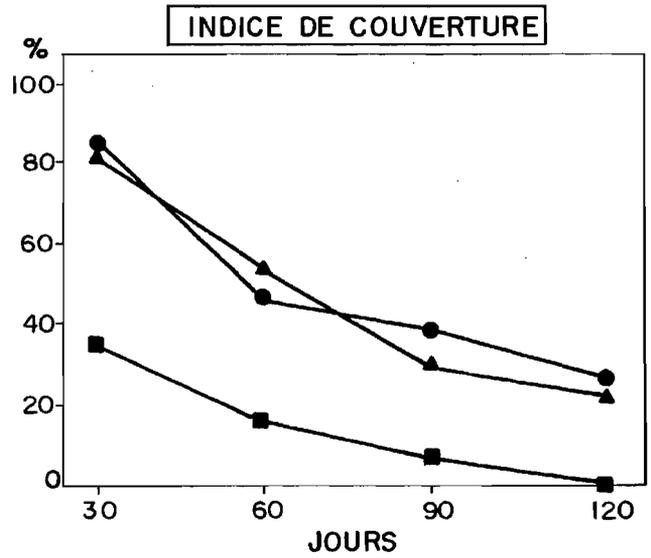
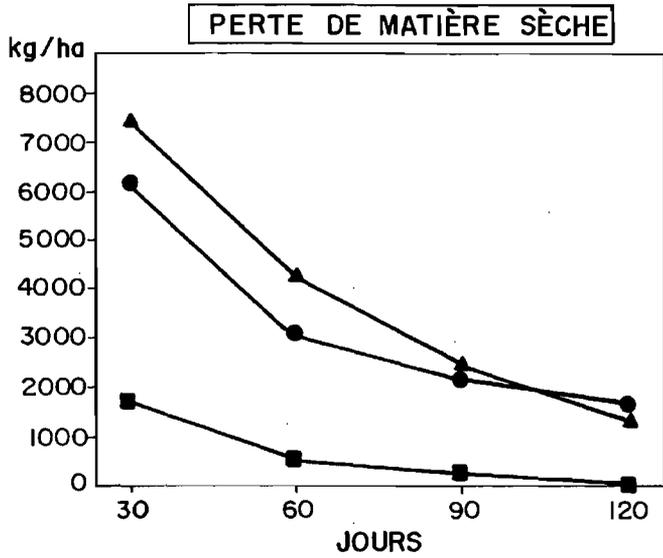
• À L'INVERSE DES RÉGIONS SUBTROPICALES ET SUBTROPICALES D'ALTITUDE (États du Sud, en dessous de tropiques), OÙ IL EXISTE UNE SAISON FROIDE QUI FREINE LA MINÉRALISATION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE,

⇒ EN CONDITIONS TROPICALES CHAUDES ET HUMIDES DE BASSE ALTITUDE, TAUX ÉLEVÉ, CONTINU DE MINÉRALISATION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE

⇒ LA COUVERTURE DU SOL, UNIQUEMENT PAR LES RESTES DE RÉCOLTE EST ÉPHÉMÈRE ET INSUFFISANTE DURANT LE CYCLE DE LA CULTURE

■ ÉVOLUTIONS

- De la perte de matière sèche des résidus de récolte,
 - De l'indice de couverture du sol,
- ⇨ Résidus de récolte de maïs, riz, soja, en semis direct.

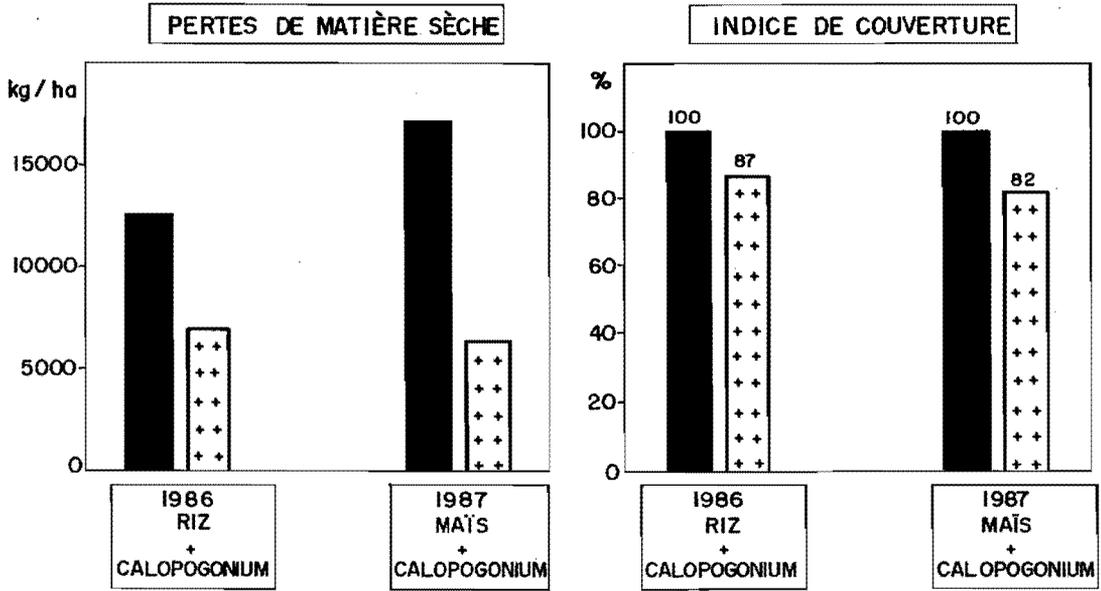


—▲— MAÏS —●— RIZ —■— SOJA

(*) Écologie des cerrados humides. Fazenda Progresso- Lucas do Rio Verde- MT. 1985-89

SOURCE: L. Ségué, S. Bouzinac., (CIRAD-CA), M. Matsubara - 1985-89

■ ÉVOLUTIONS:
 • Des pertes de matière sèche du mélange = Calopogonium + Pailles,
 • De l'indice de couverture du sol,
 ⇨ Sous cultures de riz et maïs

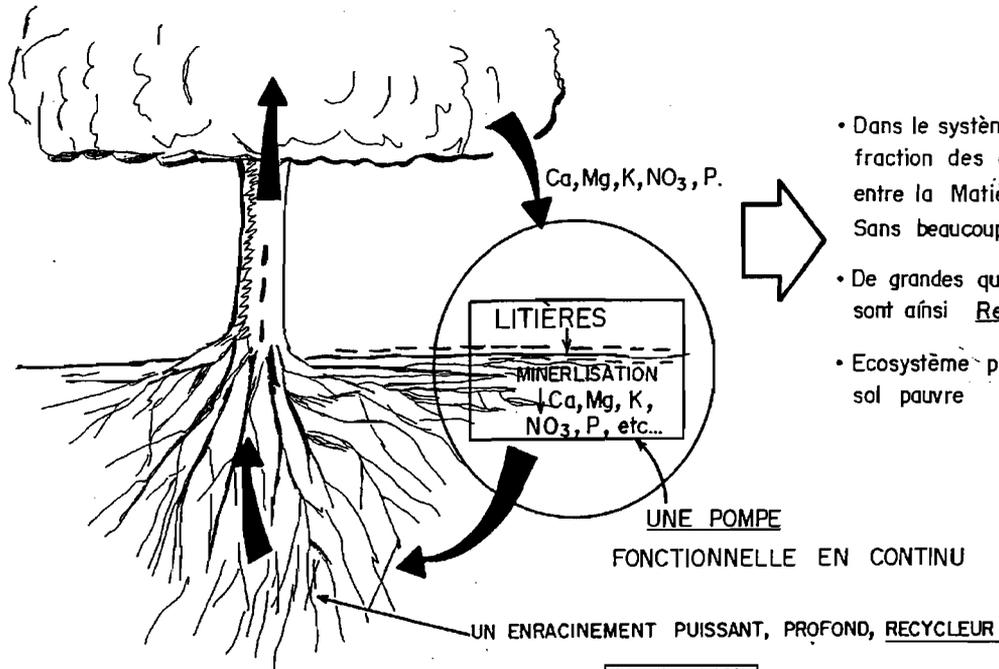


■ FIN DE SAISON SÈCHE-1986
 ▨ FIN DE SAISON DES PLUIES-1987

(*) Écologie des cerrados humides-Fazenda Progresso-Lucas do Rio Verde-MT-1985-89

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, (CIRAD-CA) et M. Matsubara - 1985-1989

LA FORÊT ÉQUATORIALE OMBROPHILE → UN MODELE DE FONCTIONNEMENT A REPRODUIRE POUR L'AGRICULTURE



- Dans le système " SOL-PLANTE", une grande fraction des éléments fertilisants est recyclée entre la Matière Organique vivante et morte, Sans beaucoup d'échanges avec le sol minéral-
- De grandes quantités d'éléments fertilisants sont ainsi Retenus dans le système:
- Ecosystème productif et stable, même sur sol pauvre

Kg /ha / AN

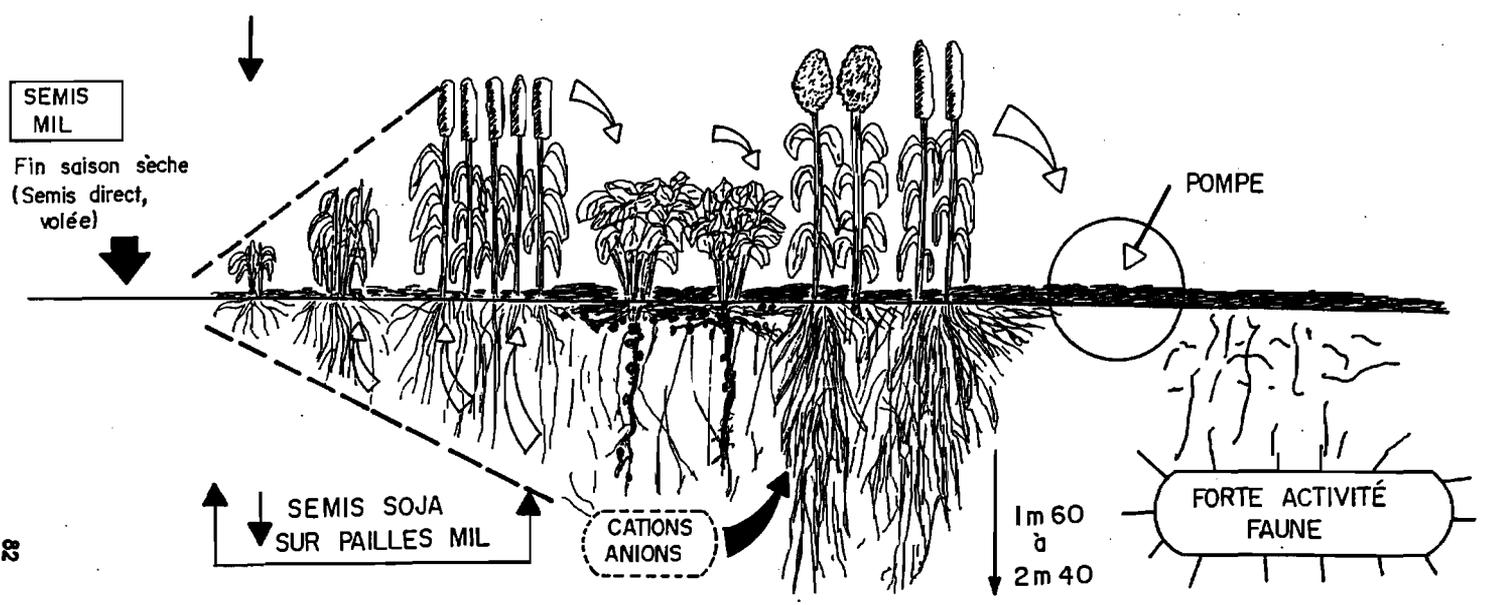
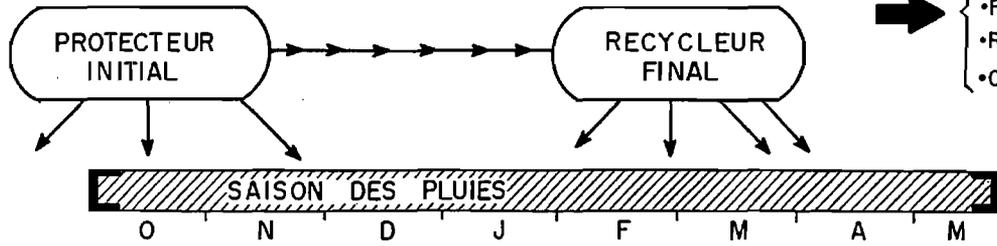
	Matière sèche	N	P	K	Ca	Mg
• Matériaux dus à érosion pluviale	—	12	3,7	220	29	18
• Litière	10528	199	7,3	68	206	45
• Bois tombé	11 200	36	2,9	6	82	8
• Décomposition racines	2576	21	1,1	9	15	4
■ Total apporté	24304	268	15	303	332	75
↳ % Biomasse totale	(7)	(13)	(11)	(33)	(12)	(19)

SOURCE = NYE (1961)

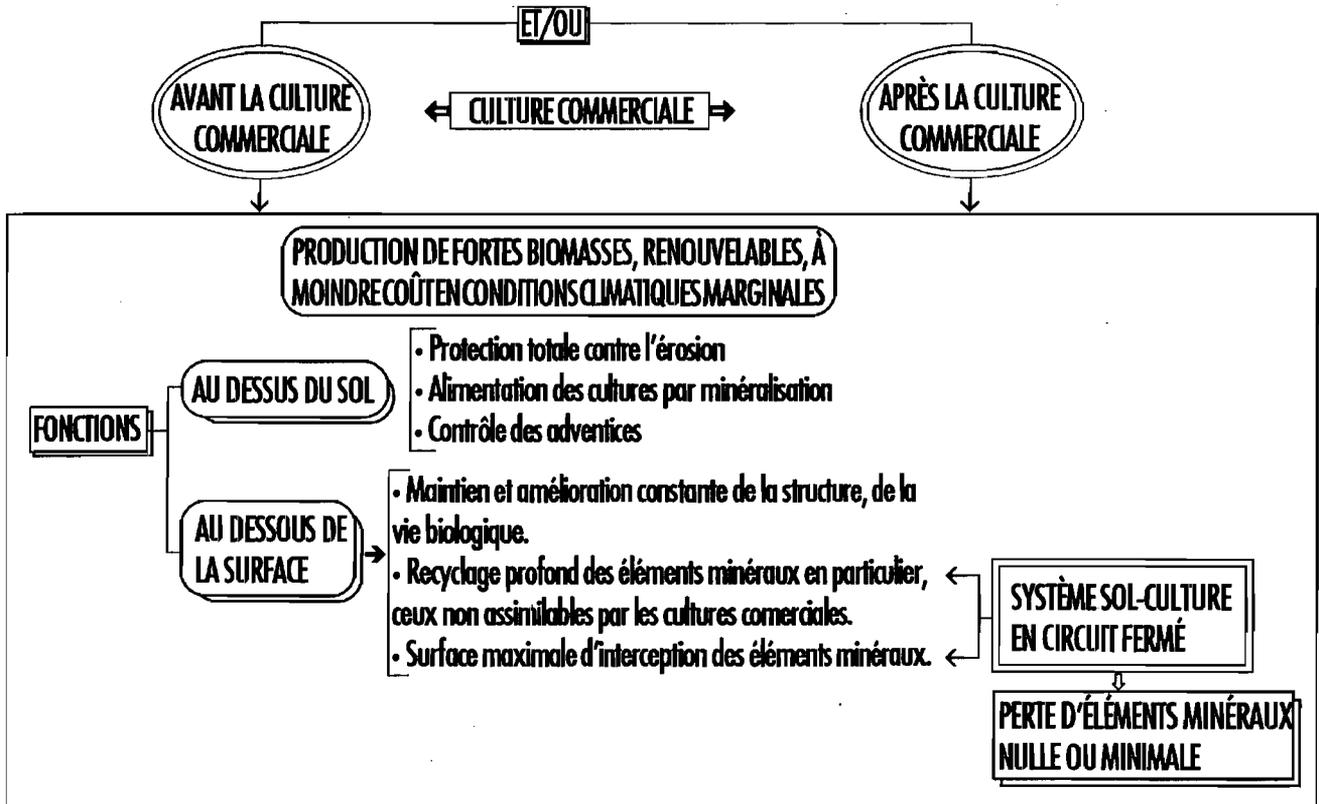
"SYSTEME "MAINTENEUR DE FERTILITÉ"

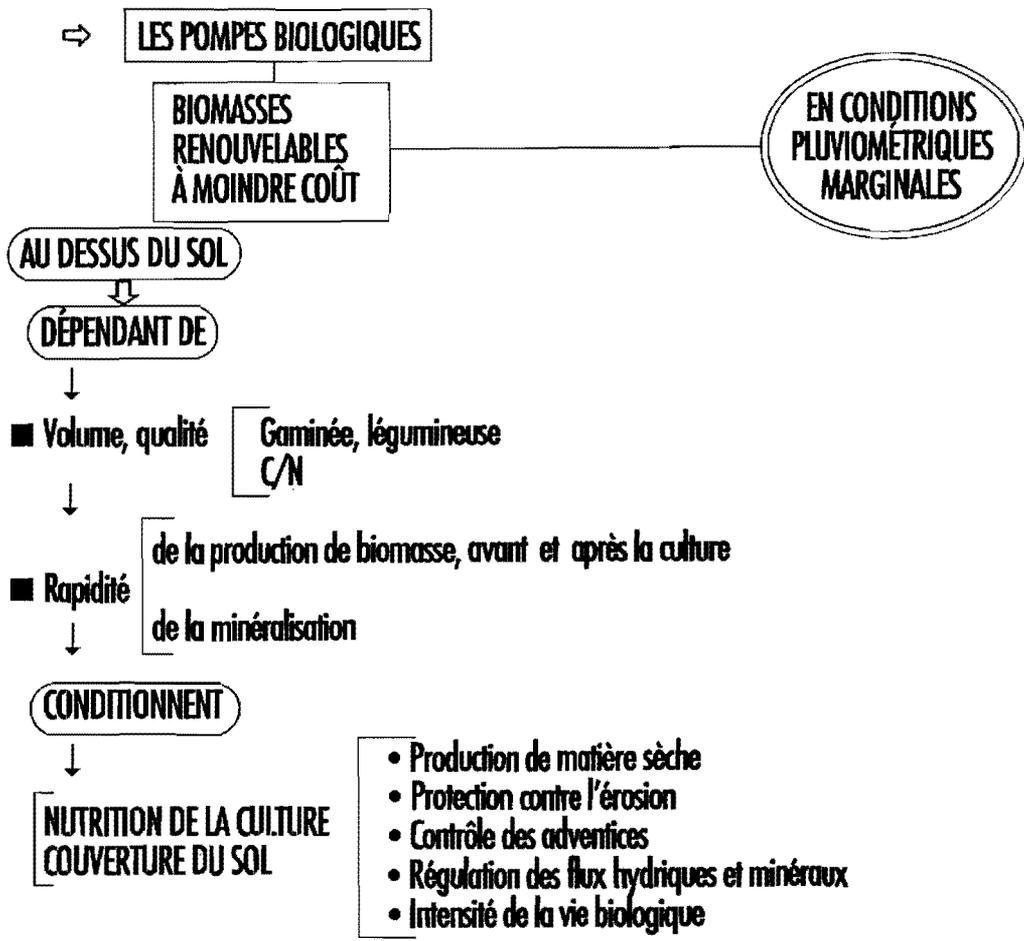
SUR CULTURE SOJA (*) - L. SEGUY, S. BOUZINAC - MT/1993.

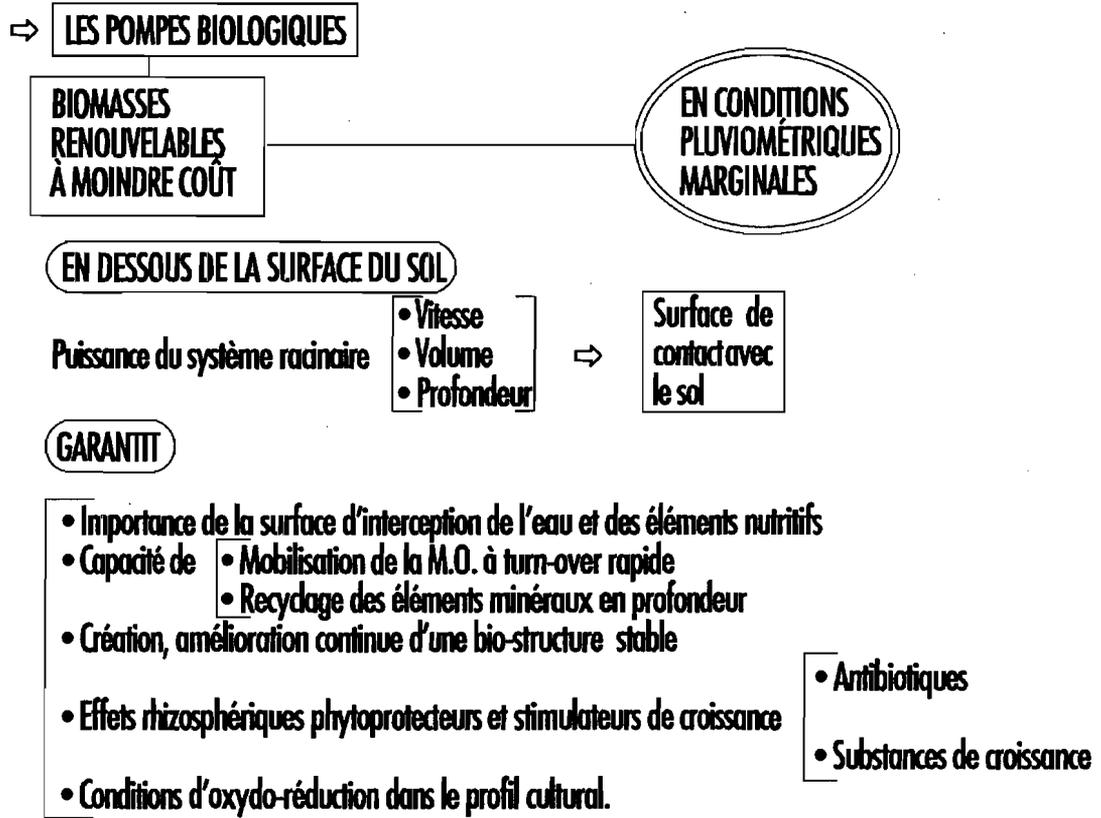
- Etalement semis direct soja sur 50-60 jours
- Facilité
- Rendements Stables
- Capital-sol, totalement protégé



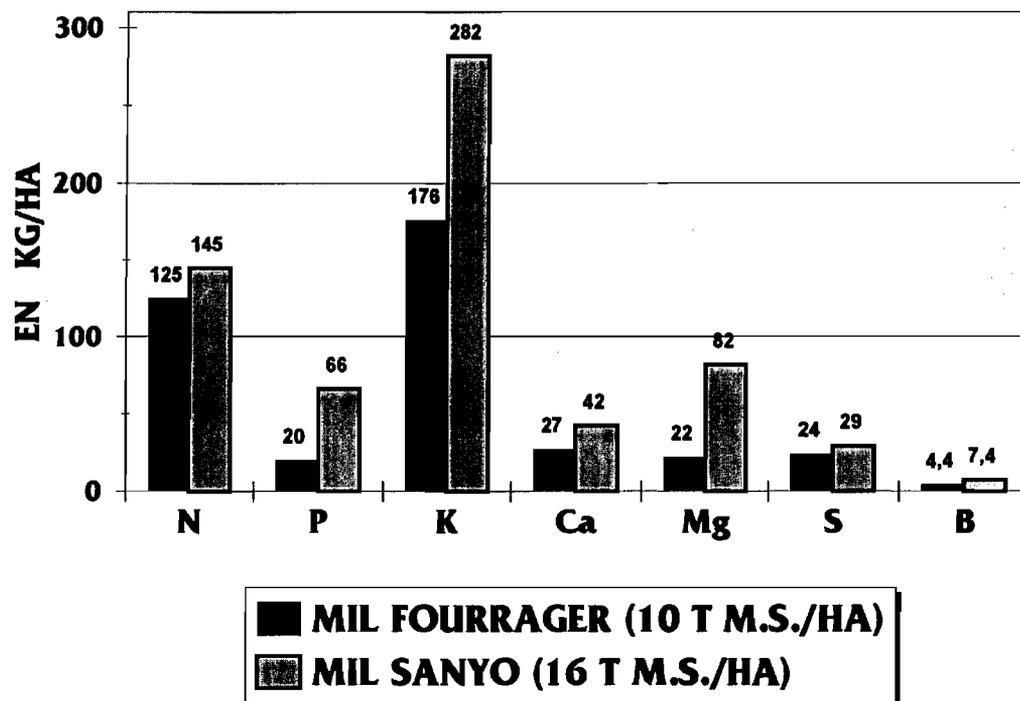
⇒ LA NOTION DE **POMPE BIOLOGIQUE** • PROTECTRICE ET RESTRUCTURATRICE DU PROFIL DE SOL
 • NOURRICIÈRE POUR LES CULTURES, RECYCLEUSE D'ÉLÉMENTS MINÉRAUX







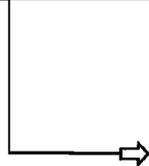
**RESTITUTION MINÉRALE DE 2 VARIÉTÉS DE MIL
- COOPERLUCAS - MT - 1993/94**



⇒ **OBJECTIF DES SYSTÈMES DE SEMIS DIRECT**



**MAINTENIR, SUR LA PLUS LONGUE PÉRIODE POSSIBLE,
LES CONDITIONS INITIALES DE FERTILITÉ DU PROFIL CULTURAL**



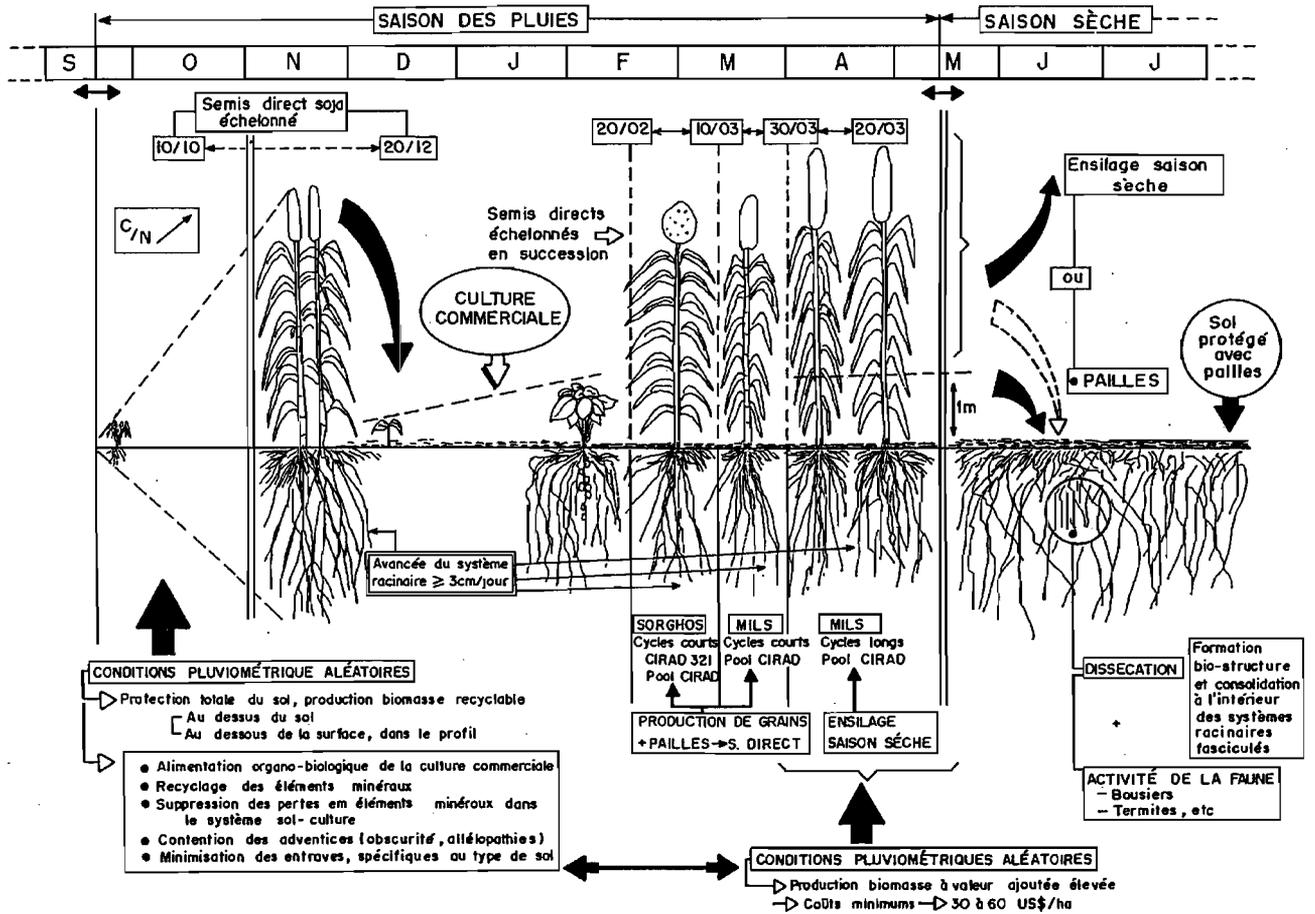
**MAINTENIR LA PRODUCTIVITÉ
SUR L'ÉCHELONNEMENT DU SEMIS
LE PLUS LONG POSSIBLE**



- **ÉQUIPEMENTS MÉCANISÉS RÉDUITS
AU MINIMUM**
- **RÉDUCTION DRASTIQUE DES COÛTS**

COMMENT FONCTIONNE LE SEMIS DIRECT? LES CULTURES = UNE MINI-FORÊT

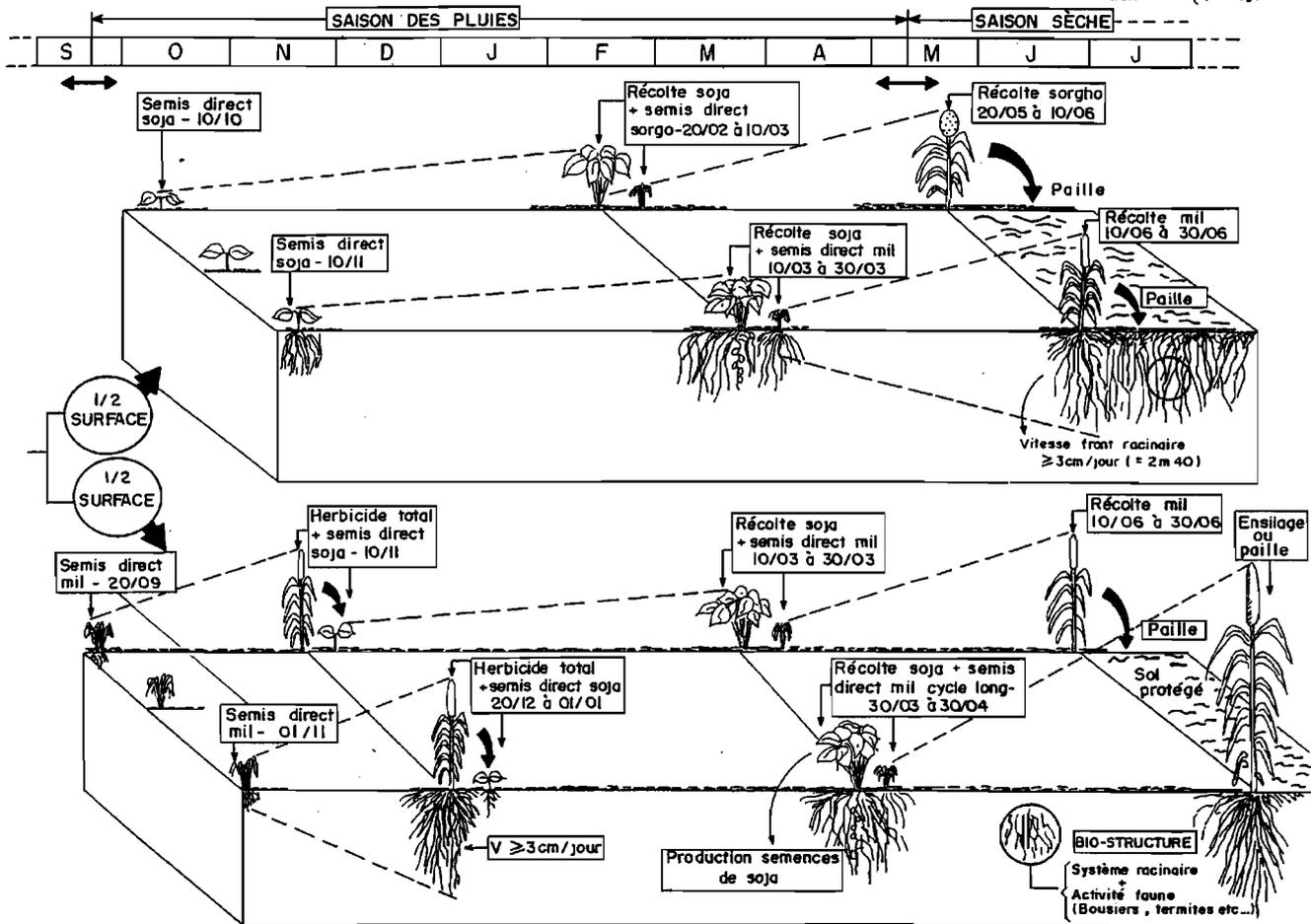
SOURCE: L. Seguy
S. Bouzinac
A. Trenini
CIRAD-1996/1994



MAXIMISER LA CAPACITÉ DES ÉQUIPEMENTS MÉCANISÉS ET LEUR SOUPLESSE D'UTILISATION → LE DOUBLE SYSTEME

• SOURCE: L. Seguy, S. Bauzinac, A. Trentini - CIRAD - 1986/1994

Soja semis précoce + Cultures en succession
Mil + Soja semis + Mil
Plus tardif Ensilage
Paillage

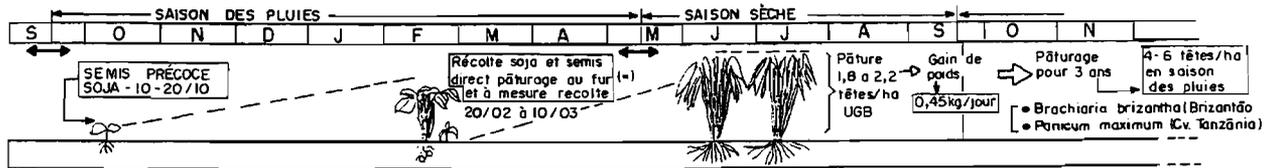


LES SYSTÈMES "PRODUCTION DE GRAINS-ELEVAGE" EN ROTATION, TOUS LES 3-4 ANS

• SOURCE: L. Seguy, S. Bouzinac, A. Trentin, CIRAD - 1986/1994

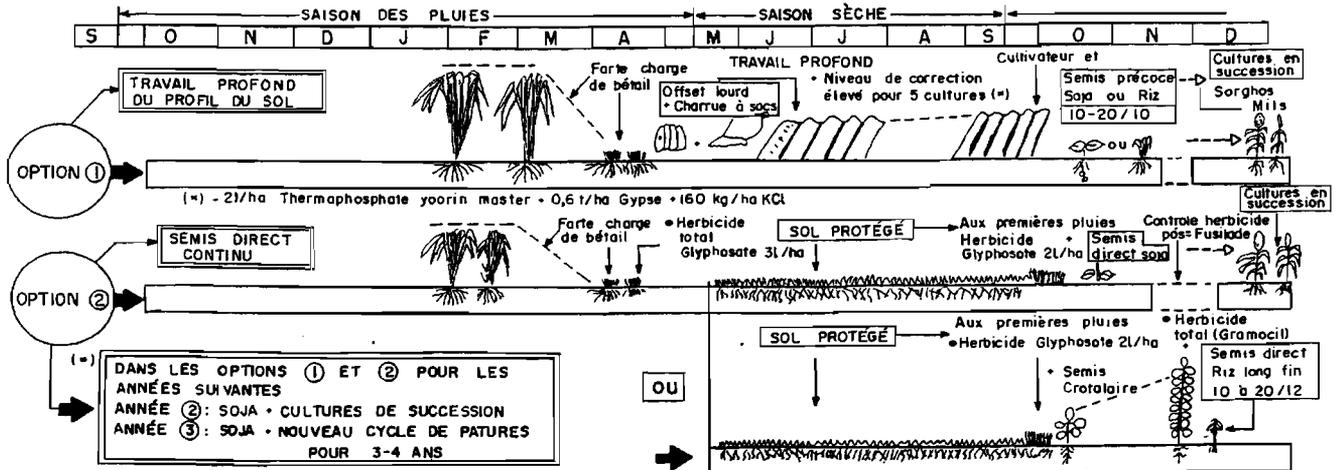
→ Profil de sol biologiquement plus actif, plus sain → Diminution des intrants chimiques → Meilleure valorisation des ressources naturelles
 → Création d'une bio-structure grumeleuse stable • Nutrition des plantes par voie Organo-Biologique de préférence

① - COMMENT PASSER DE LA CULTURE AU PÂTURAGE DANS LA MÊME ANNÉE AGRICOLE ?

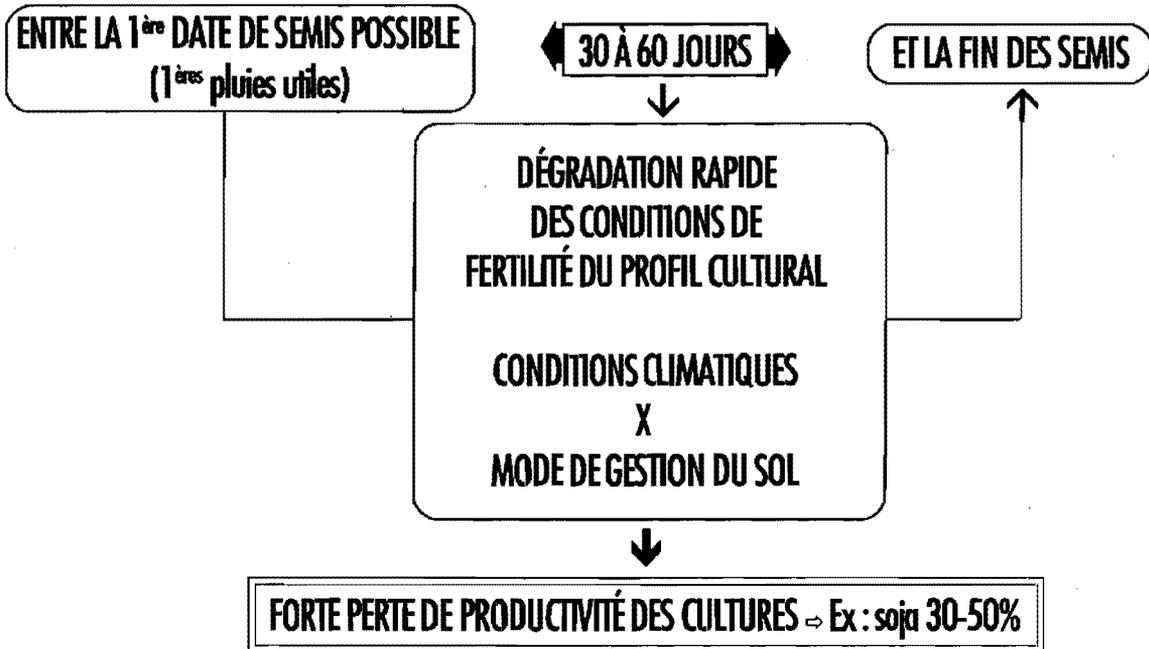


(*) - L'implantation de Brachiaria brizantha est facile et excellente sur semis direct. Pour Tanzânia, préférence semer à la volée et passer offset léger (Semences de fourrages traitées au Thiabendazole + Thiram).

② - COMMENT PASSER DU PÂTURAGE À LA CULTURE ?



⇒ LA RÉALITÉ DU SEMIS ÉCHELONNÉ



**TEMPS DE TRAVAUX(H/HA), COMPARÉS POUR LES DIVERS MODES DE TRAVAIL DU SOL ET SEMIS
FAZENDA PROGRESSO - 1989**

DISCAGE		LABOUR		SCARIFICATION		SEMIS DIRECT	
Opération	Temps H/ha	Opération	Temps H/ha	Opération	Temps H/ha	Opération	Temps H/ha
2 offset lourds	1,8	1 offset lourd	0,9	1 offset lourd	0,9	Herbicideage	(1) 0,6 ou (2)1,2
2 pulvérisages	1,2	labour	2,2	1 scarification	1,0		
		1 pulvérisage	0,6	1 pulvérisage	0,6		
Semis	0,6	Semis	0,6	Semis	0,6	Semis	0,8
Total	3,6	Total	4,3	Total	3,1	Total	1,4 ou 2,0

* Source = CIRAD-CA (L. Seguy - S. Bouzinac)

(1) Une seule application de pré-semis.

(2) 2 applications de pré-semis, à une semaine d'intervalle.

Coûts de l'installation de la pompe biologique mil avant semis direct du soja, comparés à ceux des modes de préparation des sols

	Installation des pompes biologiques		Modes de preparation des sols	
	1 ^{re} technique	2 ^e technique	Labour	Offset traditionnel
Opérations	Semis à la volée du mil + incorporation à l'offset + dessiccation du mil	Semis direct du mil + dessiccation du mil	Offset lourd + labour + speed tiller	2 offsets lourds 2 offsets léger
Coûts de production (en US\$/ha)	47,55	46,55	51,40	48,90

Source : Séguy L., Bouzinac S. et al, 1994 - Fazenda Progresso - Lucas do Rio Verde - Mato Grosso

Performances agro-économiques des pompes biologiques pratiqués avec semis direct, en succession annuelle de soja ou riz

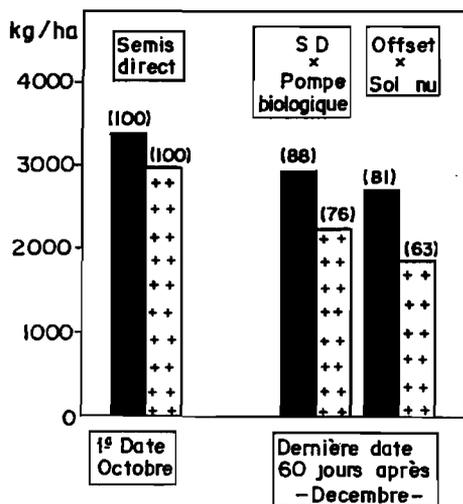
Opération - Coûts de production (\$/ha)	2 Hypothèses de productivité (kg/ha)		Recette (\$/ha)	Marge nette (\$/ha)
Dessiccation (Paraquat)	14,65			
Semis (1)	20,6	Ⓐ 1 200	80,00	29,75
Récolte	15,00	Ⓑ 2 000	133,3	83,00
Total	50,25			

(1) Semences de la fazenda traitées aux fongicides (Thiabendazole + Thiram)

Source : Séguy L., Bouzinac S. et al, 1994 - Fazenda Progresso - Lucas do Rio Verde - Mato Grosso

PRODUCTIVITÉ DU SOJA, EN FONCTION:

- De la date de semis
- De niveau de correction du sol
- Du mode de travail du sol

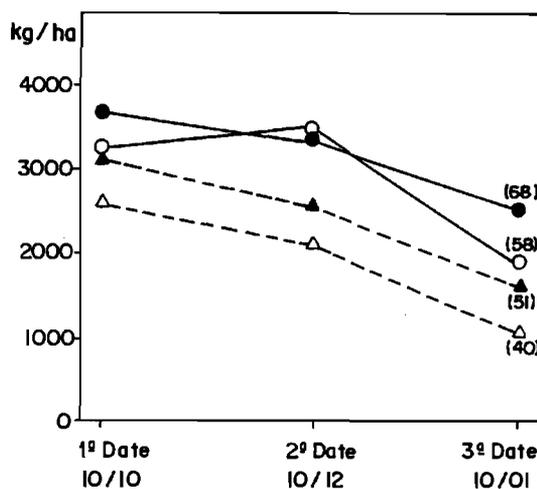


- Niveau fort de correction
- ▣ Niveau progressif de correction
- () Productivités relatives
- Écologies des forêts et cerrados humides
- (*) Moyenne de 4 essais conduits en conditions d'exploitation réelles → 70ha Sinop et Lucas do Rio Verde - MT - 1994

SOURCE: [L. Séguy, S. Bouzinac, (CIRAD-CA), A. Trentini, (COOPERLUCAS) - 1994.

PRODUCTIVITÉ DU SOJA, EN FONCTION:

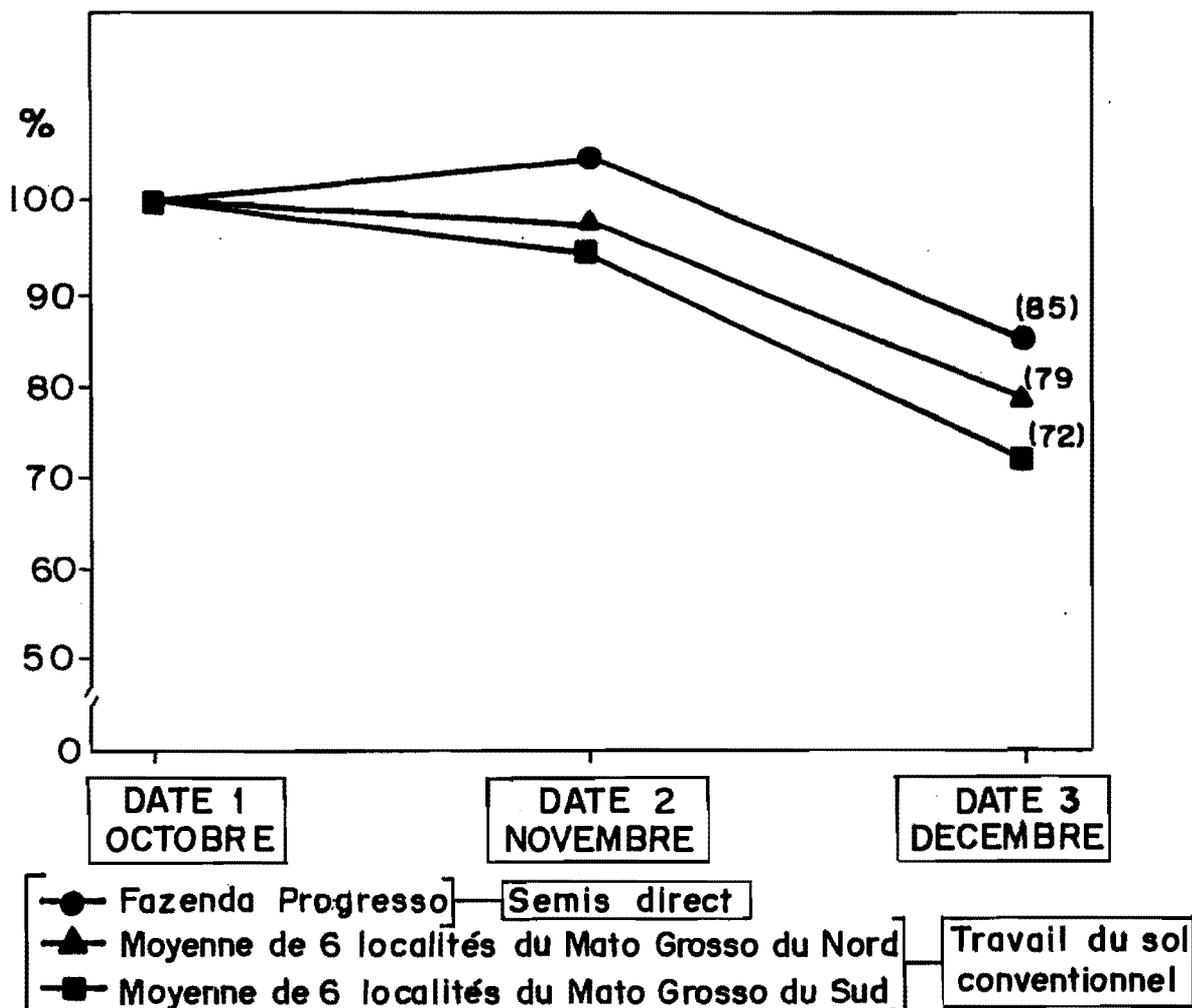
- De la date de semis
- De niveau de correction du sol
- Du mode de travail du sol



- Niveau de correction fort
- Niveau progressif de correction
- ▲ Niveau fort de correction
- △ Niveau progressif de correction
- () Productivités relatives
- Écologies des forêts tropicales humides
- (*) Essais sur 20 ha, conduits en conditions d'exploitation réelles. Sinop - MT - 1994

SOURCE: [L. Séguy, S. Bouzinac, (CIRAD-CA), A. Trentini - (COOPERLUCAS) - 1994.

**PRODUCTIVITÉ MOYENNE RELATIVE DU SOJA
EN FONCTION DE 3 DATES DE SEMIS
ET DU MODE DE GESTION DU SOL -MT-1995**

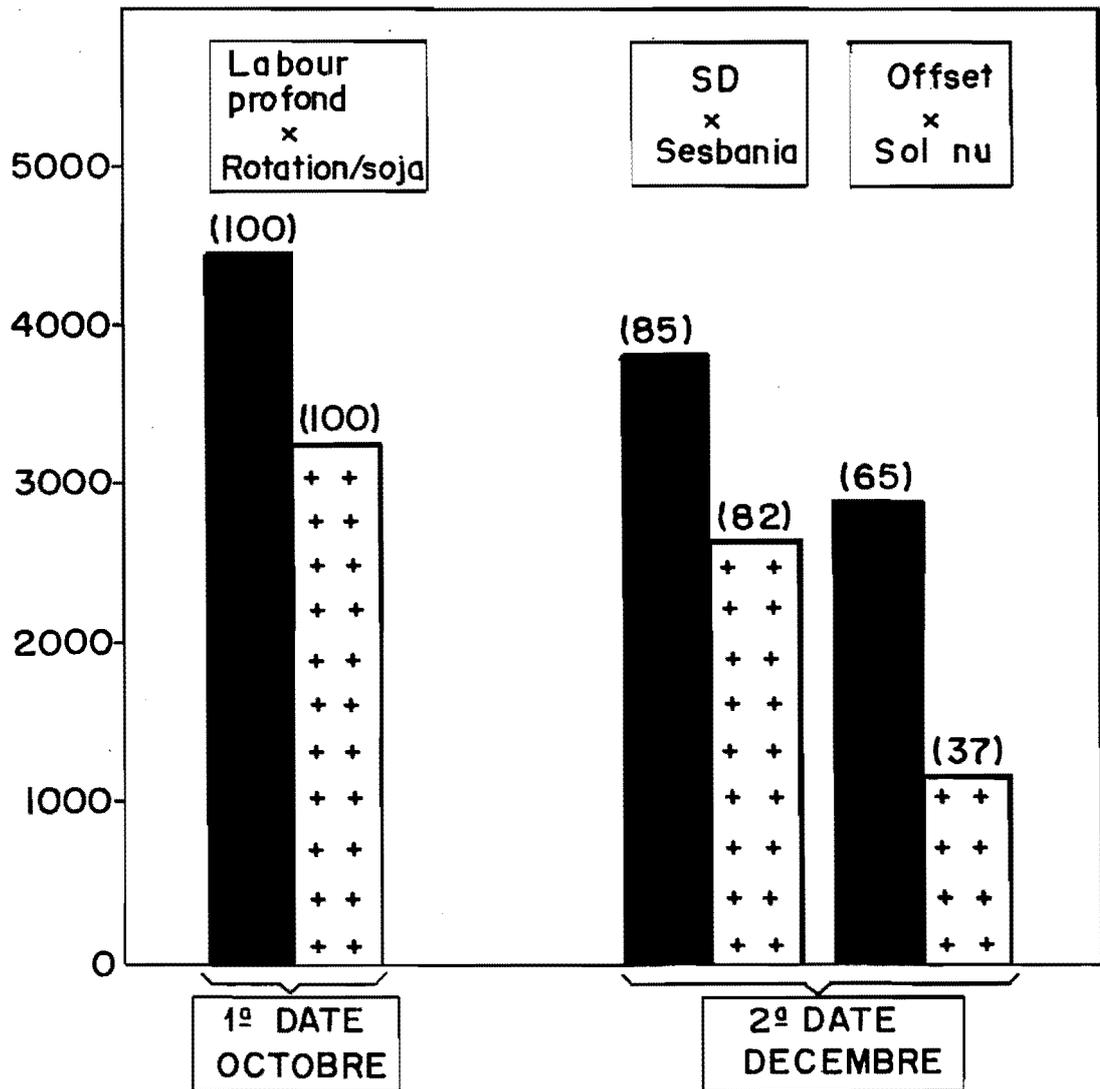


(*) Tous les essais → Compétition de cultivars (33 cultivars/local), conduits en conditions d'exploitation réelles.

SOURCE: Fundação MT - Rondonópolis - 1995

PRODUCTIVITÉ DU RIZ PLUVIAL
EN FONCTION:

- De la date de semis
- Du niveau de correction du sol
- Du mode de travail du sol



Niveau fort de correction
 + Niveau progressif de correction
 () Productivités relatives
 SD - Semis direct

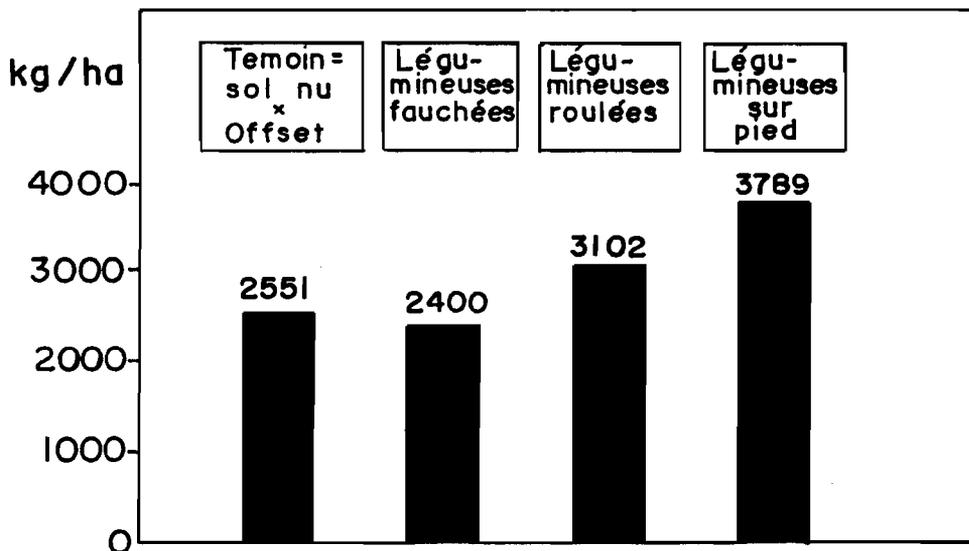
- Écologies des forêts et cerrados humides
- (*) Moyenne de 4 essais conduits en conditions d'exploitation réelles → 100 ha
- Sinop et Lucas do Rio Verde MT - 1994

SOURCE: [L. Séguy, S. Bouzinac et al., 1994
CIRAD - CA + COOPERLUCAS]

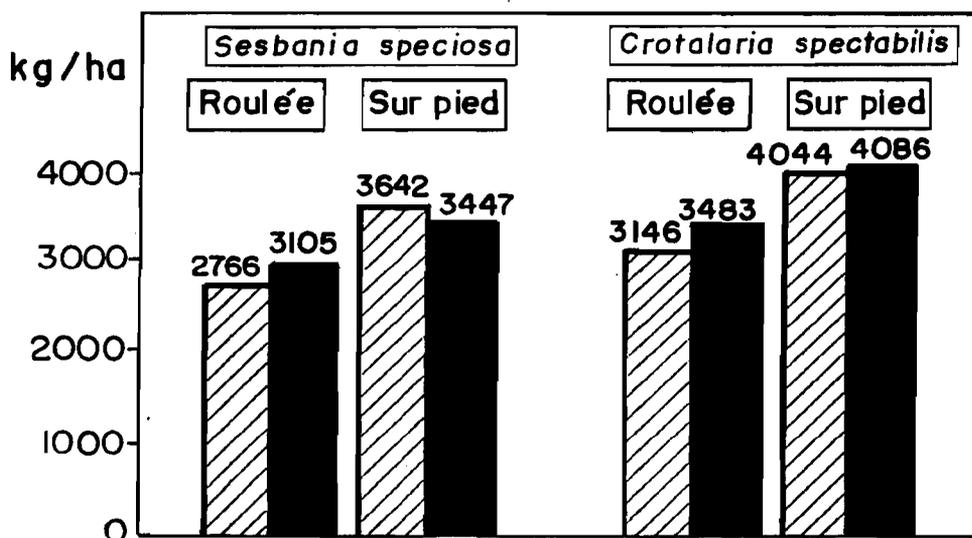
PRODUCTIVITÉ DU RIZ PLUVIAL DANS DIVERS SYSTÈMES DE SEMIS DIRECT TARDIF

En écologies de cerrados et forêts humides du Centre Nord Mato Grosso - MT - 1995

1- Productivité du riz pluvial en fonction:
Du mode de gestion de la légumineuse de
couverture avant semis direct tardif



2- Productivité du riz pluvial en fonction
De l'espèce de légumineuse et de son
mode de gestion, avant semis direct tardif



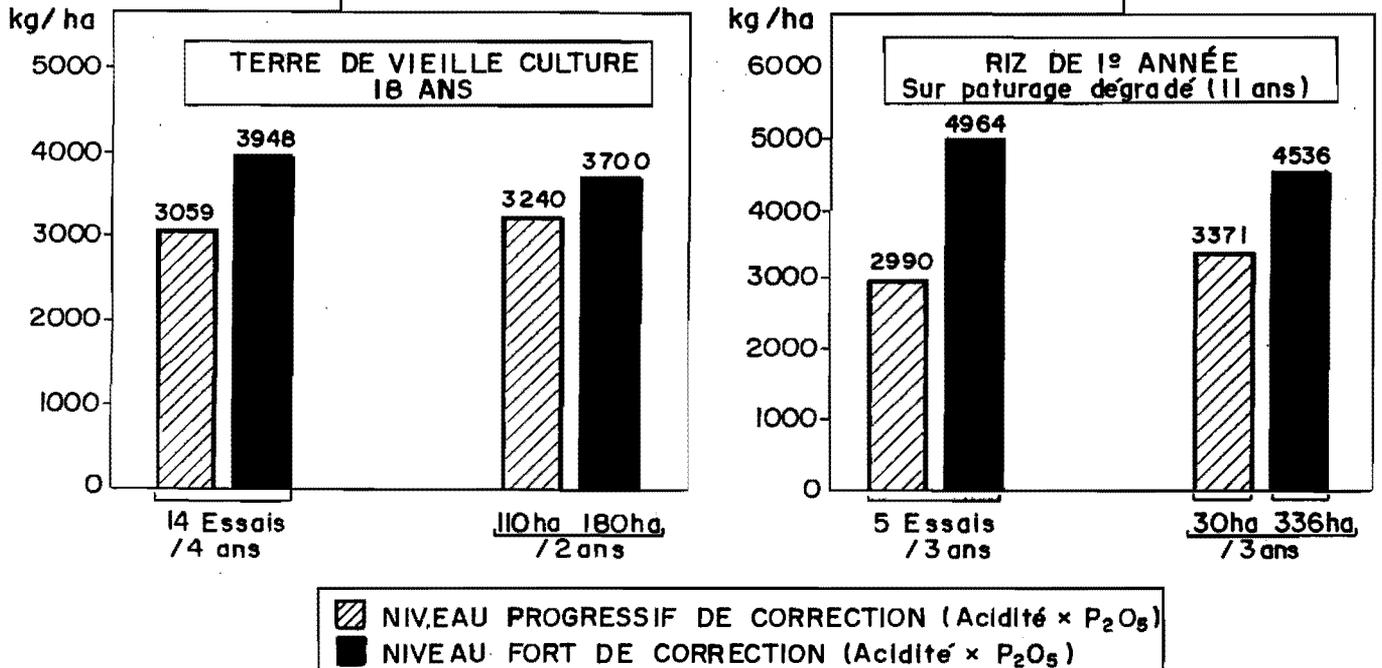
■ Niveau fort de correction de l'acidité + P₂O₅ + K₂O + Zn
 ▨ Niveau progressif de correction de l'acidité P₂O₅ + K₂O + Zn

• Experimentations conduites sur 30 ha, en conditions d'exploitation réelles - Cultivar = CIAT 20

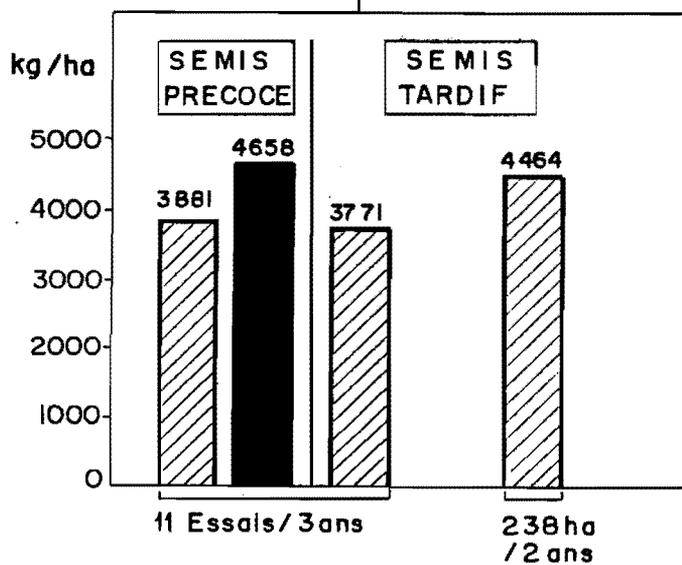
SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac et al., 1995

PERFORMANCES MOYENNES DE NOUVEAUX CULTIVARS DE RIZ PLUVIAL DE QUALITÉ DE GAIN SUPERIEURE (long à très long fin), EN ESSAIS ET EN GRANDE CULTURE - MT-1991-1994

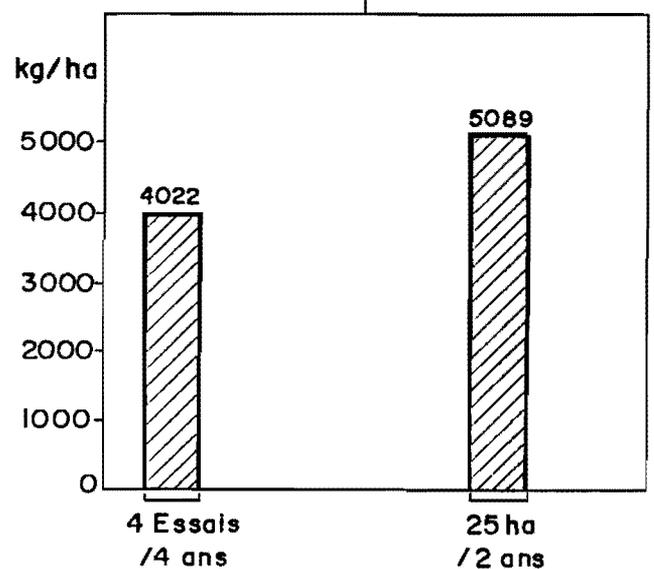
CERRADOS HUMIDES DE L'OUEST BRÉSIL



Défriche récente sous forêt - Ouest Brésil



Défriche récente sous forêt secondaire à palmiers babaçus - Nord Brésil



SOURCE: [L. Séguy, S. Bouzinac et al., 1990-1995
CIRAD-CA + COOPERLUCAS

Indices zootecniques comparatifs entre élevage traditionnel et élevage en rotation avec les cultures		
	Système traditionnel	Système intégré (Fazenda Progresso)
Naissance (%)	55	85
Mortalité (%)	10	5
Âge à l'abatage (années)	4	2 à 2,5
Poids à l'abatage (Kg)	255	245
Intervalle entre velages (mois)	22	14
Source : Nelson de Angelis Cortês (EMPAER) - Fazenda Progresso - 1995		

LES SYSTÈMES "PRODUCTION DE GRAINS-PÂTURAGES" EN ROTATION TRIENNALE (*)

(*) Recherches sur la partie élevage, élaborées et suivies par le Dr Nelson de Angells Cortês de l'Empaer

La Fazenda Progresso est maintenant organisée à partir de cette rotation triennale. C'est donc un terrain privilégié du suivi de l'évolution de la fertilité, et de ses conséquences agro-économiques sur les productions (grains, viande).

- Premières performances des pâturages, installées par semis direct (L. Seguy, S. Bouzinac, 1992, 7)

Pâturage		Production de matière verte (coupé à 40 cm du sol du 15/03 au 15/06/92 (Kg/ha)	Appétibilité
Espèce	Variété		
	<i>Panicum maximum</i> , Tanzania	22 370	Bonne
	<i>Panicum maximum</i> , Tobiata	21 750	Moyenne
	<i>Panicum maximum</i> , Centenário	23 000	Faible
	<i>Brachiaria brizantha</i> , Brizantão	34 750	Bonne
	<i>Chloris gayana</i> , Rhodes	10 750	Nulle

Les espèces le plus intéressantes sont : *Panicum maximum* (Tanzania), *Brachiaria brizantha* (Brizantão).

- Étude de trois modes de nutrition bovine, durant la saison sèche : du 20/06 au 15/09/1992 [Résultats aimablement communiqués par notre partenaire de l'Empaer, le Dr Nelson de Angells Cortês (Voir bibliographie - annexe 7)]

L'étude porte sur la mesure du gain de poids de trois lots de bovillons de 27 mois (croisement : Nelore x Caracu), soumis à trois régimes nutritionnels :

- (A) ensilage + complément concentré → ensilage de maïs, consommation de 16 Kg/tête/jour + complément concentré composé de 60% maïs + 30 % résidu de soja + N, + 7% soja grain + 3% sels minéraux → consommation de 4,8 Kg/tête/jour de concentré;

- (B) pâturage + complément concentré → 4,6 Kg/tête/jour (même concentré qu'en (A))

- (C) pâturage seul (Tanzania et Brizantão).

- Les gains de poids, après 84 jours de saison sèche sont exposés dans le tableau ci-après.

	Régime nutritionnel	Gain de poids (Kg/tête/jour)	Marge nette (U.S.\$/tête)
Bétail confiné	(A)	0,714	52,03
Demi confiné	(B)	0,786	59,77
Libre	(C)	0,423	75,57

On note que le pâturage installé après cultures de grains, procure les meilleures marges nettes par tête et un gain de poids de 0,423 Kg/jour/tête, durant la saison sèche, période durant laquelle les pâturages traditionnels sont totalement secs et improductifs.

Ces premiers résultats sont très prometteurs et ouvrent la voie de l'intégration agriculture-élevage qui doit être une voie royale et qui sera à partir de 1993 un des sujets centraux de nos études à la Cooperlucas ; les filières production exclusive de grains et production de grain en rotation avec l'élevage vont être comparées sur les 4 à 5 ans à venir, sous les aspects agronomiques, économiques et techniques; en particulier, une grande importance sera donnée à l'évaluation de l'utilisation comparée des ressources naturelles, capitalisation de l'agriculteur, systèmes de gestion du moindre risque. La voie est ouverte, les premiers résultats sont conformes à nos hypothèses de travail (L. Seguy, S. Bouzinac, 1992).

LES SYSTÈMES DE PRODUCTION CONTINUE DE CÉRÉALES (Sorghos, Maïs, Riz) SUR LÉGUMINEUSES PÉRENNES

Utilisables aussi bien en agriculture mécanisée qu'en agriculture manuelle

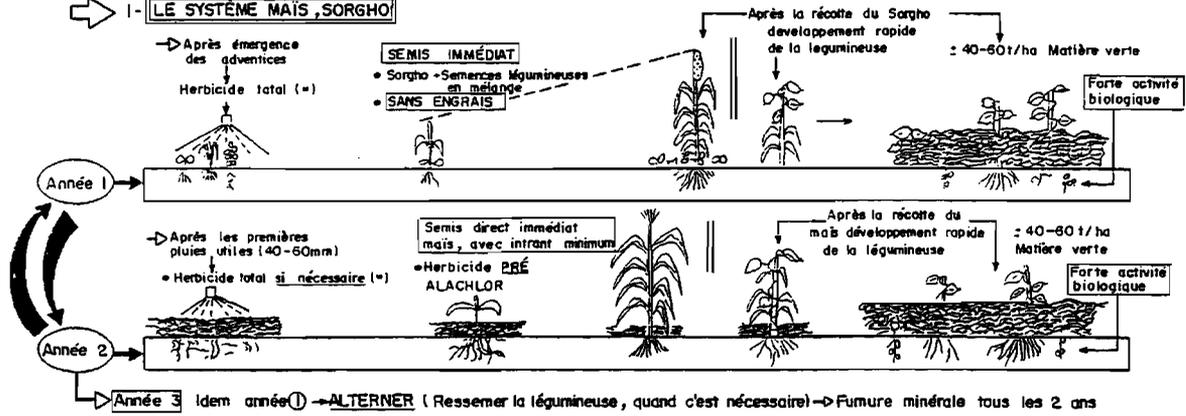
• SOURCE: L. Seguy, S. Bouzinac, A. Trentini
CIRAD - 1986/1994

■ Légumineuses volubiles ou non, reproduction par semences

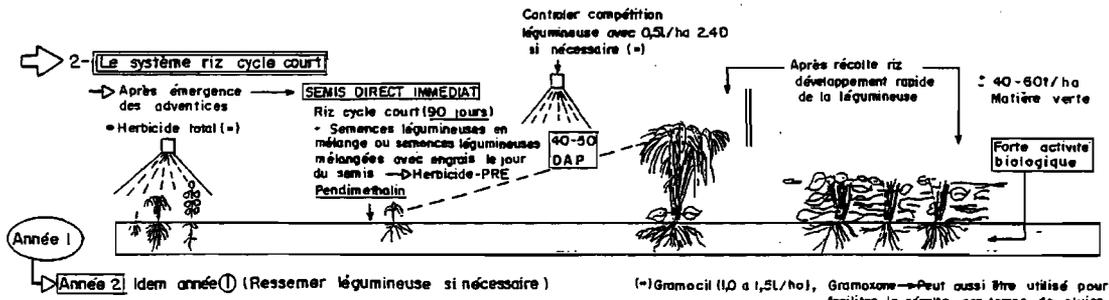
- Colopogonium mucunoides
- Pueraria phaseoloides
- Macroplium atropurpureum
- Cassia rotundifolia
- Tephrosia pedicellata
- Stizolobium aterrimum (=)

Valorisation des ressources naturelles au profit des cultures commerciales
Gestion à intrants minimums

1- LE SYSTÈME MAÏS, SORGHO



2- Le système riz cycle court



(=) Gramacil (1,0 à 1,5L/ha), Gramoxone → Peut aussi être utilisé pour fertiliser la récolte par temps de pluies

Productivités comparées des cultures de soja et maïs pratiquées avec techniques de labour profond continu et semis direct avec couverture morte permanente

1986-1987	Mode de gestion des sols et des cultures		1987-1988		1988-1989		1989-1990		1990-1991	
	Préparation du sol x fertilisation		Culture	Productivité (Kg/ha)	Culture	Productivité (Kg/ha)	Culture	Productivité (Kg/ha)	Culture	Productivité (Kg/ha)
Après labour profond semis riz - calopogonium en mélange Productivité riz = 3 225 Kg/ha	Labour profond	NPK localisé (1)	Soja	1 215	Mais	4 700	Soja	1 775 (*)	-	-
			Mais + <i>Calopogonium</i>	4 030		Mais	2 678	Soja	2 422	
couverture du sol en fin de saison sèche (pailles riz + calopogonium) = 12.5 t/ha		Thermophosphate 1 500 Kg/ha (2)	Soja	1 440	Mais	6 500	Soja	900 (*)	-	-
			Mais + <i>Calopogonium</i>	4 226		Mais	3 068	Soja	3 197	
Calopogonium se resème tout seul les années suivantes	Semis direct	NPK localisé (1)	Soja	2 040	Mais	5 200	Soja	2 460	Mais	5 472
			Mais	4 360		Mais	5 200	Soja	2 610	
		Thermophosphate 1 500 Kg/ha (2)	Soja	2 486	Mais	6 400	Soja	2 947	Mais	5 419
			Mais	4 940		Mais	5 830	Soja	3 084	

(1) Fertilisation - NPK localisée au semis

- soja = 350 Kg/ha 0-25-25

- maïs = 350 Kg/ha 5-30-15 + 100 Kg/ha urée couverture

(2) Fertilisation - Thermophosphate :

- 1 500 Kg/ha Yoorin Bz appliqués en 1987 pour trois ans. Fumure complétée en N et K pour obtenir les mêmes niveaux que sur (1).

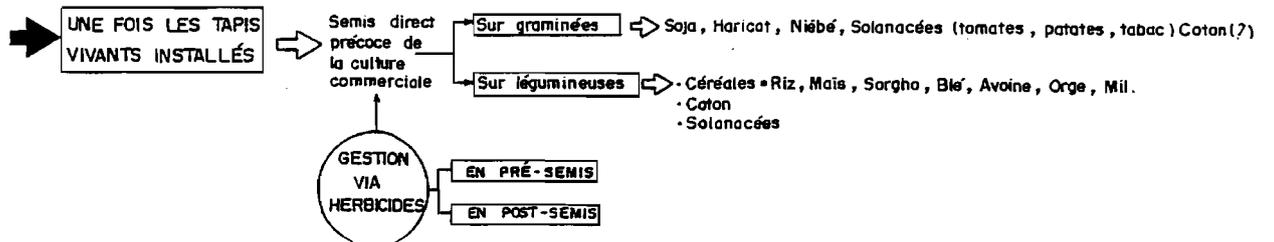
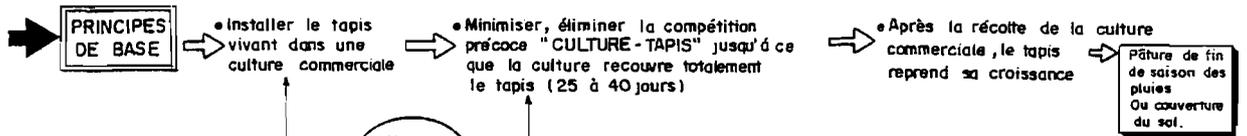
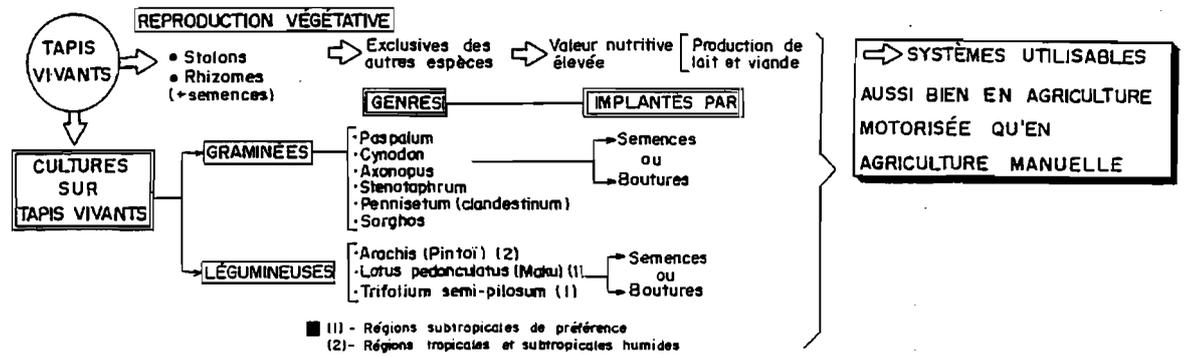
(*) Parcelles dominées partiellement et/ou totalement par *Calopogonium sp.*

Source : Séguy L., Bouzinac S. - Fazenda Progresso - Lucas do Rio Verde - MT - 1986-1990.

Performances agro-économiques de la rotation maïs/sorgho sur <i>Calopogonium</i>, en semis direct					
Productivités (Kg/ha)		Coûts de production (US\$/ha)		Marges nettes (US\$/ha)	
Maïs (a)	Sorgho (b)	Maïs	Sorgho	Maïs	Sorgho
Avec intrants	Sans intrants				
5 526	4 100	413	64	102	230
Source : Séguy L., Bouzinac S. et al., 1992 - Fazenda Agripec - état du Maranhão (a) - Hybride Pioneer 3210 (b) - Hybride AG 2005					

PRODUCTION CONTINUE DE GRAINS SUR TAPIS VIVANTS PÉRENNES
 • LA SUCCESSION ANNUELLE • GRAINS + PÂTURAGE

• SOURCE: L. Seguy, S. Bouzinac, A. Trentini
 CIRAO - 1986/1994

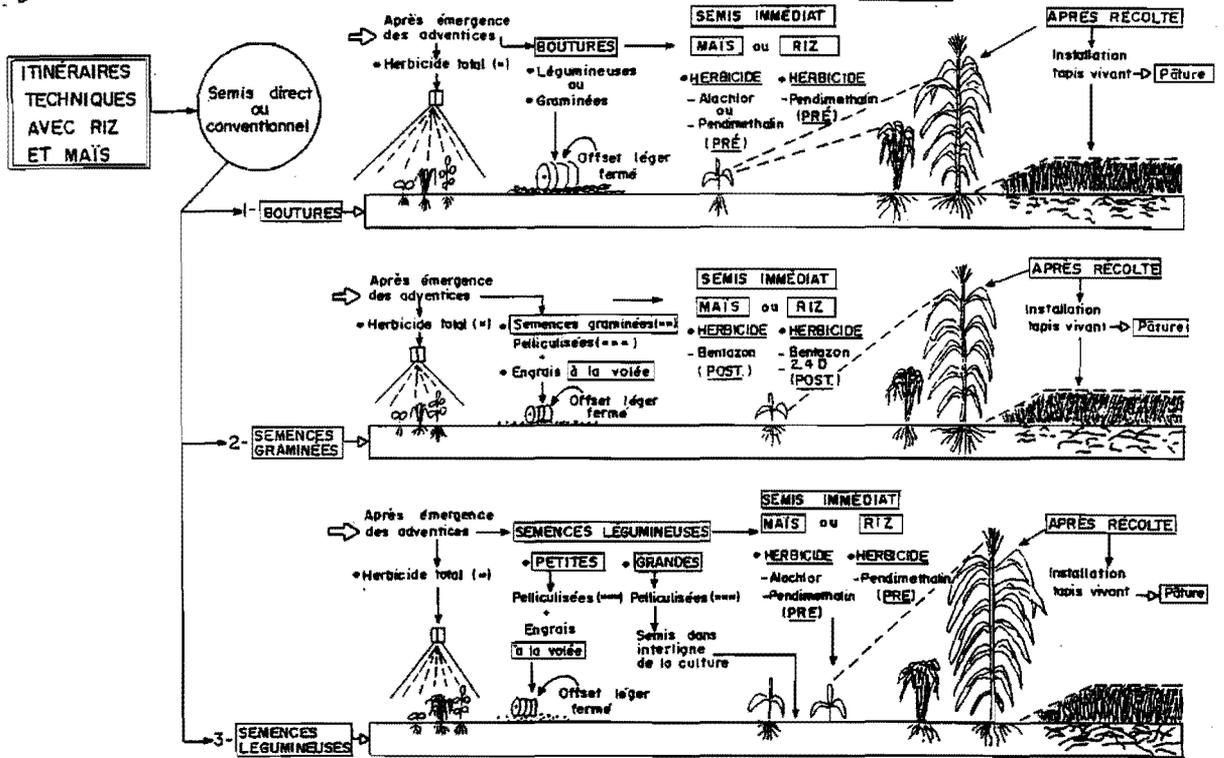


PRODUCTION CONTINUE DE GRAINS SUR TAPIS VIVANTS PÉRENNES
 • LA SUCCESSION ANNUELLE • GRAINS • PÂTURAGE

• SOURCE: L. Seguy, S. Bouzinac, A. Trentini
 CIRAD - 1986/1994

■ Systèmes utilisables aussi bien en agriculture motorisée qu'en agriculture manuelle

⇒ INSTALLATION DES TAPIS VIVANTS SANS IMMOBILISER DE SURFACE PRODUCTIVE — ANNÉE 1



(*) - Paraquat, Paraquat - Diuron, Glyphosate

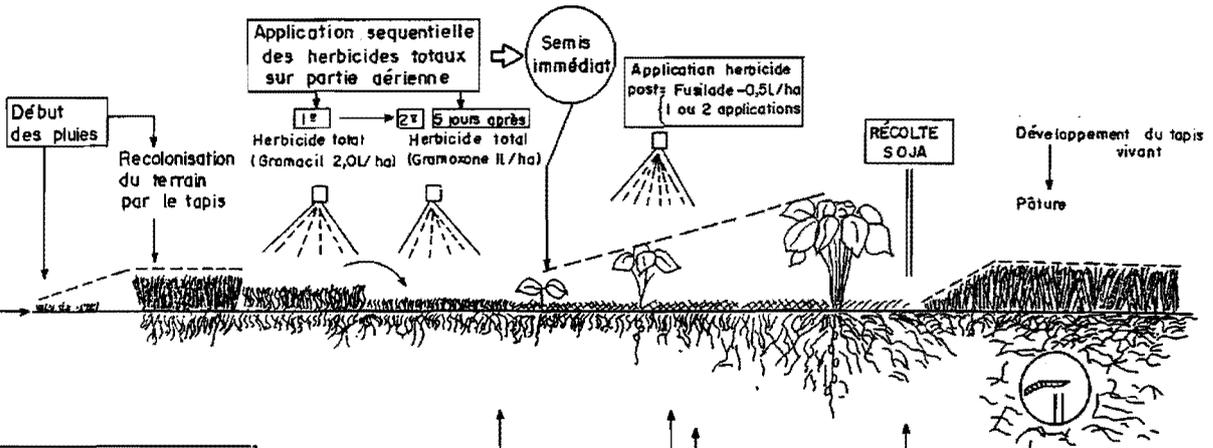
(**) - Les semences de graminées peuvent aussi être mélangées à fengrais dans le semoir, le jour du semis

(***) - Pelliculisation avec: Thermophosphate yorin master en poudre (200g/kg)

ou Phosphate naturel GFSA en poudre (200 à 400 g/kg) + Fongicides (Thiabendazole - Thiram) avec gomme arabique

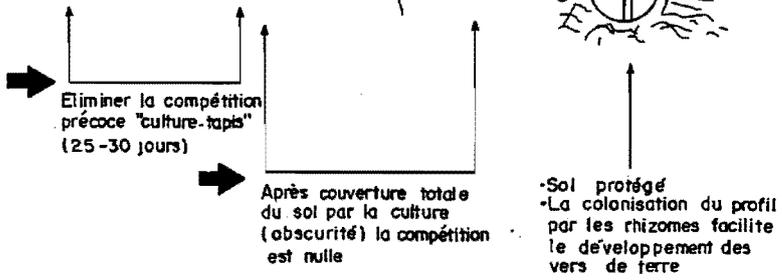
UNE FOIS INSTALLÉS LES TAPIS VIVANTS → SUCCESSION ANNUELLE CONTINUE → PRODUCTION CONTINUE DE GRAINS → PÂTURE / COUVERTURE SOL

- SEMIS DIRECT PRÉCOCE DE LA CULTURE COMMERCIALE
- SUR GRAMINÉES → Soja, Haricot, Niébé, Solanacées (tomates, tabac etc...), Coton (?), Crucifères (?)
 - SUR LÉGUMINEUSES → Céréales = Riz, Maïs, Sorgho, BM, Orge, Mil. Solanacées, Crucifères



EXEMPLE = Soja sur tapis vivant de *Paspalum notatum* Cv. Pensacola

● SOURCE: L. Seguy, S. Bouzinac, A. Trentini CIRAD-1986 / 1994



Performances agro-économiques de la culture de soja en semis direct sur tapis vivant de *Paspalum notatum*, et sur pailles de riz

Productivités (Kg/ha)		Coûts de production (US\$/ha)		Marges nettes (US\$/ha)	
Sur <i>Paspalum</i>	Sur pailles riz	Sur <i>Paspalum</i>	Sur pailles riz	Sur <i>Paspalum</i>	Sur pailles riz
2 686	3 027	265	329	116	93

(*) Sur la même expérimentation en conditions d'exploitation réelles (2 hectares/itinéraire), le système de monoculture de soja, pratiqué à l'offset a entraîné des marges nettes négatives de, - 114 US\$/ha, et le système soja en semis direct après la succession annuelle riz + sorgho, a permis d'obtenir une marge nette de + 142 US\$/ha.

Source : Séguy L., Bouzinac S. et al., 1992 - Fazenda Progresso - Mato Grosso

Teneurs en matière organique comparée, après 2 ans, entre système de semis direct sur tapis de *Paspalum* et semis direct sur pailles

Horizon (cm)	% matière organique	
	Sous résidus (pailles)	Sous tapis (<i>Paspalum</i>)
0-10	2,5	3,1
10-20	2,7	3,3
20-30	2,6	3,2

Source : Séguy L., Bouzinac S. et al., 1992 - Fazenda Progresso - Mato Grosso



**Analyse plus approfondie
du
fonctionnement du semis direct**

⇒ **Le cas des successions annuelles
de production de grains**



□ De 1991 à 1996, ce système de semis direct a la préférence des agriculteurs et les surfaces cultivées avec ces technologies explosent, passant de 180 000 hectares en 1991 à 1 500 000 hectares en 1996.

• **Source** : Monsanto et estimation de l'APDC et de la Fondation ABC - 1996

☛ Ce qu'il faut retenir ⇒ Cheminements conceptuels et technologiques -

(*) Ces cheminements apportent un éclairage plus précis sur les rouages essentiels du fonctionnement des systèmes de semis direct, et notamment sur la composante fertilité (construite sur la gestion rationnelle des ressources naturelles renouvelables), ses implications sur le contrôle phytosanitaire des semences, sur les stratégies de fertilisation minérale, sur la lutte intégrée contre les adventices, et enfin, sur les conséquences économiques réelles et simulées de l'utilisation de ces systèmes pour les producteurs.

• Les tableaux, graphiques, dessins qui composent les cheminements dans les pages à suivre, sont suffisamment détaillés et explicatifs pour dispenser un maximum de texte d'accompagnement. Ce dernier, sera en conséquence, réduit à sa plus simple expression.

☐ Le fil conducteur de la gestion agrobiologique durable de la ressource sol -

• Comparé au labour profond (technique restauratrice temporaire) le semis direct fonctionne en circuit fermé, à l'image la forêt, à l'inverse du labour qui fonctionne comme un système ouvert vers la profondeur, dans les écologies à forte pluviométrie.

⇒ Semis direct = système sol-plante, fermé :

- Économie engrais pour le producteur,
- Contrôle total érosion et pollution nappes, pour le milieu,
- Bilans minéraux plus précis accessibles maintenant au chercheur (modélisation).

• La biologie est le moteur du fonctionnement des systèmes de semis direct.

Sa mise en oeuvre est bâtie sur la production et la reproduction, chaque année, de fortes biomasses protectrices nutritives, recycleuses ⇒ ferment le système sol-plante chaque année ⇒ rien ne se perd (image de la forêt). Les systèmes racinaires alliés au fort développement de la faune + microflore, substituent le travail mécanique du sol.

- La matière organique libre est donc essentielle dans ces systèmes de semis direct et c'est elle que le producteur doit apprendre à gérer, au moindre coût.

- Dès le semis ⇒ les flux d'eau sous couverture morte sont amortis,

⇒ risques de phytotoxicité moindre des pesticides.

- Le pouvoir pathogène du sol (*Fusarium*, *rhizoctonia*, *aspergillus*, etc...) augmente avec la minéralisation des couvertures mortes en surface,

⇒ plus le semis direct est tardif, plus la protection phytosanitaire doit être renforcée (matières actives, en mélange : *Thiram* + *Carboxin* + *Thiabendazole* ; *Triticonazole*)

- Le risque d'immobilisation des éléments minéraux peut être fort (N minéral, P, K, Ca, Mg, micros) tant que la minéralisation de la couverture n'est pas très active ⇒ réalité fréquente, en semis très précoce de début des pluies ⇒ d'où nécessité d'une avance de fumure soluble au semis : N (20 à 40 N/ha), P, K de très faible niveau, Starter.

- L'activité biologique, avec l'utilisation de pompes biologiques telles que mils, sorghos, *Brachiaria b.*, se développe très fortement dans le profil cultural et tend rapidement vers celle mesurée sous l'écosystème forestier.

Deux stratégies de fertilisation sont possibles (choix en fonction des prix payés au producteur, des taux d'intérêts du crédit de campagne).

⇒ Avec fumure correctrice de fort niveau (thermophosphate + gypse + K_2O) amortie sur 3 ans (5 à 6 cultures successives), l'effet pompe biologique est bien supérieur à celui évalué avec fumure correctrice progressive :

- Production de biomasses bien supérieure au dessus et en dessous de la surface du sol ⇒ effets nutritifs, protecteurs, recycleurs plus puissants, efficaces.

D'où une productivité plus élevée et plus stable des cultures commerciales dans ces systèmes de semis direct.

(*) *En résumé : plus la pompe biologique est puissante, plus ses effets sont rapides, importants sur la productivité des cultures commerciales, sa stabilité, au cours du temps.*

- *En réalité, l'investissement en fumure, rapporté à chaque culture (en Kg/ha d'éléments fertilisants), sur 3 ans (5-6 cultures) est plus faible, avec la fumure correctrice immédiate de fort niveau, qu'avec la fumure correctrice progressive.*

- **Lutte intégrée contre les adventices** - Les pompes biologiques placées avant et/ou après la culture commerciale permettent de mieux gérer biologiquement le potentiel semencier d'adventices (obscurité, allélopathies). De même, les tapis vivants pérennes de graminées, sont exclusifs des autres espèces ⇒ La flore adventice diversifiée est substituée par une seule espèce ⇒ voie herbicide (préservant les organes de réserve, souterrains), voie régulateur de croissance.

(*) *À signaler, déjà, l'apparition de résistances des adventices au mélange glyphosate + 2-4 D amine utilisé à dose recommandée pour la dessiccation, en pré semis (1,5 l + 1,5 l/ha), pour les espèces d'adventices :*

- *Borreria alata*
- *Cyperus flavus*
- *Euphorbia heterophylla*
- *Euphorbia prostata*

Ce résultat montre que les plantes transgéniques résistantes au glyphosate risquent d'avoir une durée de vie limitée (⇒ course à la molécule).

*À signaler également, les effets allélopathiques très puissants du sorgho (Séguy L., Bouzinac S., 1989) bien supérieurs à ceux du mil sur la germination de la flore adventice des zones tropicales humides ; le sorgho contrôle, entre autres espèces, *Andropogon gayanus* qui devient rapidement envahissante dans le Centre Ouest du Brésil (pollution à partir des pâturages ⇒ bords de routes, par le vent).*

□ Productivités reproductibles, en 1995/96, des systèmes de production de grains à 2 cultures annuelles en succession (1 culture commerciale + 1 culture pompe biologique), conduits en semis direct.

• Les niveaux de rendements progressivement atteints et reproductibles dans ces systèmes de semis direct, lorsqu'ils sont pratiqués avec la fumure minérale correctrice de fort niveau (*base thermophosphate, 1 500 à 2 000 Kg/ha, amortie sur 3 ans ⇒ 5-6 cultures*), sont de plus en plus élevés et stables, pour des investissements en fumure minérale, très modestes ⇒ ces systèmes sont plus performants à cet égard que les meilleurs systèmes des pays développés tempérés ⇒ rapport : investissement engrais, plus favorable en zone tropicale bien gérée -

productivité

Exemple:

Année 1 [- 4 500 à plus de 5 000 Kg/ha de riz pluvial + 1 500 à 2 000 Kg/ha de sorgho

Année 2 [- 3 600 à 4 200 Kg/ha de soja + 1 500 à 2 500 Kg/ha de sorgho, ou mil

Année 3 [- 3 500 à 4 000 Kg/ha de soja + 1 500 à 2 500 Kg/ha de sorgho ou mil.

L'engrais minéral investi, rapporté à chaque culture dans cet exemple de système, est, en Kg/ha :

⇒ 18 N, 78 P₂O₅, 48 K₂O, 104 Ca, 36 Mg, 100 SiO₂, 2,2 Zn.

• Ces rendements élevés ne sont reproductibles que si certaines règles précises relatives à l'ordre de rotation et à la nature des successions, sont respectées (2) :

- Le riz doit être pratiqué en ouverture des rotations (au moment de l'application de la fumure minérale correctrice de fort niveau) ou après précédents légumineuses dominantes sur 2 ans ⇒ après les successions

soja + sorgho, mil	soja + crotalaire
année 1	année 2

- Le soja exprime tout son potentiel, au contraire, après précédents céréales dominantes sur 1 ou 2 ans :

ou après la succession	riz + sorgho, mil
ou après les successions	soja + sorgho, mil , riz + sorgho, mil
	année 1 année 2

(*) En résumé ⇒ Maximiser le précédent légumineuse avant semis direct de riz (2 à 3 légumineuses sur 1 à 2 ans), maximiser le précédent céréale avant semis direct de soja (2 à 3 céréales sur 1 a 2 ans).

□ Au plan économique, des simulations (recettes et coûts/ha), ont été réalisées, en fonction de quatre hypothèses de prix (*minimum non garanti, réel, moyen, élevé*), avec 2 taux d'intérêts (1) très différents du crédit : 12%/an ("Plan Collor") et 48%/an (Plan Real actuel). Cette simulation appliquée aux productivités croissantes réelles obtenues et reproductibles, au fur et à mesure de l'amélioration des systèmes de semis direct (phase 2 ⇒ 1992/95), met en évidence :

- Une meilleure stabilité économique, avec, à la fois, la fumure minérale correctrice de fort niveau (*qui induit les productivités les plus élevées et les plus stables sur 3-4 ans*), et avec des prix élevés (3) payés au producteur (en US\$/sac de 60 Kg) = soja ⇒ 12,5 ; riz long fin ⇒ 13 ; sorgho ou mil de qualité ⇒ 6,0.

- Avec ces prix pratiqués, qui sont devenus réalités en 1996, même avec des taux d'intérêts très élevés, les marges nettes/ha, sont attractives et vont de 130 à plus de 400 US\$/ha avec les meilleures productivités (phase 3 - hypothèse haute ②). Même avec l'hypothèse de productivités plus modestes, des prix élevés payés au producteur garantissent des marges toujours positives, entre 60 et 280 US\$/ha.

(*) Des taux d'intérêts annuels, plus raisonnables, 8 à 12% supérieurs à l'inflation, alliés à des prix élevés payés au producteur (⇒ prix réels 1996), sont les deux piliers du succès de la fixation de l'agriculture en zone tropicale humide maintenant que le Brésil dispose de technologies de pointe reproductibles en matière de gestion durable de la ressource sol.

• Les prix élevés payés aux producteurs sont d'autant plus importants que la production agricole est éloignée des grands centres de consommation, des ports d'exportation, et doit emprunter pour sa commercialisation, un réseau routier défectueux qui accroît les coûts de production.

Ces prix élevés peuvent être obtenus par deux voies complémentaires :

- La qualité des produits
 - La transformation locales des produits
- Haute valeur ajoutée

(1) Taux issus de plans récents de restructuration économiques du Brésil.

(2) Extraits de "productivités des rotations en semis direct - 2^{ème} phase" - 1990/94

(3) Prix devenus réalités, en 1996.

👉 Guide de lecture des tableaux, graphiques et dessins relatifs au chapitre "Analyse plus approfondie du fonctionnement du semis direct ⇒ Le cas des successions annuelles de production de grains, en particulier "

⇒ Tableaux, graphiques et dessins

• Gestion de la fertilité en conditions économiques limitantes, par le semis direct.

• Fonctionnement du profil cultural sous labour.
• Fonctionnement du profil cultural sous semailles direct.

• Rôle de la matière organique du sol dans les systèmes de semis direct.

• Modes de gestion des sols et flux d'eau.

• Pouvoir pathogène du sol - semis précoce
semis tardif

• Activité biologique sous divers modes de gestion des sols et des cultures.
• Activité biologique sous divers écosystèmes naturels et cultivés.
• Écosystèmes cultivés et naturels (Île de la Réunion).

• Minéralisation des biomasses protectrices, recycleuses et alimentaires dans les systèmes de semis direct.

• Stratégies de fertilisation minérale dans les systèmes de semis direct :
- corrective immédiate
- corrective progressive

• Productivités des rotations et successions avec un maximum de semis direct - Phase 2 (1990/94).

• Performances économiques réelles et simulées - Phase 2 (1990/94)
• Performances agro-éco comparées sur culture de soja entre fumure conventionnelle et phosphatage de fond - MT 1994.
• Fertilisation corrective de fort niveau - Phase 3 (1992/95)
• Productivités des successions annuelles en semis direct - Phase 3 (1992/95)
• Performances économiques réelles et simulées - Phase 3 (1992/95).

— À retenir —

• Créer des modes de gestion des sols et cultures qui permettent de tirer partie au maximum des ressources naturelles, au moindre coût

• Semis direct ⇒ Système sol-cultures fermé, rien ne se perd - (éléments nutritifs), Labour ⇒ Système ouvert - Flux d'eau descendants dominants - Risque fort lixiviation.

• La matière organique libre, à turn over rapide est le compartiment de la M.O., prioritaire à gérer.

• Flux amortis sous semis direct - Risques phytotoxicité pesticides, plus faibles.

• Plus la couverture du sol est épaisse et plus sa minéralisation est active, plus il est nécessaire de bien protéger la germination des cultures (traitements fongicides des semences)

• Les pompes biologiques, (en particulier les pâturages *Bracharia b.*, *Panicum m.*), conduisent à une activité biologique qui évolue vers celle mesurée sous forêt.
⇒ Reconstitution d'un nouvel équilibre biologique proche de celui du milieu naturel.

• En semis direct précoce, sous faible humidité risque d'immobilisation forte de N, P, bases
⇒ Nécessité faire avance N minéral + fumure PK starter, soluble, de faible niveau.

• L'efficacité de la pompe biologique (toutes fonctions au dessus et au dessous de la surface) est nettement supérieure avec correction forte immédiate ⇒ Productivités plus élevées, plus stables, avec économie d'engrais.

• Les productivités des successions annuelles en semis direct n'ont cessé de progresser entre 1990 et 1995.

• Les meilleures marges/ha (entre 130 et 400 US\$/ha) sont obtenues avec, simultanément : prix payés au producteur, élevés, (prix réels de l'année 1996) + taux d'intérêt de l'argent de 12%/an + fumure corrective immédiate de fort niveau, amortie sur 3 ans, (5 à 6 cultures successives).

• Même avec des taux d'intérêts très élevés (48%/an) la fumure corrective immédiate + prix payés élevés conduisent toujours à des marges/ha positives.

⇒ **Tableaux, graphiques et dessins**

• Modalités d'application du calcaire sur soja dans divers itinéraires techniques - Cooperlucas - MT 93/94

• Lutte intégrée contre les mauvaises herbes

• Concepts de gestion biologique du potentiel semencier d'adventices, en semis direct -
- Option 1 ⇒ Les successions annuelles
- Option 2 ⇒ Les tapis vivants

— **À retenir** —

• *Les amendements et engrais minéraux peuvent être appliqués sur le sol en semis direct, sans perdre d'efficacité.*

• *Les successions annuelles en semis direct, avec pompe biologique, permettent de mieux gérer biologiquement, le potentiel semencier d'adventices. De même pour les systèmes sur tapis vivants, encore plus efficaces ⇒ substitution de la flore adventice diversifiée (variable d'une année sur l'autre), par une seule espèce, exclusive.*

Tous ces systèmes de semis direct, en renforçant le contrôle biologique, permettent de diminuer progressivement les doses d'herbicides, donc les coûts.

□ **GESTION DE LA FERTILITÉ EN CONDITIONS ÉCONOMIQUES LIMITANTES, PAR LE SEMIS DIRECT
OU
COMMENT MIEUX MAINTENIR, UTILISER, VALORISER LES RESSOURCES NATURELLES.**

1. En ne laissant rien perdre dans le système sol-plante ⇒ **Modèle de fonctionnement = L'écosystème forestier**
En récupérant les éléments nutritifs lixiviés en profondeur, hors de portée des cultures en système conventionnel.
⇒ Fonctions assurées par le semis direct
 - Protection totale contre l'érosion ⇒ Couvertures mortes, vives.
 - Recyclage profond chaque année ⇒ Avant et/ou après chaque culture.
 - Interception des éléments nutritifs ⇒ Plantes à stolons et rhizomes.

2. En extrayant du complexe absorbant des éléments nutritifs inassimilables pour les cultures commerciales,
En régénérant la fertilité par plantes capables de produire des biomasses, sans engrais, en conditions de fertilité
totalement limitantes pour les cultures commerciales (→ excréctions racinaires).
⇒ (ex.) **Le mil** pour sa capacité à extraire et recycler K, B en sol ferrallitique du Brésil (Source : CIRAD-CA Brésil)
Cassia rotundifolia pour sa capacité à régénérer la fertilité des sols ferrallitiques sur socle acide des hauts plateaux
de Madagascar (Source : CIRAD-CA, FAFIALA, TAFA).

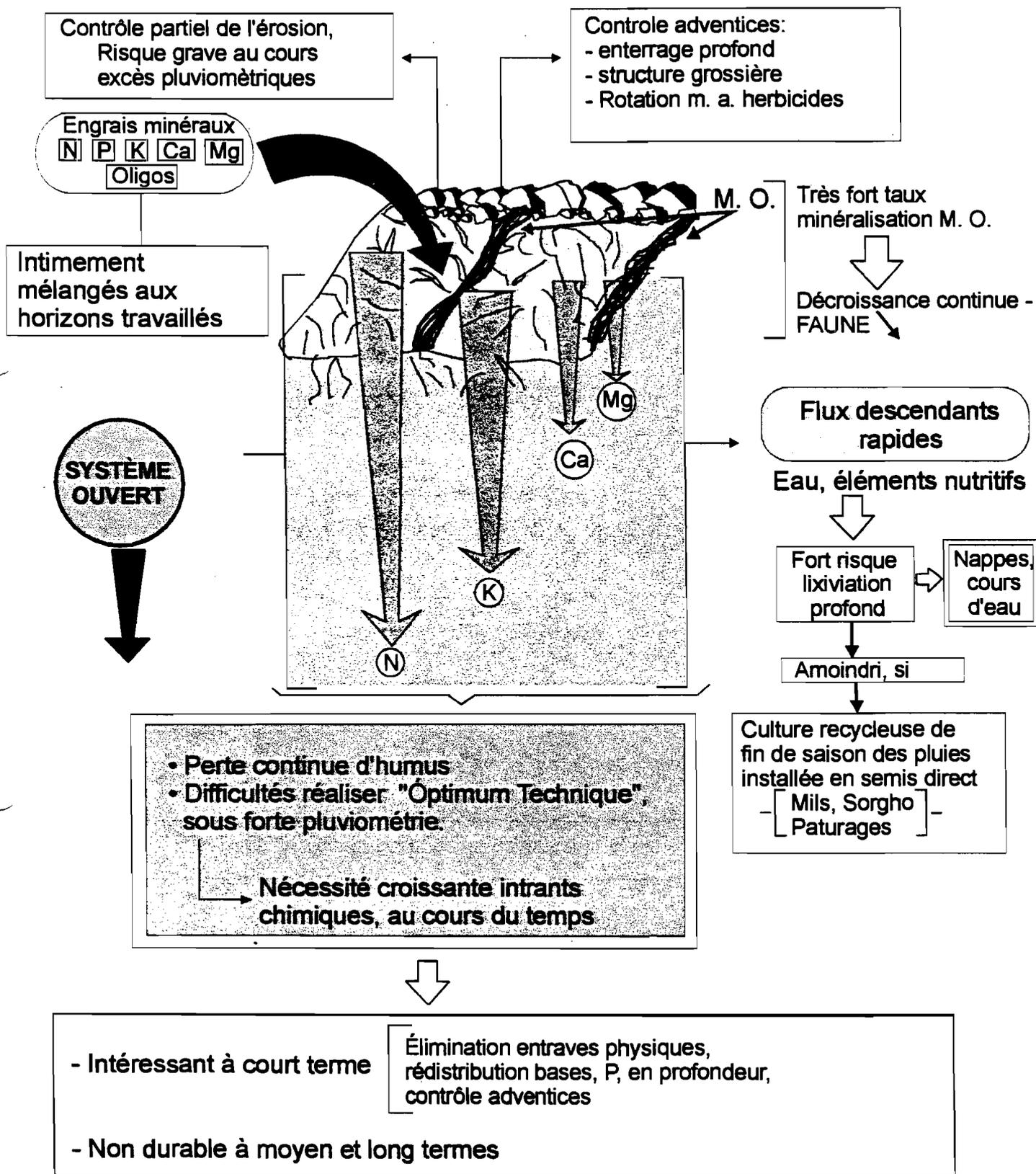
3. En créant des conditions de production rentables et reproductibles, en présence de pestes végétales très
préjudiciables aux cultures commerciales : *Striga*, *Cyperus rotundus*, *esculentus*.
⇒ Semis direct sur couvertures

ombrage
allélopathies

 (ex.) → *Pueraria*, *Calopogonium m.*, sur *Striga h.*, en Côte d'Ivoire
(Source : H. Charpentier - CIRAD-CA).

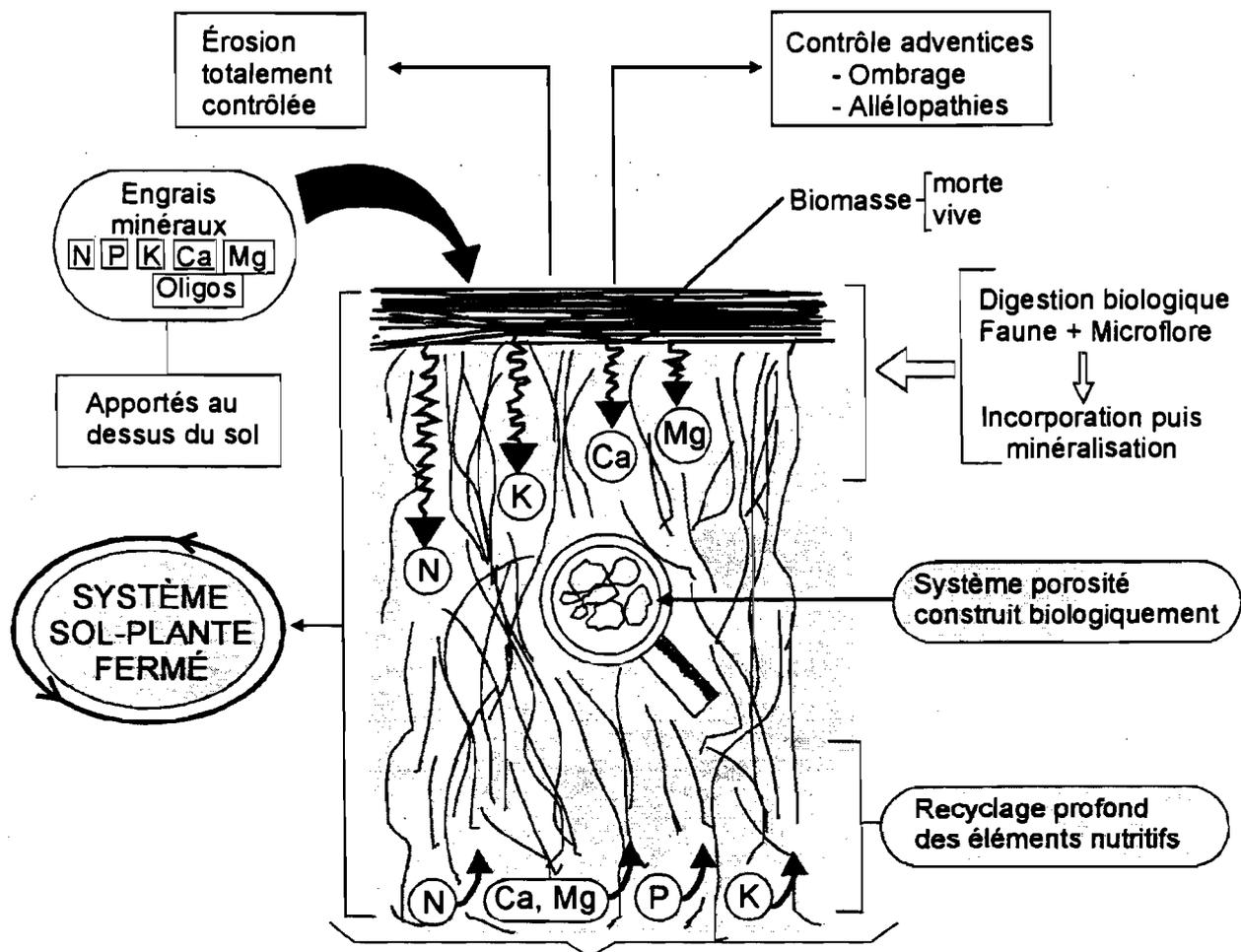
FONCTIONNEMENT DU PROFIL CULTURAL, SOUS TRAVAIL PROFOND DU SOL, EN ZONE TROPICALE HUMIDE.

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac - Mato Grosso - Brésil



FONCTIONNEMENT DU PROFIL CULTURAL SOUS SYSTÈMES DE SEMIS DIRECT, EN ZONE TROPICALE HUMIDE

- SOURCE : L. Séguy, S. Bouzinac, - Mato Grosso - Brésil



- Systèmes construits sur successions annuelles à 2 cultures, ou sur couvertures vivantes

→ Fonctionnent comme écosystème forestier=

- + Recycleurs et/ou intercepteurs efficaces, régénérateurs de la fertilité
- Soja, Riz, Maïs + Mil, Sorghos, Graminées fourragères, légumineuses
- Soja sur graminées pérennes (TIFTON)

- RISQUE, LIMITÉ → Immobilisation temporaire minéralisation sous conditions climatiques excessives, prolongées

LE SOL N'EST QU'UN SUPPORT

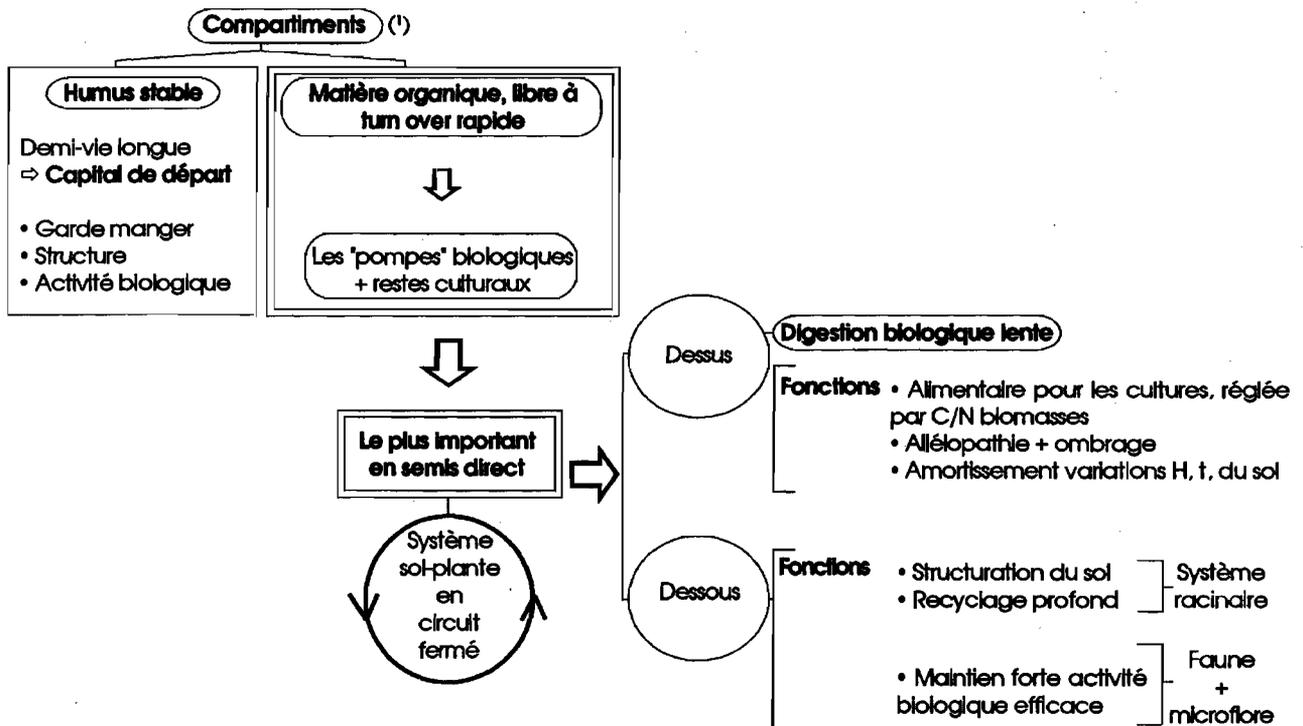
→ Alimentation cultures → De M. O. morte à M. O. vivante avec peu d'échanges avec sol minéral

- Système dépendant de capacité à produire et reproduire

Biomasses à moindre coût, chaque année.

→ M. O. à Turn Over rapide, moteur de la durabilité, humus, rôle secondaire, excepté capital de départ

⇒ **RÔLE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL, DANS LES SYSTÈMES DE SEMIS DIRECT EN RÉGIONS TROPICALES CHAUDES ET HUMIDES**

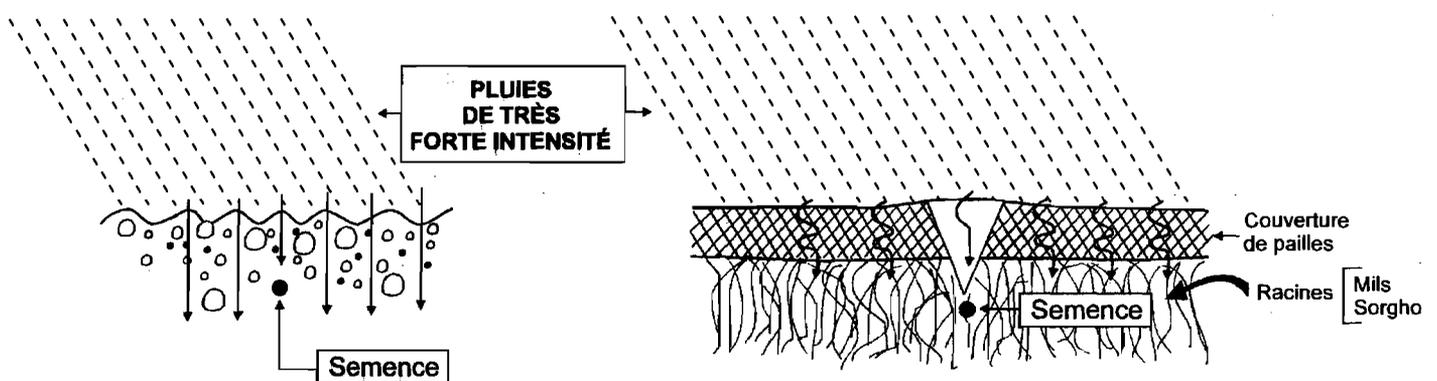


(1) Simplifiés

Source : L. Séguy, S. Bouznac et al., Fronts pionniers du Mato Grosso - 1990-96

MODES DE GESTION DES SOLS ET FLUX D'EAU DANS LE PREMIERS cm DU SOL

SOURCE: Séguy L. Bouzinac S., (CIRAD-CA) - 1995
Groupe Maeda



TRAVAIL DU SOL CONVENTIONNEL OU PROFOND

- Flux d'eau arrive rapidement au niveau de la semence
- Fort risque d'entraîner les herbicides de préémergence et pesticides
- Fort risque de Phytotoxicité

SEMIS DIRECT DANS LA PAILLE

- Flux d'eau amorti par la paille + racines Mils Sorghos
- L'eau s'infiltré lentement
- Risque minimum de forte Phytotoxicité

Sur la culture en Germination

POUVOIR PATHOGENE DU SOL X ITINERAIRES TECHNIQUES

1- SEMIS PRECOCE SUR

TRAVAIL PROFOND
COUVERTURE DE PAILLE (Semis direct)

AU NIVEAU DU PROFIL CULTURAL

- ALTERNANCES HUMIDIFICATION-DESSICATION
- ↓
- PROFIL CULTURAL BIEN AERE, BIEN OXYGENE
- ↓
- DECOMPOSITION, MINERALISATION DES PAILLES
 - Rapide dans le profil
 - Lente au dessus du sol
 - Immobilisation temporaire N, P, K, bases, oligo-éléments

AU NIVEAU DE LA GERMINATION ET DES CONDITIONS INITIALES DE CROISSANCE DES CULTURES

- POUVOIR PATHOGENE DU SOL, PEU AGRESSIF
- ↓
- TRAITEMENT CHIMIQUE DES SEMENCES → SECURISANT

• Coton
• Soja
• Maïs
• Riz

- 17 g i. a. Thiabendazole (1)/100 kg semences
- 80 g i. a. Carboxin (2) + 100 i. a. Thiram (3)/100 kg semences
- 140 g i. a. Thiram (3)

- AU BRÉSIL
- (1) - Tecto 100 (200 g P. C./100 kg)
 - (2)+(3) - Vitavax - Thiram 200 SC. (400 g P.C./100kg)
 - (3) - Rhodiauram 700 (200g P.C./100kg)

POUVOIR PATHOGÈNE DU SOL
ITINÉRAIRES TECHNIQUES

2- SEMIS TARDIF → SEMIS DIRECT SUR [• Mils
• Sorghos]

AU NIVEAU DU PROFIL CULTURAL

- SOL FRÉQUEMMENT SATURÉ D'EAU
- ↓
- PROFIL CULTURAL LOCALEMENT ET TEMPORAIREMENT RÉDUCTEUR, ASPHYXIANT
- ↓
- DÉCOMPOSITION, MINÉRALISATION DES PAILLES RAPIDE AU DESSUS DU SOL (bonne aération) PAR CHAMPIGNONS DOMINANTS, BACTÉRIES

AU NIVEAU DE LA GERMINATION ET DES CONDITIONS INITIALES DE CROISSANCE DES CULTURES

▪ POUVOIR PATHOGÈNE DU SOL TRÈS AGRESSIF

- GENRES
 - Aspergillus*
 - Fusarium*
 - Rhizoctonia*
 - Penicillium*
 - Rhizopus*
 - Colletotrichum*

▪ TRAITEMENT CHIMIQUE DES SEMENCES → **INDISPENSABLE**

- Coton
- Soja
- Sorghos
- Mils
- Riz

- 20 g i. a. Thiabendazole (1)/100 kg semences
- ⊕
- 100 g i. a. Carboxin (2) + 100 i. a. Thiram (3)/100 kg semences
- OU
- 210 g i. a. Thiram (3)/100 kg semences

SOURCE: CIRAD-CA= Séguy L., Bouzinac S. - 1995
 Groupe Maeda

- AU BRÉSIL
- (1) - Tecto 100 (200 g P. C./100 kg)
 - (2)+(3) - Vitavax - Thiram 200 SC. (500 g P.C./100kg)
 - (3) - Rhodiauram 700 (300g P.C./100kg)

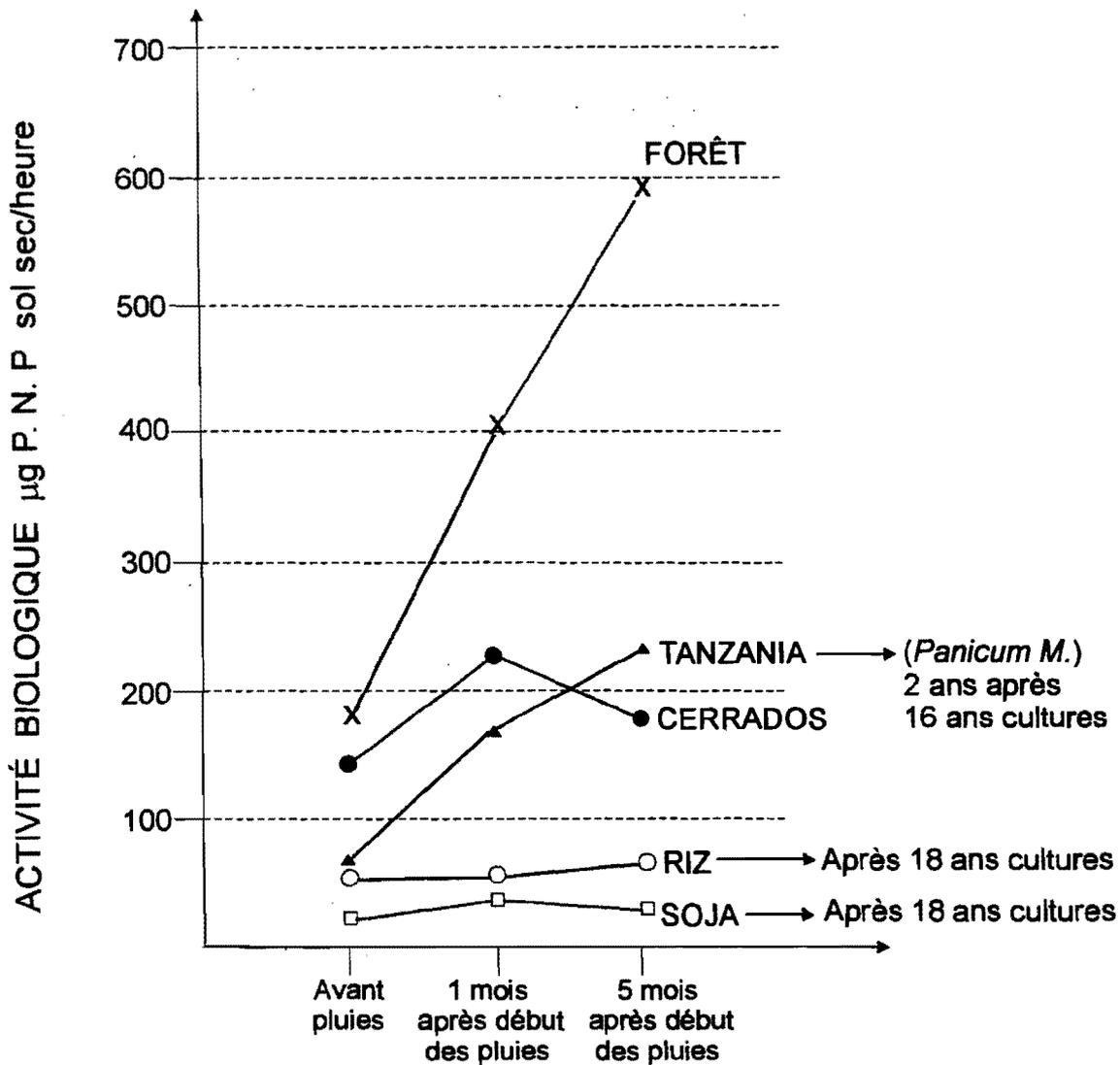
⇒ **ACTIVITÉ BIOLOGIQUE SOUS DIVERS MODES DE GESTION DES SOLS ET DES CULTURES EN ÉCOLOGIES DE FORÊTS ET SAVANES HUMIDES DU CENTRE NORD MATO GROSSO**

Écosystème	Modes de gestion du sol et des cultures	Activité termites (1)	Activité M.O. (test H ₂ O ₂) (1)	Test d'aération Fe ²⁺ (1)	Test lixiviation Fe ³⁺ (1)	Autres éléments biologiques notables
Forêt (2)	Milieu naturel	S	+++	++++	++++	Acaréens + champignons racines mycorrhisées
		M	+	+	++	
		F	0	+	0	
• 3 ans de culture	Monoculture riz	S	0	++++	++++	Sol compacté
		M	0	++	++	
		F	0	+	+	
• 10 ans de culture	2 ans offset x monoculture riz 6 ans offset x monoculture soja 2 ans semis direct maïs + soja	S	+	++++	++++	Forte densité poils absorbants sur racines à partir 1,20 m
		M	0	+	++++	
		F	0	0	+	
Cerrados						
• Pâturage dégradé (<i>Brachiaria d.</i> 15 ans)	Pâturage extensif	S	+++	++	++	Nombreuses boulettes fécales de termites
		M	0	+	+++	
		F	0	0	0	
• 18 ans de culture	• 2 ans offset x monoculture riz • 10 ans offset x monoculture soja • 4 ans labour x rotations • 2 ans semis direct soja + mil	S	0	+++	+++	Nombreuses galeries termites
		M	0	+	+	
		F	0	0	+	
• 16 ans de culture + 2 ans de <i>Panicum m.</i>	• 2 ans offset x monoculture riz • 10 ans offset x monoculture soja • 4 ans labour x rotations • 2 ans pâturage (semis direct)	S	+++	+++	++	Acaréens, collemboles <i>Enchytraeides</i> Forte densité poils absorbants sur racines à partir 170 cm (racines à 2,50 m)
		M	+	++	+++	
		F	0	0	0	

(1) 0 = nulle ; + = faible ; ++ = moyenne ; +++ = forte ; ++++ = très forte - S = surface ; M = milieu profil (60-80 cm) ; F = 150 cm.

(2) Sol ferrallitique hydraté.

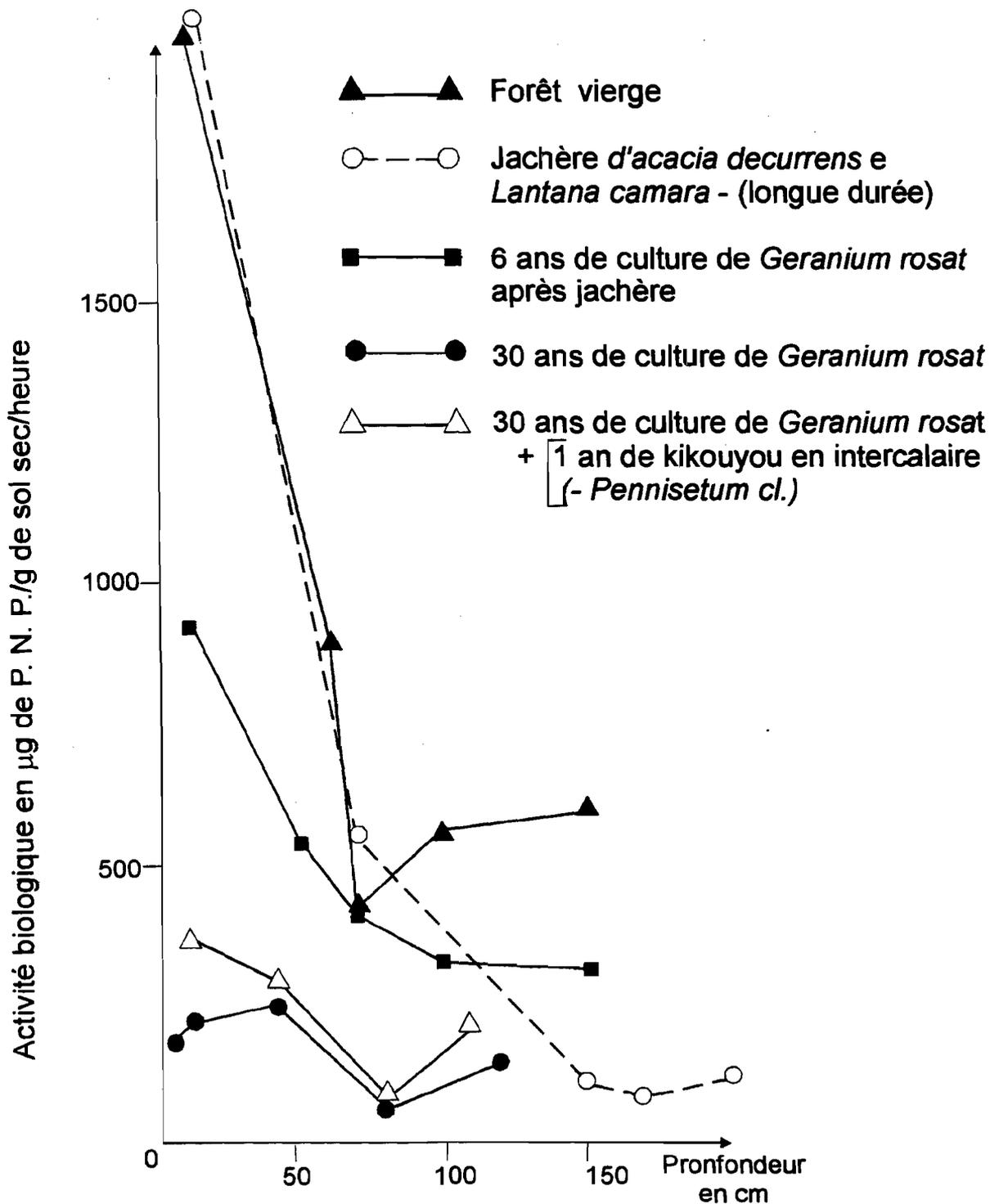
• Source : C. Bourguignon - LAMS
Fronts pionniers Mato Grosso - 1994



■ Activité biologique, mesurée en μg de P. N. P./g de sol sec/heure (Phosphatase acide), sous différents écosystèmes, en fonction du régime pluviométrique - Sols Ferrallitiques du centre nord Mato Grosso

● SOURCE: C. Bourguignon, LAMS - MAREY-SUR-TILLE - 21120 IS-SUR-TILLE - 1994

ÉCOSYSTÈMES CULTIVÉS ET NATURELS DE L'ILE DE LA REUNION - (Hauts de l'ouest)



⇒ **MINÉRALISATION DES BIOMASSES PROTECTRICES, RECYCLEUSES ET ALIMENTAIRES, DANS LES SYSTÈMES DE SEMIS DIRECT**

Nature de la biomasse	Stade de développement (jours après semis)	Taux de minéralisation sous la culture (1)	Conséquence sur conduite de la culture commerciale (Coton, soja)
Mil	40-50 jours	1. > 60%	<p>- Apport N minéral au semis, à la volée ou sous la ligne de semis.</p> <p>• Quantité, d'autant plus importante que biomasse plus lignifiée :</p> <p>- De 20 N/ha (1, 2, 4) à 30-40 N/ha (3, 5, 6)</p> <p>• Renforcer N, dans les 30 premiers jours de croissance, systématiquement.</p>
	± 60 jours	2. 40 à 60%	
	± 90 jours	3. < 40%	
Sorgho	40-50 jours	4. 40 à 50%	
	± 60 jours	5. 30 à 50%	
	± 90 jours	6. < 30%	

(1) Estimations par mesure des différences de biomasse entre semis et récolte, seulement sur la biomasse au dessus du sol (non compris le système racinaire → 3-6 t/ha sur 1,50 m).

Source : L. Séguy, S. Bouzinac et al., - Cooperlucas - MT, 1994 et Groupe Maeda - GO, 1995/96.

⇒ **2 STRATÉGIES DE FERTILISATION**



CHOIX DÉTERMINÉ :

- Par les conditions économiques de la production
- Par le niveau de capitalisation du producteur

⇒ CORRECTIVE IMMÉDIATE (*)

SACHANT QUE

■ LES BIOMASSE DES POMPES BIOLOGIQUES SERONT BEAUCOUP PLUS IMPORTANTES, EN VOLUME ET EFFICACITÉ

- MEILLEURE PROTECTION DU SOL
 - Sous la culture
 - En saison sèche
- FONCTION NOURRICIÈRE PLUS IMPORTANTE
 - Pour les cultures
 - Pour la faune, microflore
- ENRACINEMENT PLUS PUISSANT, PLUS EFFICACE DANS SES FONCTIONS DE
 - Restructuration permanente
 - Recyclage profond et interception des éléments minéraux
- MEILLEUR CONTRÔLE DES ADVENTICES
 - Couverture plus rapide
 - Biomasse plus épaisse

■ PRODUCTIVITÉS DES CULTURES PLUS ÉLEVÉES ET PLUS STABLES

Thermophosphate
Fosmag

*

+ Gypse + KCl, en fond, pour 5-6 cultures (3 ans)

⇒ **CORRECTIVE PROGRESSIVE**

RÉAJUSTANT LES NÉCESSITÉS DE CHAQUE CULTURE DANS LES SYSTÈMES POUR PRENDRE EN COMPTE :

- La fourniture d'éléments minéraux par les biomasses.
- Les pertes minimales d'éléments minéraux dans le système sol-cultures.
- La dynamique des systèmes racinaires et ses rapports avec les flux d'alimentation hydrique et minérale des cultures.



BASÉE SUR LES EXPORTATIONS D'ÉLÉMENTS MINÉRAUX, BILANS MINÉRAUX

DANS LA MESURE OÙ

INTENSE ACTIVITÉ BIOLOGIQUE

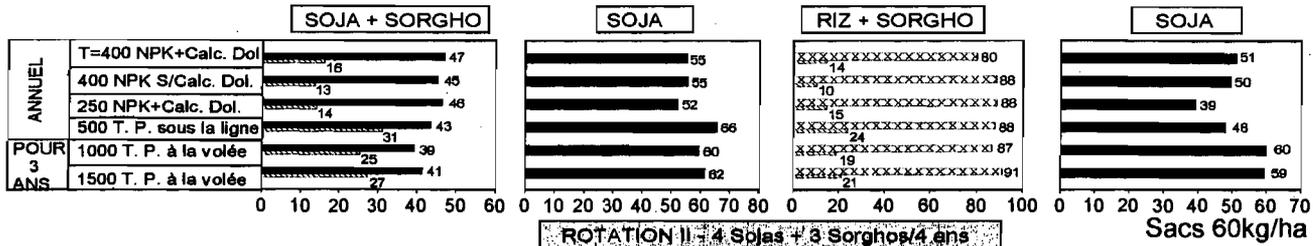
- Structure favorable
- Minéralisation active M.O.

2^e PHASE

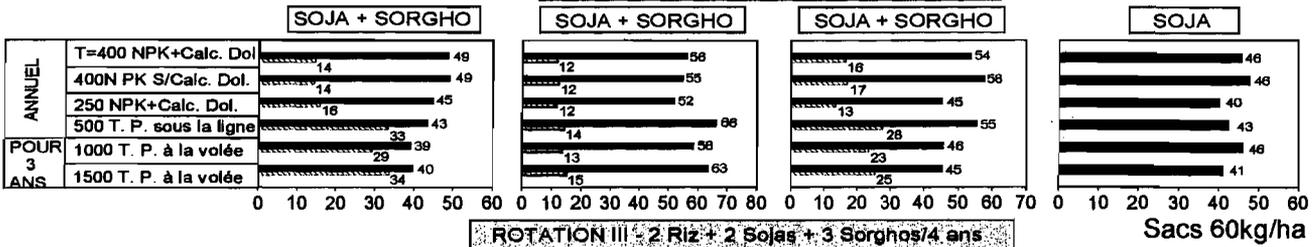
PRODUCTIVITES DES ROTATIONS EN SACS DE 60 kg/ha

1990/94

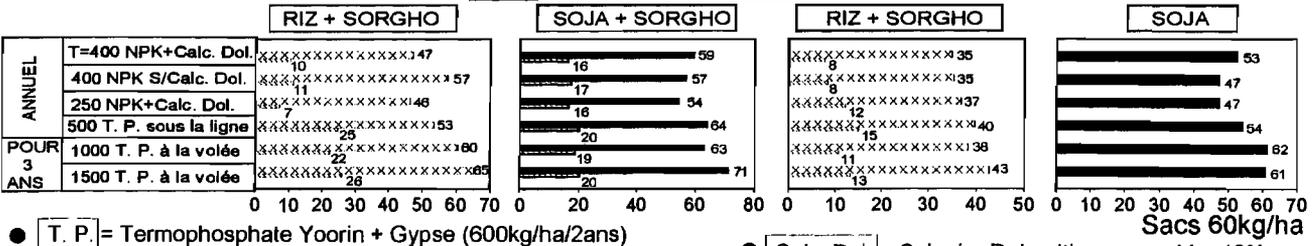
ROTATION I - 2 cultures en succession/an, alternées avec une seule culture/an



ROTATION II - 4 Sojas + 3 Sorghos/4 ans



ROTATION III - 2 Riz + 2 Sojas + 3 Sorghos/4 ans



- T. P. = Termophosphate Yoorin + Gypse (600kg/ha/2ans)
- Calc. Dol. = Calcaire Dolomitique → V ≥ 40%
- NPK Soja - 02-20-20
- NPK Riz - 04-20-20
- N couverture - 65 a 85 N/ha sur riz
- Sorgho - sans engrais

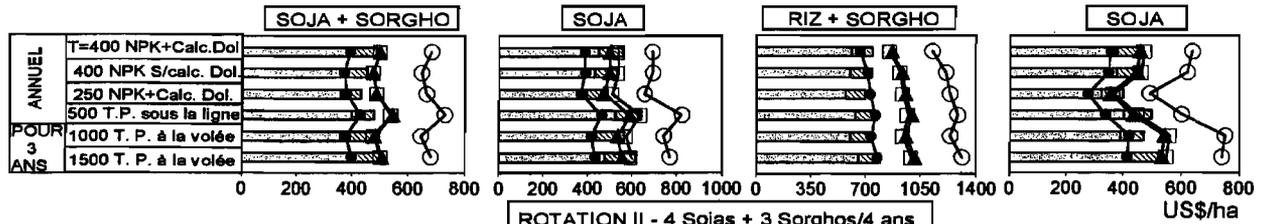
SOURCE: L. séguy., S. Bouzinac., Cooperlucas - Fazenda Progresso - MT - 1990/95

2^a PHASE

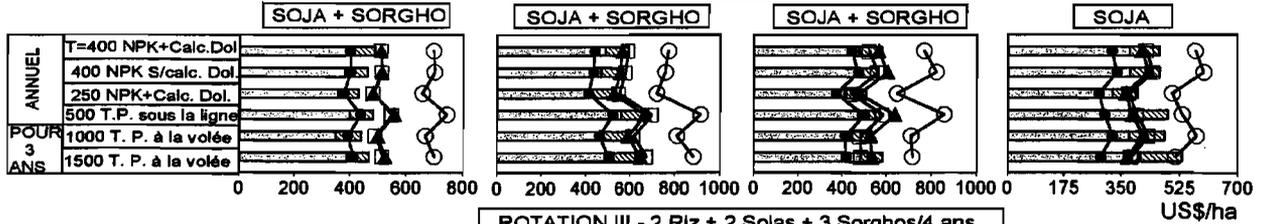
PERFORMANCES ÉCONOMIQUES RÉELLES ET SIMULÉES

1990/94

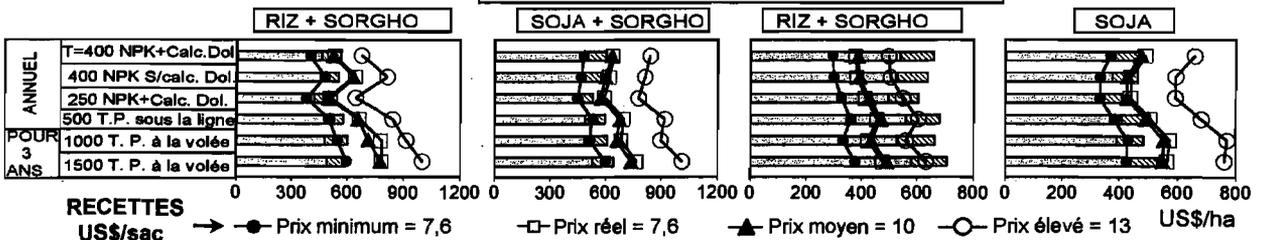
ROTATION I - 2 Cultures en succession/an alternées avec une seule culture/ an



ROTATION II - 4 Sojas + 3 Sorghos/4 ans



ROTATION III - 2 Riz + 2 Sojas + 3 Sorghos/4 ans



REVENUS
US\$/ha

● Prix minimum = 7,6 □ Prix réel = 7,6 ▲ Prix moyen = 10 ○ Prix élevé = 13

■ Coûts de production de la culture + 20% - intérêts 12%/an

▨ Coûts de production de la culture + 48% - intérêts 52%/an

● T. P. = Termophosphate Yoorin + Gypse (600kg/ha/2ans)

● Calc. Do. = Calcaire Dolomitique → V ≥ 40%

● NPK [Soja - 02-20-20
Riz - 04-20-20] ● N couverture - 65 a 85 N/ha sur riz

● Sorgho - sans engrais

SOURCE: L. séguy., S. Bouzinac., Cooperlucas - Fazenda Progresso - MT - 1990/95

PERFORMANCES AGRO-ÉCONOMIQUES COMPARÉES SUR CULTURE DE SOJA, ENTRE FUMURE CONVENTIONNELLE ET PHOSPHATAGE DE FOND, CHEZ 9 AGRICULTEURS PILOTES, EN ÉCOLOGIE DE SAVANES HUMIDES DU CENTRE NORD MATO GROSSO - MT - 1994.

Types de fumure	Productivité Kg/ha	% T	Augmentation productivité due à phosphatage Kg/ha	Augmentation recette due à phosphatage US\$/ha	Augmentation coût/ha (*)		Plus value marge brute due à phosphatage US\$/ha		Economie engrais année suivante US\$/ha (*)
					Amortie sur 2 ans	Amortie sur 3 ans	Amortie sur 2 ans	Amortie sur 3 ans	
• Phosphatage (1) + NPK sous la ligne	3 540	131	+ 837 (14 sacs)	+ 130	+ 107	+ 69	+ 23	+ 61	+ 73
• Fumure NPK conventionnelle (2) sous la ligne (Témoin (T))	2 703	100	-	-	-	-	-	-	-

(1) 300 Kg/ha 02-20-20 sous la ligne + phosphatage au thermophosphate Yoorin master \Rightarrow 1 100 à 2 000 Kg/ha - Moyenne \bar{X} = 1 255 Kg/ha.

(2) 400 Kg/ha 02-20-20, sous la ligne.

(3) Intérêts annuels = 12%

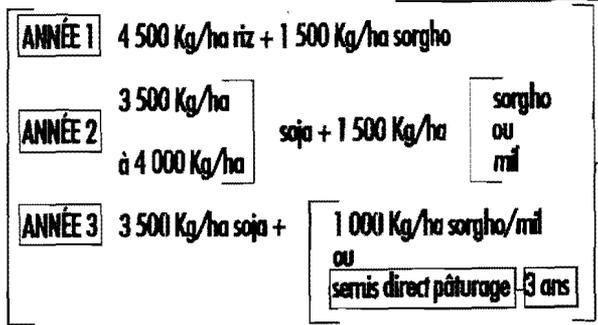
(4) 100 Kg/ha KCl sur parcelles phosphatées, au lieu de 400 Kg/ha de 02-20-20 sur parcelles avec fumure conventionnelle.

• Productivité mesurée sur 10 ha/chaque niveau de fumure/agriculteur
CV % = 11,9
ETR = 324
Effet phosphatage significatif au seuil 5%.

• Source : L. Ségué, S. Bouzinac, A. Trentini ; Coopertucas, Lucas do Rio Verde - MT - 1994.

→ FERTILISATION CORRECTIVE DE NIVEAU ÉLEVÉ → ÉCOLOGIES DES FORÊT ET SAVANES HUMIDES DU CENTRE NORD DU MATO GROSSO 1994

PRODUCTIVITÉ MOYENNE DU SYSTÈME / 3 ANS



5-6 CULTURES EN 3 ANS

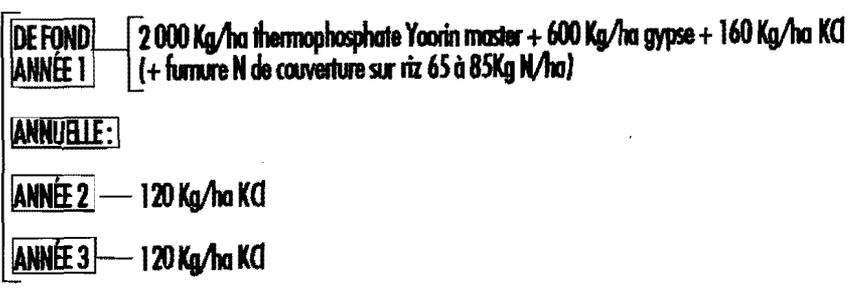
- Fumure annuelle appliquée sur la culture principale ⇒ Riz, soja
- Cultures en succession non fertilisées ⇒ Sorgho, mil

ENGRAIS MINÉRAL PAR CULTURE (5) en Kg/ha

- 18 N
- 70 P₂O₅
- 48 K₂O
- 104 Ca
- 36 Mg
- 100 SiO₂
- 2,2 Zn

- Travail profond du sol sur la 1^{ère} culture : riz
- ↓
- Les 4 - 5 cultures suivantes → Semis direct

FUMURE



SOURCE : L. Séguy, S. Bouzinaç, M. Matsubara et A. Trentini - 1987- 1995

PHASE 3

PRODUCTIVITÉS DES ROTATIONS

1992/95

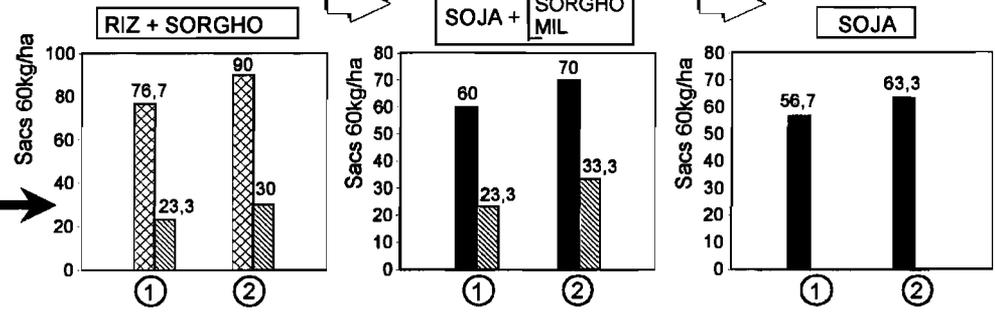
■ 2000 kg/ha
thermophosphate
+ 600 kg/ha gypse
+ 160 kg/ha KCl

en fond /3 ans

• SOJA = 60 K₂O/ha
• RIZ = 60 K₂O+85N
• SORGHO, MIL = 0

annuel

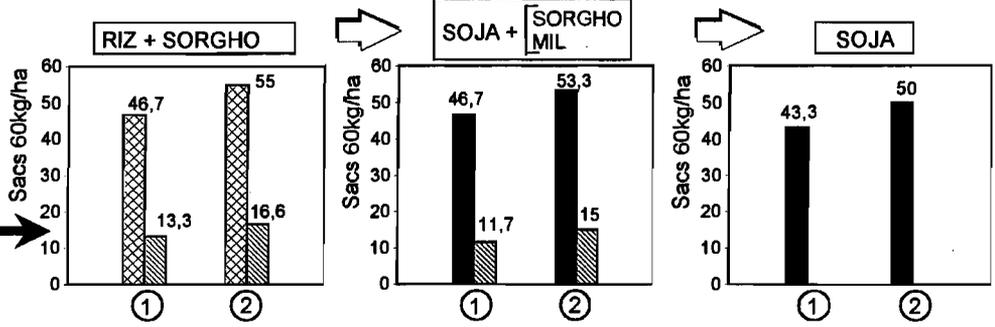
Travail profond année 1 + 4
semis direct en suivant



■ NPK annuel + calcaire
dolomitique (V ≥ 40%)

• SOJA = 250 kg/ha 02-20-20
• RIZ = 250 kg/ha 04-20-20
• 100 kg/ha urée
• SORGHO, MIL = 0

Travail profond année 1 + 4
semis direct en suivant



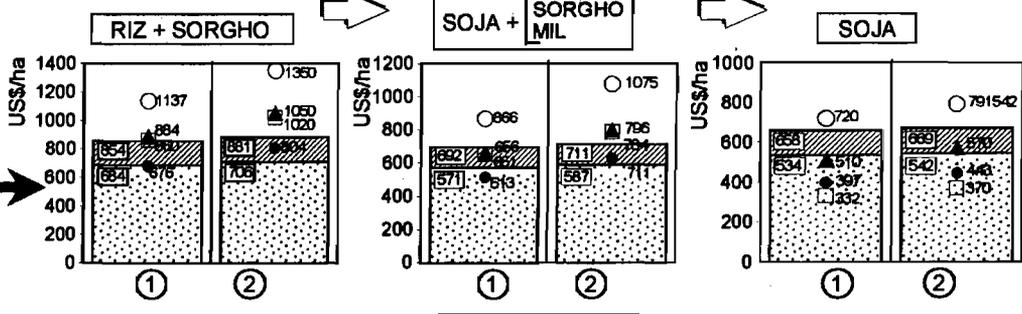
① — ② Intervalle de productivité possible → Hypothèse basse ① - Hypothèse haute ②

▨ RIZ ■ SOJA ▨ SORGHO OU MIL

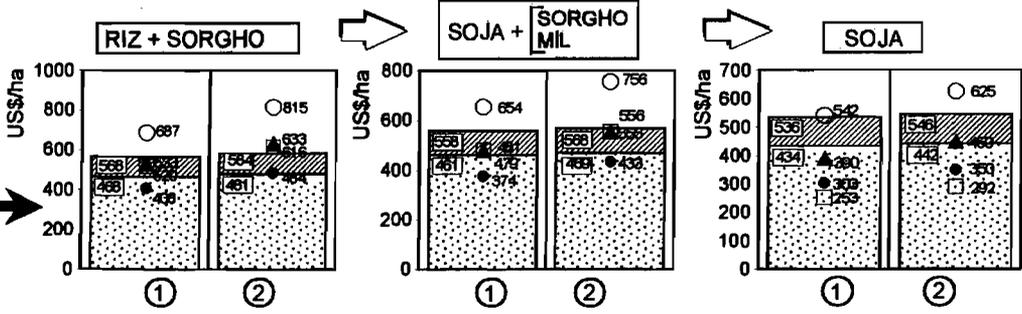
SOURCE: L. séguy., S. Bouzinac., Cooperlucas - Fazenda Progresso - MT - 1990/95

PHASE 3 → PERFORMANCES ÉCONOMIQUES RÉELLES ET SIMULÉES → 1992/95

■ 2000 kg/ha
thermophosphate
+ 600 kg/ha gypse
+ 160 kg/ha KCl
en fond/
3 ans
• SOJA = 60 K₂O/ha
• RIZ = 60 K₂O+85N
• SORGHO, MIL = 0
annuel
Travail profond année 1 + 4
semis direct en suivant



■ NPK annuel + calcaire
dolomitique (V ≥ 40%)
• SOJA = 250 kg/ha 02-20-20
• RIZ = 250 kg/ha 04-20-20
+ 100 kg/ha urée
• SORGHO, MIL = 0
Travail profond année 1 + 4
semis direct en suivant



RECETTES US\$/sac → ● Prix minimum - Riz = 7,6 - Soja = 7,0 - Sorgho = 4,0
 ▲ Prix moyen - Riz = 10 - Soja = 9,0 - Sorgho = 5,0
 □ Prix réel - Riz = 10 - Soja [année 2 = 9,3 / année 3 = 5,85] - Sorgho = 4,0
 ○ Prix élevé Riz = 13 - Soja = 12,5 - Sorgho = 6,0

▨ Coûts de production de la culture + 20% - Interêts 12%/an
 ▩ Coûts de production de la culture + 48% - Interêts 52%/an

① — ② Intervalle de productivité possible → Hypothèse basse ① - Hypothèse haute ②

SOURCE: L. séguy., S. Bouzinac., Cooperiucas - Fazenda Progresso - MT - 1990/95

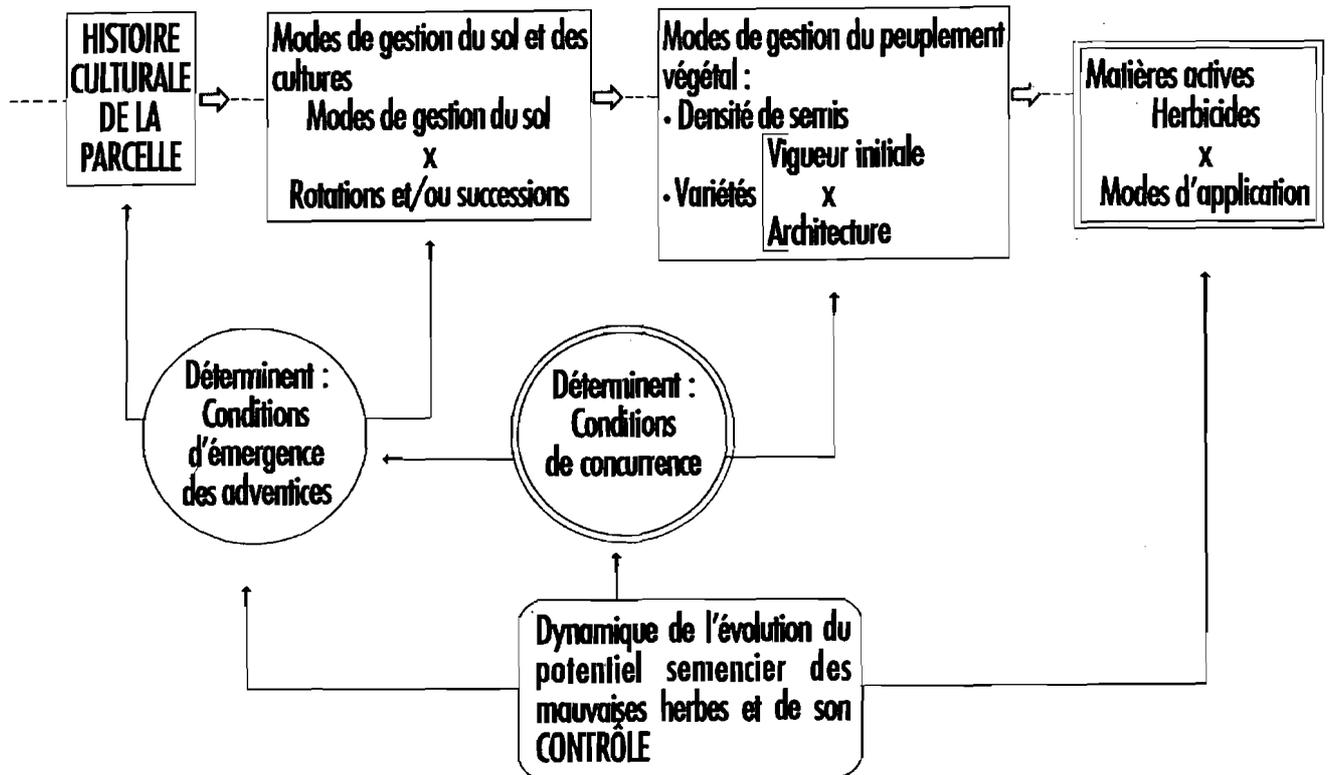
Modalités d'application du calcaire sur soja (EMGOPA 306), en 2^{ème} année de culture, sur précédents riz et riz + mil, après pâturage dégradé à *Brachiaria decumbens*, dans divers itinéraires techniques - Cooperlucas - MT - 1993/94

Précédent cultural	Itinéraire technique 1993-94 sur soja	Productivité soja Kg/ha
Résidus de récolte riz	Semis direct tardif ¹	2 630 (100)
	Semis direct tardif + application calcaire ²	2 730 (104)
Résidus de récolte riz + Pompe mil recycleuse	Semis direct tardif ¹	3 154 (120)
	Semis direct tardif + application calcaire ²	3 465 (132)
	Offset x Semis direct tardif + application calcaire ²	3 671 (140)

1. Semis tardif = 20 novembre 1993

2. Application de calcaire = 2,5 t/ha de calcaire dolomitique début novembre 1993.

⇒ LUTTE INTÉGRÉE CONTRE LES ADVENTICES



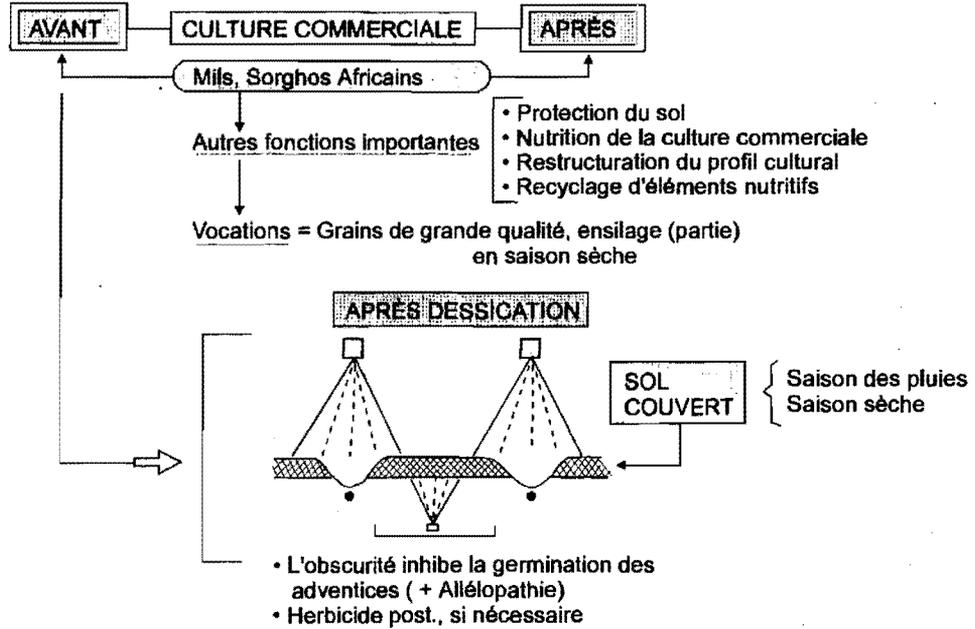
SOURCE : L. Séguy, S. Bouzinac - CIRAD-CA
Groupe MAEDA - 1995

NECESSITÉ DE RENFORCER LA COUVERTURE DU SOL

Concepts de gestion agroécologique du potentiel semencier d'adventices, à moindre coût

OPTION 1

Des cultures annuelles, produites à moindre coût, fournisseuses de grandes biomasses rapidement, en conditions pluviométriques marginales, dominent la flore adventice, avant et/ou après la culture commerciale.



OPTION 2

Une plante de port rampant (stolons empilés à la surface du sol), pérenne (par semences, ou/et stolons, ou/et rhizomes), domine toute la flore adventice.

⇒ Substitution d'un grand nombre d'adventices par une seule, exclusive et permanente.

⇒ Concept de gestion —

- Installer ce tapis vivant à moindre coût, dans culture commerciale
- Gérer ce tapis vivant, au moindre coût, durant la période courte de compétition initiale entre le semis et l'ombrage total de la surface, à partir duquel la compétition est minimale.

Gestion

- Herbicides
- Régulateurs de croissance

□ TAPIS ⇒ Technologie dominée pour installation et contrôle à faible coût

- * Légumineuses
 - Calopogonium mucunoides*,
 - Coerulum*
 - Pueraria phaseoloides*
 - Tephrosia pedicellata*
 - Arachis pintoi*, *repens*, sp.
 - Stizolobium aterrinum*
 - Dalichos lab-lab*
- * Graminées
 - Cynodon dactylon* (Coast cross, Tifton 68, 85)
 - Pennisetum clandestinum*
 - Paspalum notatum*, *conjugatum*

□ CULTURES = Maïs, sorgho, haricot, soja, géranium, coton (en cours)



**Évolution des performances
des cultures chez les agriculteurs
pilotes (fermes de références)
en écologies des cerrados
et
forêts humides
du Centre Nord du Mato Grosso**

1988/1994

👉 Guide de tableaux relatifs aux performances des systèmes de culture chez les agriculteurs pilotes et coopérative Cooperlucas

⇒ Tableaux

— À retenir —

• Surfaces plantées et productivités des cultures principales soja et riz - Région Centre-Nord du Mato Grosso - 1988/94

• Entre 1988 et 1994, les surfaces plantées de soja ont augmenté de 319 878 ha à 457 000 ha (+43%), celles de riz pluvial de 53 627 à 86 000 (+ 60%)-

• Les productivités sont passés de 2 232 Kg/ha à 2 547 Kg/ha pour le soja (+14%), celles du riz pluvial de 1 680 Kg/ha à 2 034 Kg/ha (+21%).

• Surfaces plantées et productivités des cultures de diversification : maïs, sorghos, mils - Région Centre Nord du Mato Grosso - 1990./94

• Les cultures de diversification ont gagné un énorme espace en 4 ans : 174 000 ha de 2^e culture de succession (pompe biologique), en semis direct.

• Le mil utilisé est un mil fourrager de faible productivité de grains (\pm 500 Kg/ha), photosensible.

• Évolution des surfaces plantées et de la productivité des cultures de soja et riz en écologies de cerrados et forêts -

- Municipales de Lucas do Rio Verde et de Sinop 1988/94

↳ Là où intervient la recherche CIRAD-CA

• Sur les municipales où la recherche CIRAD-CA intervient, les surfaces de riz pluvial et soja ont progressé respectivement de 136% et 75%, entre 1988 et 1994 (6 ans).

• Dans le même temps les productivités sont passés de 1 426 Kg/ha à 2 100 Kg/ha pour le riz (+ 47%) et de 2 104 Kg/ha à 2 700 Kg/ha pour le soja (1) (+ 28%).

• Performances des systèmes de culture en milieu réel, chez les agriculteurs pilotes dans les municipales de Lucas do Rio Verde et de Sinop - 1993/1996

• Les moyennes des productivités en 1993/94, de soja et riz pluvial sont nettement plus élevées que la moyenne régionale des 2 municipales.

• Les meilleurs agriculteurs qui dominent bien les techniques de semis direct, produisent plus de 4 500 Kg/ha (2) de riz de qualité long fin, et plus de 3 300 Kg/ha de soja, avec des pointes de productivités sur riz jusqu'à 6 600 Kg/ha et 4 300 Kg/ha sur soja.

(1) Productivité la plus élevée du Brésil.

(2) Champions de productivité de riz pluvial de qualité au Brésil.

Surfaces plantées et productivités des cultures principales soja et riz pluvial - Région centre nord du Mato Grosso - 1993-94

Culture da soja

Municipes	Surface planté (ha)						Productivité (Kg/ha)					
	1988/89	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1988/89	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94(*)
Nova Mutum	75 000	65 808	55 000	79 875	115 000	130 000	2 222	1 920	2 280	2 520	2 460	2 640
Tapurah	35 800	21 590	15 288	24 500	(1)	(1)	2 100	2 040	2 050	2 100	(1)	(1)
Lucas do Rio Verde	68 668	63 467	36 565	68 750	90 000	120 000	2 104	1 800	2 250	2 240	2 400	2 700
Sorriso	129 910	132 350	94 708	124 530	165 000	200 000	2 530	1 860	2 350	2 580	2 546	2 400
Sinop	10 500	5 776	1 500	2 000	4 500	7 000	2 110	1 575	2 100	2 100	2 100	2 400
Au niveau régional	319 878	288 981	203 061	299 655	(374 500)	(457 000)	2 232	1 868	2 288	(2 443)	(2 490)	(2 547)
Total x moyenne régionale												

Culture de riz pluvial

Municipes	1988/89	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1988/89	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94
Nova Mutum	7 792	1 065	6 044	12 177	22 000	25 000	1 500	1 000	1 775	1 800	1 620	1 800
Tapurah	5 258	2 280	2 485	5 000	(1)	(1)	2 100	1 200	1 616	2 100	(1)	(1)
Lucas do Rio Verde	10 604	4 091	8 778	9 563	15 000	25 000	1 426	1 200	1 616	1 835	1 800	2 100
Sorriso	14 773	7 700	20 149	35 935	25 000	30 000	-	1 000	2 081	1 560	1 342	2 100
Sinop	5 200	5 000	2 000	5 524	6 000	6 000	1 700	1 400	1 800	2 000	2 100	2 400
Au niveau régional	53 627	20 136	39 456	68 199	(68 000)	(86 000)	1 680	1 162	1 902	1 717	(1 600)	(2 034)
Total x moyenne régionale												

(*) Estimations

(1) - Données manquantes

- Source - Empaer, IBGE, Cooperatives

Surfaces plantées (ha) et productivités des cultures de diversification - Région centre nord Mato Grosso - 1994

■ Maïs comme culture principale

Municípios	Surfaces plantées (ha)				Productivité (Kg/ha)			
	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94(*)	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94(*)
Lucas do Rio Verde	4 245	2 500	5 000	5 000	-(1)	-(1)	3 000	4 200
Sorriso	-(1)	-(1)	5 000	4 000	-(1)	-(1)	4 496	3 600
Sinop	1 800	1 800	2 100	2 500	2 000	2 200	2 400	3 000
Total	6 045	4 300	12 100	11 500	$\bar{X} \Rightarrow$	-	3 514	3 730

(*) Estimations 1993/94
1 - Données manquantes

■ Les cultures de succession annuelles - maïs, sorgho et mil \Rightarrow Estimations 1993/94

Municípios	Surfaces plantées (ha)			Productivité (Kg/ha)		
	Maïs	Sorgho	Mil	Maïs	Sorgho	Mil
Lucas do Rio Verde	28 000	-(1)	-(1)	1 200	-(1)	-(1)
Sorriso	20 000	12 000	110 000	1 600	900	500
Sinop	2 000	500	1 500	1 800	1 200	500
Total	50 000	12 500	111 500	$\bar{X} \Rightarrow$	1 384	912

* Source = Empaer, IBGE, Coopératives

Évolution des surfaces plantées et de la productivité des cultures de riz et soja, en écologies de cerrados et forêts humides du Sud du Bassin Amazonien - Centre Nord du Mato Grosso - Sinop et Lucas do Rio Verde - MT - 1988 - 1994

Écologie (1) et municipe		Riz pluvial			Soja		
		1988/89	1991/92	1993/94	1988/89	1991/92	1993/94
■ Cerrados humides • Lucas do Rio Verde (²)	Surface (ha)	10 604	9 563	25 000	68 668	68 750	120 000
	Productivité (Kg/ha)	1 426	1 835	2 100	2 104	2 240	2 700
■ Forêts humides • Sinop (²)	Surface (ha)	5 200	5 524	6 000	10 500	2 000	7 000
	Productivité (Kg/ha)	1 700	2 000	2 400 496 (³) 4 183 (³)	2 110	2 100	2 400 624 (³) 2 873 (³)

(1) Écologies et municipes sur lesquels la recherche-action, intervient directement.

(2) Sols ferrallitiques acides

(3) Résultats mesurés par la recherche, chez les agriculteurs qui utilisent les technologies recommandées [Séguy L., Bouzinac S. et al., 1994 (21)].

Source : Services de vulgarisation publics (EMATER), et privés de l'État du Mato Grosso - 1988/94

□ Performances des systèmes de culture en milieu réel, chez quelques agriculteurs pilotes -1993/1996
 Résultats d'enquêtes en écologies des cerrados et forêts humides du Centre Nord du Mato Grosso
 • Source : COOPERLUCAS, EMATER, CIRAD-CA - 1993/96

Écologie et année	Surfaces en hectares		Productivités en Kg/ha	
	Soja	Riz pluvial	Soja	Riz pluvial
Cerrados				
• Coopérative Cooperlucas (*) 1993/94	90 000	12 000	2 820	2 400
• Fazenda Progresso (1) 1993/94	1 800	300	3 420	4 680
1994/95	1 800	-	3 360	-
Forêts				
• Propriétaire Jorge Kamitani 1993/94	30	120	2 520	3 240
• Propriétaire (2) Taffarel 1993/94	170	Mais = 170	3 420	Mais = 4 200
1995/96	-	60	-	3 700
• 14 producteurs	624	496	2 873	4 183

(1) Soja en semis direct, avec les succession ⇒ soja + sorgho, mil et mil + soja + mil - Pic de productivité sur 170 ha **4 320 Kg/ha**

(2) Semis direct continu, avec la succession soja + maïs - En 1996, riz en semis direct sur crotalaire - Pic de productivité sur 10 ha ⇒ 5 400 Kg/ha = Semis direct sur *Brachiaria ruziziensis*.

(*) - Partenaire du CIRAD-CA entre 1992 et 1994 ⇒ Unité expérimentale centrale + réseau de fazendas de références ⇒ 500 hectares (cerrados + forêts)



Conclusions

***La révolution agricole tropicale
est en marche***

• Le dossier présenté, retrace la construction, par la recherche, oeuvrant avec, pour et chez les agriculteurs dans leur milieu, de nouveaux concepts et pratiques agricoles réellement adaptés aux contraintes pédoclimatiques des fronts pionniers de la zone tropicale humide de l'Ouest du Brésil. Les nouveaux concepts de gestion agrobiologiques des sols et leur mise en pratique sont basés sur le fonctionnement de la forêt ombrophile, adaptés à l'activité agricole : le sol est totalement protégé contre l'érosion par une forte biomasse en surface, pour éviter sa minéralisation rapide ; cette biomasse, véritable pompe biologique, est renouvelable, à moindre coût, avant et/ou après chaque culture, en conditions climatiques marginales et a pour fonctions agronomiques essentielles, à la fois, de protéger complètement le sol contre l'érosion, d'alimenter la culture par voie biologique, de minimiser, voire supprimer les pertes en éléments nutritifs dans le système sol-plante par un puissant système racinaire recycleur, de maintenir une biostructure stable dans le profil cultural, et de permettre un meilleur contrôle, des adventices et du complexe parasitaire des cultures, en général.

Trois grands types de systèmes de culture ont été construits à partir de ce concept de base, à l'image de la forêt : les systèmes de production continue de grains, bâtis sur des successions à 2 cultures annuelles (1 culture principale + 1 culture "pompe biologique") pratiquées en semis direct; ce sont : - les successions : mil + soja + sorgho-mil, soja + sorgho-mil, riz + sorgho-mil, crotalaire + riz, qui peuvent être organisées en diverses rotations et assolements en fonction de la conjoncture économique.

- Les systèmes intégrant les activités de production de grains, en semis direct, en rotation avec l'élevage, tous les 3 à 4 ans.

- Les successions annuelles sur tapis vivants pérennes, de production de grains en semis direct, suivie de pâturage.

Les résultats agro-économiques obtenus sur les systèmes à 2 cultures annuelles en succession, pratiquées en semis direct, en conditions d'exploitation réelles, aussi bien en terres neuves de savanes et de forêts qu'en terre de vieille culture (18 ans de culture continue) montrent que ce sont bien les facteurs biologiques, à travers la gestion du statut organique du sol qui sont prépondérants pour l'obtention de hautes productivités, stables, à moindre coût, sous une pluviométrie de 2 000 à 3 000 mm. Ces systèmes, en semis direct, sont plus productifs et lucratifs que les mêmes systèmes avec travail du sol et leur productivité peut se maintenir, sur une période d'étalement des semis de 60 jours à partir des premières pluies, à condition que les sols soient bien drainés et qu'une fumure de fond à base de thermophosphate + gypse soit utilisée (pour 5 à 6 cultures) pour que les pompes biologiques placées avant et/ou après les cultures principales, puissent exercer leurs fonctions avec un maximum d'efficacité : volume de biomasse nourricière au dessus du sol, profondeur et puissance restructurante de l'enracinement recycleur, contrôle des adventices, et protection totale contre l'érosion.

Le niveau de fumure minérale est secondaire (dès lors qu'il n'est pas limitant), devant l'importance du mode de gestion de la matière organique (semis direct x pompes biologiques). En particulier, la correction de l'acidité (toxicité Al) et son entretien peuvent se faire, à moindre coût, dès lors que le système de culture utilisé permet de minimiser les pertes en Ca, Mg, K, NO₃ dans les systèmes sol-plante. La résolution de ce problème d'acidité par le fonctionnement recycleur et organo-biologique du système de culture, constitue sans aucun doute, la solution la plus efficace pour l'exploitation durable de la ressource sol acide, sous forte pluviométrie, à moindre coût ; ne rien perdre dans le système sol-plante constitue la règle d'or de la stratégie de fertilisation, et passe d'abord par le choix du système de culture. Une bonne gestion agrobiologique du profil grâce à ces systèmes recycleurs permet d'obtenir des productivités lucratives et stables, avec des niveaux d'engrais minéraux inférieurs à ceux qui sont actuellement recommandés (Séguy L., Bouzinac S. et al., 1993, 1994).

La consommation d'éléments fertilisants (engrais) dans les systèmes les plus productifs, lucratifs et stables, est dérisoire, en regard des productivités obtenues par unité de surface, si comparée à celle des pays tempérés pour des niveaux de production similaires, ce qui traduit bien,

la formidable capacité photosynthétique de la zone tropicale humide qui peut être convertie, à moindre coût(1), en production agricoles. Ces nouveaux modes de gestion plus écologiques des sols par les biomasse renouvelables à turn-over rapide, permettent de mieux gérer, canaliser les ressources naturelles au profit de l'activité agricole. La capacité de production du sol (augmentations conjuguées de la surface annuelle cultivée x productivité) est plus que doublée par rapport à celle des systèmes actuellement dominants à une seule culture annuelle, avec des coûts de production sensiblement équivalents, voire inférieurs ; l'état sanitaire des cultures est nettement amélioré (diminution nette de la pression du complexe parasitaire : champignons, insectes, nématodes).

La capacité des équipements est multipliée par 1,5 à 1,8 sur ces systèmes à 2 cultures annuelles en semis direct, avec une flexibilité d'utilisation nettement accrue, due aux techniques de semis direct et d'une meilleure organisation des calendriers cultureux (échelonnement des semis, des récoltes).

Ces systèmes à deux cultures annuelles en semis direct et principalement les successions soja + mil, soja + sorgho, soja + maïs, ont la faveur des agriculteurs et se diffusent très rapidement, puisque après 4-5 ans de divulgation, ils couvrent aujourd'hui environ 1,5 millions d'hectares dans le Centre-Ouest (Landers J. et al., 1995 ; Monsanto et APDC, 1996).

Les autres systèmes intégrant les activités production de grains et d'élevage n'en sont pour l'instant, qu'à un niveau modeste d'adoption par les agriculteurs ; cependant, ils contiennent sans aucun doute tous les atouts à la fois agronomiques (sommant les effets organo-biologiques des deux activités) techniques, et économiques (capitalisation, moindre dépendance au système économique actuel) pour exploiter, à moindre coût, tous les potentiels, hydrique et photosynthétique de ces zones tropicales des fronts pionniers.

Les solutions techniques et agronomiques existent maintenant pour exploiter ce vaste réservoir des sols acides de la zone tropicale humide. Les systèmes de culture créés et, déjà en voie de diffusion active doivent permettre la fixation d'une agriculture durable, diversifiée, lucrative à moindre coût, capable de protéger et d'augmenter le potentiel de son bien le plus précieux, le capital sol.

Les succès de la mise en pratique de ces nouvelles techniques dépend aujourd'hui bien davantage de mesures de politique agricole brésilienne locale, que de nouvelles solutions techniques.

Ces mesures doivent assurer : l'entretien du réseau routier, l'organisation d'une politique incitative et cohérente du crédit pour financer les investissements en amendements, en machines de semis direct performantes, en industries locales de transformation, en moyens de recherche, une offre constante de prix incitatifs et stables aux agriculteurs pour des produits de qualité.

Ces mesures doivent être prises rapidement pour exploiter au profit de l'économie brésilienne, ce formidable grenier à grains que constituent les savanes humides de l'Ouest du Brésil. Elles sont d'autant plus urgentes, que les fronts pionniers sont arrivés au bord de la forêt amazonienne. Ce soutien à la fixation d'une agriculture durable en zones de savanes est donc prioritaire pour épargner la forêt.

Enfin, ces nouveaux systèmes de gestion agrobiologiques des sols, créés sur les frontières agricoles du Brésil, et déjà pratiqués sur de vastes surfaces, sont la concrétisation de

(1) Les systèmes recycleurs à 2 cultures annuelles, en rotation tels que "riz + sorgho/soja + mil/soja, sur 3 ans, permettent des productivités respectives en rotation : an 1 = 4 500 à 5 500 Kg/ha de riz + 1 500 Kg/ha sorgho ; an 2 = 3 500 à 4 000 Kg/ha de soja + 1 500 Kg/ha mil ; an 3 = 3 500 Kg/ha soja.

La part de fumure (engrais) qui revient à chaque culture, n'est que de (en Kg/ha) : 18 N, 70 P₂O₅, 48 K₂O, 104 Ca, 36 Mg, 100 SiO₂, 2,2 Zn.

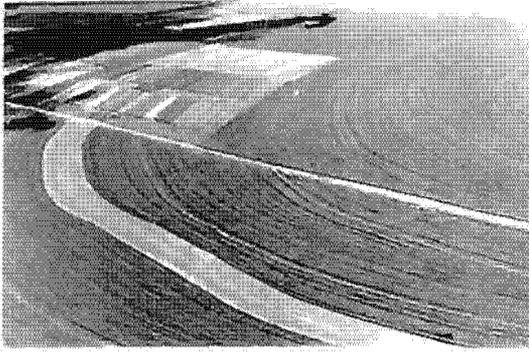
Résultats reproductibles, obtenus avec la fumure de fond de 2 000 Kg/ha de thermophosphate + 600 Kg/ha de gypse, appliquée pour 5 à 6 cultures sur 3 ans.

nouveaux concepts décisifs aussi bien pour l'avenir de l'agriculture tropicale que pour jeter les bases d'une agronomie tropicale capable de mieux valoriser les ressources naturelles, d'économiser intrants chimiques et de protéger totalement le capital sol.

Ces concepts et pratiques agricoles, sont, sans aucun doute, à diffuser avec les méthodes de recherche en milieu réel qui les ont fait naître, dans les régions similaires du monde tropical et équatorial et à adapter dans des écologies moins humides ; le CIRAD est en train de le faire activement en Afrique, en Amérique Latine, en Asie, à Madagascar et à la Réunion. La révolution doublement verte a depuis longtemps déjà, largement dépassé le stade des idées ; elle est déjà une réalité praticable, en zone tropicale humide d'Amérique du Sud.

**La construction des systèmes
de culture durables dans les
écologies des cerrados et
forêts chaudes et humides
de l'Ouest Brésil,**

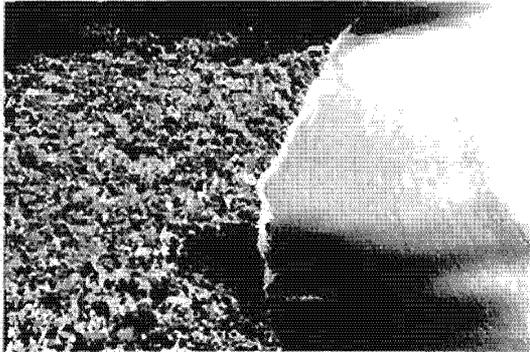
--- En images ---



Les cerrados (Savanes humides) en monoculture de Soja et unité expérimentale Fazenda Progresso - Lucas do Rio Verde - MT - 1990



La forêt ombrophile - Riz pluvial en ouverture
Fazenda Taffarel - Sinop - MT - 1990



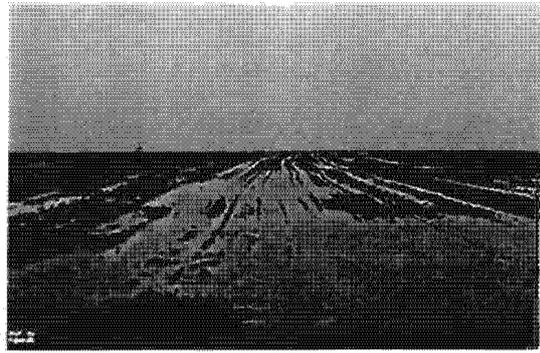
Le front pionnier arrive à la forêt
Sinop - MT - 1990



Production de grains et élevage, deux activités séparées dans les
Cerrados - Lucas do Rio Verde - MT - 1990



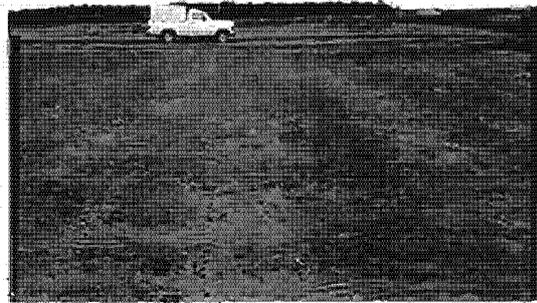
Erosion désastreuse sur jeune Soja pratiqué à l'offset en monoculture - Posto Gil - MT - 1993



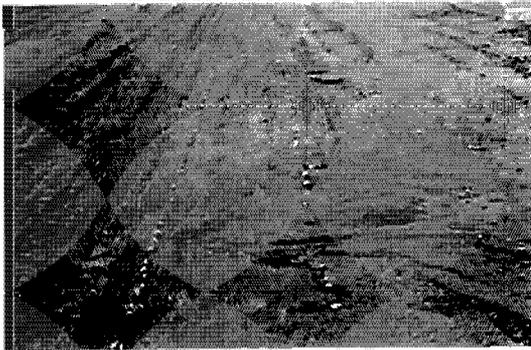
Profil cultural compacte: saturé d'eau après fortes pluies - Fazenda Progresso - MT - 1989



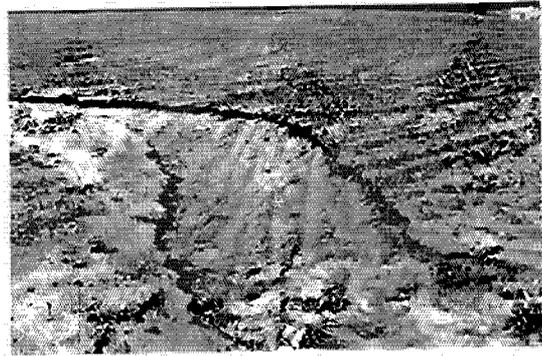
Forte érosion sous offset comparée à sol totalement protégé sous système de semis direct - Ligeia Alves - PI - 1990



Structure pulvérulente après plusieurs passages d'offsets en sol humide, avant semis - Lucas do Rio Verde - MT - 1996



Structure pulverulente après plusieurs passages d'outils en sol humide. avant semis - Lucas do Rio Verde - MT - 1990



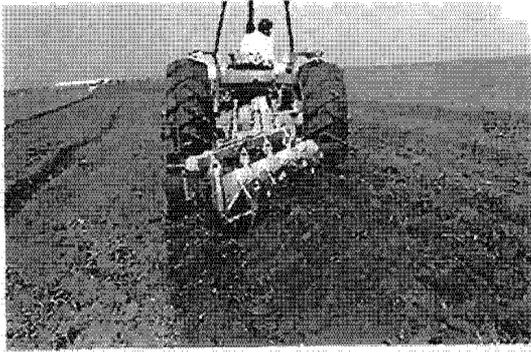
Erosion sous couvertages - Projet AGRIPPEC - Buriticupu - MA



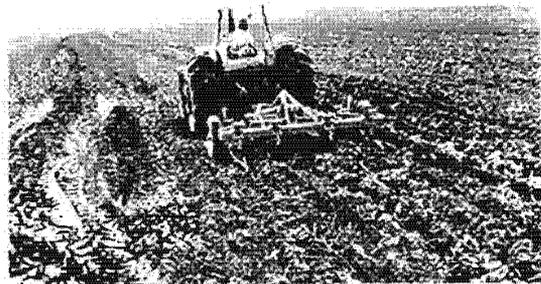
Dégâts de l'érosion sous couvertages répétés en sol humide - Fazendas de la Région de Lucas do Rio Verde - MT - 1988



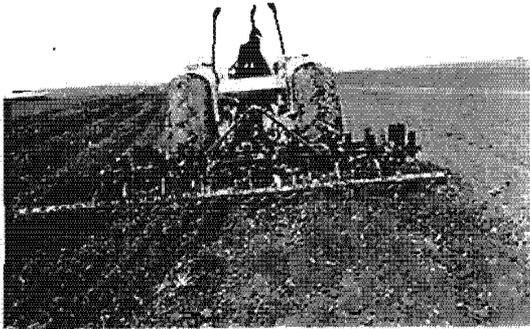
Dégâts de l'érosion sous couvertages répétés en sol humide - Fazendas de la Région de Lucas do Rio Verde - MT - 1988



Labour profond au soc après pré-incorporation des résidus de récolte -
Fazenda Progresso - Lucas do Rio Verde - MT - 1986



Scarification profonde après pré-incorporation des résidus de récolte -
Fazenda Progresso - Lucas do Rio Verde - MT - 1986



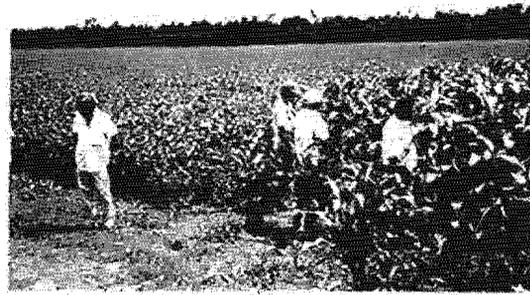
Préparation du lit de semences au cultivateur à dents (Speed-Tiller) -
Faz. Progresso - Lucas do Rio Verde - MT - 1986



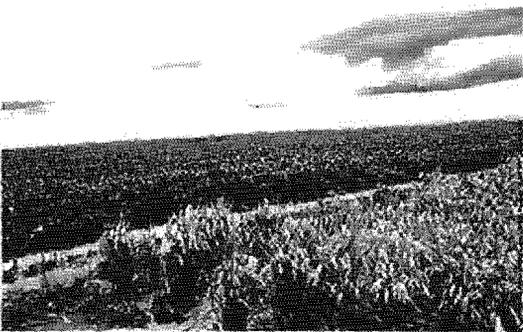
Structure molleuse très grossière, au semis (Maïs) -
Fazenda Progresso - Lucas do Rio Verde - MT - 1986



Les cultures de rotation du Soja = Riz pluvial, variété du CIRAD-CA à très bonne qualité de grains (N° 285) - Fazenda Progresso - Lucas do Rio Verde - MT - 1990



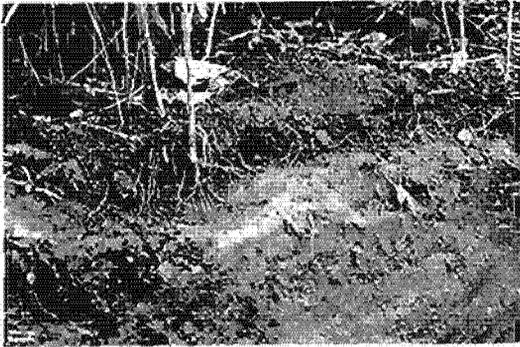
Les cultures de rotation du Soja = Maïs hybride de PIONEER - Fazenda Progresso - Lucas do Rio Verde - MT - 1990



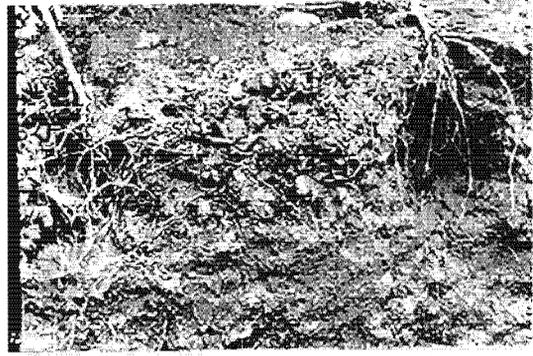
Les cultures de rotation du Soja = Riz pluvial - variété CIRAD-CA - Fazenda Progresso - Lucas do Rio Verde - MT - 1990



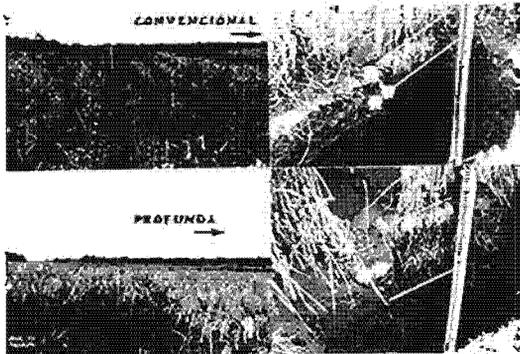
Les cultures en succession annuelle du Soja = Sorgho (CIRAD 321) - Fazenda Progresso - Lucas do Rio Verde - MT - 1990



Profil racinaire du Soja dans profil cultural compacté - système racinaire limité au dessus d'un horizon asphyxiant (réduit)
Fazenda Progresso - Lucas do Rio Verde - MT - 1989



Profil racinaire du Soja sous labour et rotation avec céréales, système racinaire, profond, bien développé -
Fazenda Progresso - Lucas do Rio Verde - MT - 1990



Profils racinaires du Riz pluvial comparés: sous travail superficiel à fofset et sous labour - Fazenda Capivara - CNPACIEMBRAPA
Goiânia - GO

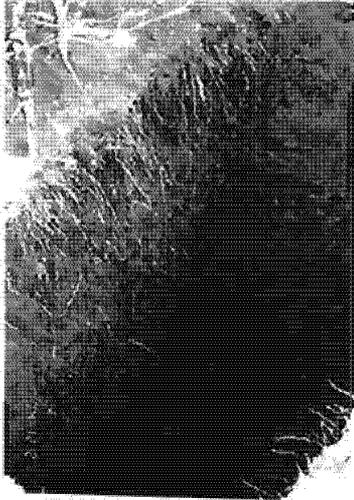


Structure grumeleuse reconstruite après 3 ans de labour et rotations, au départ de sols compactés - Fazenda Progresso -
Lucas do Rio Verde - MT - 1989



Mil implanté aux premières pluies, pour renforcer la couverture du sol.
Produit une forte biomasse protéique et alimentaire (pompe biologique)
Fazenda Progresso - Lucas do Rio Verde - MT - 1990

Croissance très rapide du Mil
en conditions pluvieuses
marginales = ici 35 jours
après semis.
Fazenda Progresso - Lucas
do Rio Verde - MT - 1990



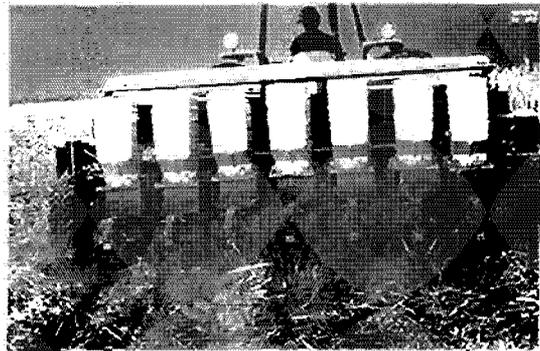
Le système racinaire du Mil
colonise très rapidement
le sol en profondeur =
3,5 à 5 cm/jour
Fazenda Progresso
Lucas do Rio Verde - MT - 1990



Mil desséché à l'herbicide (Glyphosate + 2,4D), avant semis direct
du soja (mil desséché entre 40 et 60 jours après semis)
Fazenda Progresso - Lucas do Rio Verde - MT - 1990



Semis direct sur pailles desséchées de Mil ou Sorgho (Race Guinea)
Fazendas: Progresso, Taffarel, Kamitani, Lucas do Rio Verde,
Sinop - MT - 1992-1995



Semis direct sur pailles desséchées de Mil ou Sorgho (Race Guinea)
Fazendas: Progresso, Taffarel, Kamitani, Lucas do Rio Verde,
Sinop - MT - 1992-1995



Semis direct sur pailles desséchées de Mil ou Sorgho (Race Guinea)
Fazendas: Progresso, Taffarel, Kamitani, Lucas do Rio Verde,
Sinop - MT - 1992-1995



Semis direct sur pailles desséchées de Mil ou Sorgho (Race Guinea)
Fazendas: Progresso, Taffarel, Kamitani, Lucas do Rio Verde,
Sinop - MT - 1992-1995



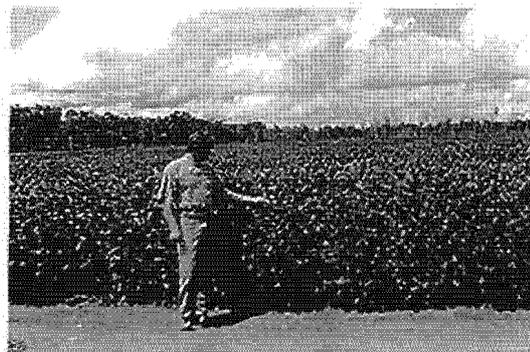
Coton da 8 jours, en semis direct sur pailles de Mil -
Fazenda Recanto - Ilumbrans - Grupo Maeda - GO - 1998



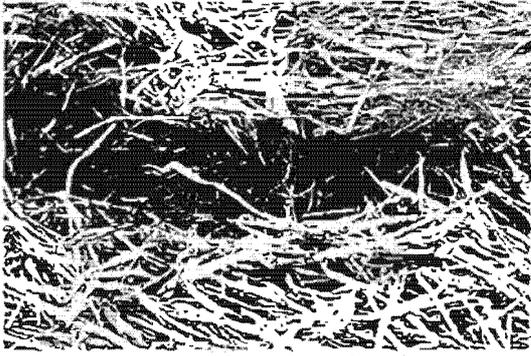
Soja de semis direct sur pailles de Mil, 15 jours après semis -
Fazenda Progresso - Lucas do Rio Verde - MT - 1993



Comparaison entre Soja de semis direct tardif sur pailles de Mil, 80
jours après les premières pluies, et Soja en semis conventionnel à
la même date, sur sol maintenu propre à l'ortie!
COOASOL - Bomiso - MT - 1993



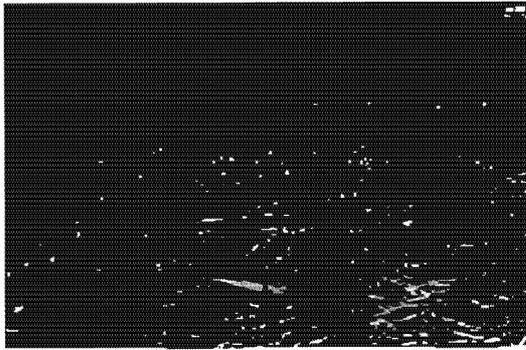
Même Soja, 90 jours après le semis - Fazenda Progresso -
Lucas do Rio Verde - MT - 1993



Maïs em semis direct sur pailles de *Brachiaria ruzizensis*
Fazenda Taffarel - Sinop - MT - 1995



Maïs em semis direct sur pailles de *Brachiaria ruzizensis*
Fazenda Taffarel - Sinop - MT - 1995



Riz pluvial em semis direct sur pailles de *Brachiaria ruzizensis* Fazenda Taffarel - Sinop - MT - 1995

Riz parviao em semis direct sur
pailles de *Brachiaria ruzizensis*
Fazenda Taffarel -
Sinop - MT - 1995





Nouvelles variétés de Riz pluvial CIRAD-CA, à très haut potentiel (> 6 tonnes/ha) et à qualité de grain supérieure (long an, aromatique)
Fazenda Jorge Kamitani - Sinop - MT - 1996

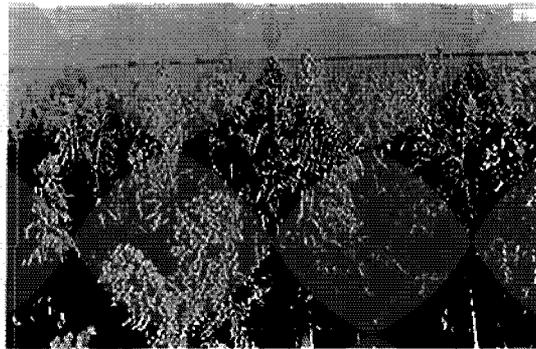


Visite de Mrs. Norman Borlaug (Prix Nobel de la Paix) et Fernando Peleado Cardoso (Président de la firme d'engrais Menah SIA) sur les unités de recherche du CIRAD-CA/160cture de Sinop. Faz. J. Kamitani Sinop - MT - 1995

Les cultures de succession annuelle du Soja, du Riz, du Maïs, en semis direct = les pompes biologiques productrices de fortes biomasses protéiques, alimentaires et à enrichissement très puissant, recycleur



Sorghos sans lanine à haute teneur en protéines (> 12%) Fazendas Progresso et J. Kamitani - Lucas do Rio Verde et Sinop - MT - 1990-95



Sorghos sans lanine à haute teneur en protéines (> 12%) Fazendas Progresso et J. Kamitani - Lucas do Rio Verde et Sinop - MT - 1990-95

Les cultures de succession annuelle du Soja, du Riz, du Maïs, en semis direct + les pompes biologiques productrices de fortes biomasses protéiques, alimentaires et à engraisnement très puissant, recyclable!



Sorgho à forte biomasse (Race Guinea) - Fazendas Progresso et J. Kamiani - Lucas do Rio Verde et Sinop - MT - 1990-95



Sorgho à forte biomasse (Race Guinea) - Fazendas Progresso et J. Kamiani - Lucas do Rio Verde et Sinop - MT - 1990-95



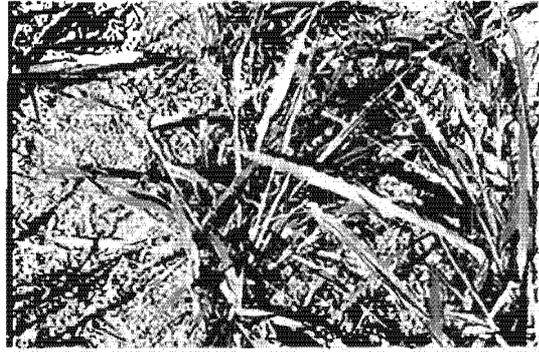
Mil Africain à haut potentiel - Fazendas Progresso et J. Kamiani - Lucas do Rio Verde et Sinop - MT - 1990-95



Crotalaria spectabilis - Fazendas Progresso et J. Kamiani - Lucas do Rio Verde et Sinop - MT - 1990-95



Semis direct de *Brachiaria brizantha* en succession annuelle de Soja
Cooperlucas - Lucas do Rio Verde - MT - 1994



Semis direct de *Brachiaria brizantha* en succession annuelle de Soja
Cooperlucas - Lucas do Rio Verde - MT - 1994



Forte biomasse de ce même *Brachiaria b.* à l'entrée de la saison sèche
il supportera 2,2 têtes de bétail/ha pendant 84 jours de saison sèche avec
un gain de poids journalier supérieur à 420 grammes/tête
Cooperlucas - Lucas do Rio Verde - MT - 1994



Forte biomasse de ce même *Brachiaria b.* à l'entrée de la saison sèche
il supportera 2,2 têtes de bétail/ha pendant 84 jours de saison sèche
avec un gain de poids journalier supérieur à 420 grammes/tête
Cooperlucas - Lucas do Rio Verde - MT - 1994



Les successions annuelles "Production de grains - Pâturage" - et tapis de Tifton 85, à l'entrée de la saison sèche après récolte de Soja de semis direct Cooperlucas - Lucas do Rio Verde - MT - 1994



Tapis vivace de Paspalum n. desséché ou Paraquai avant semis direct de soja - la concurrence initiale Soja-Paspalum est contrôlée par Fluazifop P. Butyl à faible dose - Cooperlucas - Lucas do Rio Verde - MT - 1994



Soja de 12 jours (semis direct) avec traitement granicide sélectif à faible dosage (Fluazifop, Quinclorac, etc.) Cooperlucas, Lucas do Rio Verde - MT - 1994



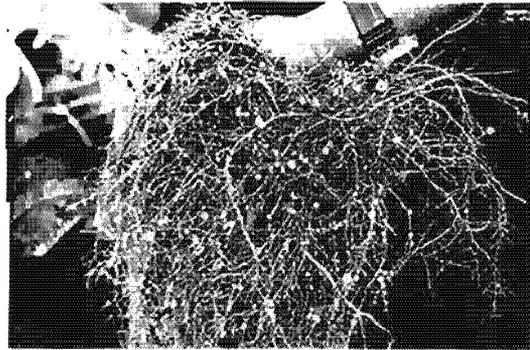
"Arachis pinto" installé dans culture de Maïs - état végétatif à l'entrée de la saison sèche - Fazenda J. Kemiani - Sinop - MT - 1998



Systemes de semis direct continus, en cultures associées = graminées cultivées sur tapis de légumineuses pérennes - ici, Maïs à la récolte sur *Calopogonium* m. Fazenda Progresso - Lucas do Rio Verde - MT - 1980



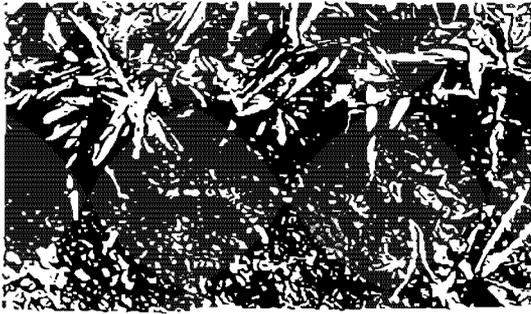
Même type de système que le précédent, ici, Riz de cycle court sur *Calopogonium* m. - Faz Progresso - Lucas do Rio Verde - MT - 1989



Nodulation du Soja de haute productivité (>4200kg/ha), sous semis direct sur sables de MX - Fazenda Progresso.



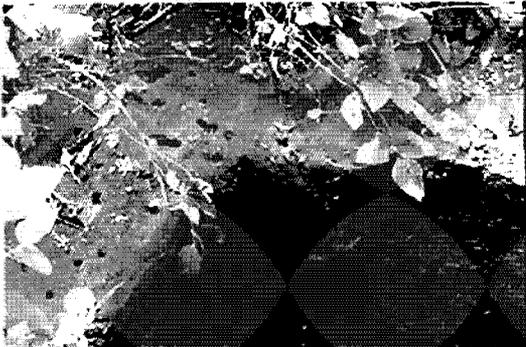
Tres forte augmentation, dans les systemes de semis direct sur forte biomasse, du contrôle effectif biologique des chenilles défolieuses par



Structure construite par les vers de terre (terricoles) sous les tapis de graminées vivaces à Rhizomes (genres *Cynodon*, *Paspalum* etc.)
Cooperlucas - Lucas do Rio Verde - MT - 1994



Structure construite par les vers de terre (terricoles) sous les tapis de graminées vivaces à Rhizomes (genres *Cynodon*, *Paspalum* etc.)
Cooperlucas - Lucas do Rio Verde - MT - 1994



Activité très intense de larves de coléoptères bousiers sous systèmes de semis directs (Maïs, Riz - *Calopogonium* m.)
Fazenda Progresso - Lucas do Rio Verde - MT - 1992



Larve du coléoptère bousier qui creuse les galeries (> 20cm²)
Fazenda Progresso - Lucas do Rio Verde - MT - 1992

Annexes

- ① La démarche de création-diffusion des systèmes de culture en milieu réel, pour et avec les producteurs sur leurs unités de production.**
- ② Caractérisation *in situ* du profil cultural et des relations "climat-sol-cultures" sur sols ferrallitiques.**

LA DÉMARCHE DE CRÉATION-DIFFUSION DES SYSTEMES DE
CULTURES EN MILIEU RÉEL, POUR ET AVEC LES PRODUCTEURS
SUR LEURS UNITÉS DE PRODUCTION

Source : L. Séguy, S. Bouzinac - CIRAD-CA
1978-1995

INTRODUCTION ⇒ La recherche des meilleurs compromis entre la production de connaissances et la mise au point de solutions praticables, reproductibles, résolvant les problèmes des agriculteurs.

• Face à la dégradation rapide des ressources naturelles, et à l'instabilité socio-économique chronique des pays tropicaux :

⇒ Comment proposer, aux producteurs, dans un milieu déterminé (niveau régional) à partir de références expérimentales, une ample gamme de choix de systèmes de culture reproductibles, appropriables ?

⇒ Comment prévoir, les tendances évolutives de ces systèmes et leurs possibilités d'adaptation face à l'évolution de la fertilité du sol et aux entraves techniques et socio-économiques, en perpétuelle mutation ?

⇒ Systèmes régionaux d'aide à la prise de décision - Conseil de gestion

Gestion des risques climatique et économique

Formation, professionnalisation des acteurs du développement

□ CONCEPTS ET OBJECTIFS DE LA RECHERCHE-ACTION EN MILIEU RÉEL

⇒ Le rôle de la recherche-action en milieu réel =

- Créer, élaborer les bases régionales des productions végétale et animale.
- Construire des modèles de fonctionnement agronomique **prédictifs**, qui répondent aux spécificités des milieux physiques et humains.

⇒ **Simultanément** :

- Répondre à l'attitude toujours "immédiatiste" des agriculteurs.
- Construire les bases du développement agricole durable, à plus long terme.

⇒ **Comment ?**

- Créer divers scénarios possibles de fixation de l'agriculture, pour et avec les producteurs, dans leurs unités de production.
- Dans ces scénarios différenciés (en termes agronomiques, techniques et économiques), pouvoir :
 - + Hiérarchiser les facteurs limitants par culture et système
 - + Générer des systèmes reproductibles, appropriables, plus motivants que les systèmes en vigueur
 - + Les expliquer scientifiquement.

- Ces objectifs complémentaires nécessitent la pérennisation des unités de recherches afin d'expliquer l'évolution de la fertilité du sol sous divers systèmes, confronter les systèmes innovants durant un espace de temps suffisant pour satisfaire les conditions de "reproductibilité agro-technique", de la meilleure "stabilité économique".
- Les divers niveaux différenciés du potentiel productif (systèmes), doivent aussi permettre :
 - + D'assurer la formation des acteurs du développement.
 - + D'orienter et ré-orienter la recherche thématique amont en faveur des systèmes de culture régionaux.

⇒ **Pour réaliser ces objectifs, la démarche d'intervention doit :**

- Se situer en milieu réel
- La création des innovations ⇒ Avec la participation intégrée et effective des chercheurs, des développeurs et des agriculteurs.

□ RÈGLES DE BASE DE L'INTERVENTION DE LA RECHERCHE-ACTION

- ⇒ **Donner une dimension technico-économique au processus expérimental,**
- ⇒ **Savoir hiérarchiser les entraves (agronomiques, techniques, économiques) au cours du temps,**
- ⇒ **Faire participer les agriculteurs dans le processus de création des innovations,**
- ⇒ **Les laisser choisir,**
- ⇒ **Les aider à organiser les conditions d'appropriation des technologies**

⇒ POUR CELA LA RECHERCHE :

- S'inspire des pratiques traditionnelles ⇒ Références permanentes pour l'évaluation des innovations,
- Dans la construction des systèmes innovants ⇒ Prendre en compte les possibilités de praticabilité, de reproductibilité et d'appropriation par les producteurs.
- Prendre en compte, dans son intervention, les échelles complémentaires et indissociables:
 - + Les unités de paysage ⇒ Échelle des toposéquences représentatives,
 - + Les systèmes de culture ⇒ Échelle des parcelles,
 - + Les références naturelles (milieu naturel).
- Évalue les systèmes innovants :
 - + Simultanément en termes : agronomiques, techniques et économiques,
 - + Avec l'appui de la recherche thématique plus fondamentale (générer connaissances scientifiques, en ajustant le niveau d'analyse nécessaire pour assurer la progression continue des systèmes),
- Ces règles se traduisent, au niveau opérationnel :
 - Par l'intégration des pratiques en vigueur chez les producteurs (références de base)
 - Une échelle d'intervention crédible pour les utilisateurs et pour évaluer des coefficients techniques et économiques réalistes (grandeur réelle).

LES DIFFÉRENTES ÉTAPES DE LA DÉMARCHE DE CRÉATION-DIFFUSION DES SYSTÈMES EN MILIEU REEL : UN PROCESSUS CONTINU, AVEC DES ÉTAPES IMBRIQUÉES

⇒ La démarche est ascendante ⇒ elle part de l'analyse des systèmes de cultures en vigueur, faite à partir d'un diagnostic initial rapide qui permet d'identifier les entraves et les points forts, de les hiérarchiser, et de rechercher les solutions appropriables avec l'appui des acteurs.

⇒ Trois étapes intimement imbriquées :

- Diagnostic rapide de situation
- Création de référentiels techniques évolutifs
- Diffusion continue des technologies

LE DIAGNOSTIC INITIAL RAPIDE

⇒ Analyse rapide des milieux physiques et socio-économiques :

En fonction de la **demande** ⇒ Echelle d'intervention = zone agro-climatique, micro-région, terres d'une communauté, etc...

⇒ Synthèse des données : les domaines de recommandation (par enquêtes)

- Milieux physique et socio-économique ⇒ Reconnaissance pédologique rapide :
 - Caractérisation des unités géomorphologiques représentatives
 - Sur les plus différenciées ⇒ Les faciès de sol les plus différenciés en termes de fertilité (milieu naturel → référence)

⇒ Caractérisation des systèmes de culture en vigueur -

**Au plan
agronomique**

- Processus d'érosion (toposéquences représentatives), dynamique des états de surface du sol sous culture traditionnelle.
- Le profil cultural et ses relations avec la production des cultures dans les systèmes (enracinement, flore adventice, pression parasitaire, déficiences minérales, etc...).

**Au plan
technique**

- Calendrier des opérations culturales
- "Opérationnalité de ces opérations"

**Au plan
socio-économique**

- ⇒ Caractérisation sommaire de l'utilisateur :
 - Auto-consommation, agriculture commerciale, pouvoir d'achat,
 - Capacité d'absorption des changements,
 - Activités extra-agricoles et interactions avec le calendrier cultural.
- Typologie des systèmes de culture et de production, au niveau des communautés,
- Organisation des producteurs, relations avec le marché et le crédit,
- Identification des agriculteurs leaders

⇒ Expérimentations sur quelques thèmes et intérêt plus immédiat, gagner rapidement la confiance des agriculteurs.



Négociation avec les producteurs, ou associations, avec la recherche et le développement
⇒ **Contenu technique**
Négociation avec bailleurs de fonds et responsables politiques régionaux ⇒
Contenu technique, utilisation des ressources

**□ LE PROCESSUS DE CRÉATION DES SYSTÈMES INNOVANTS EN MILIEU RÉEL :
DIFFÉRENCIER ET GÉRER LA DIVERSITÉ AGRO-TECHNIQUE POUR MIEUX
COMPRENDRE SON ÉVOLUTION, MODÉLISER LES SYSTÈMES DE CULTURE
AVEC LES AGRICULTEURS, DANS LEUR MILIEU**

⇒ Modélisation : la matrice des systèmes, pérennisée.

⇒ Caractérisation de la matrice :

• Rigoureuse, souple, évolutive ⇒ Absorber les innovations tout en maintenant la rigueur de l'analyse au cours du temps :

• Contenu :

+ Systèmes traditionnels (référence agro-technique et économique permanente) ⇒ Point de départ,

+ Systèmes innovateurs créés à partir du diagnostic initial ⇒ Création continue,

+ Systèmes potentiels (maximum de productivité ⇒ Offre pédoclimatique)

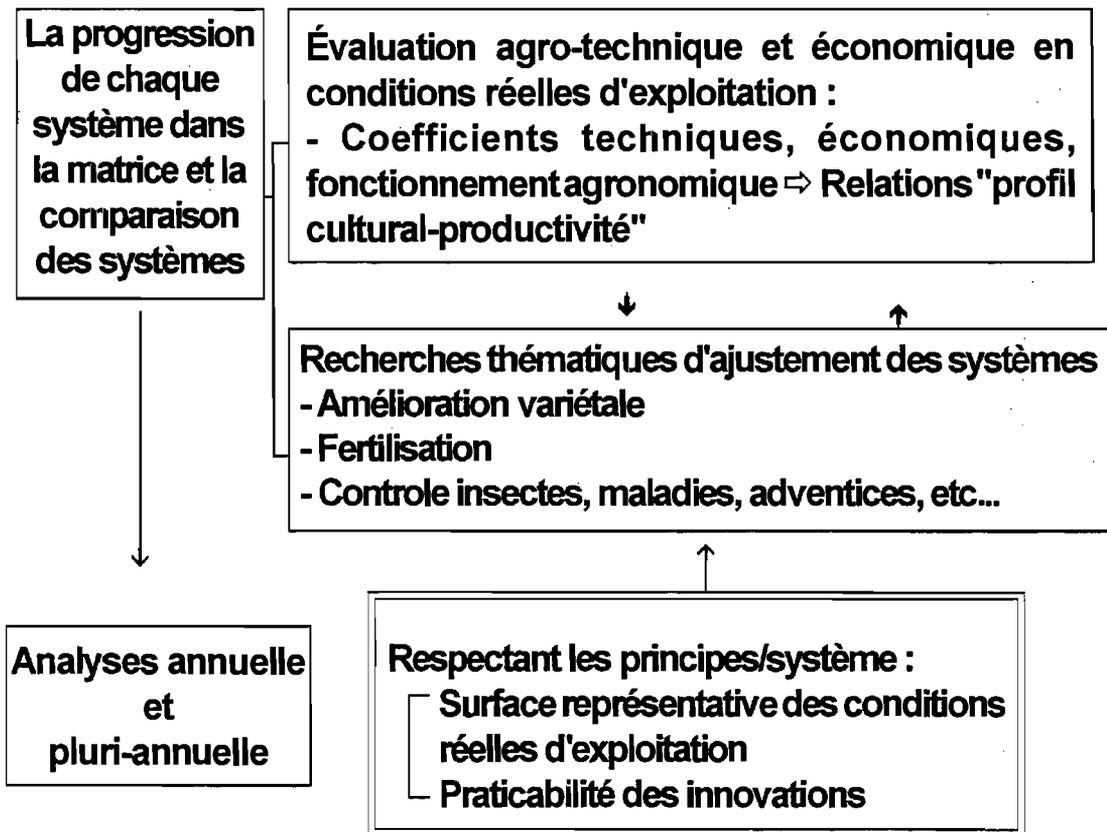
• Fonctions : • Hiérarchiser les facteurs limitants,

• Fournir une large gamme de systèmes praticables, reproductibles

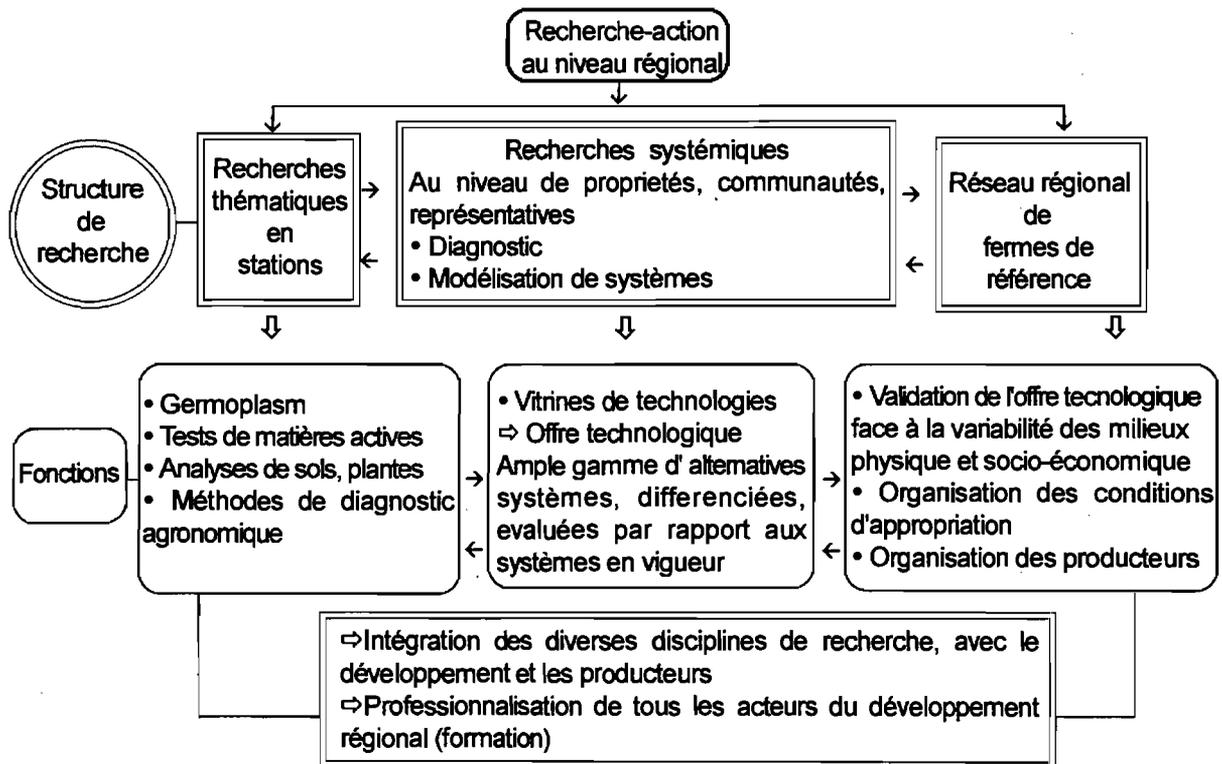
• Expliquer les modes de fonctionnement différenciés des systèmes:
+ modèles prédictifs du fonctionnement agronomique

• Formation (diagnostic agronomique = paramètres pertinents "profil cultural - cultures")

• **Fonctionnement**



□ **PROCESSUS DE CRÉATION-VALIDATION-DIFFUSION DE TECHNOLOGIES AU NIVEAU RÉGIONAL, EN MILIEU RÉEL, POUR ET AVEC LES AGRICULTEURS, SUR LEURS UNITÉS DE PRODUCTION**



□ LE MONTAGE PRATIQUE DES UNITÉS DE CREATION-DIFFUSION

⇒ Au niveau des unités de paysage représentatives :

- Toposéquences représentatives { Faciès le plus dégradé
Faciès à plus haut potentiel } Encadrer la
variabilité du
milieu physique

- Modes d'aménagements x modes de gestion du sol :
- Dispositifs anti-érosifs, gestion des sols et des cultures

⇒ Au niveau des systèmes de culture

- Les systèmes de culture traditionnels (références de base)
- Les systèmes "futurs possibles", expressions différenciées agro-économiques et techniques du potentiel agricole (incluant les systèmes potentiels)

⇒ L'ensemble systématisé : la matrice modélisée

HIÉRARCHISATION DES COMPOSANTES DES SYSTÈMES DANS LE DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL PERENNISÉ

- Parcelles principales ⇒ Les modes de gestion des cultures : rotations et successions
- Sous-parcelles ⇒ Les modes de préparation du sol
- Sous-sous-parcelles ⇒ Variétés, ou autre thème simple

Répéter un couple de systèmes (traditionnel + autre)
pour prendre en compte les gradients possibles de fertilité

En haut
— Au milieu
— En bas

de la
toposéquence

□ **SUIVI-ÉVALUATION AGRO-TECHNIQUE ET ÉCONOMIQUE
DES SYSTÈMES DE CULTURES SUR LES UNITÉS DE
CRÉATION-DIFFUSION ⇒ ANNUEL ET PLURIANNUEL**

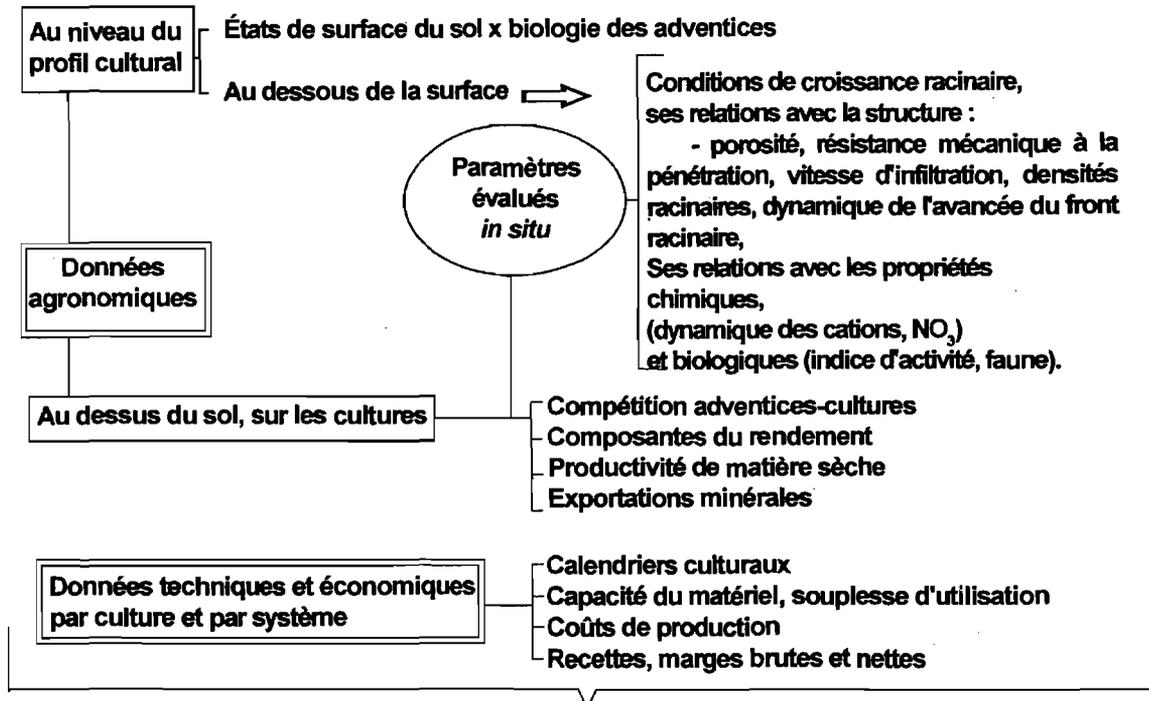
⇒ **Obtention des références** - **Annuelles et pluri-annuelles**

- **Sur chaque culture/itinéraire technique/système :**
+ données agronomiques sur le fonctionnement du profil cultural et les relations causales "climat-profil cultural-cultures",

Les conséquences sur

<ul style="list-style-type: none">• la productivité de matière sèche• l'évolution de la fertilité du sol

⇒ ANALYSE DES RÉSULTATS — ANNUELLE ET PLURI-ANNUELLE ⇒ ÉVOLUTION



Ensemble de références, obtenues sur intervalle de temps climatique et économique suffisant (3 à 6 ans)
 ⇒ Établissement des bases de la production végétale (et animale) et des instruments de diagnostic, *in situ*

□ GESTION DES UNITÉS DE CRÉATION-DIFFUSION

⇒ **Les agriculteurs** - L'agriculteur intervient avec :

- + ses outils
- + ses systèmes traditionnels (contrôle total)
- + la réalisation de nouveaux itinéraires techniques, systèmes (contrôlée)
- + ses choix

⇒ **Gestion des intrants** - La recherche fonctionne comme ⇒ **Agent de crédit**
Fournisseur d'intrants

- Organise "des magasins porte-ouverte" ⇒ Identification des choix des agriculteurs, sans contrainte

⇒ **LA RECHERCHE THÉMATIQUE** - Sur chaque système ⇒ Hiérarchisation des problèmes change au fur et à mesure de leur résolution

↓
Nature et intensité de la recherche thématique conditionnées par l'évolution de cette hiérarchisation.

→ Le niveau des ressources financières et humaines disponibles, conditionne le niveau d'analyse des systèmes -

- (Si ils sont suffisants) ⇒ Travaux de recherche couplant laboratoires et unités de création-diffusion :

- Fonctionnement des rhizosphères, caractérisation de la biologie x systèmes (faune, microflore), potentiel d'oxydo-reduction *in situ*, etc...

- Outils analytiques de diagnostic agronomique : indice d'activité biologique, niveaux critiques de déficiences nutritionnelles sol-culture, liés aux propriétés physiques, chimiques et biologiques - Bilans minéraux et évolution dans les systèmes, etc...

- (Si ils sont insuffisants) ⇒ Diagnostic agronomique, *in situ* : le profil cultural

⇒ **LE DÉVELOPPEMENT** Unités : instrument précieux de diagnostic, de formation afin de dominer les systèmes innovants, et connaître leurs limites.

DIFFUSION DES TECHNOLOGIES ET ADOPTION PAR LES PRODUCTEURS

⇒ La diffusion des technologies

- Publications, communications audiovisuelles : journaux, radio, télévision
- Conférences, fiches techniques/itinéraire technique/système
- Journées de démonstration au champ
- Visites ⇒ Unités ouvertes en permanence au public

⇒ Nature des technologies diffusées

- Technologies simples (isolées) : variétés, herbicides, modes de préparation du sol,
- Itinéraires techniques/culture
- Systèmes de culture (3 ans et plus)
- Assolements annuels (optimisation de l'organisation des meilleurs systèmes au niveau de la propriété)
- Systèmes d'aménagement des toposéquences - (dispositifs anti-érosifs, haies, etc...)

⇒ Conditions d'adoption des technologies par les agriculteurs

Par enquêtes ⇒

- Quantifier les avancées des technologies
- Chiffrer les performances agro-techniques et économiques par rapport aux systèmes traditionnels
- Évaluer les distorsions et identifier les causes (feedback ⇒ recherche), les freins (crédit, problèmes fonciers, marchés, organisation des producteurs).

**□ LA FORMATION SUR LE DISPOSITIF
REGIONAL DE RECHERCHE-ACTION**

⇒ **Agriculteurs**

⇒ **Etudiants (universités et écoles d'agronomie)**

⇒ **Thésards**

⇒ **Agronomes et techniciens du développement**

⇒ **Chercheurs "généralistes", de synthèse**

⇒ **Formateurs**

**CARACTÉRISATION *IN SITU* DU PROFIL CULTURAL
ET DES RELATIONS "CLIMAT-SOL-CULTURES"
SUR SOLS FERRALLITIQUES**

⇒ SUR SOLS FERRALLITIQUES

— Suivi de près durant la saison des pluies

— Évènements climatiques d'importance majeure au début du cycle :

- Engendrent les conditions d'installation de la culture, et la dynamique de l'enracinement

— Phases physiologiques des cultures (composantes du rendement).

— Durant la saison sèche

— Évolution de la flore adventice x systèmes
(Réservoir du potentiel semencier)

**LES PARAMÈTRES LES PLUS PERTINENTS, EXPLICATIFS
DE LA PRODUCTION DE MATIÈRE SÈCHE
ET DES CONDITIONS DE SA REPRODUCTIBILITÉ, IN SITU**

□ Suivi de près, des conséquences des événements climatiques les plus significatifs sur l'évolution des propriétés physiques et biologiques du profil cultural et du développement racinaire.

- La dynamique de développement du système racinaire est le miroir des conditions de croissance offertes par le profil cultural, de sa qualité.

⇒ Détermination des relations de cause à effet

- Entre propriétés physiques, biologiques et chimiques du profil et développement racinaire.
- Entre développement racinaire et production de matière sèche des cultures.

⇒ Reproductibilité ⇒ **Matrice des systèmes, pérennisée** ⇒ Règles de la productivité.

- Modèles de fonctionnement

➔ **NÉCESSITÉ D'UN SUPPORT EXPÉRIMENTAL POUR COMPARER LES SYSTÈMES DE CULTURE**



**MODÉLISATION DES SYSTÈMES DE CULTURE
À PARTIR D'UN DIAGNOSTIC INITIAL : LA MATRICE DES SYSTÈMES
➔ CRÉATION DE L'OFFRE TECHNOLOGIQUE PÉRENNISÉE**

**DANS LES MÊMES CONDITIONS PLUVIOMÉTRIQUES
À L'ÉCHELLE DE TOPOSÉQUENCES REPRÉSENTATIVES**

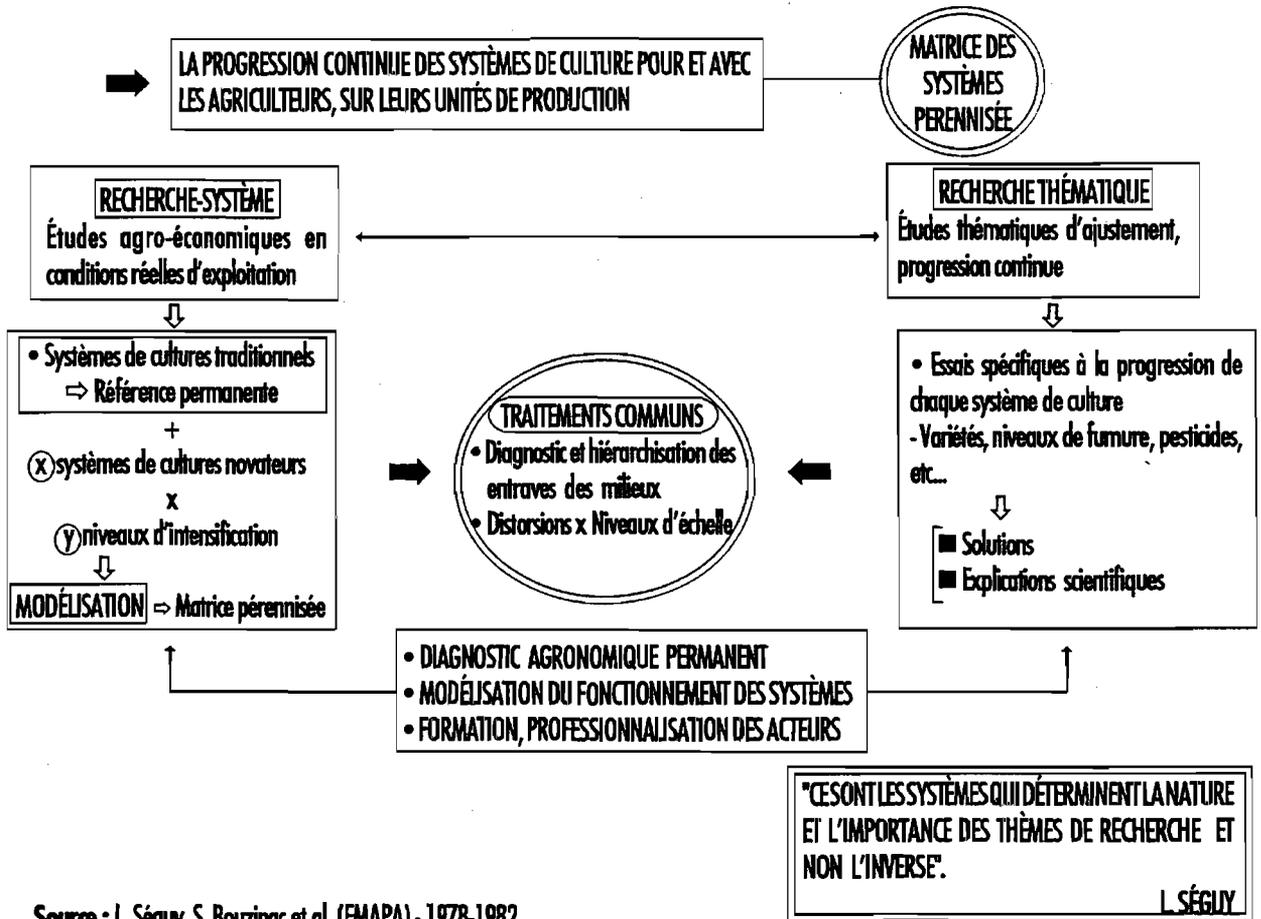
- Le milieu naturel → Avant l'intervention humaine (référence naturelle)
- Les systèmes traditionnels → référence agrotechnique et économique,
→ permanente dans l'évaluation des systèmes

Création de nouveaux systèmes diversifiés ↑ ↓

- Les systèmes potentiels → Référence de l'offre pédoclimatique
→ Sans aucune limitation

- + Ample gamme de systèmes de culture différenciés en termes : agronomiques, techniques et économiques
- + Démarche de création-diffusion de systèmes en milieu réel, pour et avec les producteurs sur leurs unités de production

**OFFRE
TECHNOLOGIQUE**



Source : L. Ségué, S. Bouzinac et al. (EMAPA) - 1978-1982



LA MATRICE DES SYSTÈMES DE CULTURES MANUELLES
RÉGION DU COCAIS - MA - 1978-1982



FIXATION DE
L'AGRICULTURE
ITINÉRANTE

MATRICE DES SYSTÈMES DE CULTURE

NIVEAUX D'INTENSIFICATION APPLIQUÉS À CHAQUE SYSTÈME

• Système traditionnel - Cultures associées
(Riz dominant, maïs, manioc, vigna en succession)

Itinérant

• Variétés
Traditionnelles (T)
Améliorées (M)

• Zéro = sans engrais, ni herbicide (0) — Tradition

• Herbicide = Sans engrais, avec herbicide (H)
• Engrais = avec engrais, sans herbicide (A)
• Engrais + Herbicide (A + H)

Facteurs
de
fixation

FIXÉS

Monoculture riz ⇒ Référence négative
Rotation de céréales en culture pure
• Riz/Maïs
• Maïs/Riz
Rotation : Légumineuse-céréale, en culture pure
• Riz/Arachide
• Arachide/Riz
Rotation : Tubercule - céréale, en culture pure
• Riz/Manioc
• Manioc/Riz
Rotation combinée ⇒ Possibilités de nouvelles introductions,
diversification
• Arachide/Riz/Maïs/Manioc, etc...
Cultures associées systématisées
• Riz + Maïs + Manioc [+ vigna en succession]

⇔ x ⇔

APPLIQUÉS À CHAQUE SYSTÈME

(0) T, (0) M, (H) T, (H) M, (A) T, (A) M, (A + H) T, (A + H) M

• MATRICE MONTÉE SOUS COUVERT TRADITIONNEL DE PALMIERS BABACUS (120 À 150 /ha)
• CORDONS ANTI-ÉROSIFS EN COURBES DE NIVEAU, PLANTÉS DE CULTURE DE RENTE: banane, citrus,
café, poivrier, canne à sucre, passiflore

ENSEMBLE
CULTURE PÉRENNES
+
CULTURES ANNUELLES
EN SEMIS DIRECT

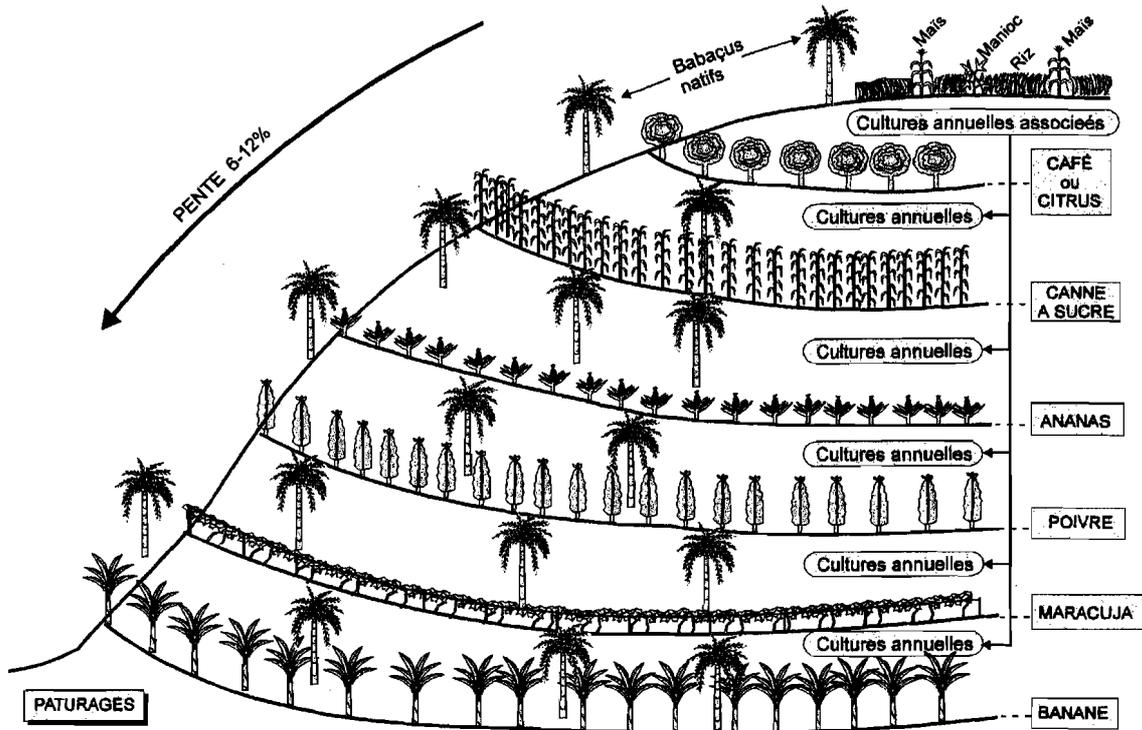
SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac et al., (EMAPA) 1978-1982

→ SYSTÈMES MANUELS DURABLES, COMBINANT CULTURES ANNUELLES ASSOCIÉES + CULTURES PÉRENNES DE RENTE - COCAIS - MA. 1978-1982

SYSTÈMES EN SEMIS DIRECT

GESTION DU MOINDRE RISQUE ÉCONOMIQUE

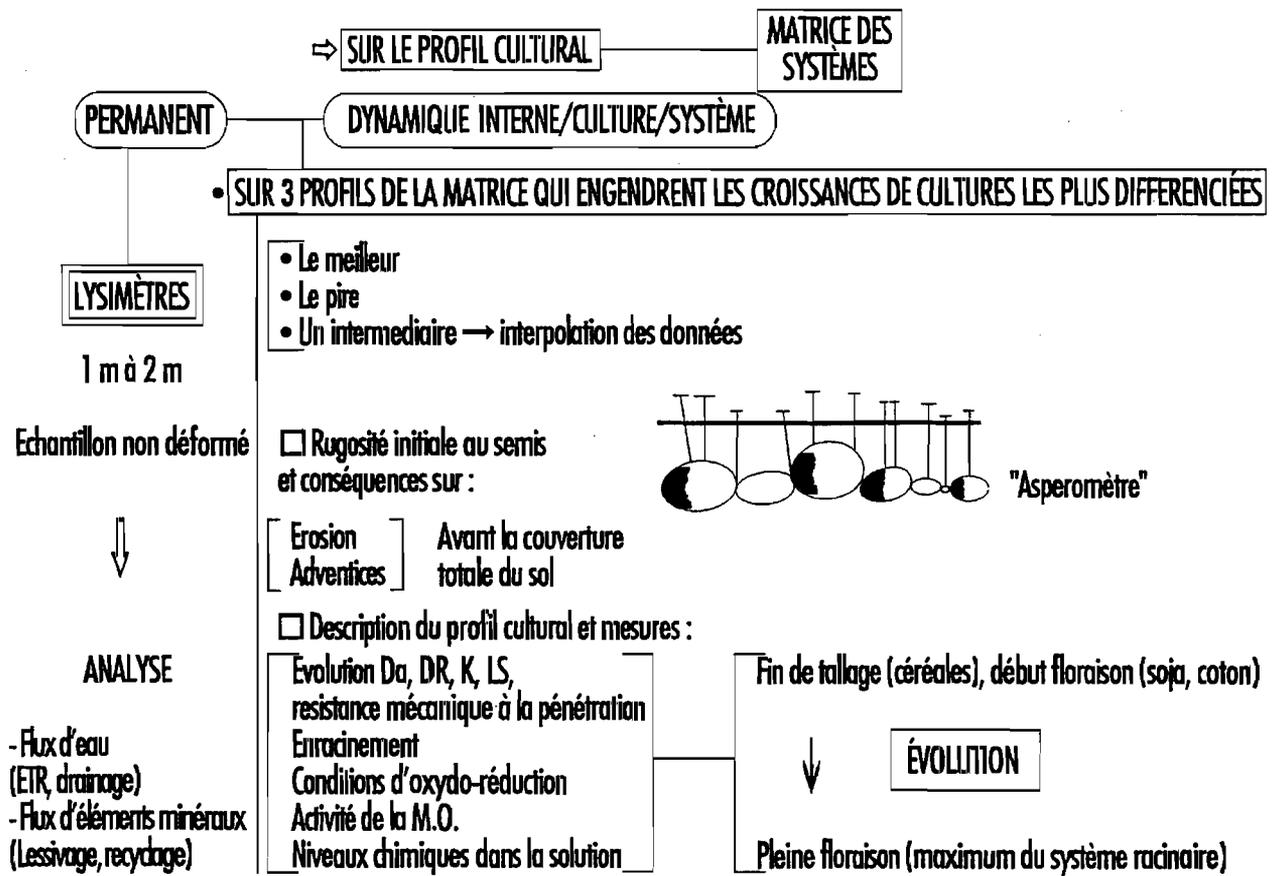
SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, et al., (EMAPA) 1978-1982



CARACTERISATION DU PROFIL CULTURAL



**À LA RECHERCHE DES PARAMÈTRES INDICATEURS LES
PLUS PERTINENTS ET EXPLICATIFS DE LA PRODUCTION
DE MATIÈRE SÈCHE ET DE SA REPRODUCTIBILITÉ**



⇒ **SUR LES CULTURES, DANS LES SYSTÈMES**

- Analyse du rendement (R) $\left\{ \begin{array}{l} \text{Ex.: Céréales} \rightarrow \text{N}^\circ \text{ pieds/m}^2 \times \text{N}^\circ \left\{ \begin{array}{l} \text{ épis} \\ \text{ panicules} \end{array} \right. / \text{ pied} \times \text{N}^\circ \text{ grains} / \left\{ \begin{array}{l} \text{ épis} \\ \text{ panicules} \end{array} \right.} = \boxed{\text{Rc}} \\ \text{Ex.: Soja} \rightarrow \text{N}^\circ \text{ pieds/m}^2 \times \text{N}^\circ \text{ gousses/pied} \times \text{N}^\circ \text{ grains/gousse} = \boxed{\text{Rs}} \end{array} \right.$

↳ Identifier, hiérarchiser les facteurs et conditions du milieu à chaque étape de l'élaboration du rendement

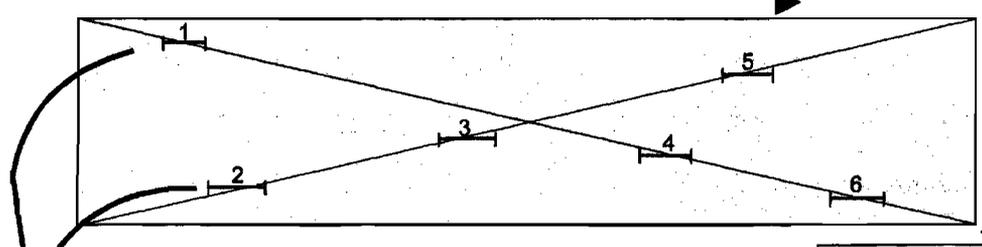
- **LES FACTEURS** ⇒ Les éléments du milieu qui interfèrent dans les processus biologiques (synthèse chlorophyllienne, respiration) = radiation, CO₂, éléments minéraux, eau.
- **LES CONDITIONS** ⇒ Disponibilité des éléments minéraux en fonction des états du profil cultural.

- Les composantes du rendement traduisent les effets =
 - Des modes de gestion du sol
 - De l'histoire culturale (succession des cultures x modes de gestion du sol)
 - + À court terme (effet des précédentes et modes de gestion du sol, adventices)
 - + À plus long terme, effets cumulatifs (évolution de M.O., état structural, distribution P, potentiel semencier des adventices).

ÉCHANTILLONNAGE INTRA-PARCELLES SYSTÈMES
 => **DIAGNOSTIC AGRONOMIQUE/CULTURE/SYSTÈME**

MATRICE SYSTÈMES PÉRENNISÉE

Parcelle système en conditions d'exploitation réelles -> > 1ha

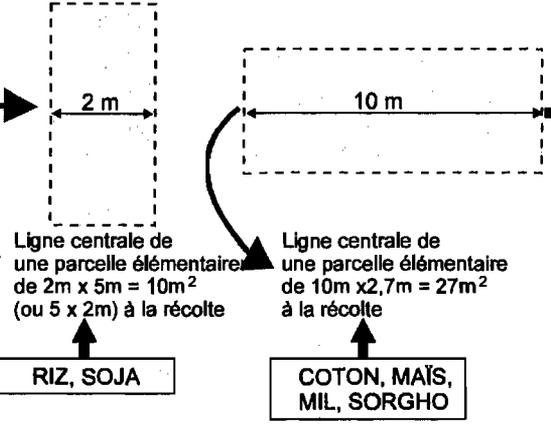


Immédiatement après la levée de la culture, piqueter, au hasard:

- 6-8 échantillons élémentaire (profil cultural homogène)
- > 8 échantillons, si profil cultural hétérogène

ÉVALUATIONS

SUR LE PROFIL CULTURAL	DATE DE RÉALISATION
• Rugosité	→ Au semis, 30 JAS, 60 JAS.
• Pénétrométrie	
• Vitesse d'infiltration de l'eau	→ Au semis, 45 JAS, pleine floraison
• IS, K, DA, DR	
→ 45 JAS et pleine floraison.	
SUR LES CULTURES	
• Relations de concurrence adventices x cultures	→ 0-30 JAS, 30 JAS - couverture du sol par la culture.
• Composantes du rendement	→ Stades physiologiques/culture.
• Maladies, insectes	
• Potentiel adventices post-récolte	→ Post-récolte, saison sèche.



RIZ, SOJA

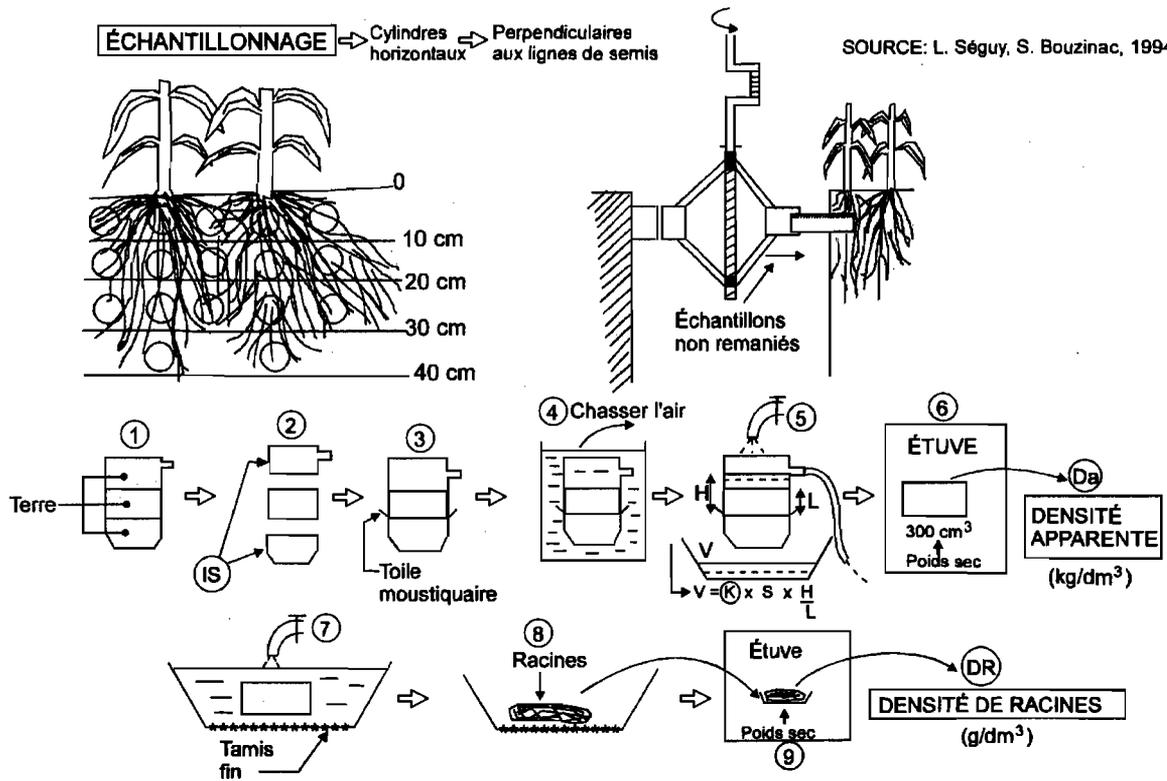
COTON, MAÏS, MIL, SORGHO

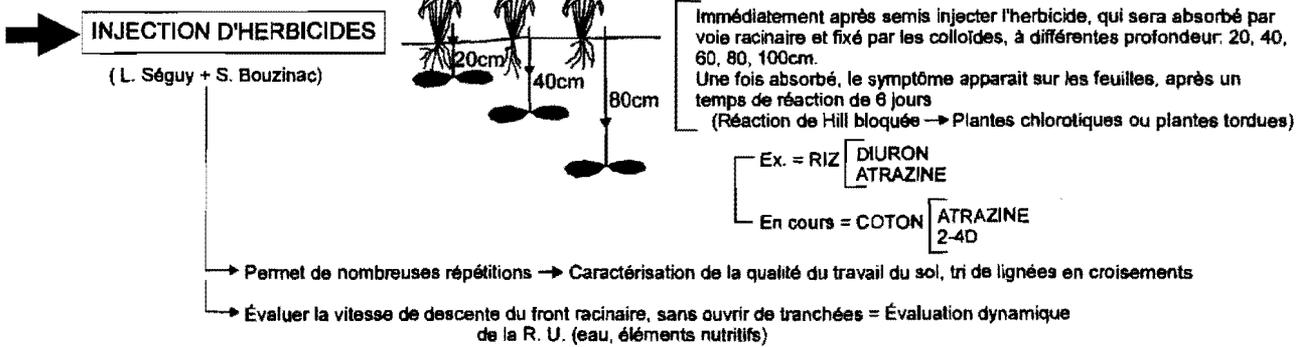
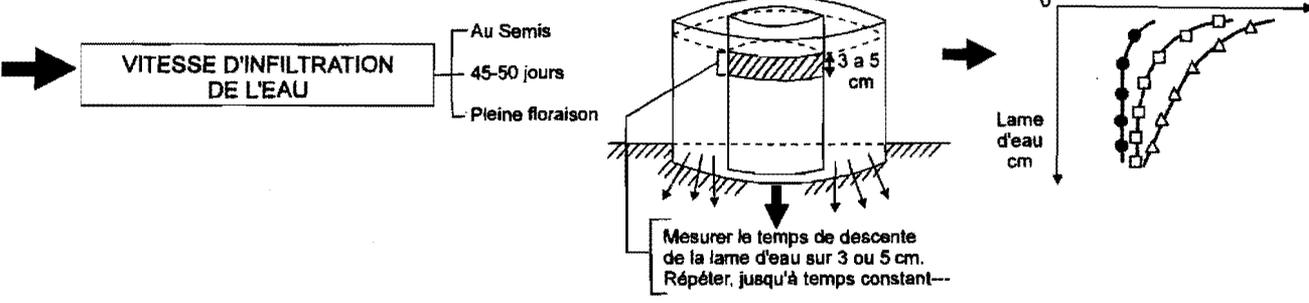
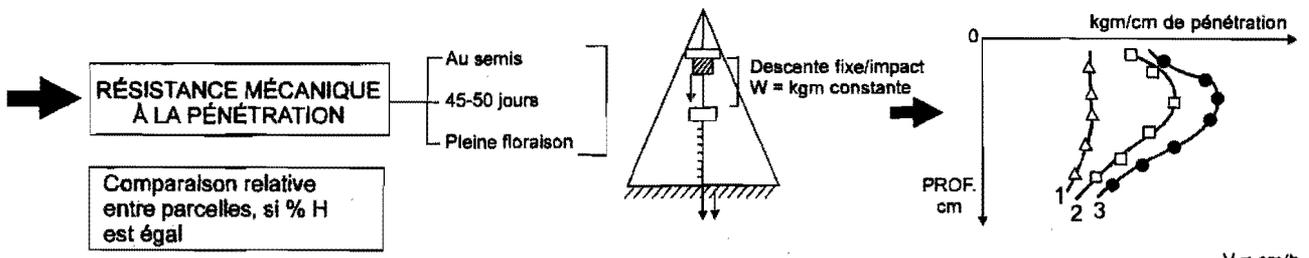
SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac et al., 1994

MESURES SUR LE PROFIL CULTURAL, IN SITU, POUR LES ÉVALUATIONS

- Da (densité apparente)
- DR (densité de racines)
- IS (indice d'instabilité structurale)
- K (conductivité hydraulique de Darcy)

4 Paramètres à partir du même échantillon non remanié

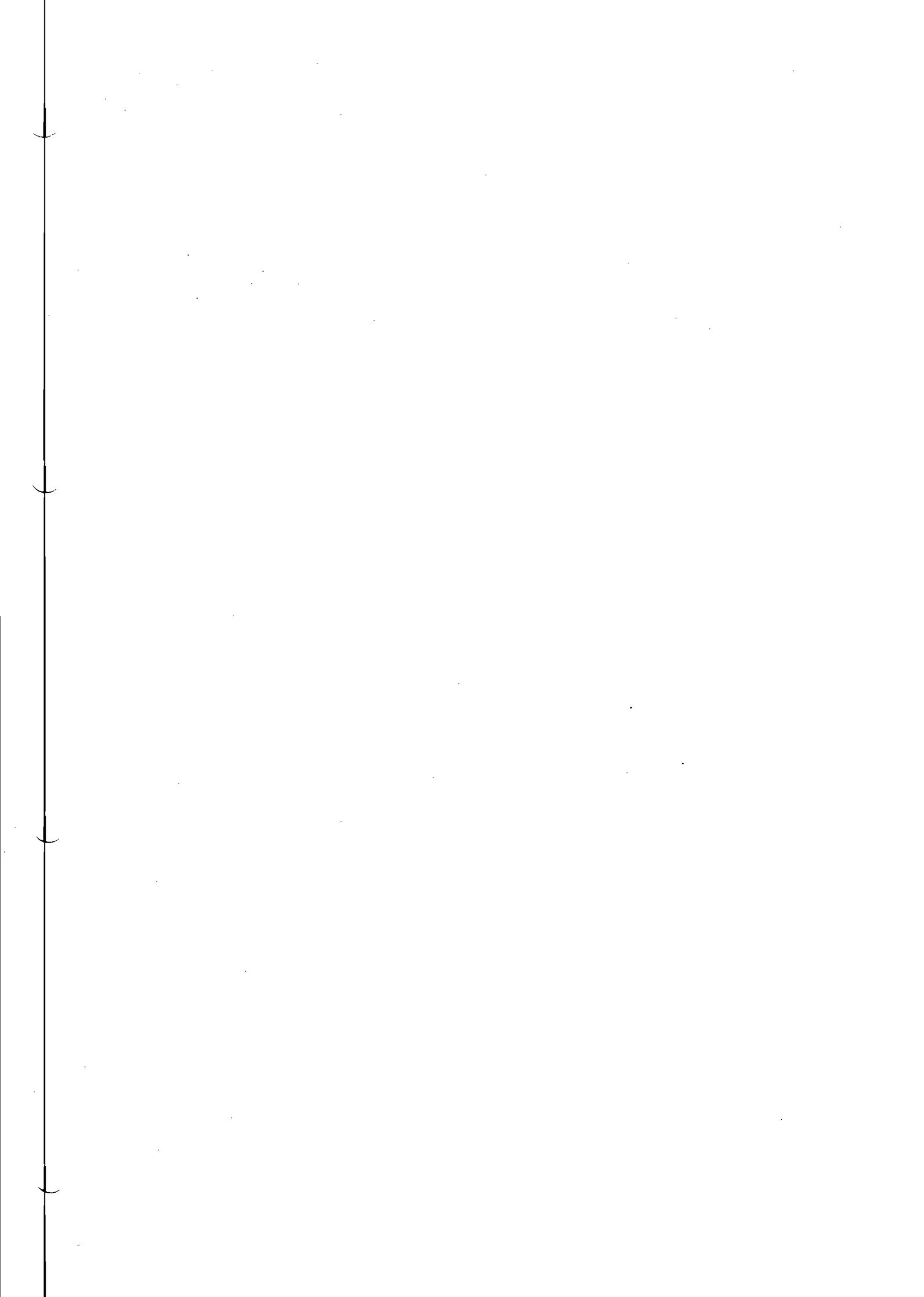




SYNTHÈSE DES RÉSULTATS ANNUELS ET PLURIANNUELS

- Analyse en composantes principales (multivariable), corrélations.
- Régression de la productivité des cultures (matière sèche totale, grains) sur les paramètres analysés \Rightarrow choix des paramètres plus pertinents et explicatifs

RÈGLES DE FONCTIONNEMENT
DES RELATIONS CLIMAT-SOL-PLANTE





Centre
de coopération
internationale
en recherche
agronomique
pour le
développement

Département
des cultures
annuelles
CIRAD-CA

Programme
Agricultures
Paysannes
d'Altitude
et des Fronts
Pionniers

2477,
avenue du Val
de Montferrand
BP 5035
34032 Montpellier
Cedex 1
France
téléphone :
67 61 44 16
67 61 56 33
télécopie :
67 61 56 42
télex :
480573 F

EPIC-SIRET
331 596 270 00040
RCS
331 596 270

LISTE DES PUBLICATIONS DES CHERCHEURS DU PROGRAMME APAFP

1995-1996

Si vous êtes intéressés, veuillez vous adresser :
Secrétariat du Programme APAFP : 04 67 61 44 16
BP 5035- 34 032 MONTPELLIER CEDEX
Fax : 04 67 61 56 42 -
Email : leplaidur@cirad.fr

**LISTE DE PUBLICATIONS 1995-96 DU PROGRAMME A.P.A.F.P.
(AGRICULTURES PAYSANNES D'ALTITUDE ET DES FRONTS PIONNIERS)**

(S'adresser à Mme O. PUARD, CIRAD-CA, Secrétariat du Programme APAFP Tél 67 61 44.16)

- N° 1. - **L. SEGUY**. Rapport Mission Vietnam, novembre 1994, 37 p.
- N° 2. - **A. LEPLAIDEUR**. Projet Amélioration des systèmes de cultures pluviales en fronts pionniers : Ouverture aux approches économiques ISA/CIRAD/CAMAE Vietnam, février 1995, 62p.
- N°3. - **L. SEGUY**. Rapport de mission Madagascar, 13 au 31 mars 1995, Programme ZAP, Programme Savanes, 128 p.
- N° 4. - **A. ROUSSEL**. Rapport Synthétique Actions pour une Articulation de la Recherche avec les Paysans, Campagnes 1993-1994, *Projet ISA/CIRAD/MAE*, Mars 1995, 38 p. - Vietnam.
- N° 5. - **P. AUTFRAY**. Fixation de l'Agriculture en zone Forestière de Côte d'Ivoire, Décembre 1994, 15 p.
- N° 6. - **L. SEGUY - S. BOUZINAC**. Le Semis direct dans les Cerrados Humides, (extrait revue *Informações Agronomicas* n° 69, Mars 1995), 6 p. - Brésil.
- N° 7. - **A. LEPLAIDEUR**. Essai sur les Grands Axes Scientifiques du Programme ZAP Fronts Pionniers, Juin 1995, 22 p.
- N° 8. - **L. SEGUY, S. BOUZINAC, A. TRENTINI, A. CORTES**. La Construction d'une Agriculture durable, lucrative, adaptée, aux contraintes pédoclimatiques de la Zone tropicale humide, (*Cheminements technologiques présentés sous forme de dessins*) Juin 1995, 20p. - Brésil.
- N° 9. - **J. ARRIVETS**. Compte rendu de mission au CRAB de Boumango, Gabon. 19 au 20 juin 1995, 49p.
- N° 10. - **G. VALLEE**. Rapport de stage, Contrôle Qualité des Semences au Champ et au Laboratoire, 3 au 6 Juillet 1995, 16 p.
- N° 11. - **R. MICHELLON**. Rapport de Mission d'appui à Madagascar, Gestion des sols avec Couvertures Végétales, 18 au 30 Mars 1995, 27 p. + Annexes.
- N° 12. - **R. MICHELLON**. Conception de Systèmes Agricoles avec Couverture Herbacée Permanente pour les Hauts de La Réunion, Mars 1995, 29 p. + Annexes.
- N° 13. - **L. SEGUY**. Rediffusion - Contribution à l'étude et à la Mise au Point des Systèmes de Culture en Milieu réel: - Petit Guide d'initiation à la méthode de "Création-Diffusion" de Technologies en milieu réel. - Résumés de quelques exemples significatifs d'application, Octobre 1994, 191 p. - Brésil.
- N° 14. - **Ph. GODON**. Rapport de mission Vietnam, Quelques Propositions pour la Recherche en Riziculture Pluviale dans le District de CHO DON VIET, 1er au 7 Juin 1995, 12 p.
- N° 15. - **J. ARRIVETS**. Compte rendu des Essais de Fertilisation NK D'Entretien sur Maïs-Soja - CRAB BOUMANGO, Gabon, 1993-94, Programme 1995-96, Congo, Août 1995, 42 p.
- N° 16. - **Ph. GODON**. Rapport Analytique partiel : Essais thématiques des Campagnes agricoles 1994. *Amélioration des Systèmes de cultures pluviales Projet Franco-Vietnamien de recherches agronomiques*. Juin 1995, 63 p.
- N° 17. - **MICHELLON**. Gestion d'une couverture de Lotier (*Lotus uliginosus*) associée au géranium Rosat à La Réunion, Fiche d'Essai n° 9. 1994, 42 p.
- N° 18. - **L. SEGUY, S. BOUZINAC, J. TAILLEBOIS, A. TRENTINI**. Une révolution Technologique: - Le riz pluvial de Qualité en Zone Tropicale Humide - Des Performances reproductibles sur la voie de celle du blé en région tempérée, 28 p. - Brésil.
- N° 19. - **L. SEGUY, S. BOUZINAC, A. TRENTINI**. Gestion de la Fertilité dans les Systèmes de Culture mécanisés en zone tropicale humide : le cas des Fronts Pionniers des savanes et Forêts humides du Centre- Nord de l'Etat du Mato Grosso dans l'Ouest du Brésil. I - *Gestion de la Fertilité par le système de culture*, 1995, 24 p. - **L. SEGUY, S. BOUZINAC, A. TRENTINI, N. De A. CORTES**. Gestion de la Fertilité dans les Systèmes de Culture mécanisés en zone tropicale humide : le cas des Fronts Pionniers des Savanes et forêts humides du Centre-Nord de l'Etat du Mato Grosso dans l'Ouest du Brésil. II - *Concepts et mise en pratique de modes de gestion agrobiologiques adaptés aux sols acides de la zone tropicale humide*. 1995, 25 p.
- N° 20. - **L. SEGUY, S. BOUZINAC**. Modélisation et mise en pratique des systèmes de culture mécanisés en milieu réel, pour, avec et chez les producteurs, en zone tropicale humide - l'Expérience de la Fazenda Progresso, un exercice pratique, pérennisé sur 6 ans, riche d'enseignements pour la recherche-action en milieu réel. 1995, 46 p. - Brésil.
- N° 21. - **G. VALLEE**, Rapport de stage "Production de Semences "Pomme de Terre en Bretagne, du 4 au 7 Septembre 1995.
- N° 22. - **G. DELAFOND, S. BOULAKIA**, Rapport d'Activité 1994, Centre de Recherche de Boumango, Gabon, mai 1995, 157 p.
- N° 23. - **J. ARRIVETS**. Agricultural Productivity Improvement Project Departement of Agronomy D.o.A. component, Mission de Préparation, World Bank Royal Government of Cambodia M.A.F.F. - DoA, Septembre 1995, 45 p.

- N° 24. - **A. LEPLAIDEUR**. Communication au Colloque CTA-TEA GASC - MINAGRI Irlande sur les stratégies des agriculteurs pour l'Orientation Commerciale dans les pays ACP, Octobre 1995, 17 p.
- N° 25. - **Ph. VERNIER, D. VARIN, D. POLTI**. Rapport Annuel du Programme Cultures Vivrières du CIRAD-MANDAT en Nouvelle Calédonie, 1994, 137 p.
- N° 26. - **L. SEGUY, S. BOUZINAC**. Projeto de Criação-Difusão de Referenciais Técnicos Regionais - Relatório de atividades de pesquisa 1994/95 Convênio RPA/CIRAD-CA. 1994-95, 14 p. - **Brésil**.
- N° 27. - **L. SEGUY, S. BOUZINAC, E. MAEDA, W.K. OISHI**. Gestao dos Latossolos vermelhos-escuros sobre basalto do sul do estado de Goias, visando a otimização dos sistemas de culturas à base de algodão. Convênio RPA/Grupo MAED/CIRAD-CA Projeto Grupo MAEDA/CIRAD-CA - Fazenda RECANTO-Itumbiara - Goias - **BRASIL**, 1995. 32 p.
- N° 28. - **L. SEGUY**. Agriculture Paysanne en régie mécanisée en zone tropicale humide - Rapport de mission au CRAB Boumango **Gabon**. 1995, 13 p.
- N° 29. - **R. MICHELLON**. ANPP - Quatrième Colloque - Les Substances de Croissance Partenaires Economiques des Productions Végétales. "Association de Cultures Maraichères et du Géranium Rosat à une Couverture de Kikuyu (Pennisetum clandestinum) maîtrisée avec le Fluazifop-P-Butyl". 6 Février 1996. 8 p. - **La Réunion**.
- N° 30. - **G. VALLEE, E. LATRILLE**. Projet Développement des cultures vivrières et appui semencier en République Fédérale Islamique des Comores. Volet semencier en République Islamique des Comores" Projet de recherche appliquée et de Promotion de semences de qualité". Novembre 1995. 43 p. + annexes.
- N° 31. - **P. HEMAR, R. REUTER**. Stagiaires CNEARC, Mémoire analyse des Réseaux Commerciaux des produits Agricoles de Phuoc Long Province de Song Bé Vietnam. Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme d'Agronomie Tropicale (DAT), soutenu le 27 Octobre 1995, 61 p. + annexes.
- N° 32. - **J. ARRIVETS**. Compte rendu de la mission CFD-CIRAD. "Etat des Lieux de la Riziculture **Cambodgienne**", 2-22 octobre 1995. 53 p. + annexes.
- N° 33. - **A. LEPLAIDEUR**. Compte rendu mission CFD-CIRAD. Aperçu sur les Systèmes Rizicoles **Cambodgiens**. Le point de vue socio-Economique et les Dynamiques du changement Technique en cours, 2-22 Octobre 1995. 64 p.
- N° 34. - **Programme APFP**. Bibliographie Travaux sur **Madagascar** (Tome 1 : Sol et Fertilité - Tome 2 : Agriculture Traditionnelle intensive.....).
- N° 35. - **G. VALLEE**. Propositions de Programme de Recherches pour l'Agriculture vivrière à **Mayotte**, Février 1996, 6p.
- N° 36. - **L. SEGUY**. Quelques Réflexions sur le programme de Conservation et de Gestion des Sols et des Cultures dans les Hauts de **La Réunion**, Mission du 1er au 6 avril 1996. 5 p.
- N° 37. - **L. SEGUY**. Agriculture Paysanne et en Régie Mécanisée, en zone Tropicale Humide, Rapport de Mission au CRAB et à la SIAEB, **Gabon**, du 5.03 au 11.03.1996. 16 p.
- N° 38. - **L. SEGUY**. Rapport de mission **Madagascar**, du 17 au 31 Mars 1996. 55 p.
- N° 39. - **J. ARRIVETS**, rapport de mission à **Madagascar**, Situation actuelle de la culture du manioc dans le sud-ouest malgache, perspectives d'amélioration, mai 1996, 71p. + Annexes.
- N° 40. - **R. MICHELLON, P. TECHER**. Le KIKUYU Plante fourragère et de Couverture, Mars 1996, 24 p - **La Réunion**.
- N° 41. - **Ph. GODON**, Compte rendu de mission en **Indonésie**, du 11 au 22 mai 1996, 24 p.
- N° 42. - **A. LEPLAIDEUR**, rapport de mission en **Guinée**, "Les enjeux d'une recherche sur les systèmes de culture à base de riz pluviaux en Guinée Forestière", Juin 1996, 60 p. + annexes.
- N° 43. - **Programme APAFP et SPID**, Publications CIRAD sur l'**Océan Indien** et sur les Plantes intéressantes cette zone. Juillet 1996, 88 p.
- N° 44. - **Programme APAFP, SPID**, Liste des Publications des chercheurs du programme APAFP, Juillet 1996, 54 p.
- N° 45. - **G. DELAFOND**, Synthèse des Essais Variétaux, I. Maïs et soja mars 1996, II. Résultats maïs 95-96, III. Soja 1994-1996. **Gabon**, août 1996, 74p.
- N° 46. - **R. MICHELLON, L. SEGUY, APPAM** 15è journées internationales huiles essentielles "Géranium rosat: Conception de systèmes durables avec couverture herbacée", **La Réunion**, Septembre 1996, 14 p.
- N° 47. - **R. MICHELLON**, Modes de gestion Ecologique des sols et systèmes de culture à base de géranium dans les Hauts de l'Ouest de **La Réunion**, Juillet 1996, 103 p.
- N° 48. - **J. ARRIVETS**, mission **Madagascar**, Projet bilan-Evaluation-Synthèse des Travaux réalisés à Madagascar en matière de conservation des sols, juin 1996, 41 p.
- N° 49. - **J. ARRIVETS**, Suppl. Doc n° 39, **Madagascar**. Situation actuelle de la culture du manioc dans le Sud-Ouest malgache - perspectives d'amélioration, septembre 1996, 36 p.
- N° 50. - **R. MICHELLON ; P. TECHER**. "Gestion Agrobiologique des Sols : Guide pour la mise en place d'Itinéraires techniques pour les Hauts sous le vent de **La Réunion**", 98 p. Octobre 1996..
- N° 51. - **R. MICHELLON**. Kirindy Sud (Belo-sur-Mer) **Madagascar**. Systèmes de production durables pour la zone périphérique, 17 p. Octobre 1996
- N° 52. - **R. MICHELLON**. Baie de Baly. Systèmes de Production durable pour la zone périphérique de Kirindy-Sud (Belo-sur-Mer) **Madagascar** (Consortium ONF-ORGASYS)
- N° 53. - **G. VALLEE**. Première Approche de l'Agriculture Mahoraise : compte rendu de Tournées, Antenne **Mayotte**, Septembre 1996, 21 p.
- N° 54. - **L. SEGUY**. Rapport de mission au **Mexique** du 16-23 Septembre 1996, 44p + annexes.

N° 55. L. SEGUY, S. BOUZINAC. Concepts et Réalisations. Le fonctionnement de l'Ecosystème forestier adapté aux systèmes de cultures continus à base de grains et aux systèmes intégrant productions de grains et Elevage. Octobre 1996, 164 p + annexes.

**DOCUMENTS DE TRAVAIL du CIRAD-CA
1996- Programme APAFF
(AGRICULTURES PAYSANNES
D'ALTITUDE ET DES FRONTS PIONNIERS)**

- N° 2** L. SEGUY, S. BOUZINAC. Le soja au Brésil : production et systèmes de culture, 32 p + annexes.
- N° 3** L. SEGUY, S. BOUZINAC. Systèmes de culture mécanisé en zone tropical humide. Expériences de recherche-développement au Brésil.

**PUBLICATIONS DANS REVUE EXTERIEURE
Programme APAFF**

1. - L. SEGUY, S. BOUZINAC, 1995. Les systèmes de culture du soja au Brésil. Revue Oléagineux, Corps Gras, Lipide (O.C.L.), 2 (3) : 218-22.

2. - J. BOYER, R. MICHELLON, P. LAVELLE, Characterisation of macrofauna in Pelargonium x asperum plantations with different management option. XII International Colloquium on Soil Zoology. Soil organisms and soil resource management. University College Dublin Juillet 1996. Poster, 9 p. Publication dans Applied Soil Ecology.

3. - S. PERRET ; R. MICHELLON ; M. DOREL. Relations entre fertilité des andosols et systèmes de culture : exemples en milieux insulaires volcaniques, La Réunion, p. 63-67.

- L. SEGUY, S. BOUZINAC ; J. TAILLEBOIS, A. TRENTINI, J. PICHOT. Une révolution technologique : le riz pluvial de haute qualité pour les zones tropicales humides, p. 276-285.

- P. AUTFRAY. Systèmes de cultures associées sur les Hauts-Plateaux bamiléés de l'Ouest du Cameroun. p. 310-317.

Actes du "Séminaire Fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les Tropiques Humides". 13-17 novembre 1995, Montpellier. CIRAD-Ministère de la Coopération.

4. L. SEGUY, S. BOUZINAC. Agricultura , Pesquisa-Tecnologia-Cooperação. As atividades do departamento de culturas alimentares do CIRAD no Brasil, N° 7, abril-maio-junho 1996.

5. S. BOUZINAC, L. SEGUY, A. Trentini. Informações Agronômicas. Potafos. Construção de Uma Agricultura sustentável, Lucrativa, Adaptada às entraves Pedoclimáticas das regiões tropicais úmidas, n° 74, Junho/96.

SARL LA GOUTTE D'ENCRE
34 000 Montpellier - France
Tél : 04.67.65.30.96