

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



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 *in situ* 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 bénéfique 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 allée 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 paturage 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



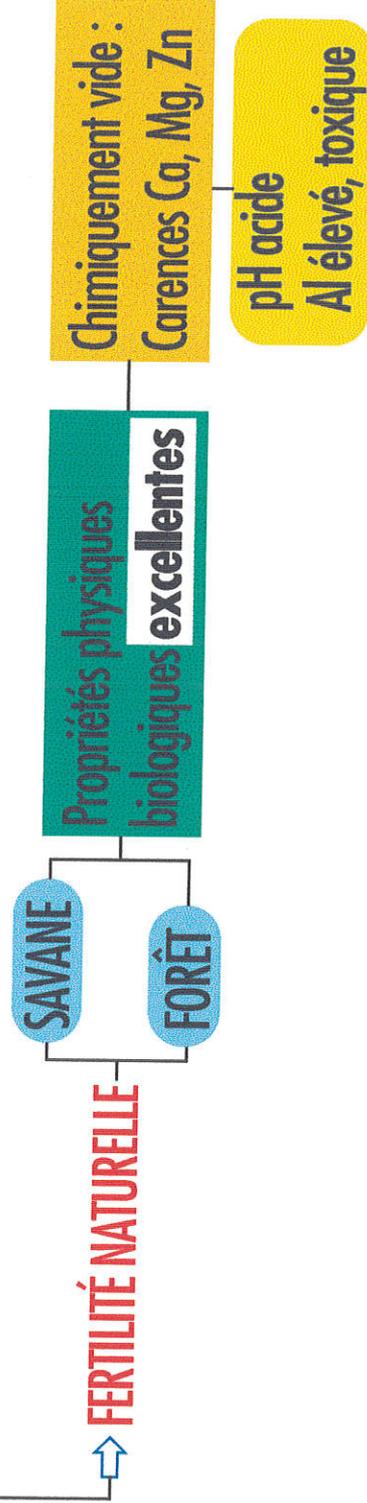
■ UN CLIMAT D'UNE AGRESSIVITÉ EXCEPTIONNELLE

- 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 (jaunes, gris) (caractéristiques hydromorphiques).



SPECIFICITES 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 INADEQUATS (Offset x monocultures)

⇨ À COURT TERME = FRAGILITÉ STRUCTURALE

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

Variation rapide des états de surface :

- * perte de rugosité
- * formation de croûte superficielle
- * effondrement de la structure interne du profil cultural
- * érosion
- * prolifération des adventives

⇨ Au début de la saison des pluies

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

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

■ CONSÉQUENCES SUR

⇨ Durant saison sèche

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

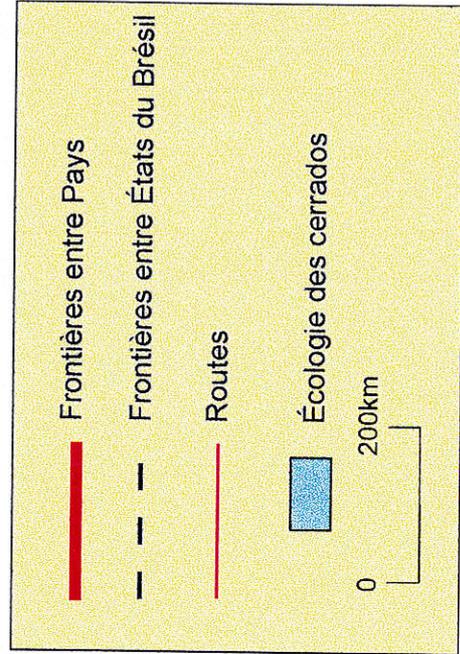
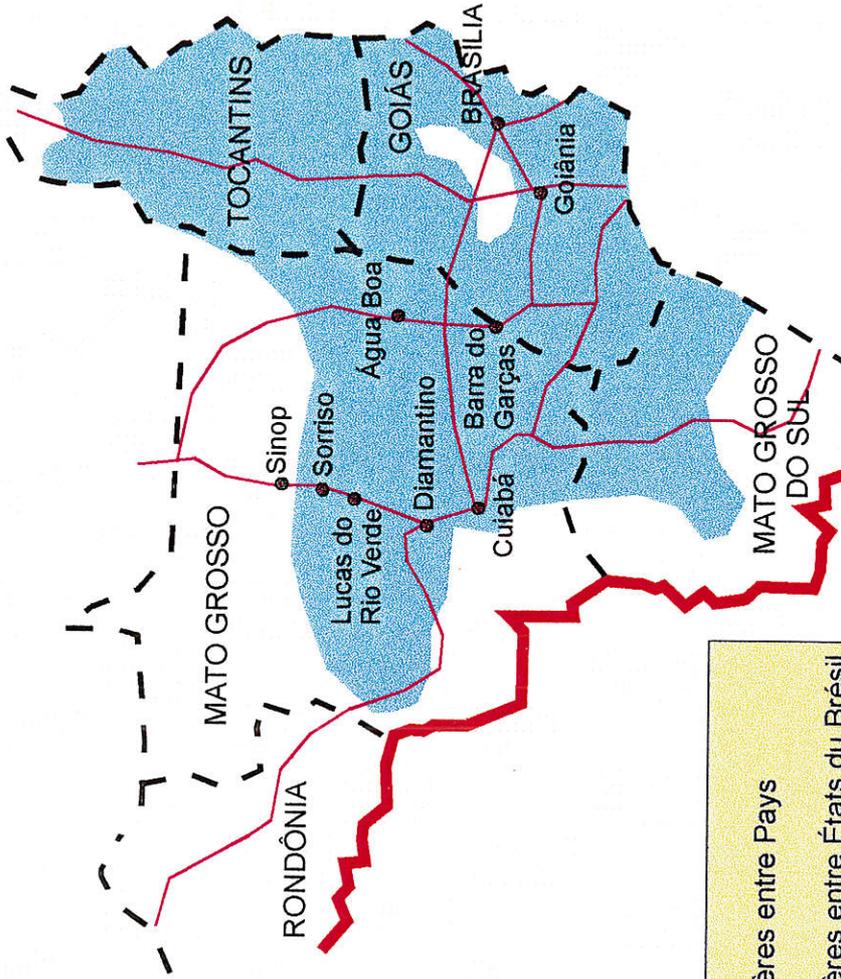
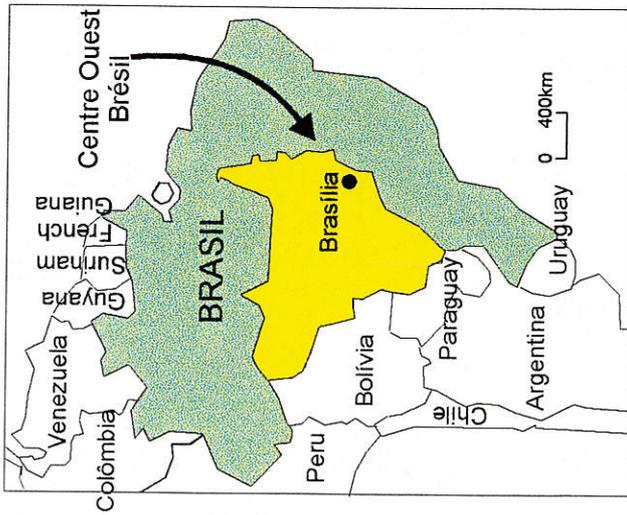
■ CONSÉQUENCES

Nécessité de restructuration mécanique du profil cultural, chaque année
Contrôle des adventives 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

---À retenir---

- 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]

- 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 **prédicatifs**, 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.

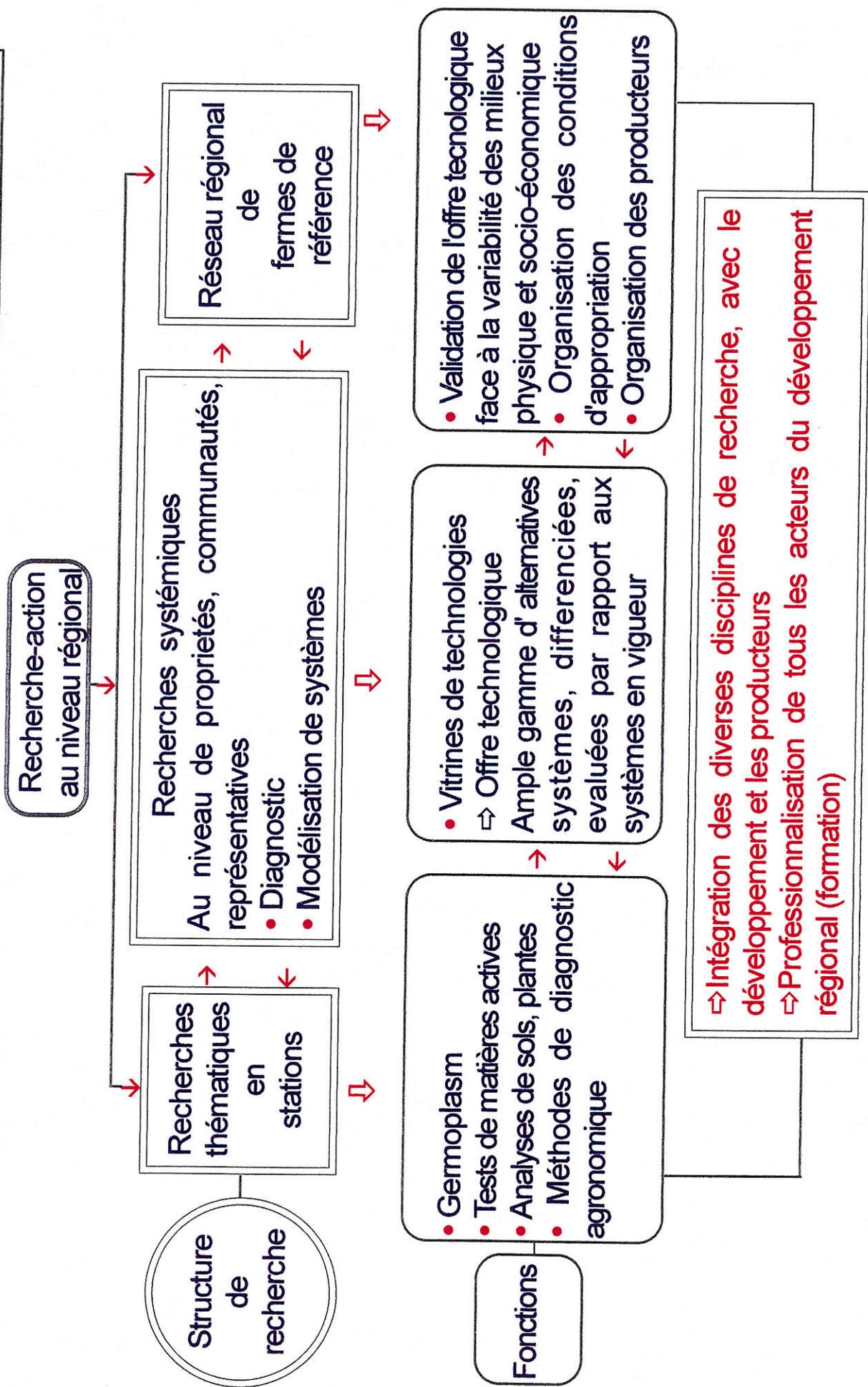
□ RÈGLES DE BASE DE L'INTERVENTION DE LA RECHERCHE-ACTION

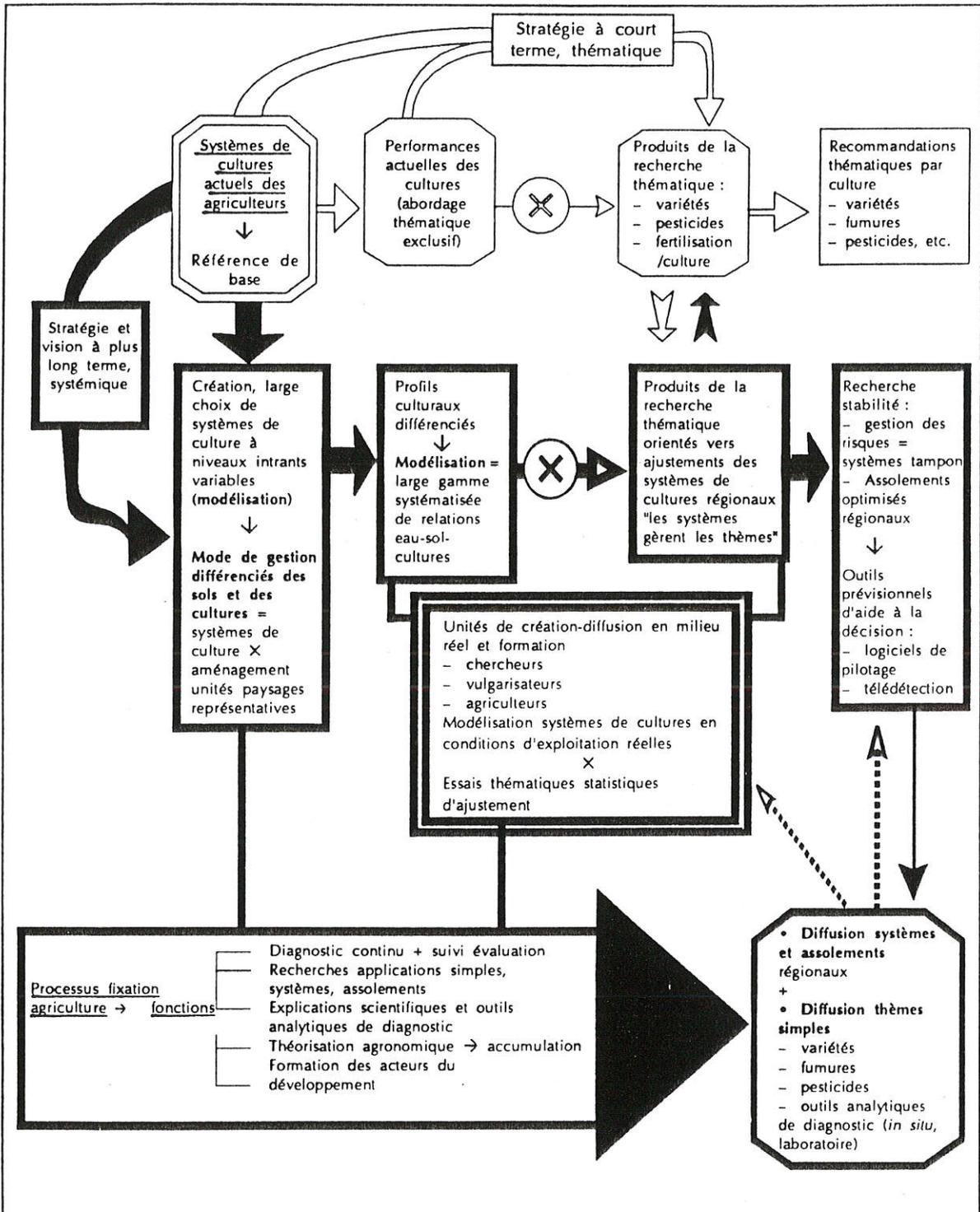
- ⇒ **Donner une dimension technico-économique au processus expérimental,**
- ⇒ **Savoir hiérarchiser les entraves (agronomiques, techniques, économiques) au cours du temps,**
- ⇒ **Faire participer les agriculteurs dans le processus de création des innovations,**
- ⇒ **Les laisser choisir,**
- ⇒ **Les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

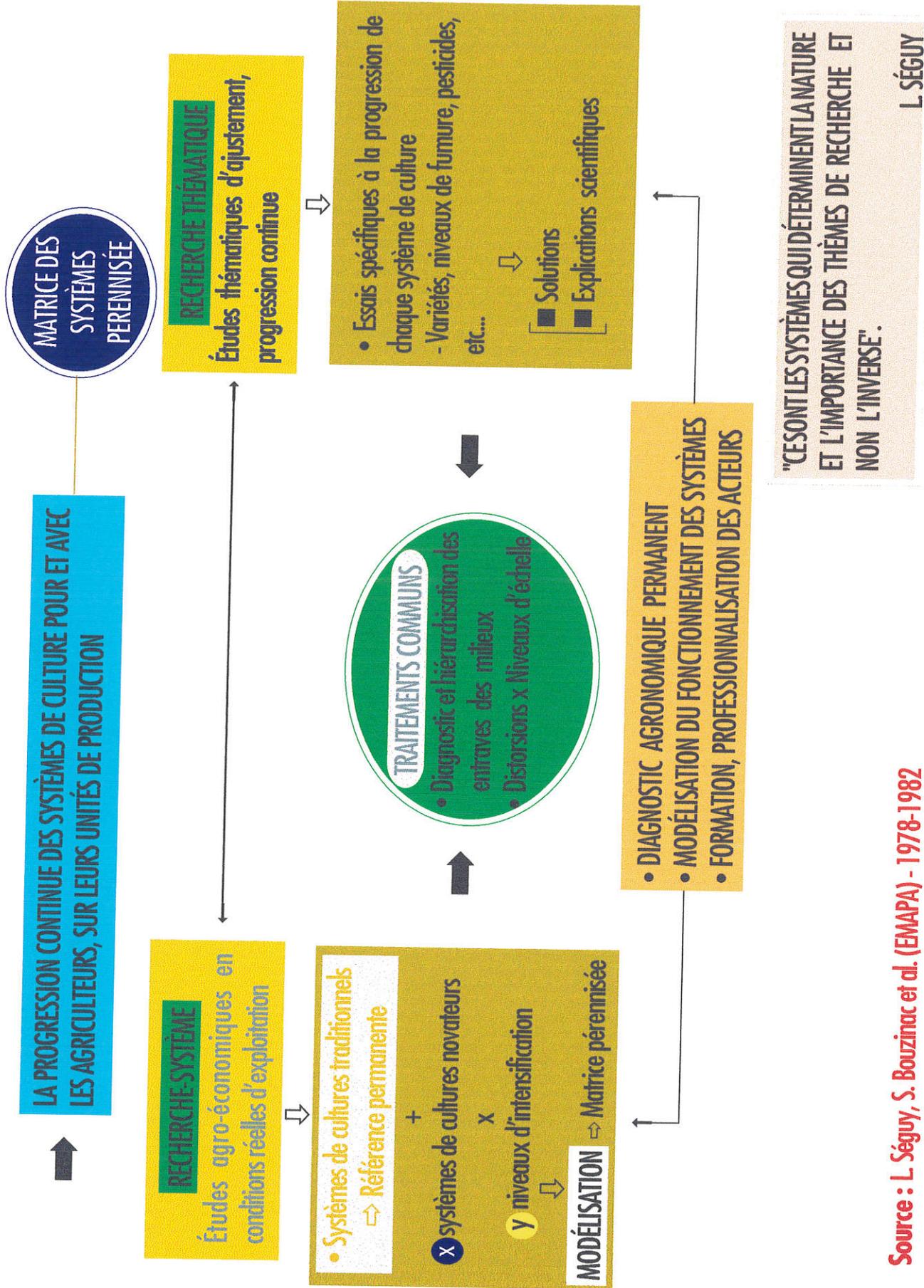
⇒ **POUR CELA LA RECHERCHE :**

- 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

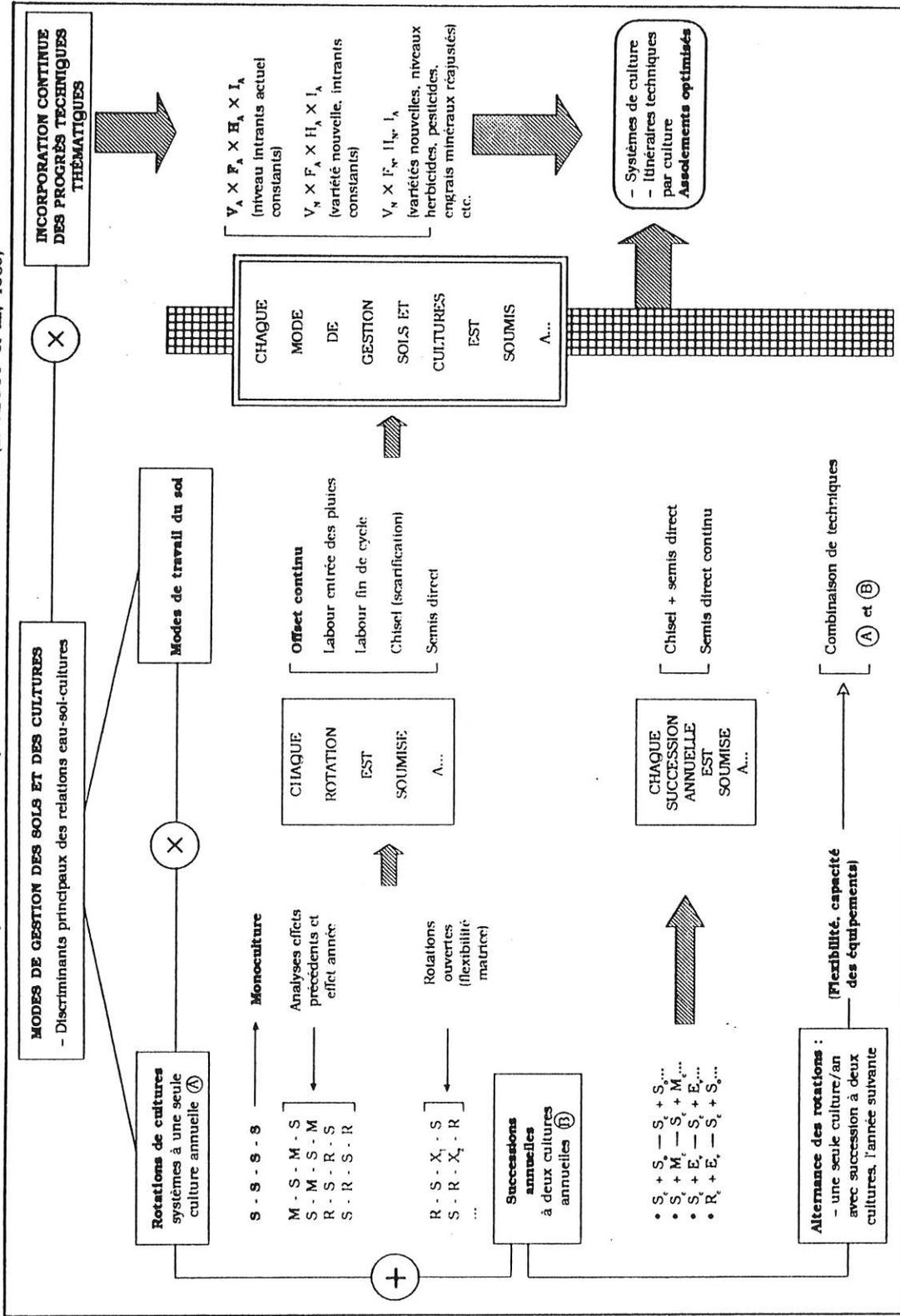






Source : L Séguy, S. Bouzinac et al. (EMAPA) - 1978-1982

Exemple de matrice des systèmes, Cerrados du centre-ouest (L. SÉGUY et al., 1989)



V : variété, H : herbicide, I : insecticide, A : actuel, N : nouveau, S : soja, S₀ : soja cycle court, M : maïs, M₀ : maïs cycle court, S₀ : sorgho, R : riz, E₁, E₂ : autres espèces, système traditionnel.
 → Surface cultivée de la matrice, sur l'étendue de la toposéquence représentative : 180 hectares. Aménagement contre l'érosion : terrasses d'absorption totale de l'eau (basses 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 pédoclimatiques (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 disques 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 disage 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 disage, 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 : disage 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 disage 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 -*

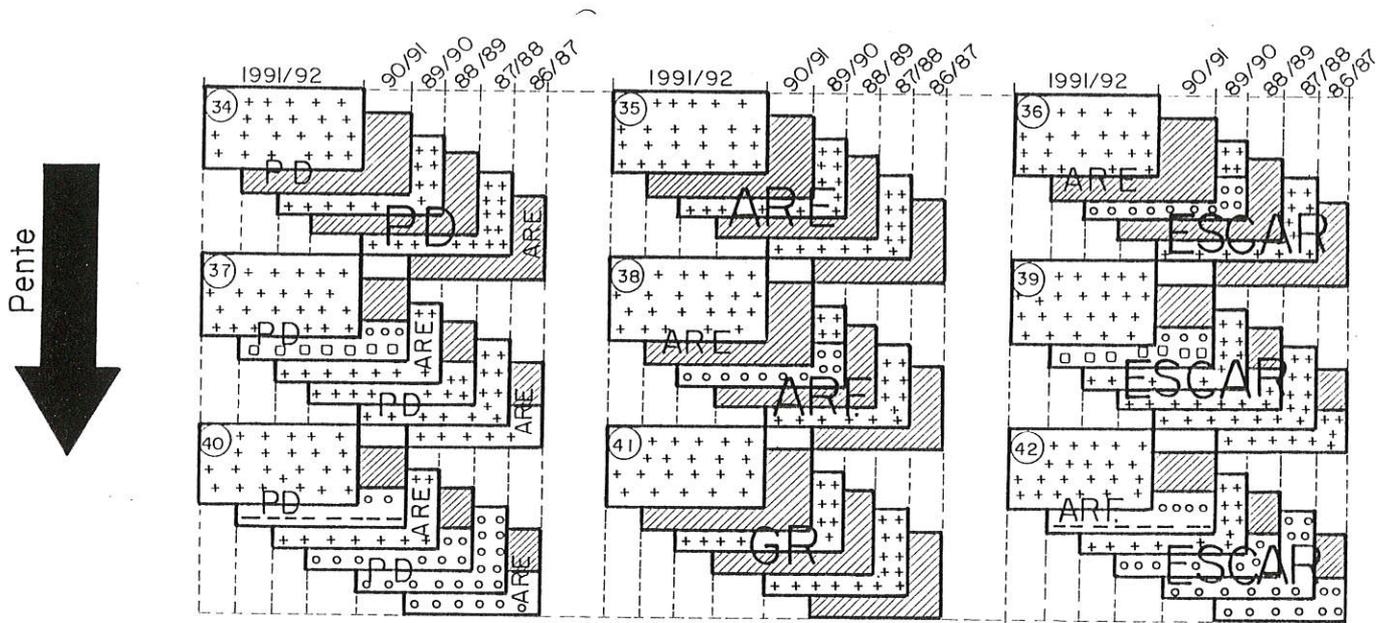
□ **L'impact des technologies** (2) a été évalué par voie d'enquêtes en 1989 et 1990 dans les états du Centre Ouest sur des échantillons, respectivement de 42 664 et 17 123 hectares.

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

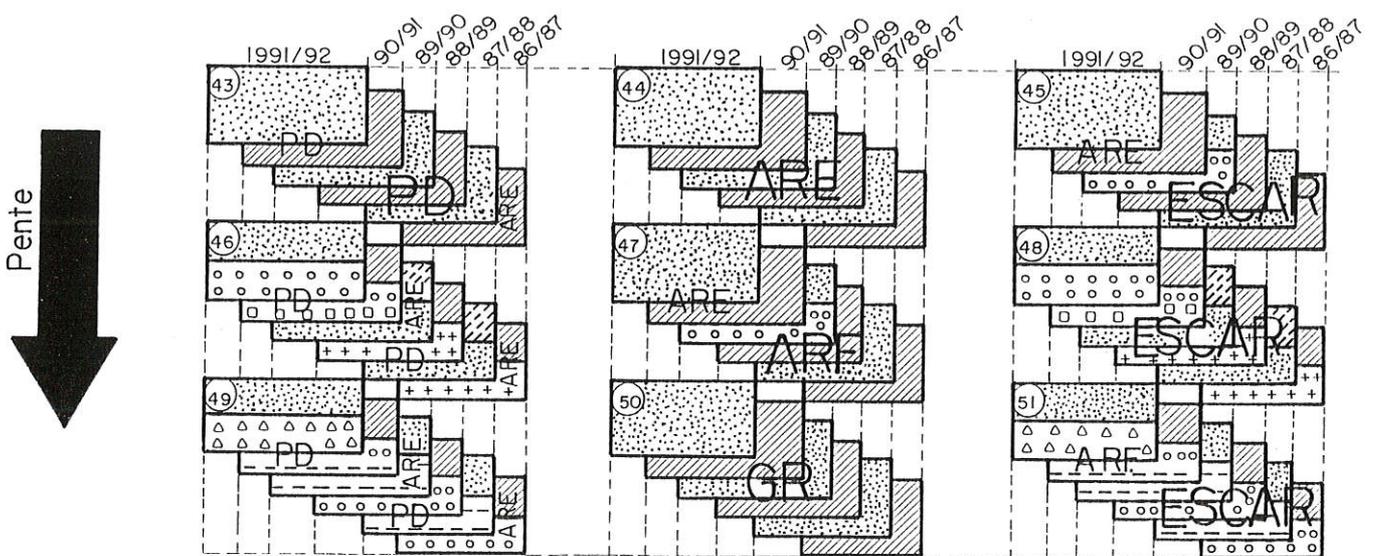
(2) CIRAD-CA/CNPAF-EMBRAPA - 1989 et 1990 - états du Centre Ouest du Brésil.

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

APRÈS 3 ANS MONOCULTURE SOJA + 1 AN MAÏS



APRÈS 3 ANS MONOCULTURE SOJA + 1 AN RIZ

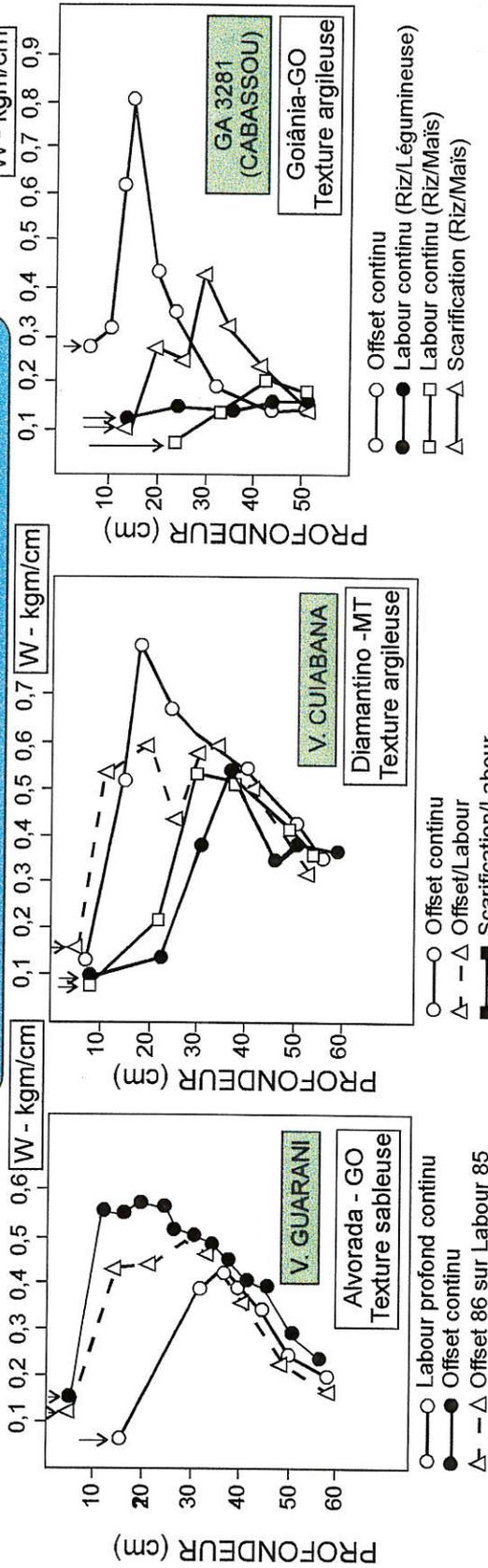


- | | | | | | |
|--------|-----------------------------------|--|--|-----------------------------------|--|
| SOJA | CALOPOGONIUM M. | <table border="0"><tr><td></td><td rowspan="2">} Succession annuelle de cultures</td></tr><tr><td></td></tr></table> | | } Succession annuelle de cultures | |
| | } Succession annuelle de cultures | | | | |
| | | | | | |
| MAÏS | DOLICHOS | Une seule culture annuelle | | | |
| SORGHO | MIL | | | | |
| RIZ | CAJANUS C. | | | | |

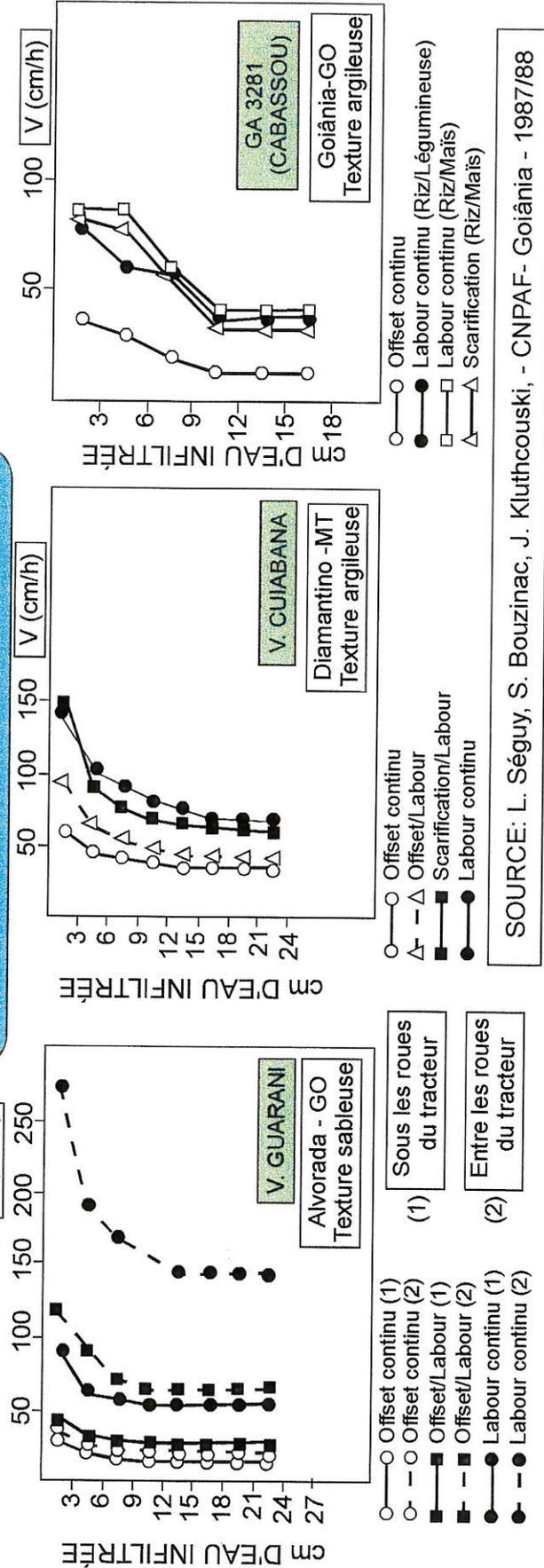
- PD:** Semis direct **ARE:** Labour profond début des pluies
ARE: Labour profond fin de cycle
ESCAR: Scarification profonde

**PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DE SOLS FERRALLITIQUES DU CENTRE-OUEST BRÉSILIEEN
SUS DIVERS MODES DE GESTION DU SOL**

RÉSISTANCE MÉCANIQUE À LA PÉNÉTRATION

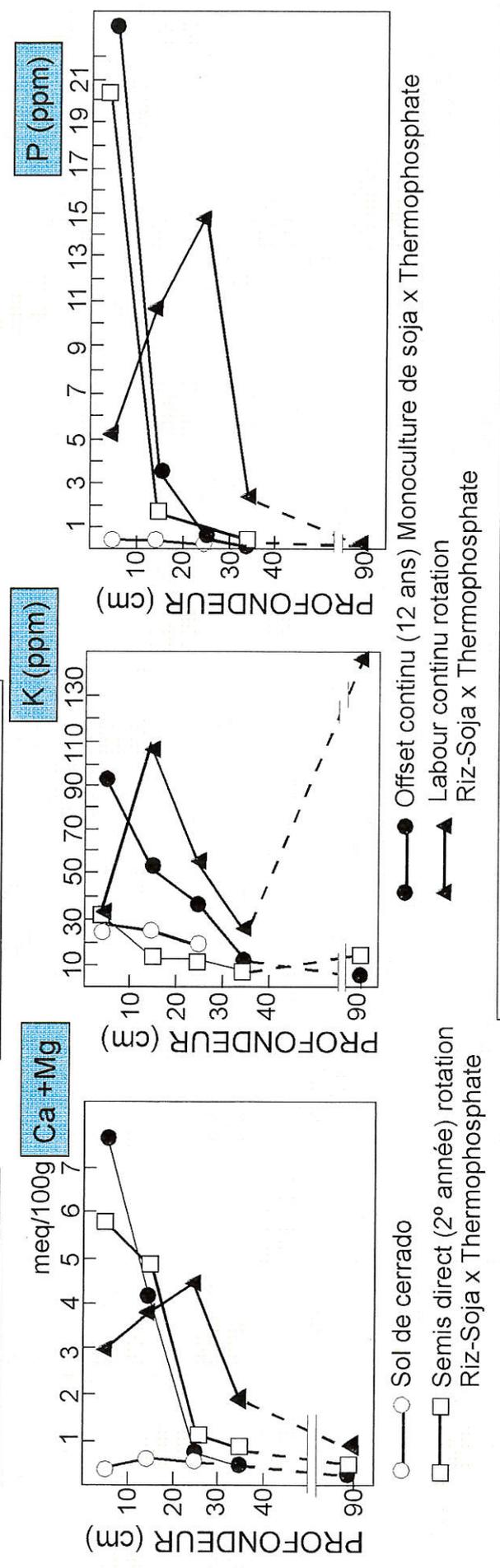
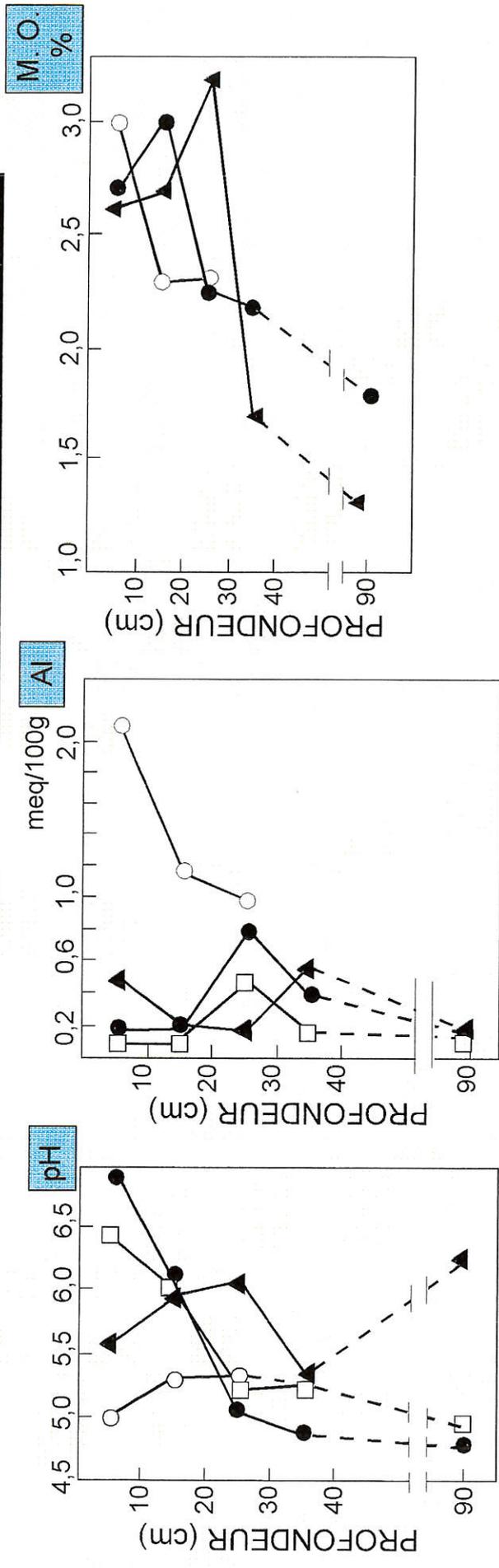


VITESSE D'INFILTRATION DE L'EAU



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

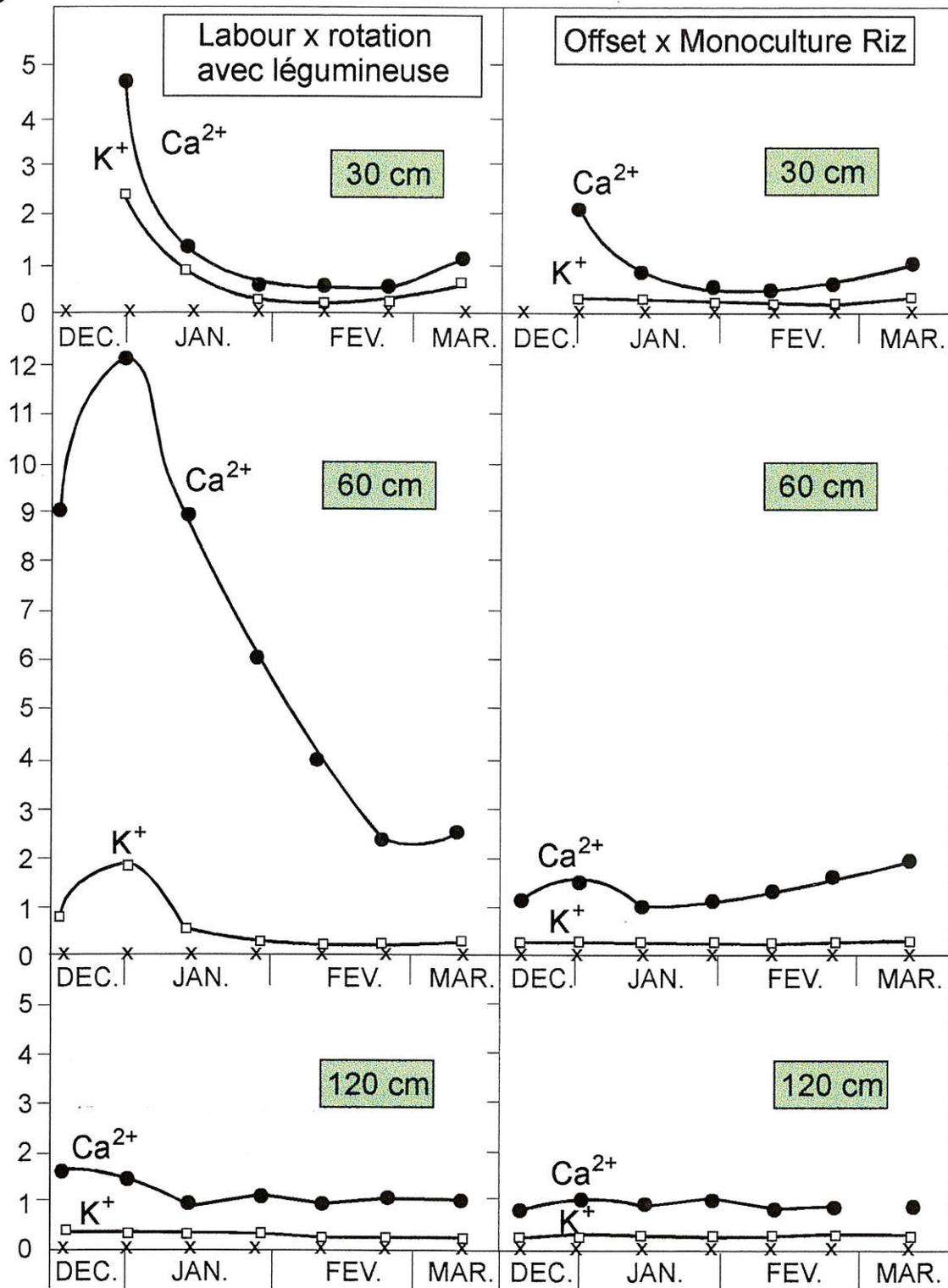
ÉVOLUTION DES PROPRIÉTÉS CHIMIQUES, EN SOLS FERRALLITIQUES DES CERRADOS HUMIDES DU CENTRE NORD MATO GROSSO (BRÉSIL), SOUS DIVERS MODES DE GESTION DES SOLS ET DES CULTURES



● Offet continu (12 ans) Monoculture de soja x Thermophosphate
 ▲ Labour continu rotation Riz-Soja x Thermophosphate
 ○ Sol de cerrado
 □ Semis direct (2^e année) rotation Riz-Soja x Thermophosphate

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

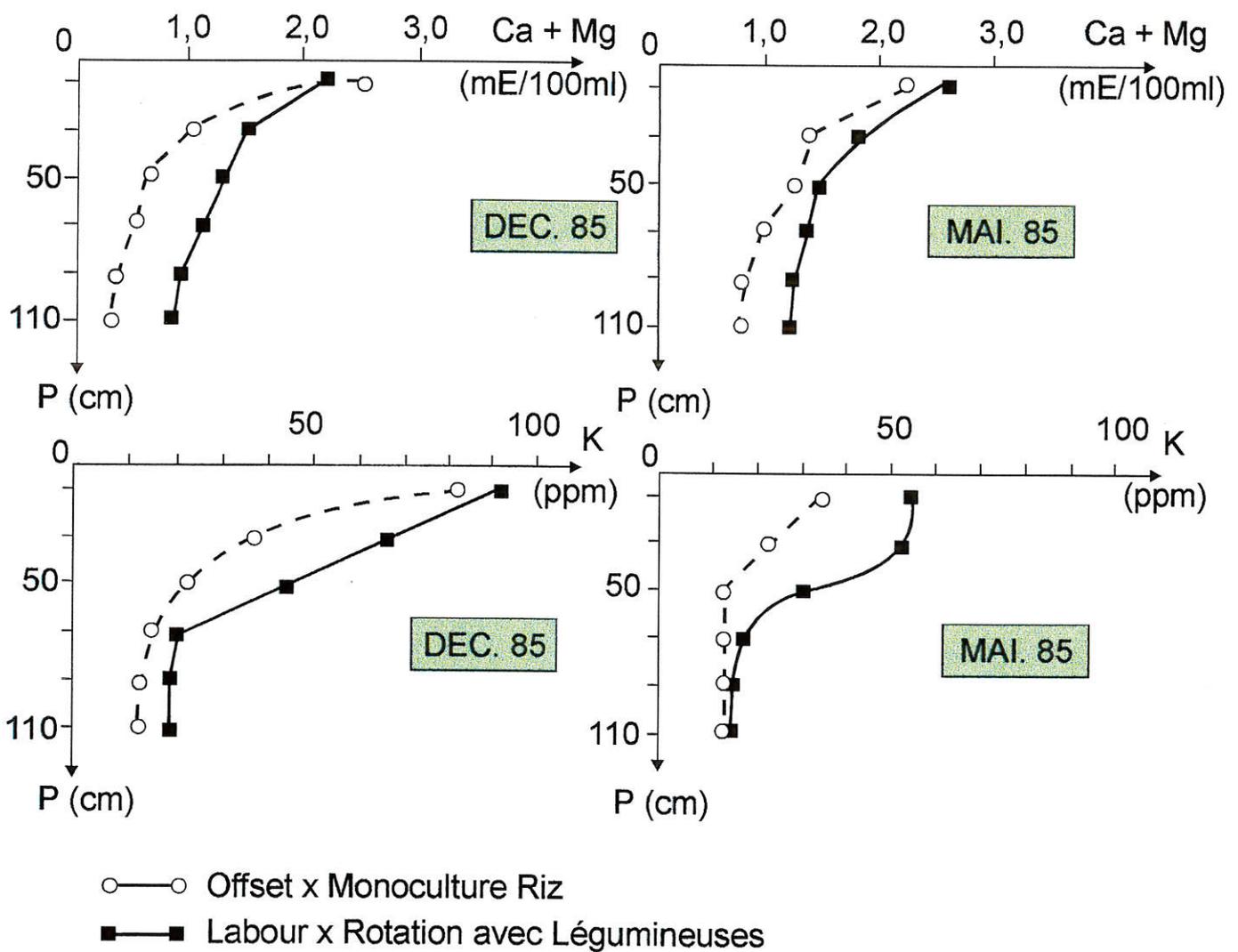
g/dm³



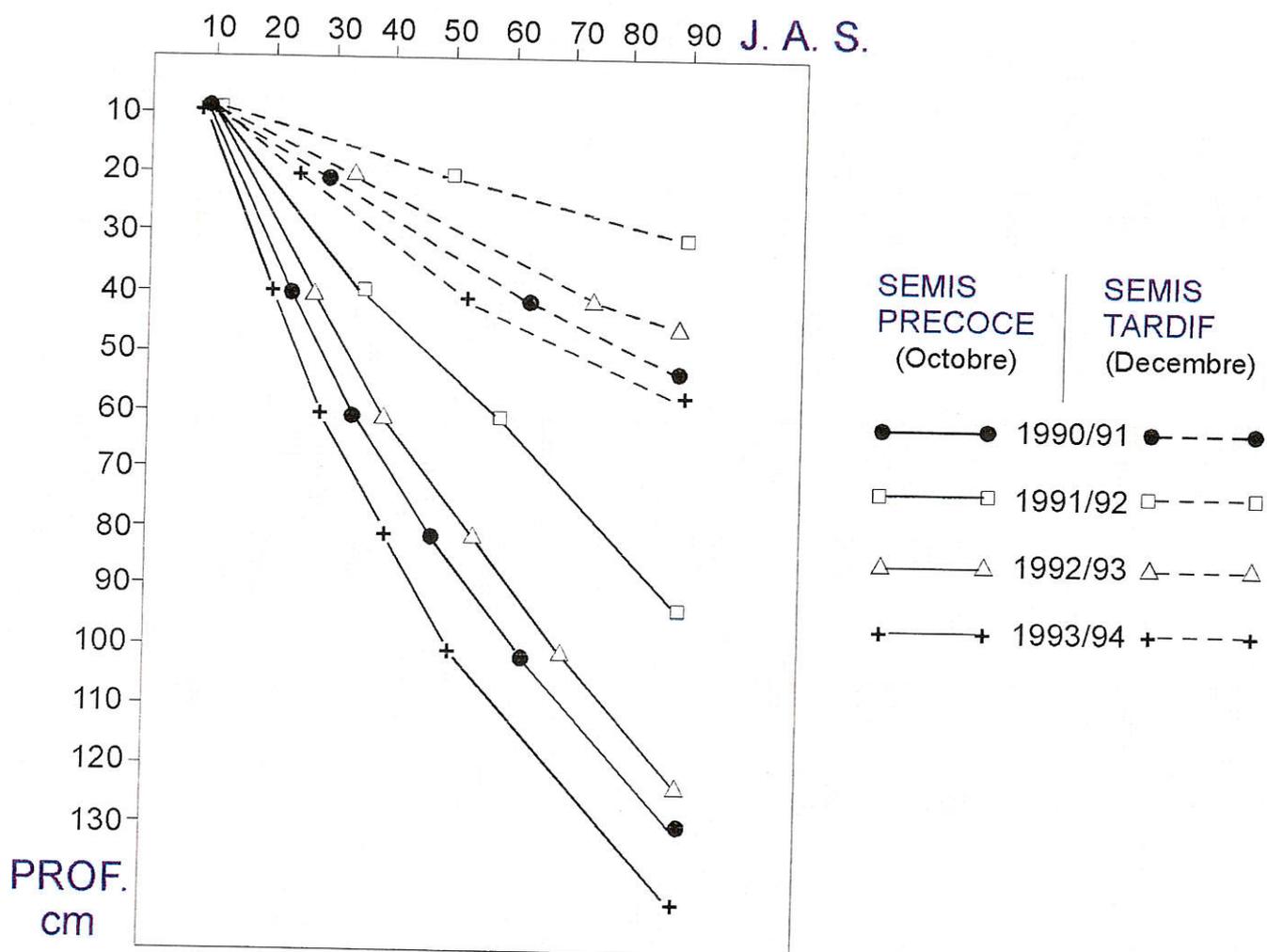
ÉVOLUTION DANS LE TEMPS DES CONCENTRATIONS DANS LA SOLUTION DU SOL DE Ca ET K À TROIS PROFONDEURS SOUS 2 MODES DE GESTION - SOL FERRALLITIQUE ROUGE FONCÉ.

• 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

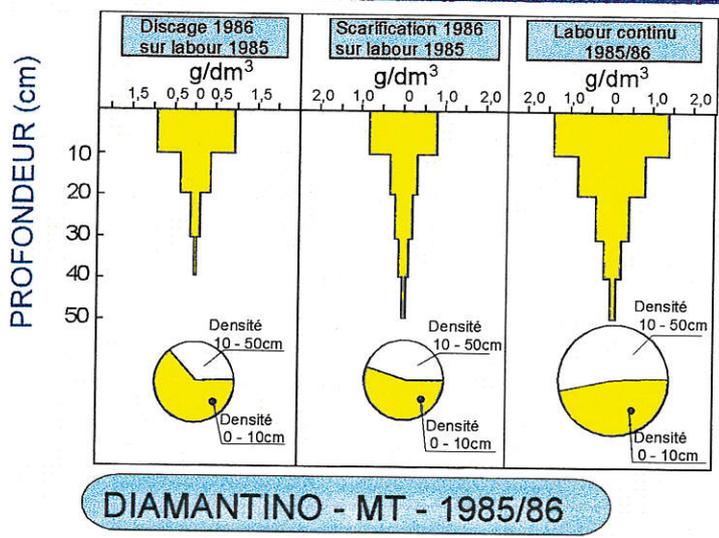
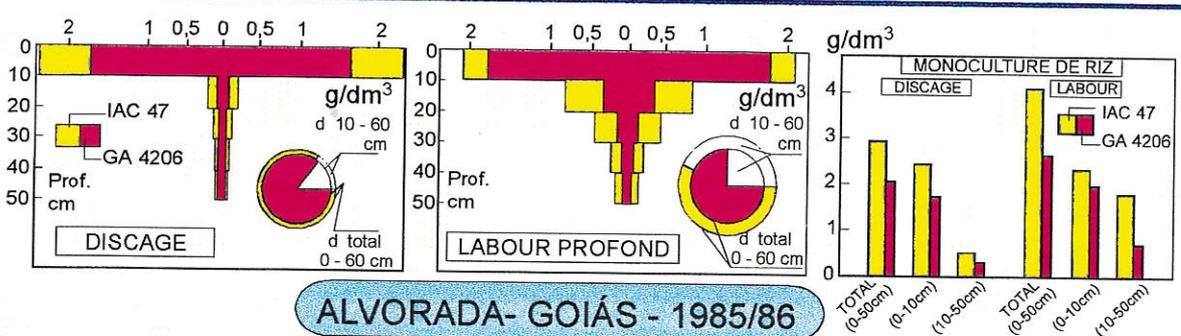
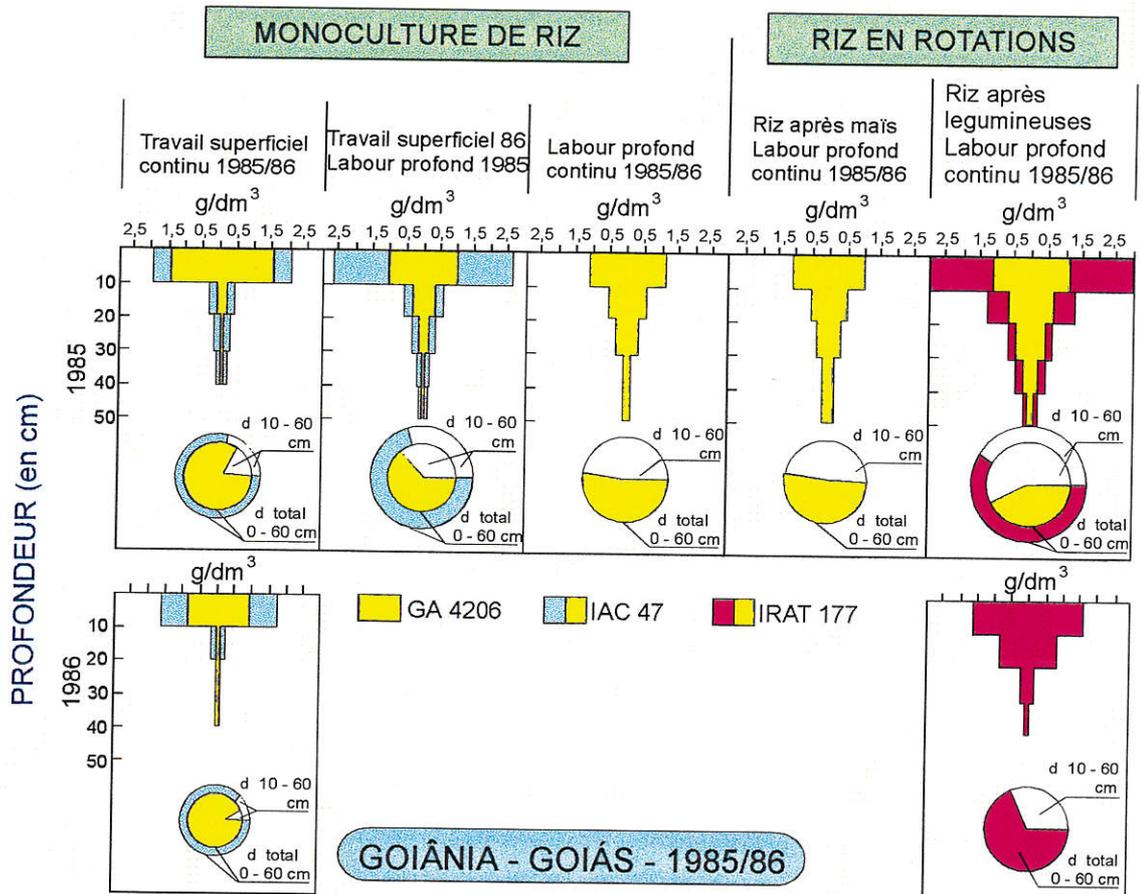
- Correction phosphatée de fort niveau

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=

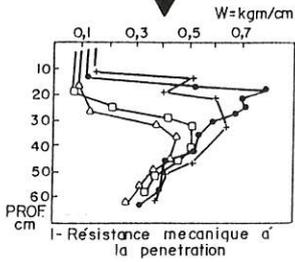
- À fort risque climatique → ALVORADA - GOIÁS
- À risque climatique modéré → GOIÂNIA - GOIÁS
- Favorable, sans risque climatique → DIAMANTINO - MATO GROSSO

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

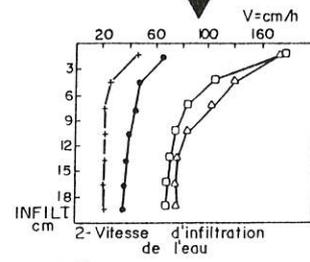


I - ROTATION - RIZ - SOJA - 1987/88

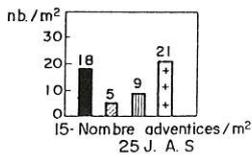
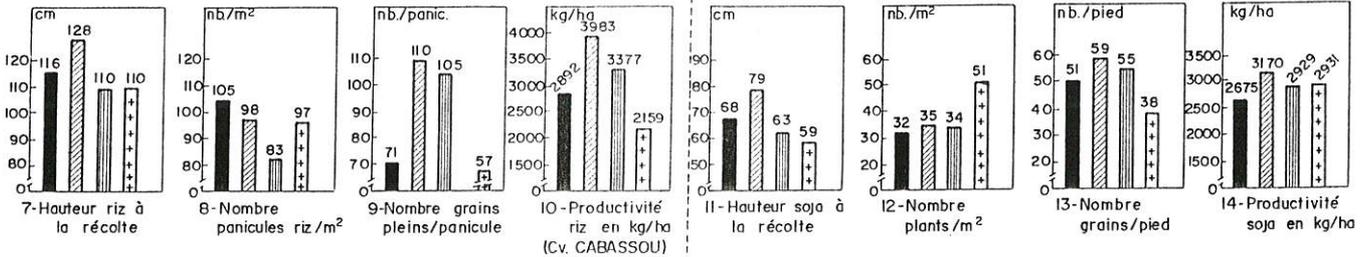
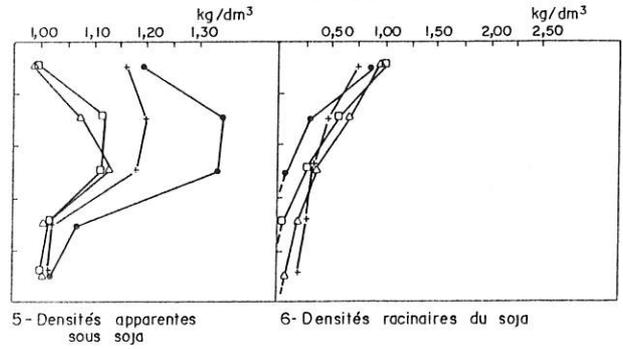
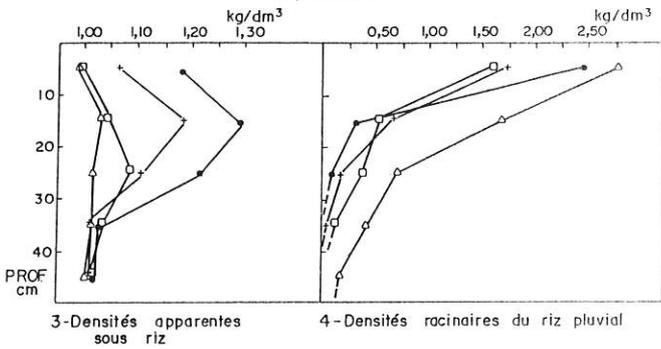
RIZ



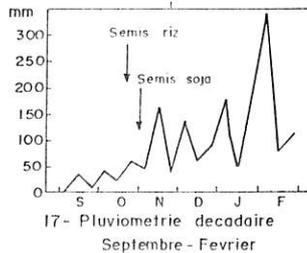
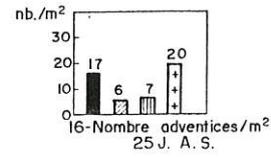
SOJA



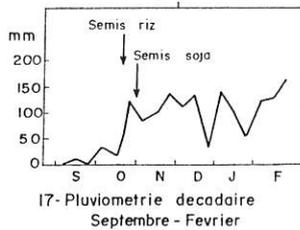
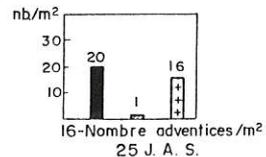
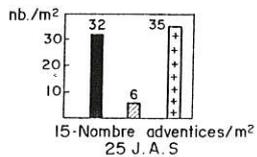
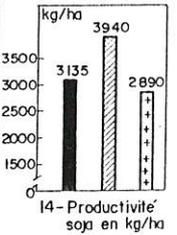
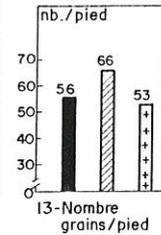
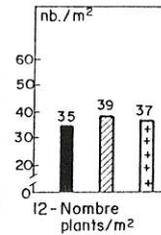
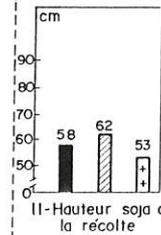
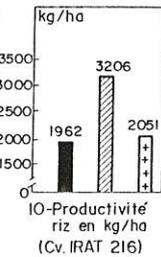
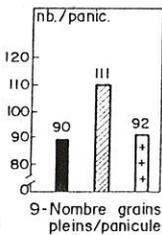
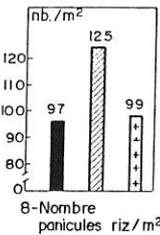
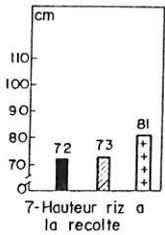
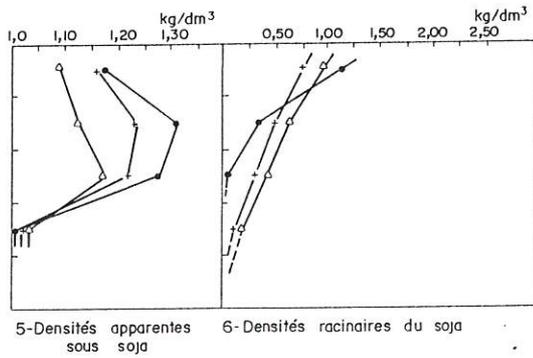
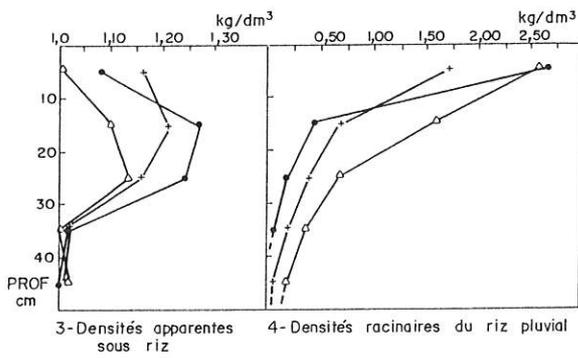
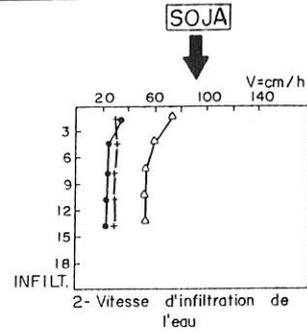
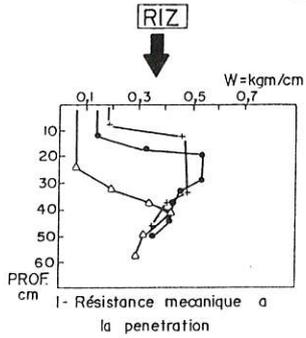
- OFFSET
- LABOUR
- SCARIFICATION
- +— SEMIS DIRECT



- OFFSET
- ▨ LABOUR
- ▤ SCARIFICATION
- ⊕ SEMIS DIRECT

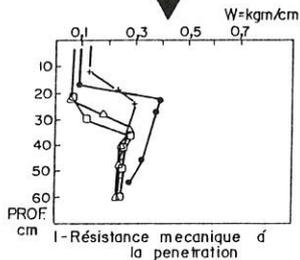


II - ROTATION - RIZ-SOJA - 1988/89

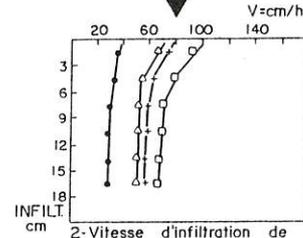


III - ROTATION - RIZ - SOJA - 1989/90

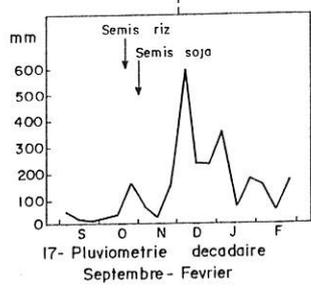
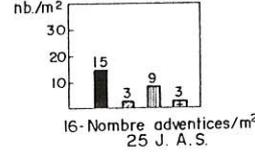
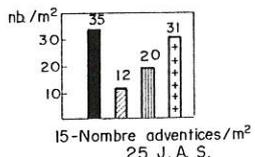
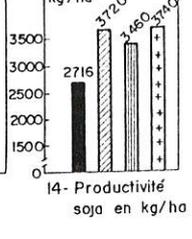
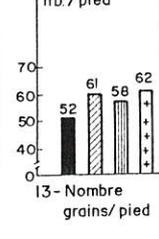
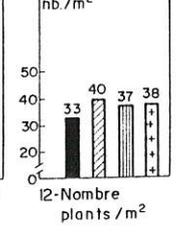
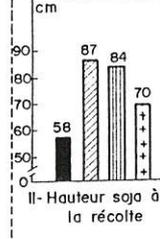
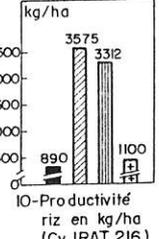
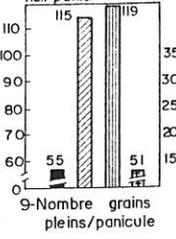
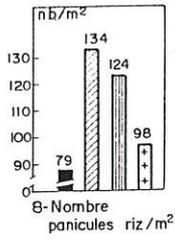
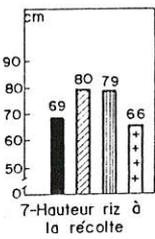
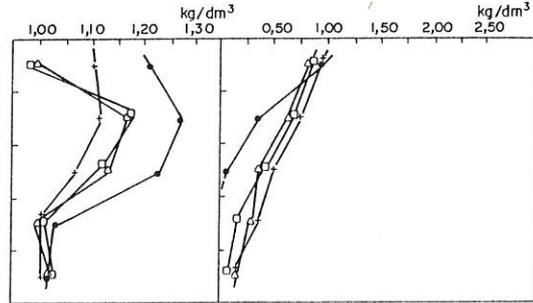
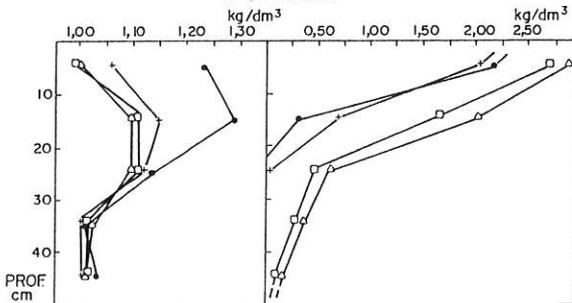
RIZ



SOJA

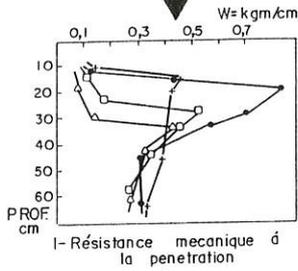


- OFFSET
- △—△ LABOUR
- SCARIFICATION
- ⊕—⊕ SEMIS DIRECT

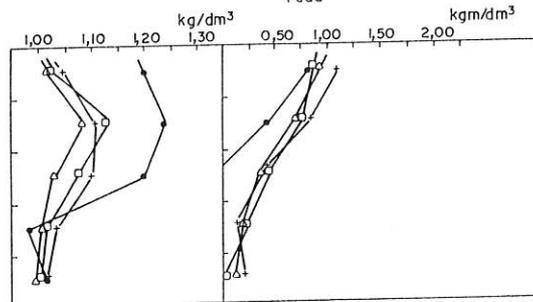
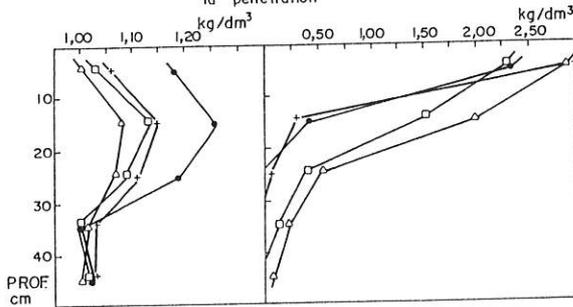
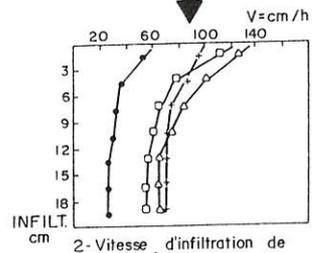


IV-ROTATION - RIZ - SOJA - 1990/91

RIZ



SOJA



- OFFSET
- LABOUR
- SCARIFICATION
- SEMIS DIRECT

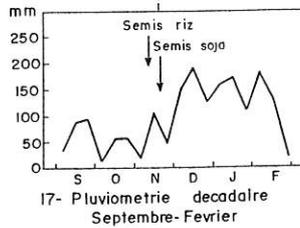
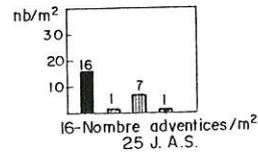
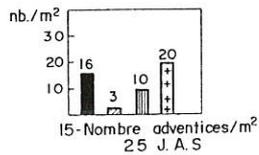
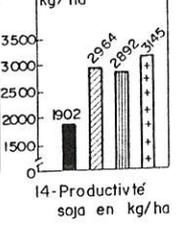
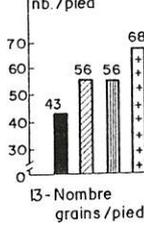
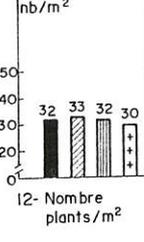
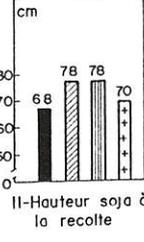
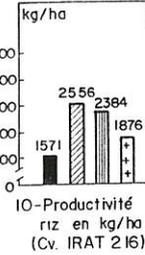
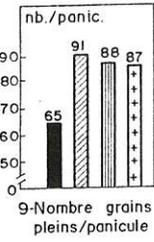
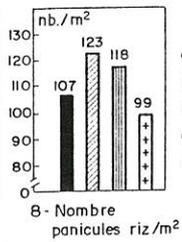
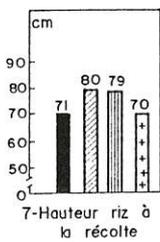
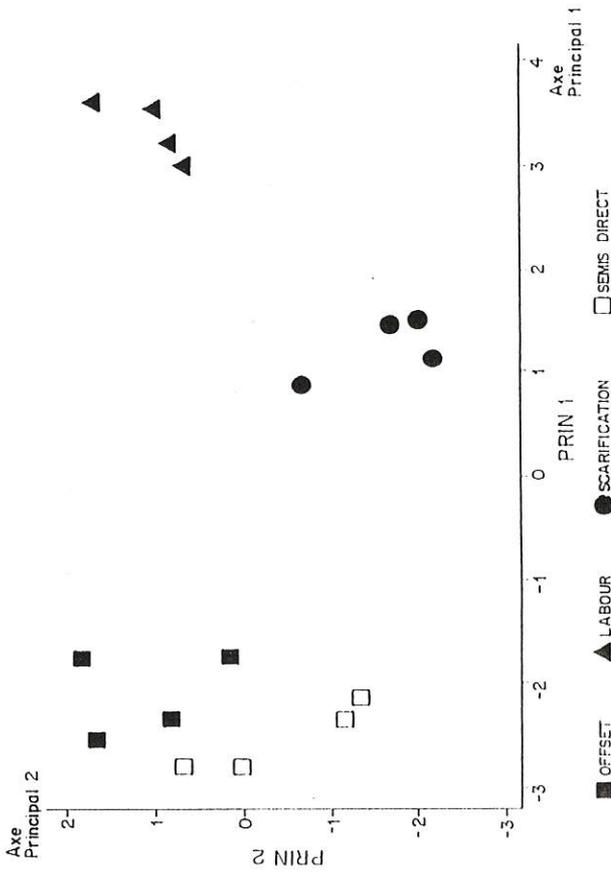


Fig. 7 - Analyse en composantes principales (ACP) des variables explicatives sur culture de riz pluvial.
FAZENDA PROGRESSO - MT - 1987/88



□ 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

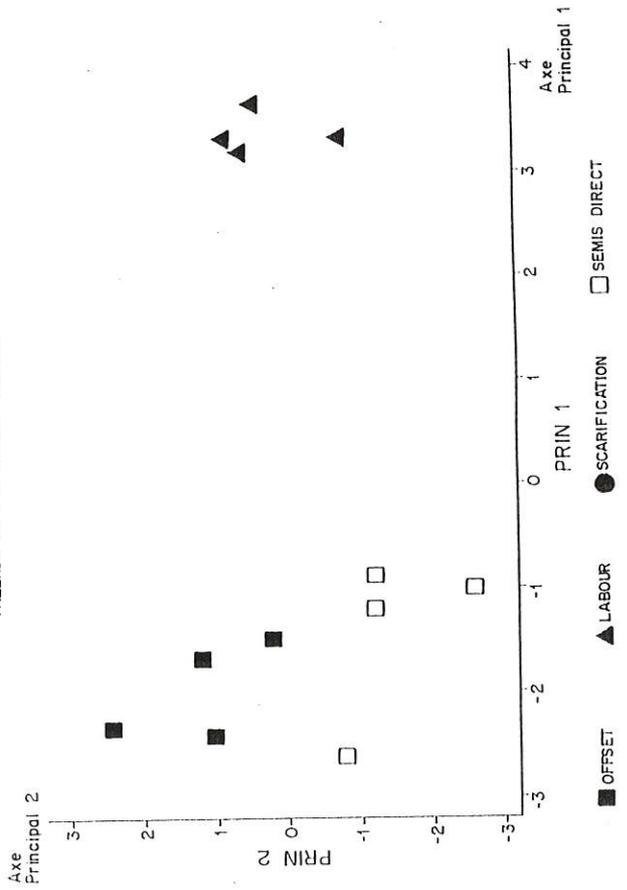


Fig. 10 - Analyse en composantes principales (ACP) des variables explicatives sur culture de Soja.
FAZENDA PROGRESSO - MT - 1988/89

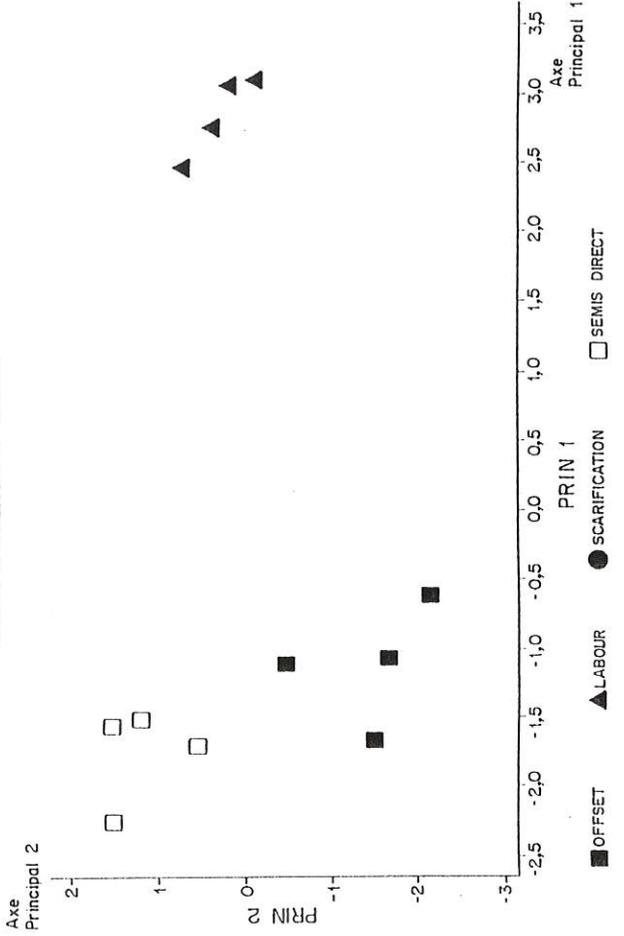
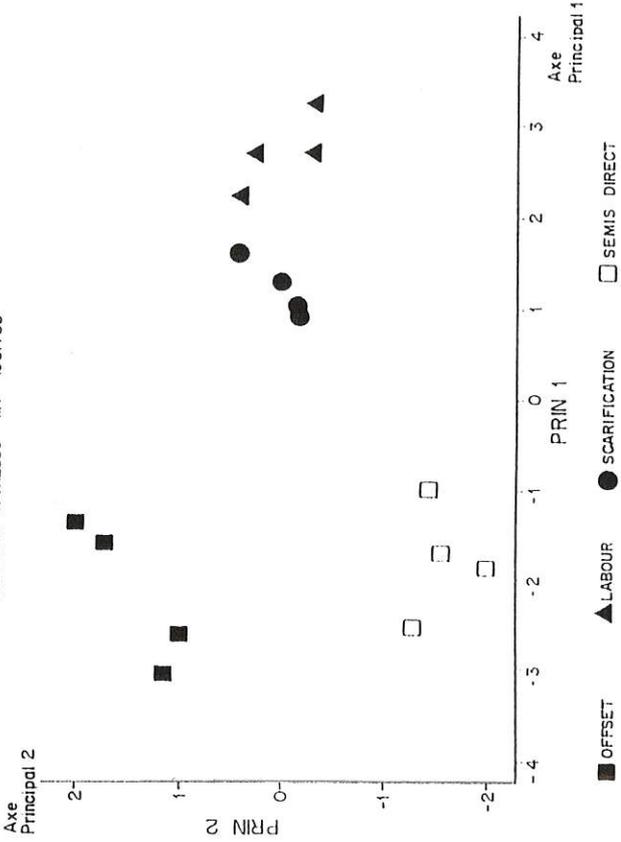


Fig. 8 - Analyse en composantes principales (ACP) des variables explicatives, sur culture de Soja
FAZENDA PROGRESSO - MT - 1987/88

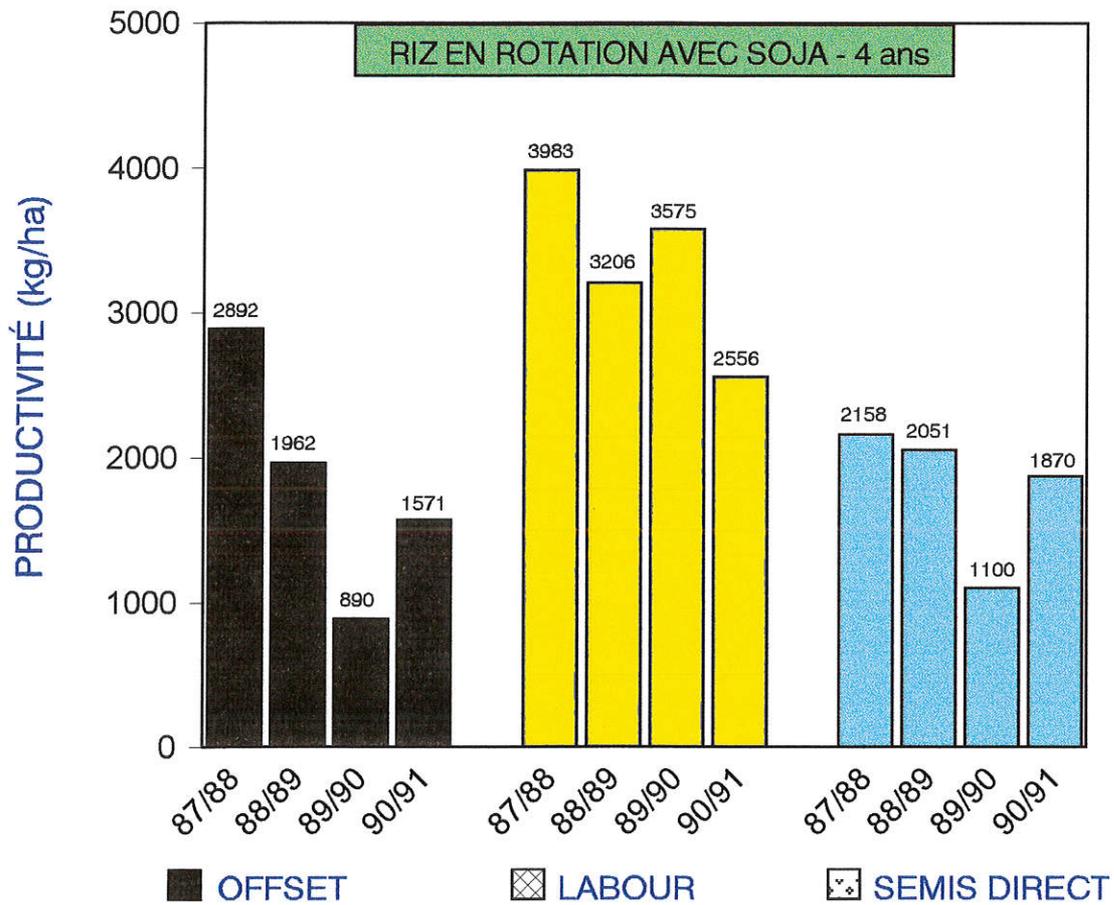


Classement interannuel des modes de travail du sol sur la productivité des cultures de soja et riz - 1987-1991

	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

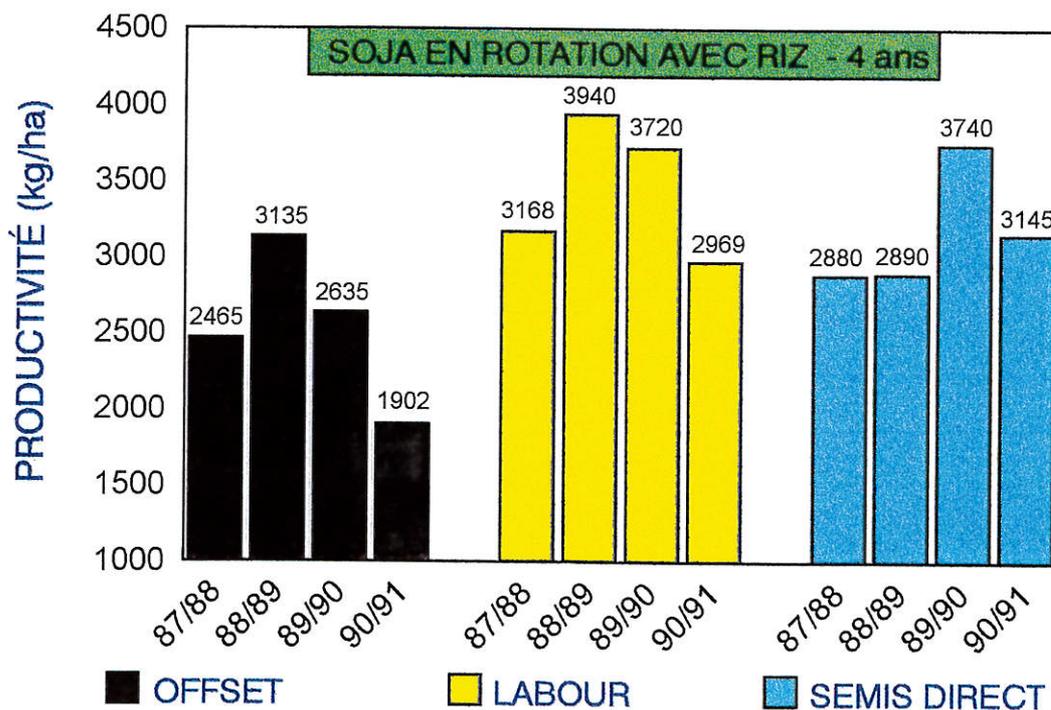
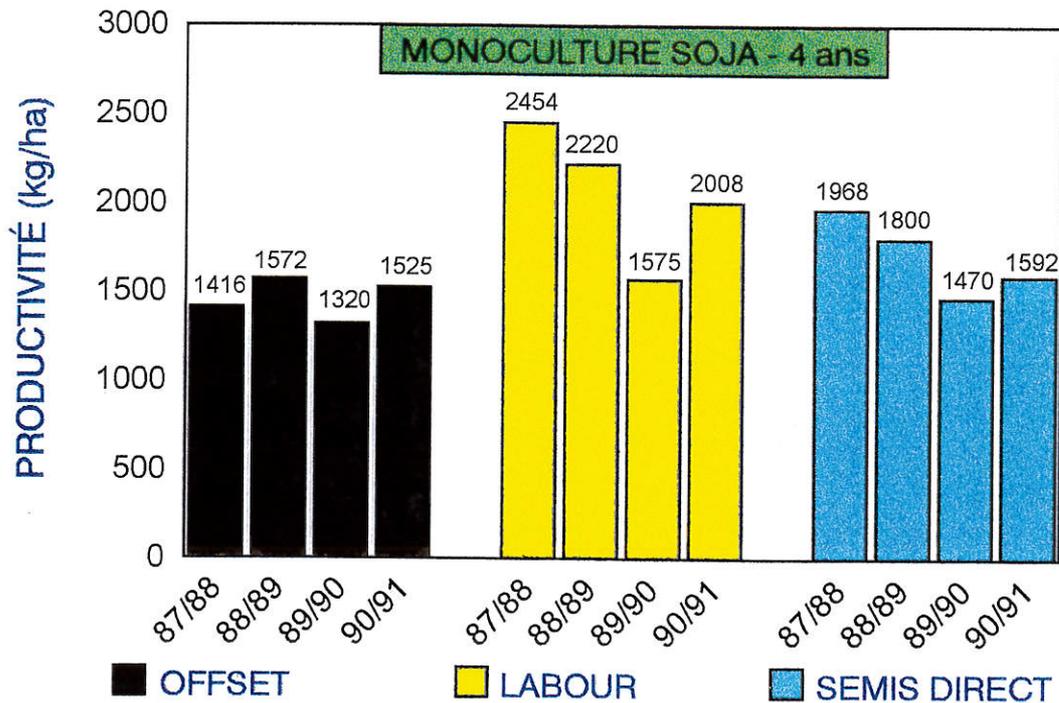
ÉVOLUTION DE LA PRODUCTIVITÉ DU RIZ, SUR 4 ANS SOUS DIVERS MODES DE GESTION DES SOLS ET DES CULTURES, - SOLS FERRALLITIQUES DES CERRADOS HUMIDES DU CENTRE NORD MATO GROSSO - BRÉSIL.



SOURCE:

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

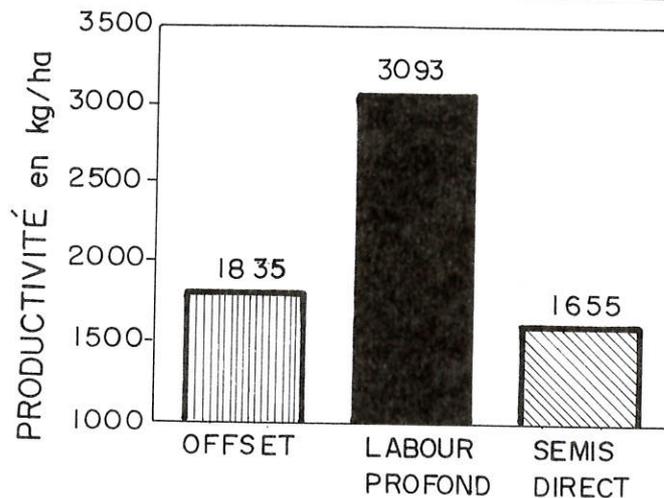
ÉVOLUTION DE LA PRODUCTIVITÉ DU SOJA, SUR 4 ANS SOUS DIVERS MODES DE GESTION DES SOLS ET DES CULTURES, - SOLS FERRALLITIQUES DES CERRADOS HUMIDES DU CENTRE NORD MATO GROSSO - BRÉSIL.



SOURCE:

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

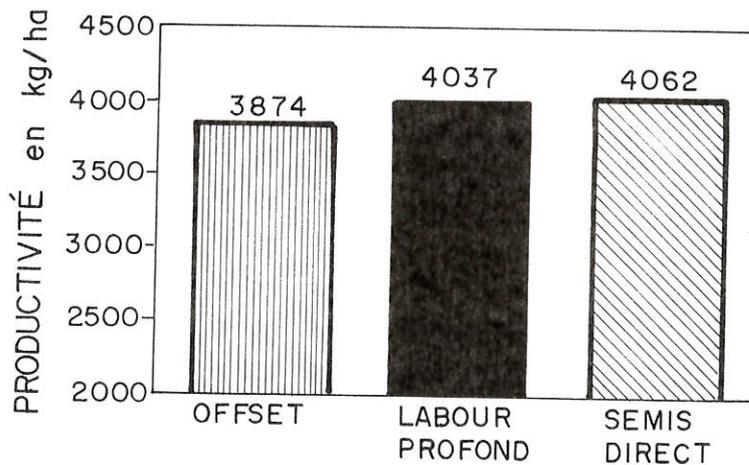
PRODUCTIVITÉ MOYENNE, SUR 5 ANS, DU RIZ PLUVIAL EN ROTATION AVEC SOJA - FAZ. PROGRESSO-SORRISO/MT-1986/91



LE RIZ PLUVIAL EXIGE TOUJOURS UNE FORTE MACROPOROSITÉ

Le travail profond du sol avec charrue à socs est recommandé en 1^{re} priorité
- La scarification profond, en seconde priorité

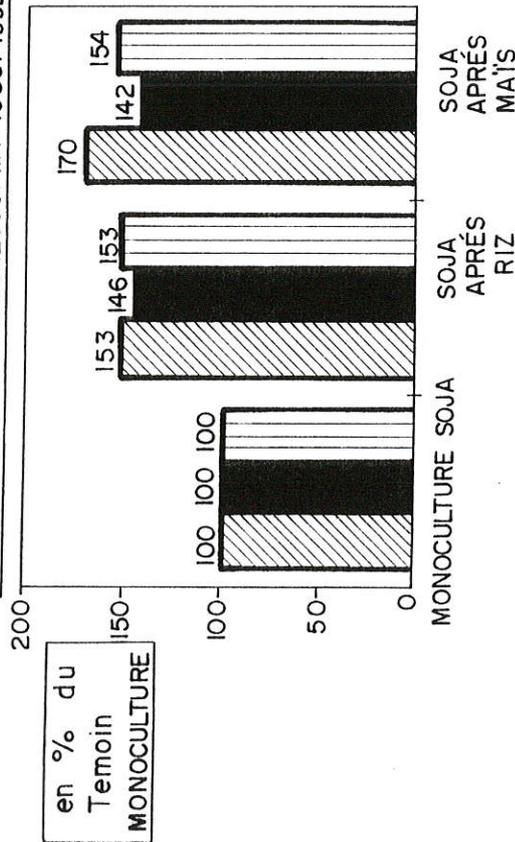
PRODUCTIVITÉ MOYENNE, SUR 6 ANS, DU MAÏS EN ROTATION AVEC SOJA, SUR 3 MODES DE PREPARATION DU SOL. FAZ. PROGRESSO-SORRISO/MT-1986/92



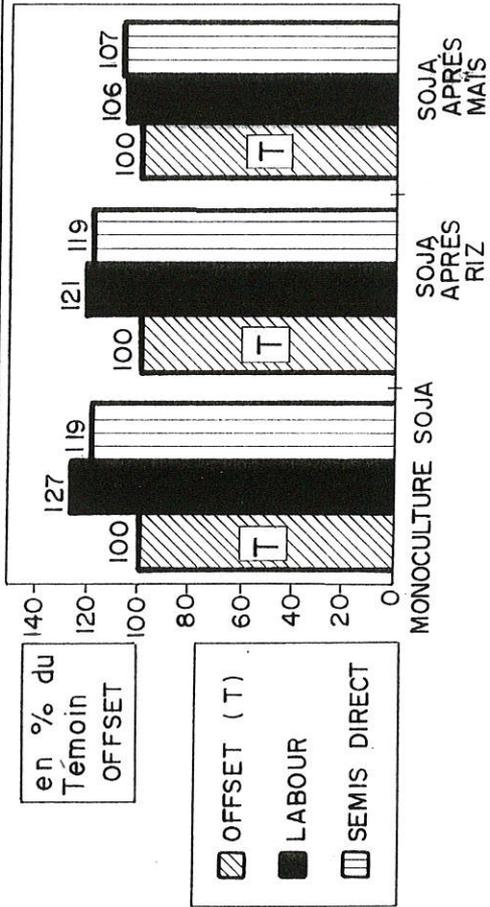
• SOURCE = CIRAD-CA
(L. Seguy, S. Bouzinac - 1986/1992)

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

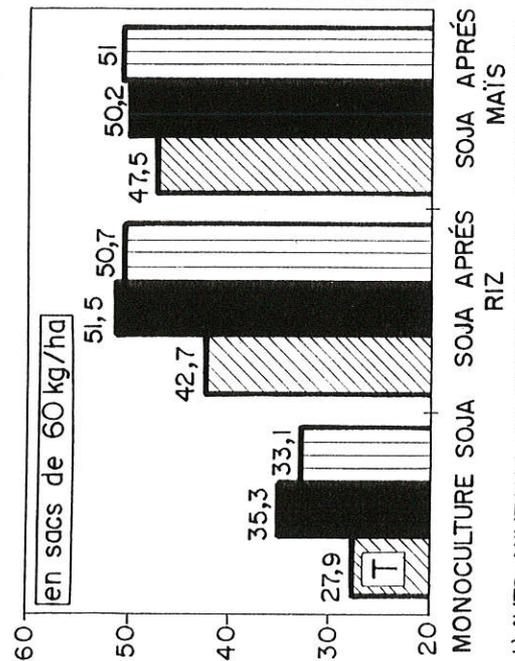
EFFET MOYEN, SUR 6 ANS, DU FACTEUR ROTATION SUR LA PRODUCTIVITÉ RELATIVE DU SOJA -FAZ. PROGRESSO/MT 1986/1992



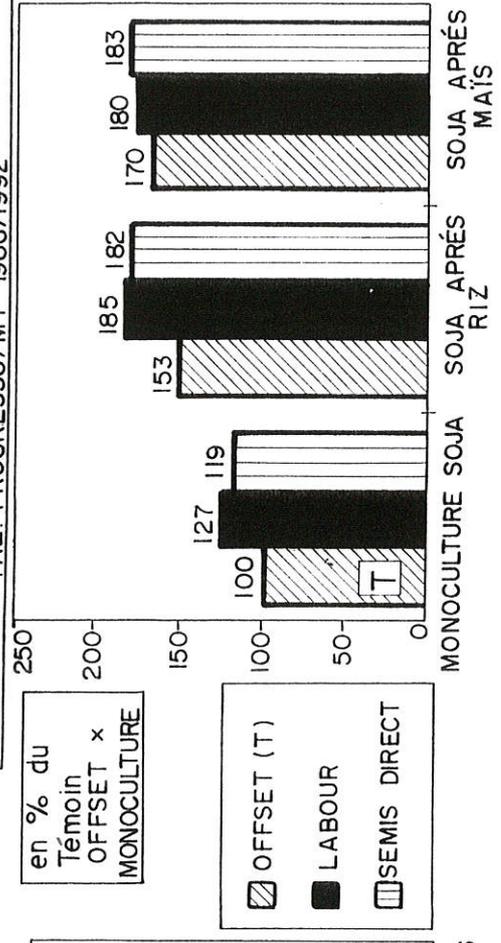
EFFET MOYEN, SUR 6 ANS, DU FACTEUR TRAVAIL DU SOL SUR LA PRODUCTIVITÉ RELATIVE DU SOJA FAZ. PROGRESSO/MT - 1986/1992



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

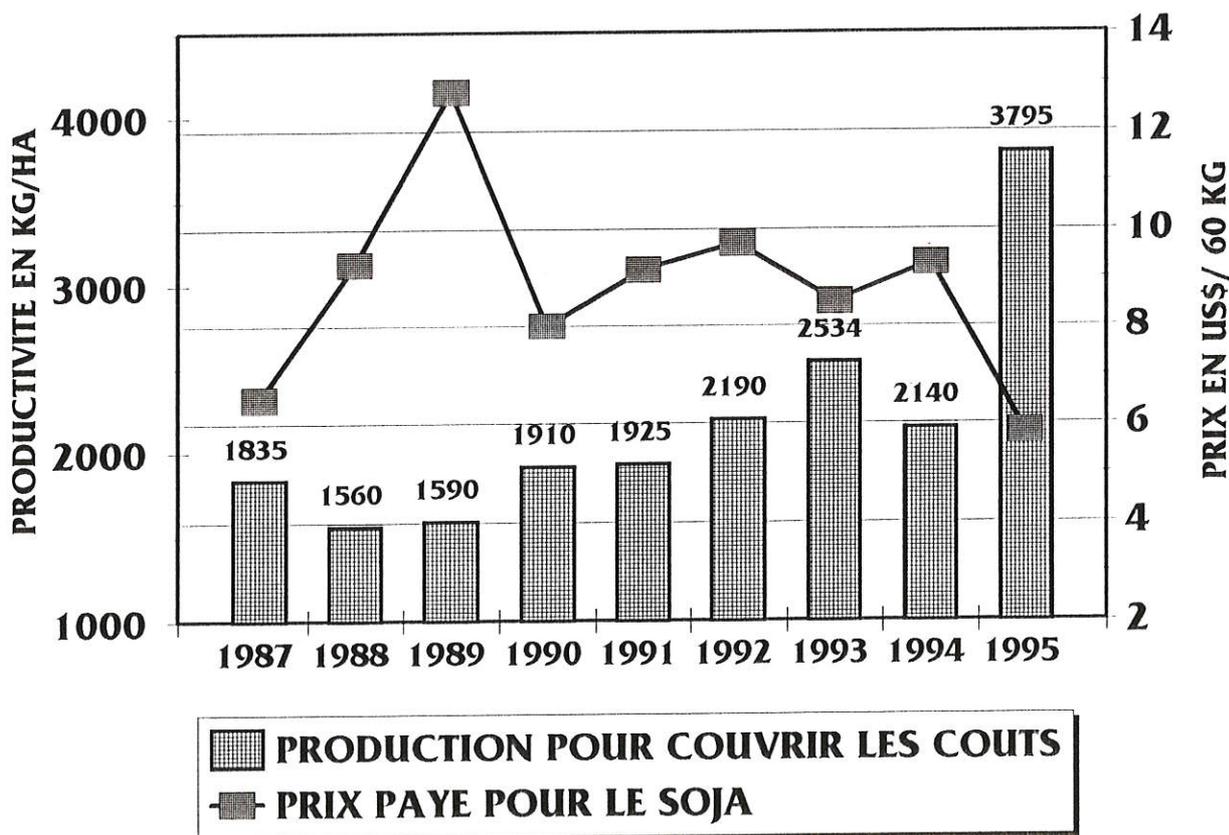
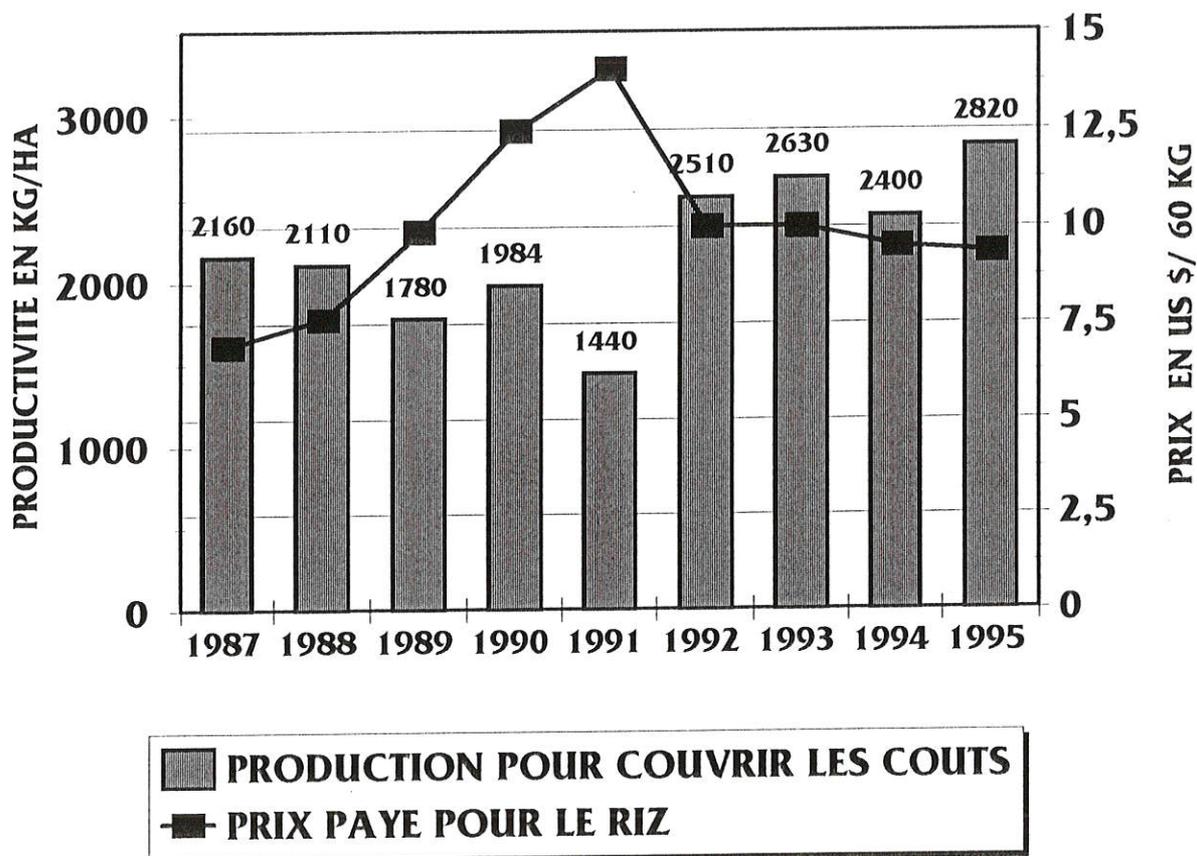


EFFET MOYEN, SUR 6 ANS, DES FACTEURS TRAVAIL DU SOL x ROTATIONS, SUR LA PRODUCTIVITÉ RELATIVE DU SOJA FAZ. PROGRESSO/MT 1986/1992

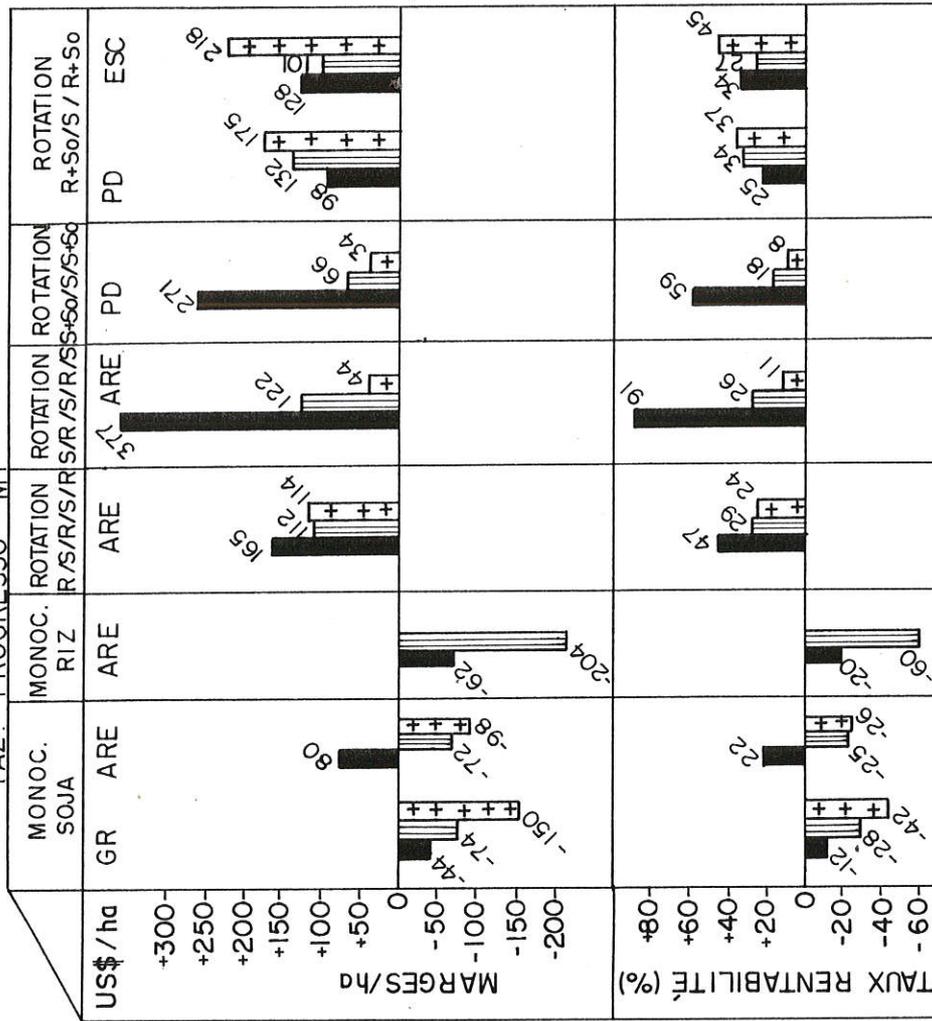


• (1) AVEC NIVEAU DE FERTILISATION PROGRESSIVE = 400 kg/ha O2-20-20+ Sous la ligne de semis+ correction calcaire dolomitique (2 à 3t/ha) Tous les 3 ans

• 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 - MT



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

Systemes tampons de meilleure gestion du risque économique

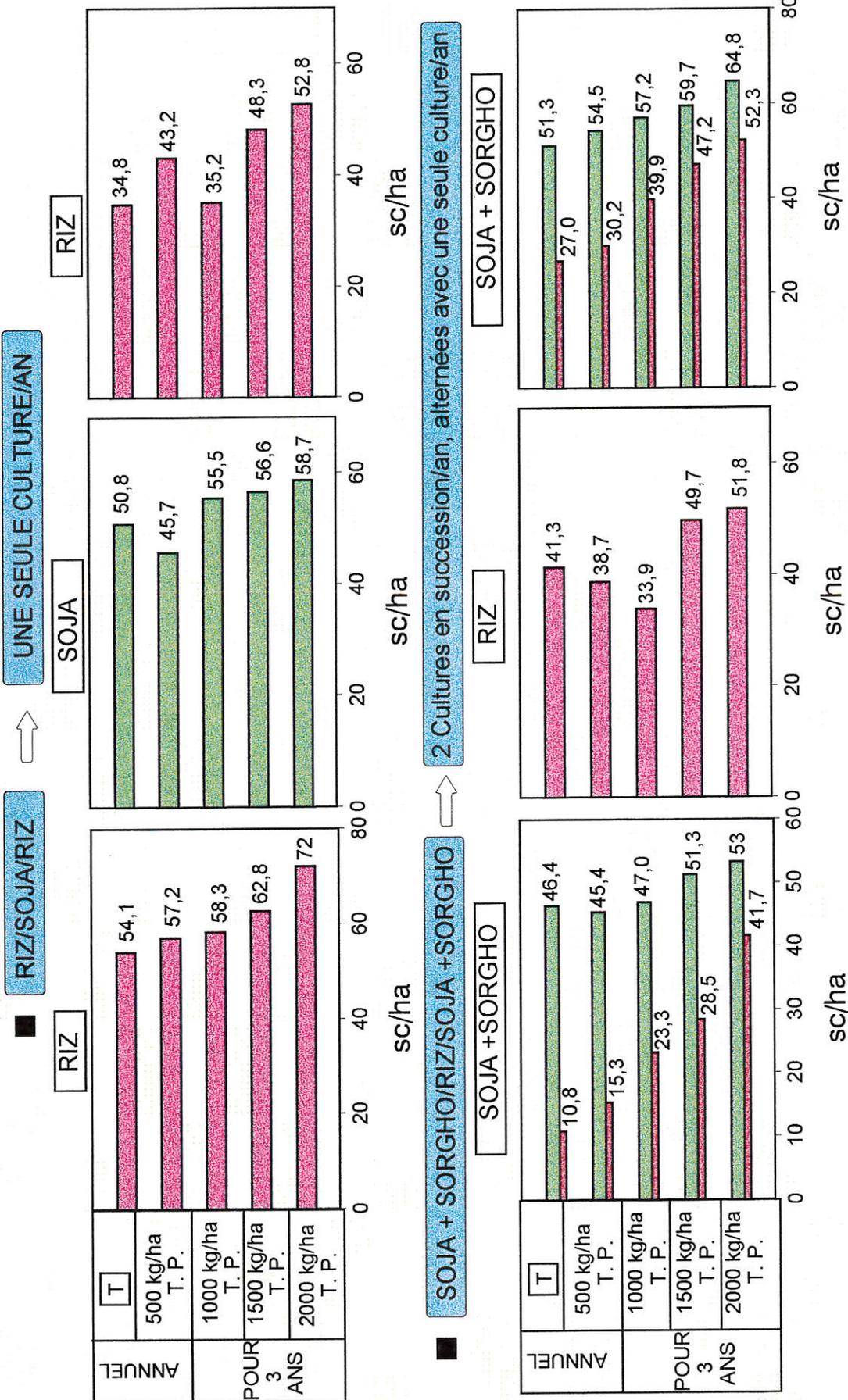
• SOURCE = CIRAD-CA (L. Seguy, S. Bouzinac.)

■ 1988/89 ▨ 1989/90 □ 1990/91
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



T. P. = Thermophosphate Yoorin + calcaire dolomitique → V ≥ 40% + NK idem T

- NPK 300 kg/ha 04-20-20 - Céréales
- 300 kg/ha 00-20-20 - Soja
- 65 N/ha couverture sur riz
- Sorgho sans engrais

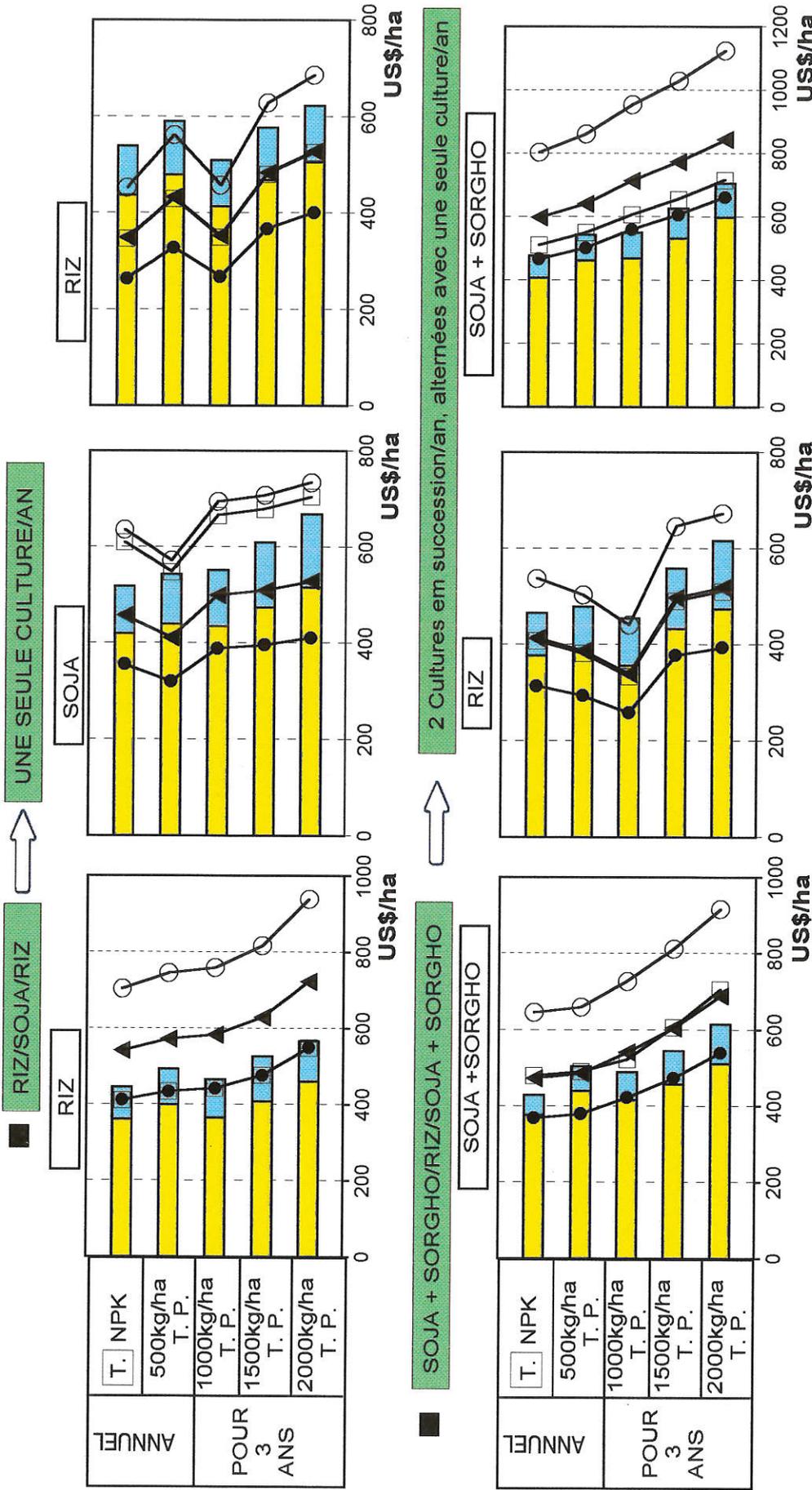
T = Témoin

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

1^a PHASE

PERFORMANCES ÉCONOMIQUES RÉELLES ET SIMULÉES

1987/90



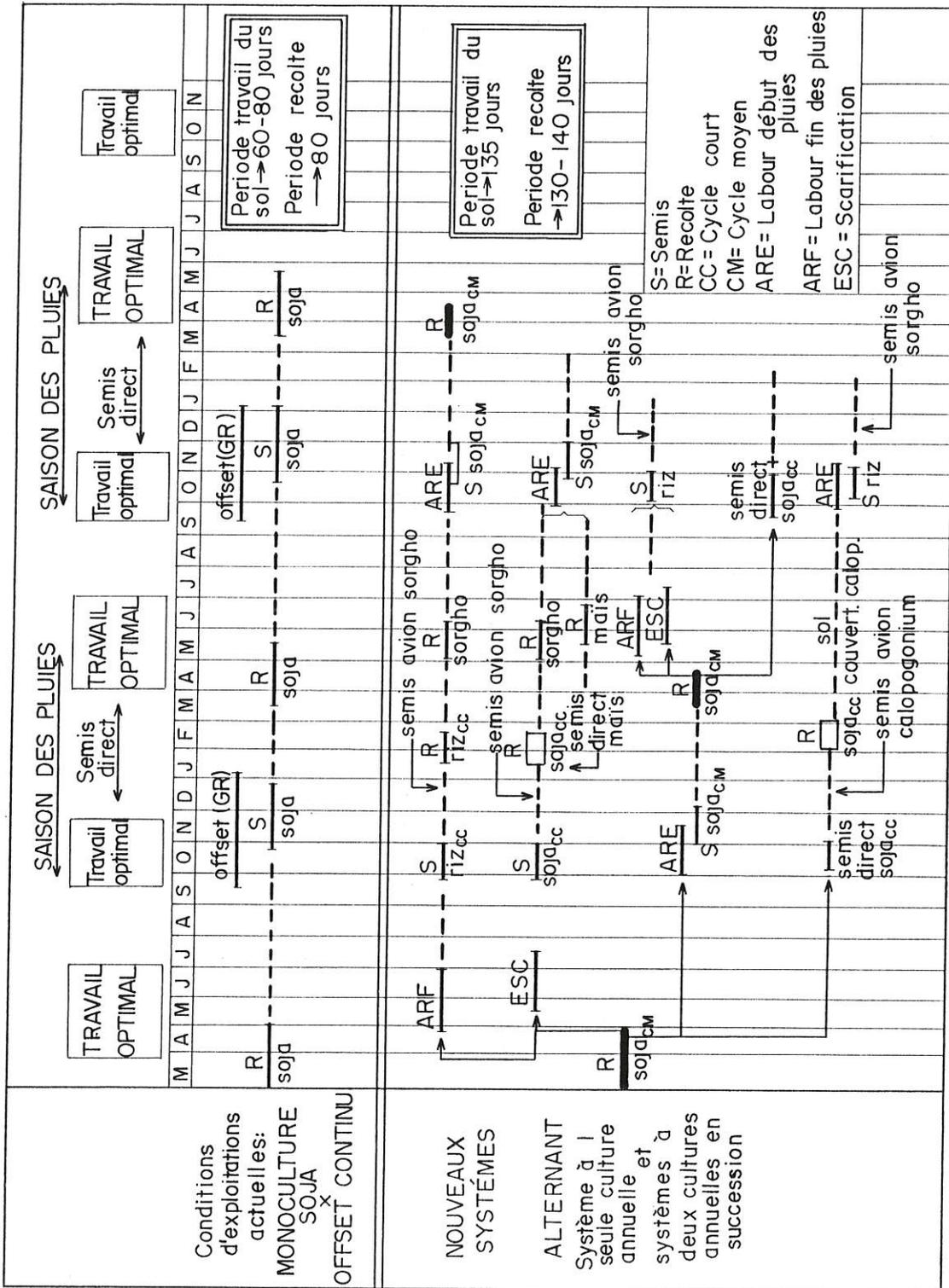
RECETTES US\$/sac → ●— Prix minimum = 7,6 □— Prix réel = 7,6 ▲— Prix moyen = 10 ○— Prix élevé = 13

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

■ NPK 300 kg/ha 04-20-20 - Céréales + calcaire dolomitique → V ≥ 40% ■ T. P. = Thermophosphate Yoorin + NK idem ■ T

■ T = Témoin ■ 65 N/ha couverture sur riz ■ Sorgho sans engrais

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



PASSAGE DU SYSTEME ACTUEL DE MONOCULTURE DE SOJA X PULVERISAGE
 AUX SYSTEMES SOJA-CEREALES ALTERNANT 1 CULTURE ANNUELLE AVEC 2
 CULTURES ANNUELLES EN SUCCESSION. L.Seguy - 1989.

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)	A*	Surface (%)	Productivité (Kg/ha)	Variétés anciennes	Variétés nouvelles	Surface (%)	Productivité (Kg/ha)
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)	A*	Surface (%)	Productivité (Kg/ha)	Variétés anciennes
Monoculture x offset	40	1 410	1 110	28	1 050	-
Sur défriche x offset	1,5	1 110	1 875	37	1 470	-
Monoculture x labour profond	52	1 875	2 480	-	-	-
Rotation x offset	1,5	2 480	2 560	17	1 905	-
Rotation x labour profond	5	2 560	2 890	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

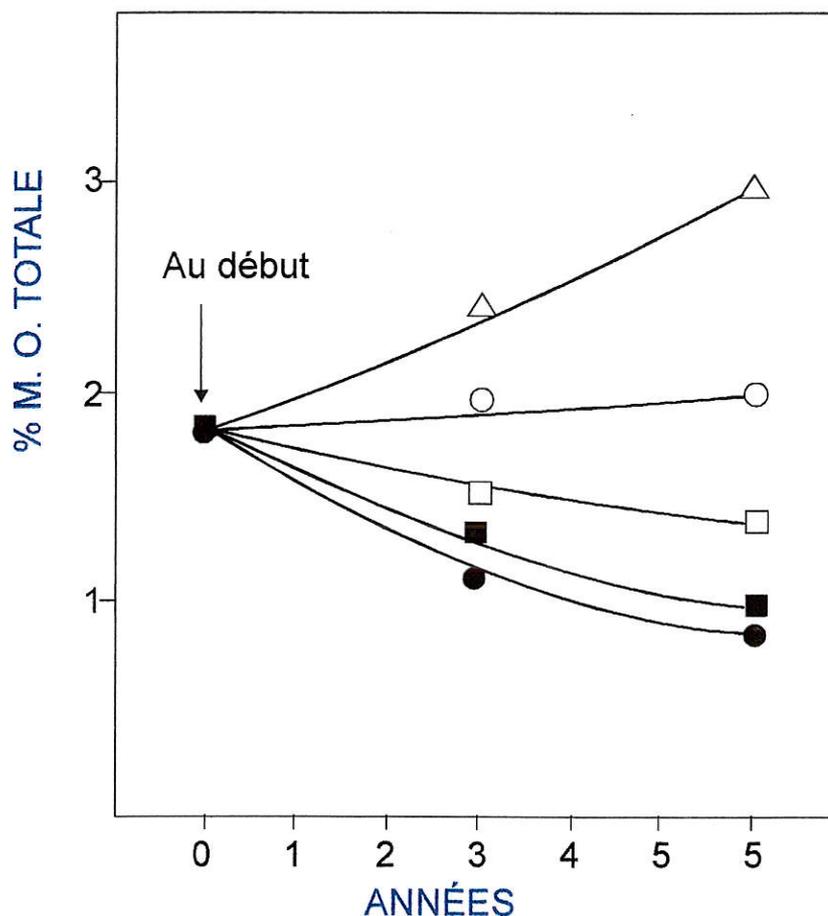
Intervalles de recommandations pour les analyses chimiques (1) sur l'horizon 0-30 cm										
pH	M.O. %	meq./100 ml				P (ppm)	V % Saturation de bases			
		Ca	Mg	Al	K			CEC		
entre	entre	entre	entre	entre	entre	entre	entre			
5,0	1,7	2,0	0,8	< 0,2	0,15	6,5	40			
et	et	et	et		et	et	et			
5,4	3,0	3,5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

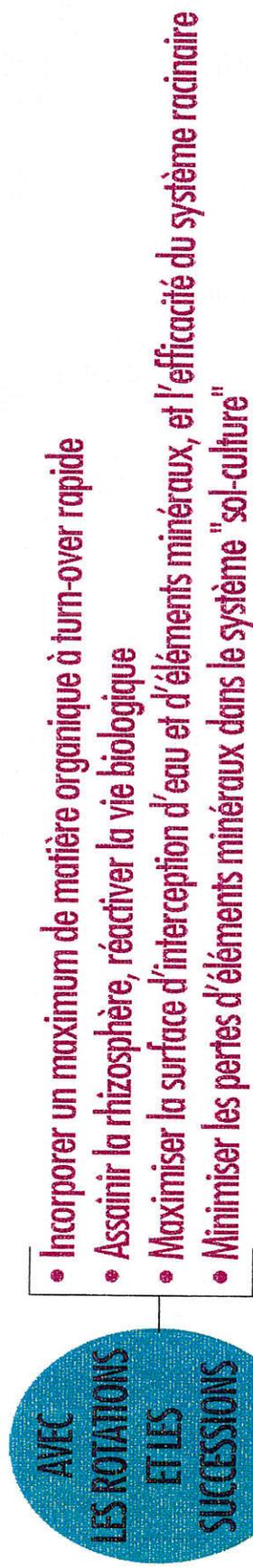
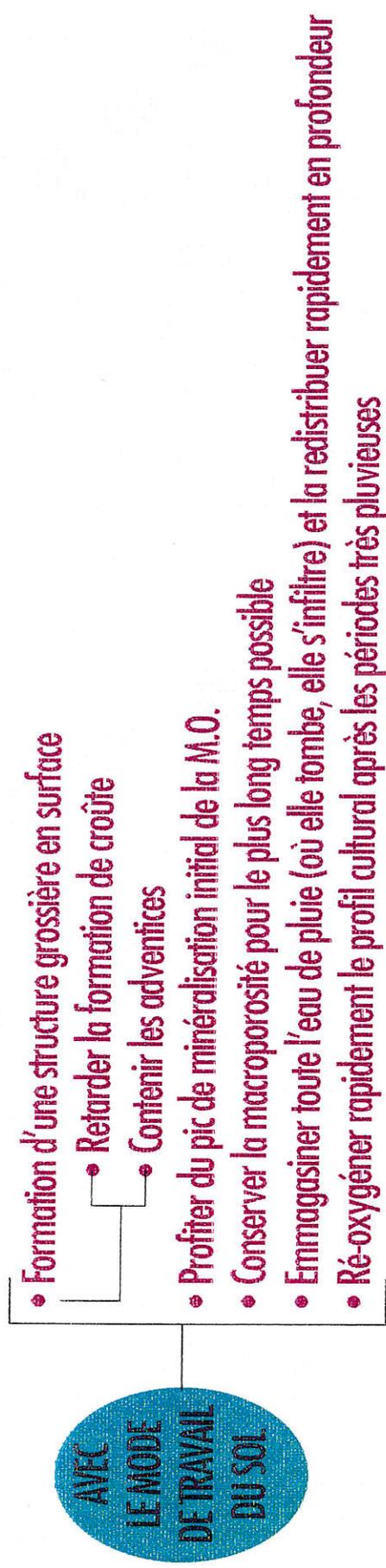
ÉVOLUTION DU TAUX DE MATIÈRE ORGANIQUE TOTALE (M. O. %) SUR 6 ANS, DANS L'HORIZON 0-30cm, EN FONCTION DES MODES DE GESTION DU SOL ET DES CULTURES - MILIEU CONTRÔLÉ - ÉCOLOGIE DES CERRADOS HUMIDES - MT -



- Labour x Monoculture soja
- Offset x Monoculture soja
- Labour x Rotations Maïs-Soja
Riz-Soja
- Alternance Labour x 1 culture/an,
Semis direct x 2 cultures
en succession/an
- △—△ Semis direct continu x Rotation Riz-Maïs
sur calopogonium

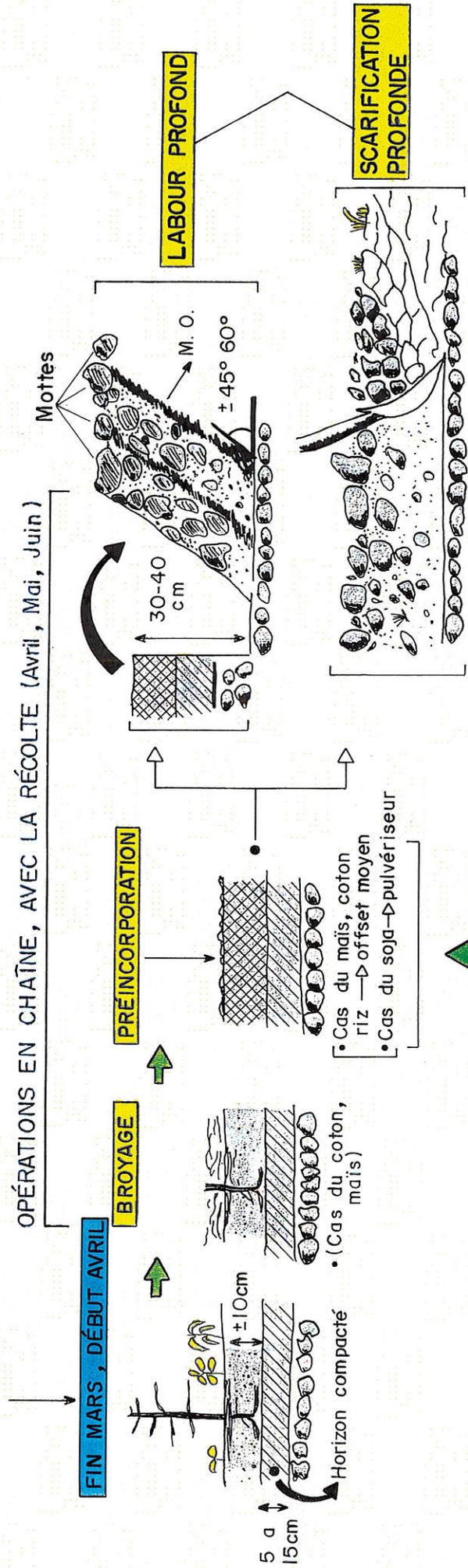
SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac., Fazenda Progresso, Lucas do Rio Verde - MT 1986/92

↑ **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**



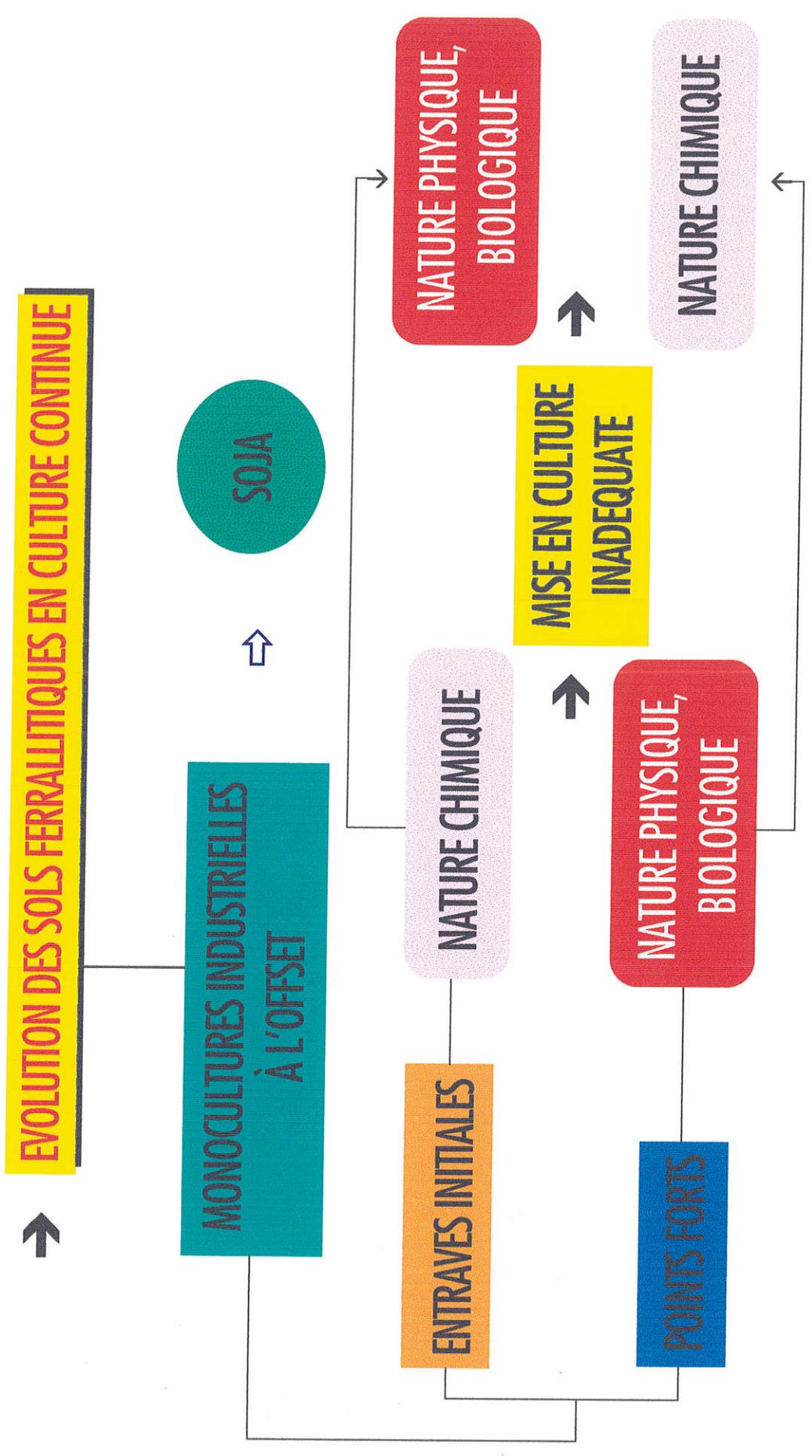
TRAVAIL DU SOL PROFOND DE FIN DE SAISON DES PLUIES

PARTANT DE PROFILS COMPACTÉS (Offset x Monoculture)



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

Source= L. Séguy, S. Bouzinac, 1984



➔ À MOYEN ET LONG TERMES ➔ APPAUVRISSEMENT BIOLOGIQUE, DESTRUCTION

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

■ CONSÉQUENCE

Côûts de production croissants (augmentation de l'emploi d'engrais minéraux, de pesticides).

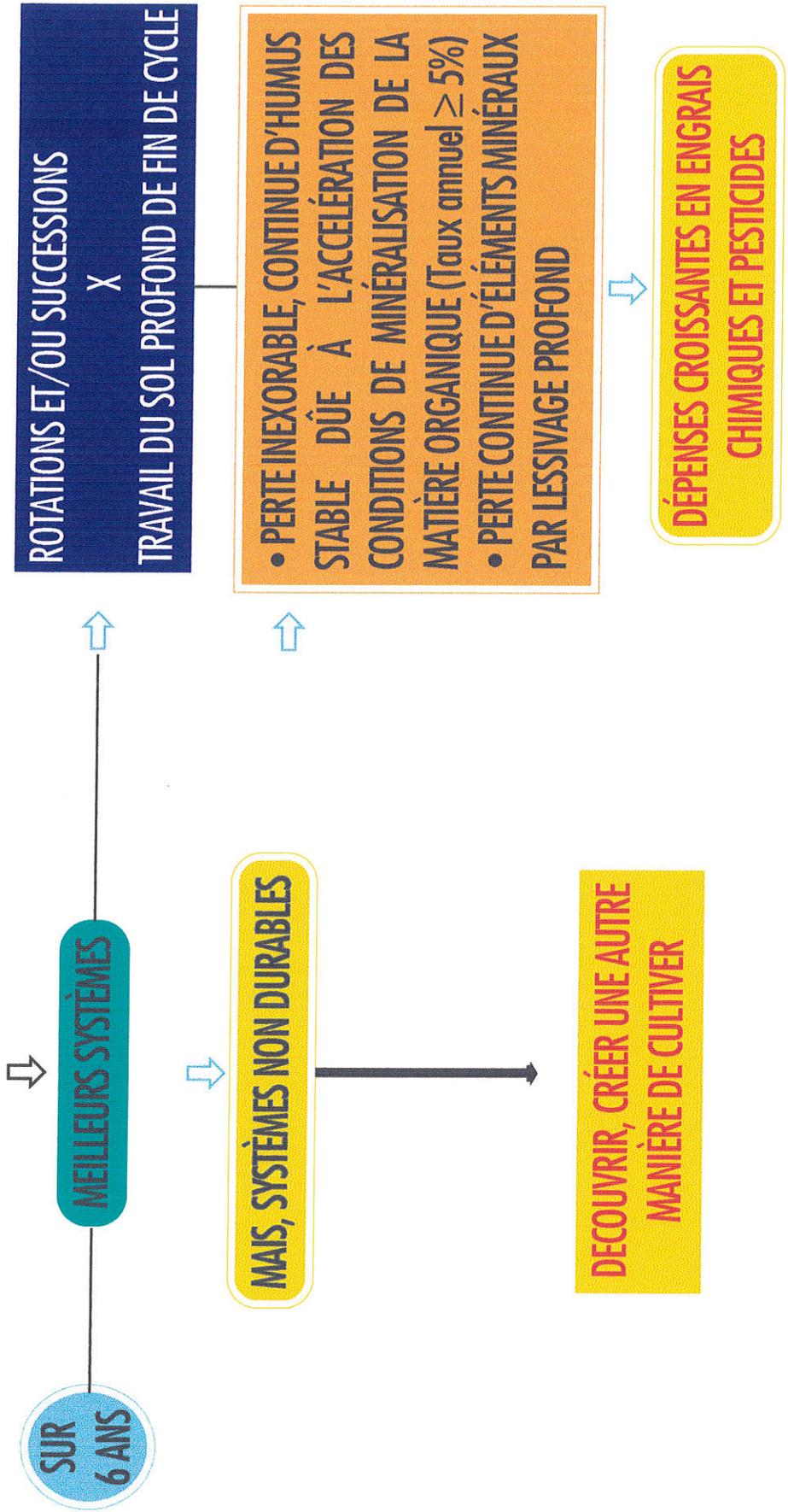
Agriculture durable à faible coût ➔ impossible

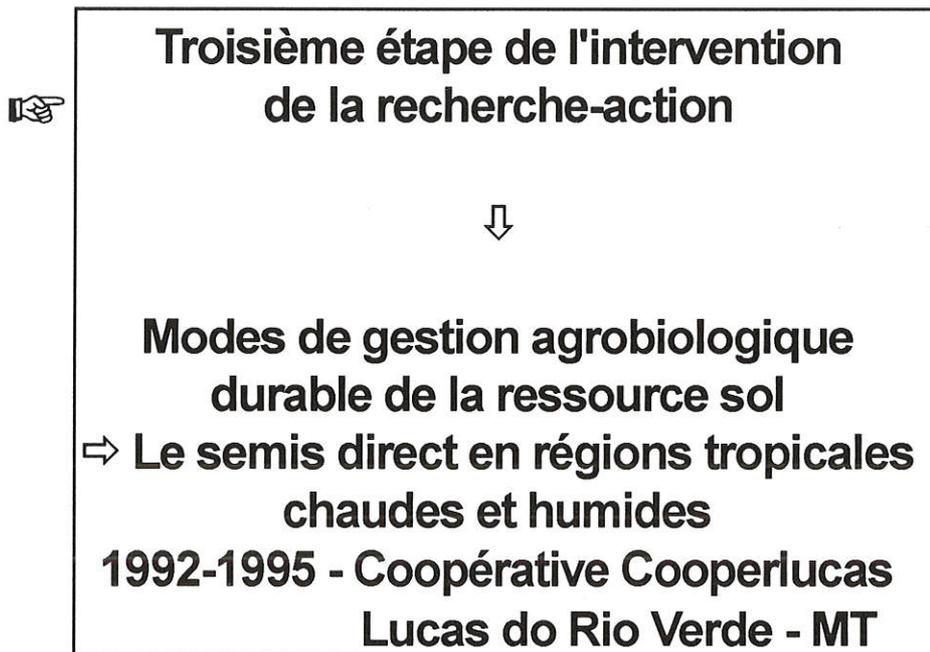
LES LIMITES DE TRANSFERT DES TECHNOLOGIES NORD-SUD

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

SYSTEMES DE RESTAURATION DE LA FERTILITE

PROPRIETES PHYSIQUES
BIOLOGIQUES





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 culturaux 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*).

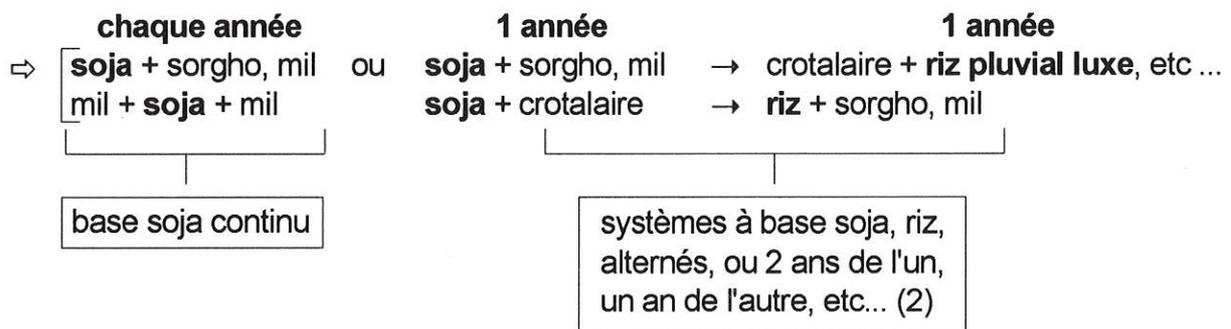
• Dans la pratique, si la saison de pluies, à une durée de 7 à 8 mois, ces biomasses peuvent être cultivées avant et après la culture commerciale ; si la saison des pluies est plus courte :

- 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 -

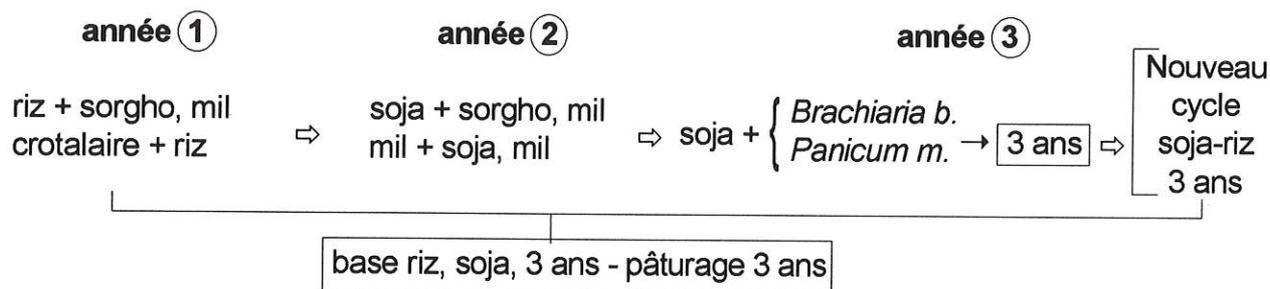
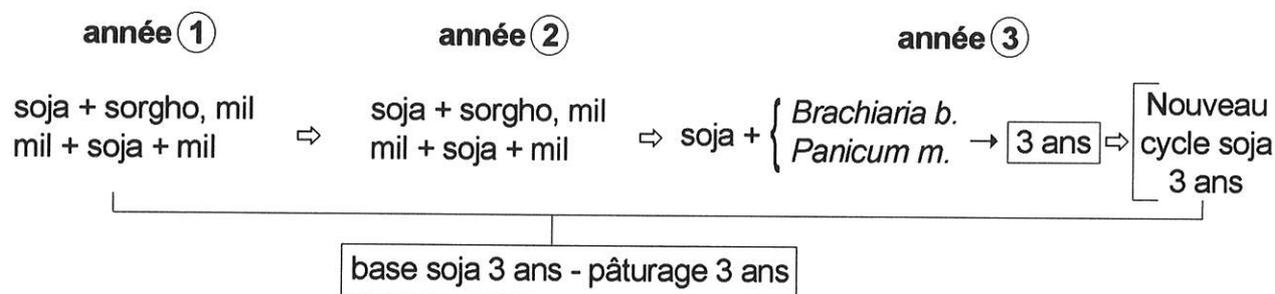
• Systèmes de production continue de grains :



(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

• **Systèmes intégrés "production de grains-pâturages", en rotation, sur 3-4 ans**



(*) Les systèmes intégrés "production de grain-pâturages, peuvent être également construits sur rotations de 4, voire 5 ans ⇒ assolements tournants sur la propriété (1).

□ **Performances agronomiques et coûts d'installation des pompes biologiques -**

• **Facilité d'implantation, de multiplication** : sorghos, mils, crotalaires, *Brachiaria*, peuvent être implantés en semis direct avec de faibles quantités de semences/ha (*petites graines*) ⇒ leur pouvoir de multiplication est énorme et très rapide. Le matériel végétal est sélectionné en fonction de sa rusticité.

• **Leurs qualités** : les variétés sélectionnées de sorghos et mils, sont réservées, en Afrique, Inde, à l'alimentation humaine (au total, plus de 35 millions d'hectares de sorghos et plus de 38 millions d'hectares de mil) et sont d'excellente qualité alimentaire.

Ce sont des produits "nobles", souvent très riches en protéines (certaines variétés de sorghos ont plus de 15% de protéines, riches en lysine, tryptophane), sans tanins. Ils peuvent entrer dans la fabrication de pain (20% de la farine), biscuits, pâtes alimentaires, alcools fins (vodka, whisky), bière.

Ce sont donc des produits qui peuvent bénéficier d'une haute valeur ajoutée. Ils peuvent également, pour certains cultivars, les plus productifs en biomasse instantanée, à cycle long, peu ou pas sensibles au photopériodisme, servir à la fois pour l'ensilage en saison sèche (ou pâturage direct) et pour la couverture du sol.

• **Leur puissance recycleuse** ⇒ Les cultivars de mils les plus puissants peuvent recycler en 80 jours, dans leur matière sèche au dessus du sol, en Kg/ha :

- surtout 150 à 275 K, et également 120 à 140 N, 15 à 60 P, 30 à 45 Ca, 15 à 80 Mg, 15 à 30 S/ha.

(1) Fonction des objectifs économiques, agronomiques (couverture du sol, par exemple, contrôle adventices au moindre coût, etc ...)

⇒ 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

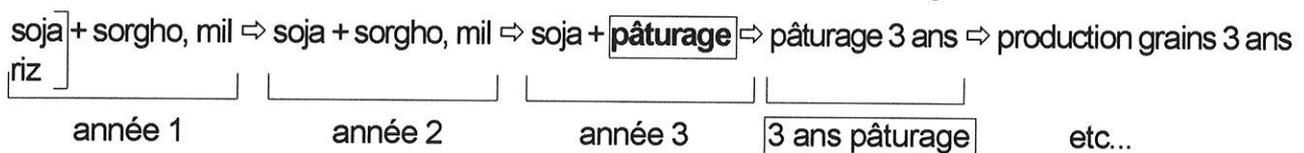
premières pluies) dû à la pompe recycleuse qui précède le semis direct de la culture principale, est clairement démontré : productivités de soja, riz, se maintiennent pratiquement stables sur près de 60 jours d'étalement des semis (avec la fumure corrective de fort niveau qui donne toute sa puissance à la pompe biologique), alors que les productivités chutent de 20 à 60% entre la première date précoce possible de semis et 60 jours après, sur préparation mécanisée du sol conventionnelle, où le sol est exposé à l'action des pluies et maintenu propre par discages répétés jusqu'au semis (3-4 passages d'offsets sur 60 jours, en sol humide).

Au delà de la protection totale du sol contre l'érosion, ces systèmes de semis direct continu, permettent, d'augmenter de 20 à 50% les productivités moyennes de soja et de riz obtenues sur les systèmes conventionnels, et de pouvoir gérer des objectifs de production stables, avec un minimum d'équipements (⇒ baisse des coûts de production).

- Pour la culture de riz pluvial de qualité (grain long fin, équivalent ou supérieur au riz irrigué), dans la succession annuelle crotalaire + riz pluvial en semis direct tardif, la pompe biologique *Crotalaria spectabilis*, permet d'obtenir des rendements de 4 000 Kg/ha, même en semis tardif (décembre ⇒ 60-80 jours après les premières pluies utiles), à condition que la crotalaire soit desséchée sur pied et le semis direct réalisé également dans la crotalaire, sur pied.

□ Performances agronomiques principales du pâturage dans les systèmes intégrés de semis direct "production de grains-élevage" en rotation tous les 3-4 ans -

- Dans les systèmes de production de grains, en semis direct, la troisième ou la quatrième année, au lieu de poursuivre le cycle de production de grains, le pâturage est installé en semis direct après la culture de soja, pour être exploité pendant 3-4 ans, sans engrais :



- Au cours de la saison sèche qui suit sont implantation en semis direct après soja, le pâturage (espèces *Brachiaria brizantha*, *Panicum maximum*) peut supporter 1,8 à 2 taurillons de 27 mois/ha, avec un gain de poids journalier de 0,423 Kg/tête ⇒ soit une marge nette par tête de 75,6 US\$.

- Au cours de la saison des pluies suivante, la charge animale passe à 4-5 têtes/ha.
- Ces rendements peuvent se maintenir, au moins 4 ans, sans apports d'engrais minéraux ⇒ performance remarquable. Après 2 ans, l'enracinement du pâturage descend à plus de 2,50 m de profondeur (1) ⇒ très forte activité biologique (collembolles, acariens).

- Les performances zootechniques du troupeau implanté sur ce système intégré, montrent, par rapport à celles de l'élevage traditionnel extensif :

- un taux de naissance de 50% supérieur, un taux de mortalité réduit de moitié,
- l'âge à l'abattage est de 2 à 2,5 ans contre 4 ans, avec un poids égal de viande de 250

Kg,

- l'intervalle entre vêlages est réduit de 22 à 14 mois.

- Enfin, ces systèmes intégrés en rotation, permettent à l'agriculteur de se capitaliser, de se libérer davantage de la politique agricole, extrêmement instable d'un plan économique de restructuration à l'autre.

(1) Développement d'une structure grumelleuse remarquable, dans les 100 premiers cm.

Capacités recycleuse, restructurante, très élevées, important pourvoyeur en matière organique dans le profil cultural sur 2,50 m d'épaisseur.

— 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 ⇒ *Calopogonium mucunoïdes*, *coeruleum* - *Pueraria phaseoloïdes*, *Stizolobium aterrimum* - *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 ⇒ herbicides sélectifs des 2 cultures associées : Alachlore sur maïs, Pendimethaline sur riz).

- Les légumineuses associées sont contrôlées, en pré-semis par herbicides totaux :
⇒ 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.

□ Intérêts 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 ⇒ Diminution importante des coûts de production en pratiquant des systèmes alternant :

- 1 an ⇒ sorgho, mil (haute valeur grains) + légumineuse, sans engrais.

- année suivante ⇒ 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 (⇒ 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 ⇒ 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 ⇒ 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.
 - Concepts - Reproduire le fonctionnement de l'écosystème forestier, l'adapter à la production agricole.
 - 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 *Calopogonium* + pailles.
 - La forêt équatoriale ombrophile : un modèle de fonctionnement à reproduire pour l'agriculture.
 - 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.
 - 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 réalité du semis échelonné
 - Temps/ha comparés entre semis direct et autres modes de préparation des sols
- *Systèmes de culture évolutifs* ⇒ à une seule culture/an, à 2 cultures/an, et intégrant production de grains et élevage.
 - *Le modèle de fonctionnement pour la production agricole* ⇒ un nouvel équilibre basé sur la gestion biologique de la ressource sol.
 - *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.
 - *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 mil africain recycle de très fortes quantités d'éléments nutritifs, en particulier la potasse, le bore.*
 - *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".
 - *Comment augmenter la capacité des équipements mécanisés, leur flexibilité d'utilisation.*
⇒ 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 *Brachiaria*, 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.*, *Brachiaria 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 vélages) 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
X et
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.

↑
CONCEPTS



**REPRODUIRE LE FONCTIONNEMENT DE L'ÉCOSYSTÈME FORESTIER
L'ADAPTER À LA PRODUCTION AGRICOLE**

**CONVERTIR LE FORMIDABLE POTENTIEL PHOTOSYNTHÉTIQUE TROPICAL, À
MOINDRE COÛT POSSIBLE, AU BÉNÉFICE DES ACTIVITÉS DE PRODUCTION DE
GRAINS ET DE PRODUCTION ANIMALE**



**PRINCIPAL PROBLÈME
MAINTENIR UNE COUVERTURE DU SOL**

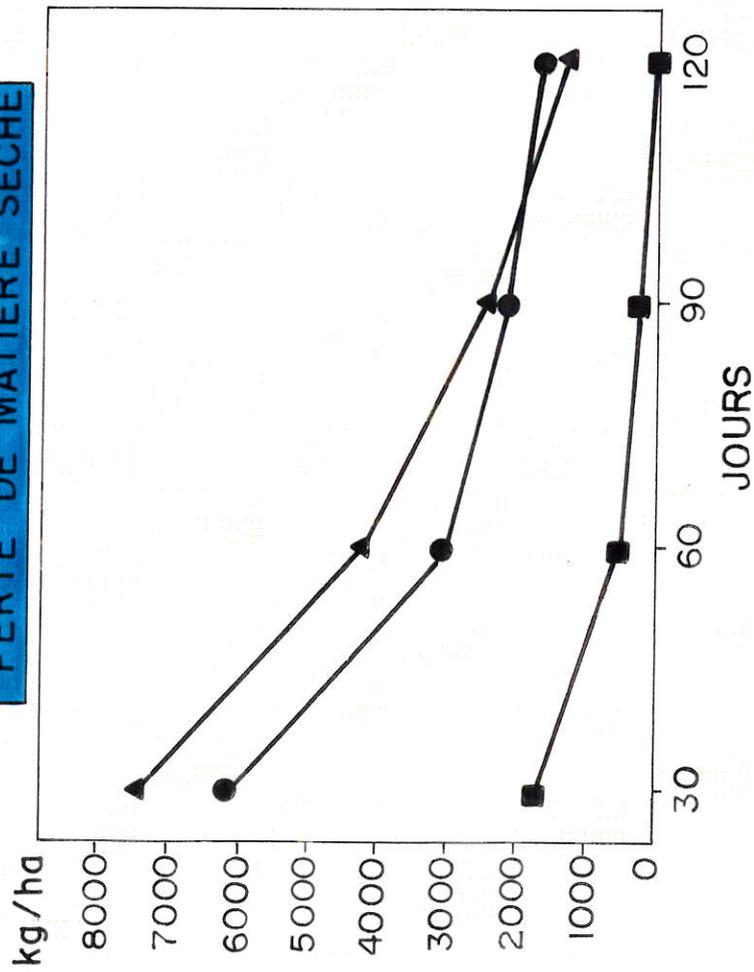


- **À L'INVERSE DES RÉGIONS SUBTROPICALES ET SUBTROPICALES D'ALTITUDE (États du Sud, en dessous de tropiques), OÙ IL EXISTE UNE SAISON FROIDE QUI FREINE LA MINÉRALISATION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE,**
- ⇒ **EN CONDITIONS TROPICALES CHAUDES ET HUMIDES DE BASSE ALTITUDE, TAUX ÉLEVÉ, CONTINU DE MINÉRALISATION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE**
- ⇒ **LA COUVERTURE DU SOL, UNIQUEMENT PAR LES RESTES DE RÉCOLTE EST ÉPHÉMÈRE ET INSUFFISANTE DURANT LE CYCLE DE LA CULTURE**

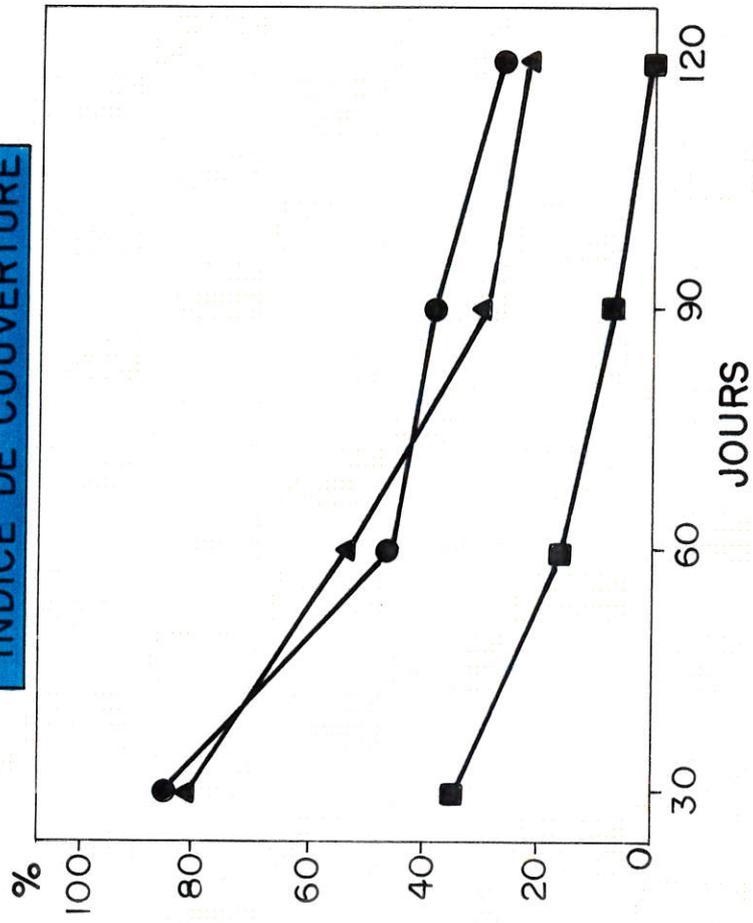
■ ÉVOLUTIONS

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

PERTE DE MATIÈRE SÈCHE



INDICE DE COUVERTURE



▲ MAÏS ● RIZ ■ SOJA

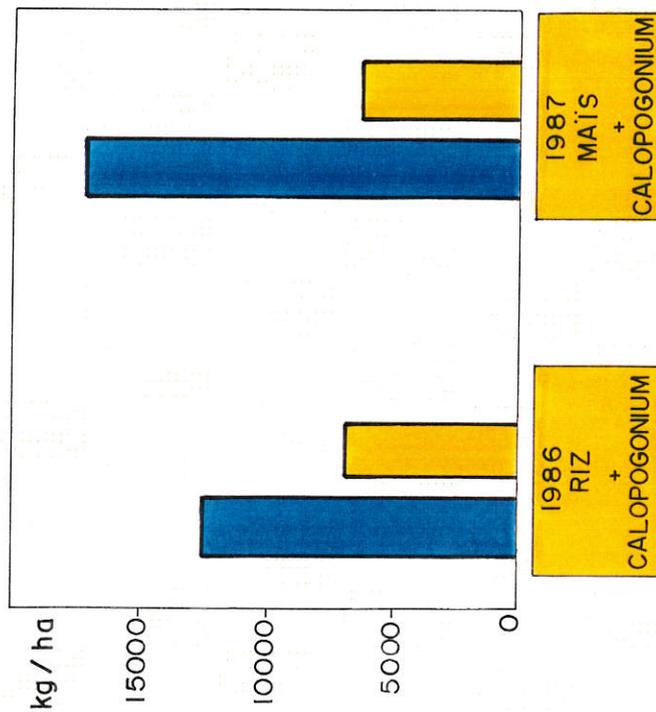
(*) Écologie des cerrados humides. Fazenda Progresso- Lucas do Rio Verde - MT. 1985-89

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

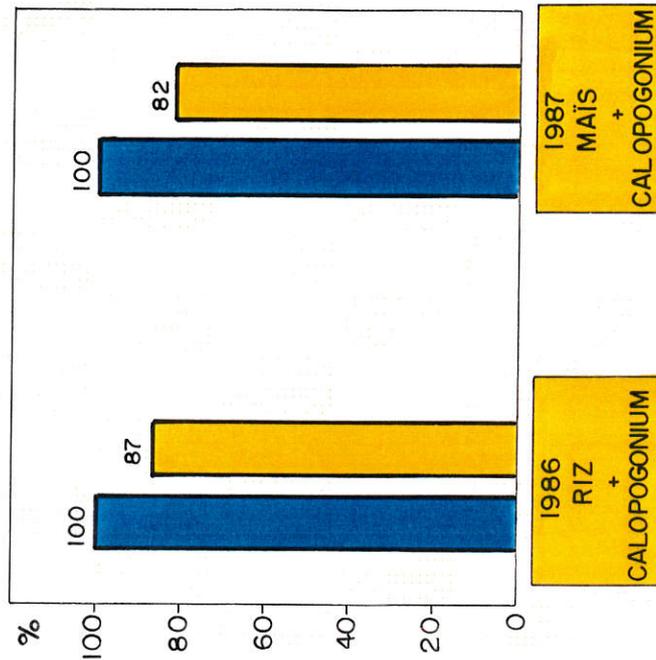
■ ÉVOLUTIONS:

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

PERTES DE MATIÈRE SÈCHE



INDICE DE COUVERTURE



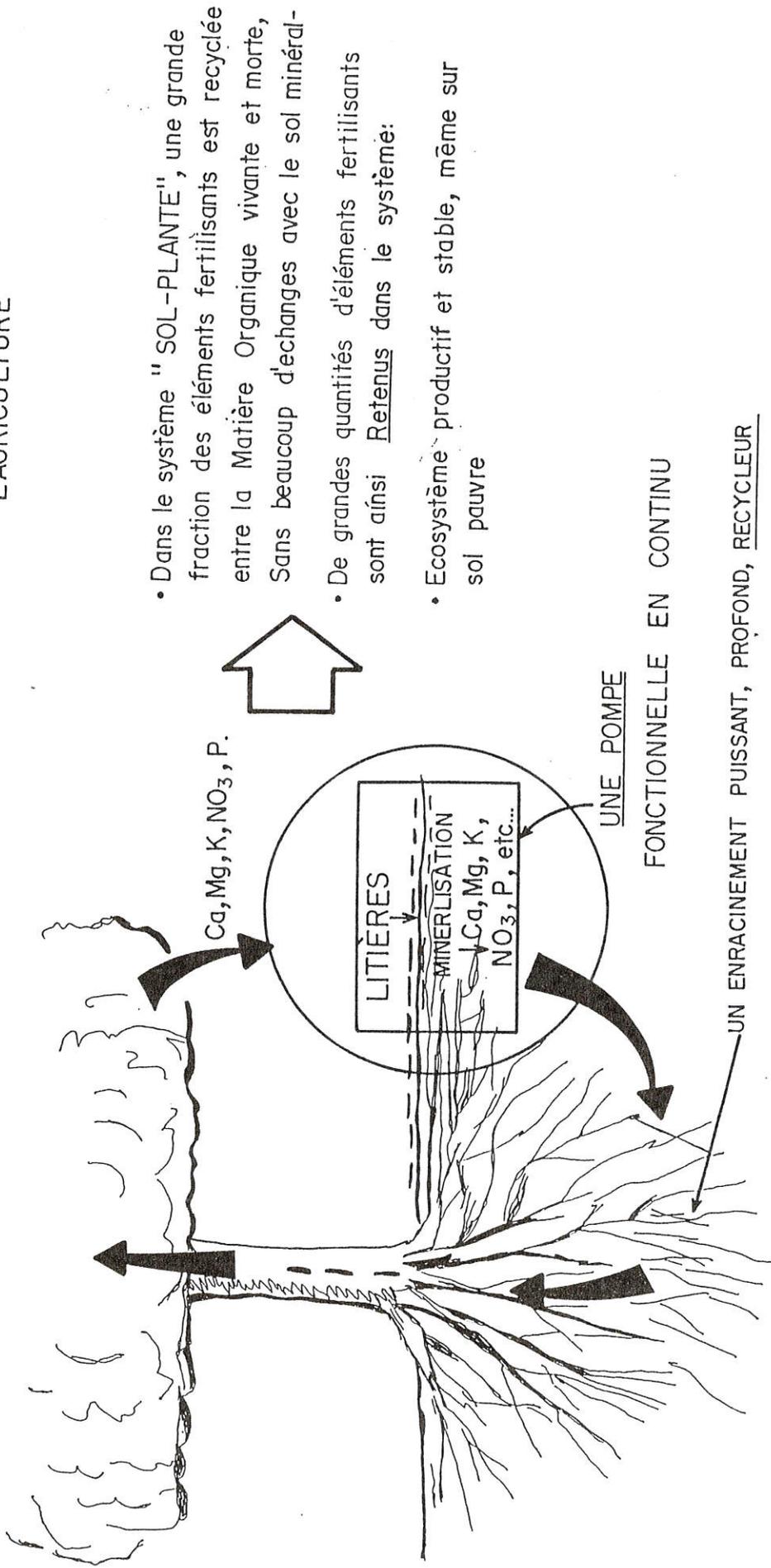
■ FIN DE SAISON SÈCHE - 1986

■ 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

UNE POMPE FONCTIONNELLE EN CONTINU

UN ENRACINEMENT PUISSANT, PROFOND, RECYCLEUR

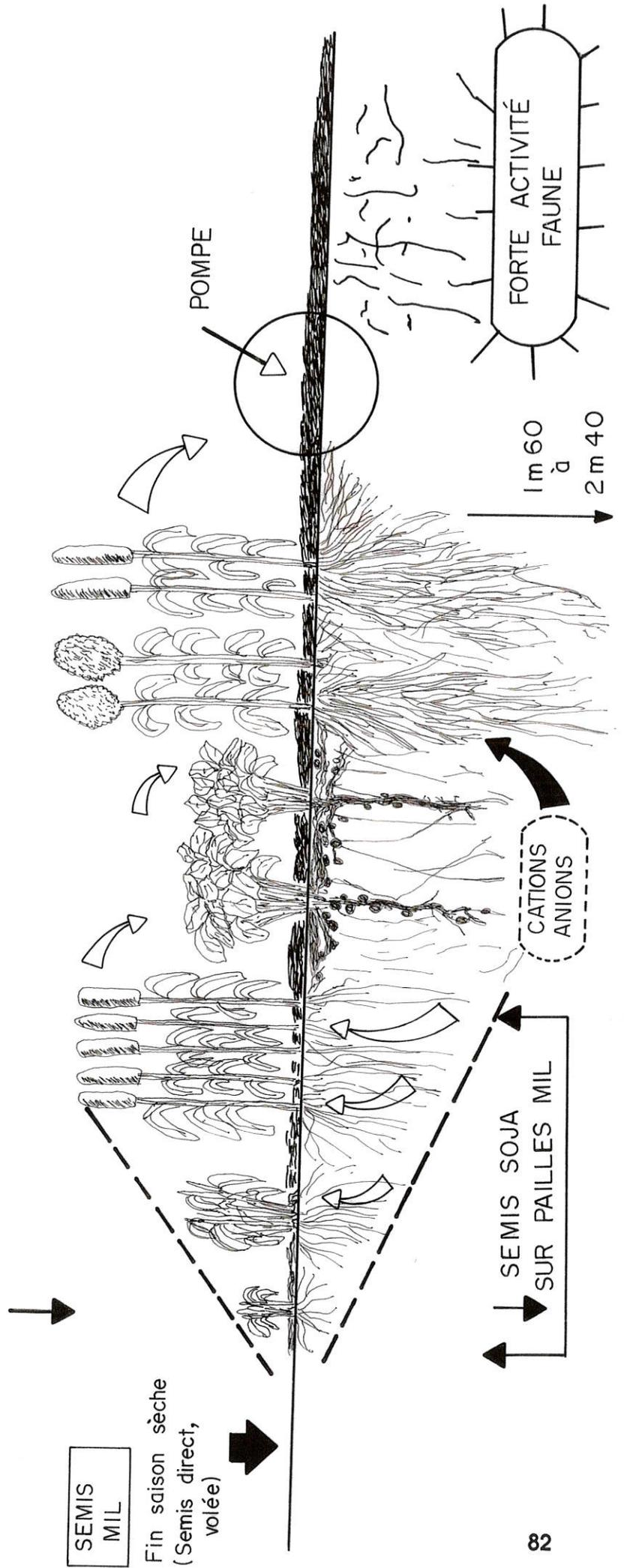
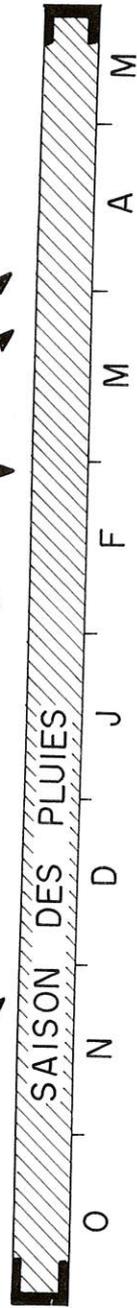
Matière sèche	N	P	K	Ca	Mg
	Kg /ha / AN				
• Matériaux dus à érosion pluviale	12	3,7	220	29	18
• Litière	199	7,3	68	206	45
• Bois tombé	36	2,9	6	82	8
• Décomposition racines	21	1,1	9	15	4
■ Total apporté	268	15	303	332	75
↳ % Biomasse totale	13	11	33	12	19

SOURCE = NYE (1961)

"SYSTEME "MAINTENEUR DE FERTILITÉ"

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

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



- PROTECTRICE ET RESTRUCTURATRICE DU PROFIL DE SOL
- NOURRICIÈRE POUR LES CULTURES, RECYCLEUSE D'ÉLÉMENTS MINÉRAUX

POMPE BIOLOGIQUE

⇒ LA NOTION DE

ET/OU

CULTURE COMMERCIALE

APRÈS LA CULTURE COMMERCIALE

AVANT LA CULTURE COMMERCIALE

PRODUCTION DE FORTES BIOMASSES, RENEUVELABLES, À MOINDRE CÔÛT EN CONDITIONS CLIMATIQUES MARGINALES

- Protection totale contre l'érosion
- Alimentation des cultures par minéralisation
- Contrôle des adventices

AU DESSUS DU SOL

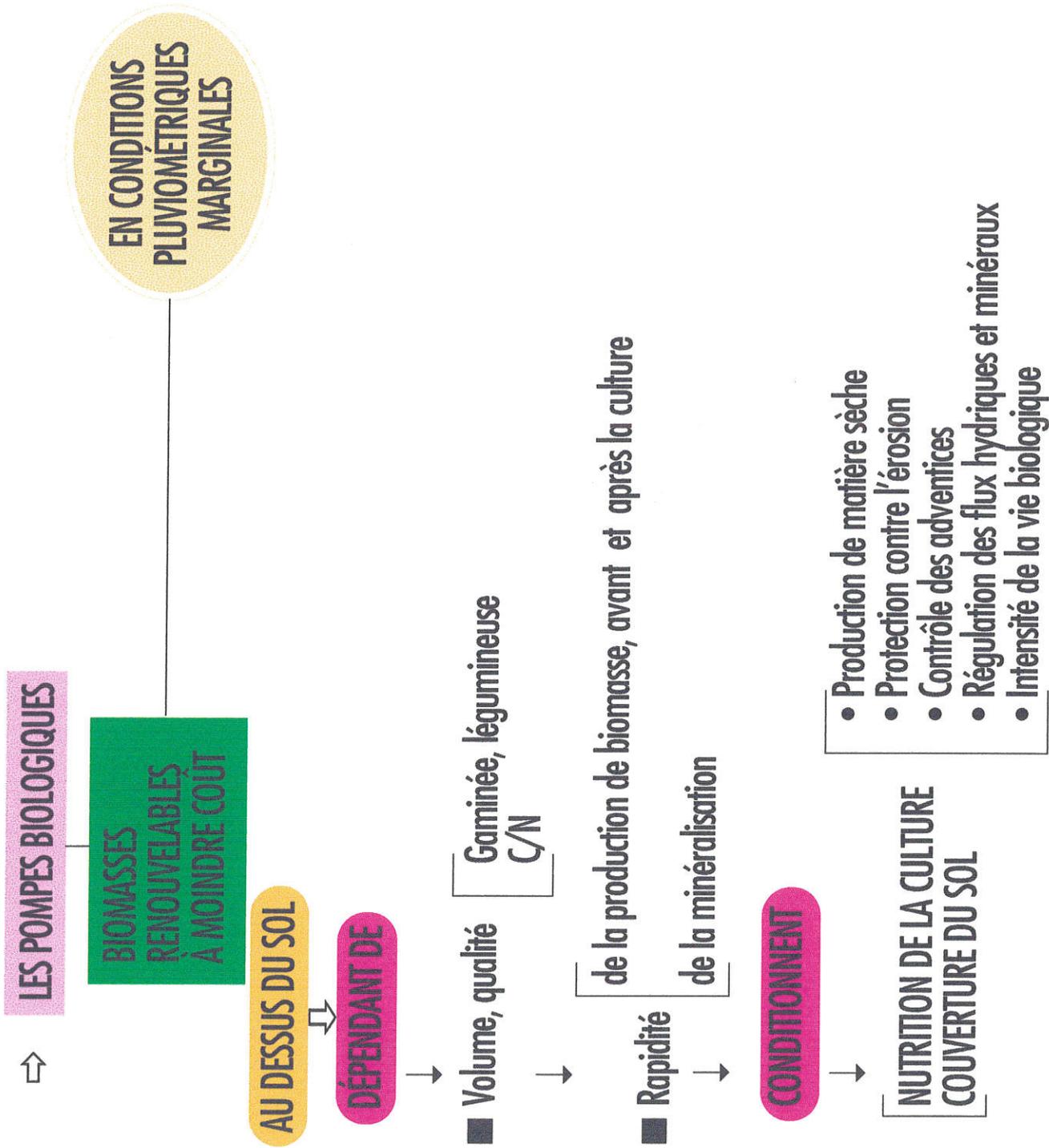
AU DESSOUS DE LA SURFACE

FONCTIONS

- Maintien et amélioration constante de la structure, de la vie biologique.
- Recyclage profond des éléments minéraux en particulier, ceux non assimilables par les cultures commerciales.
- Surface maximale d'interception des éléments minéraux.

SYSTÈME SOL-CULTURE EN CIRCUIT FERMÉ

PERTE D'ÉLÉMENTS MINÉRAUX NULLE OU MINIMALE



SOURCE : L. Séguy, S. Bouzinac, M. Matsubara - 1985-1992

LES POMPES BIOLOGIQUES

BIOMASSES
RENOUVELABLES
A MOINDRE COUT

EN CONDITIONS
PLUVIOMETRIQUES
MARGINALES

EN DESSOUS DE LA SURFACE DU SOL

- Vitesse
- Volume
- Profondeur

Puissance du système racinaire

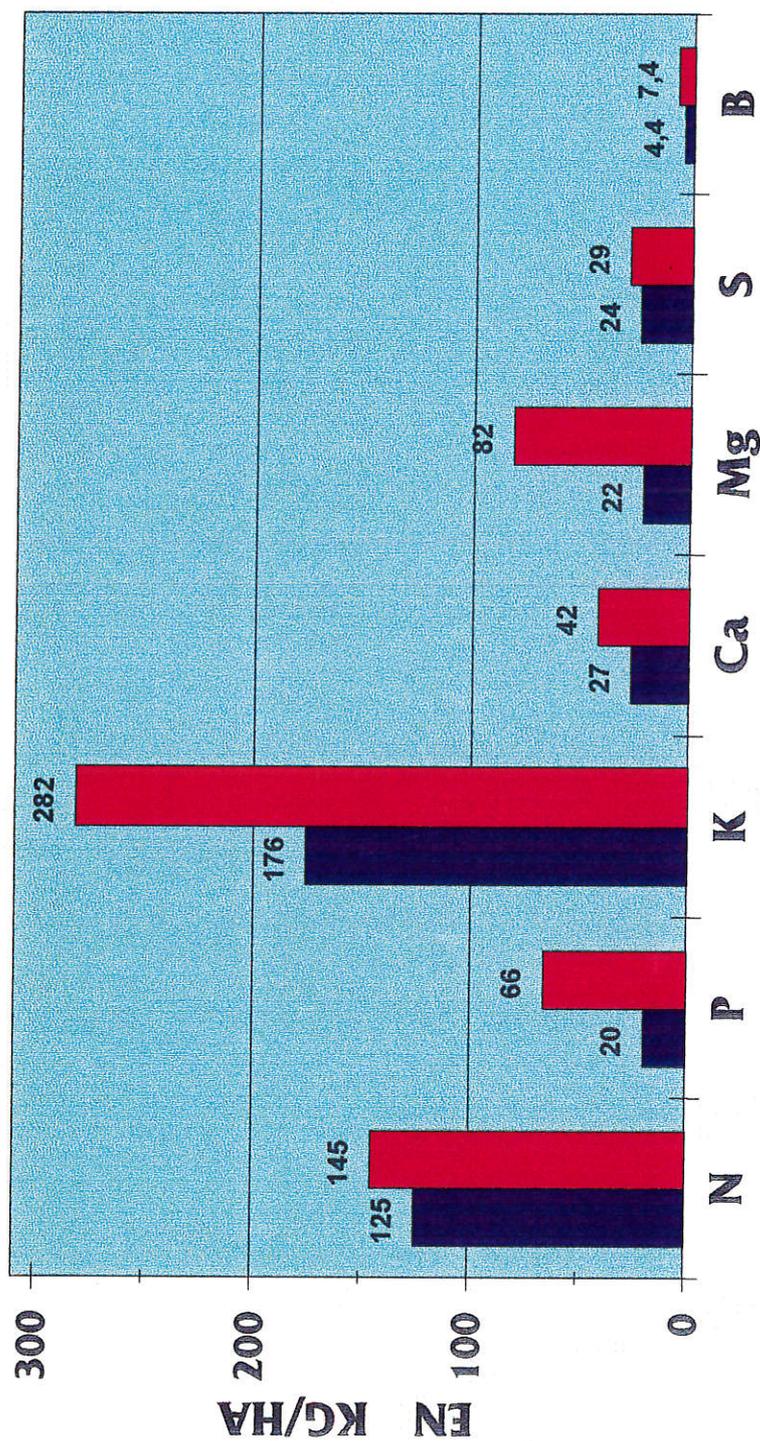
Surface de
contact avec
le sol

GARANTIT

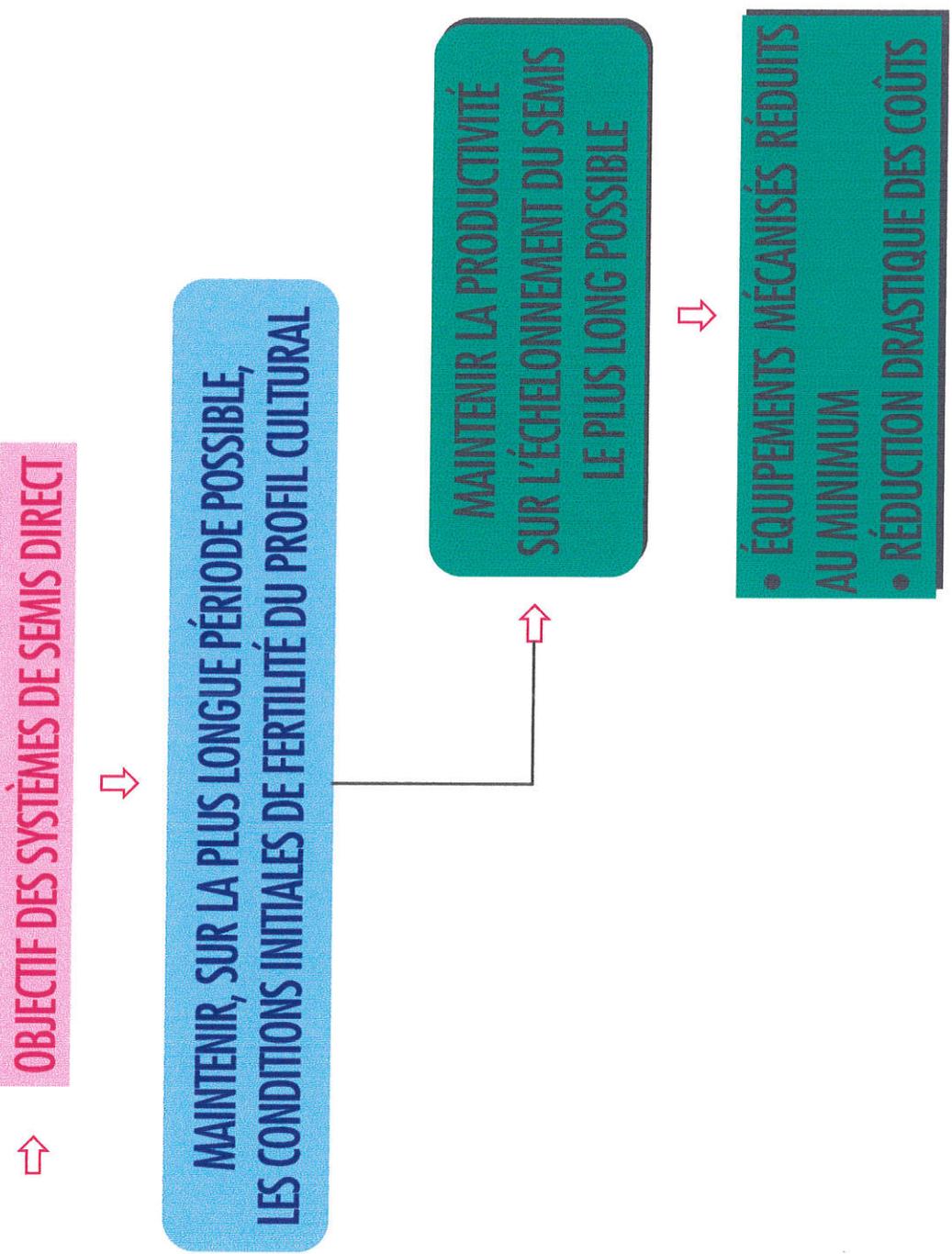
- Importance de la surface d'interception de l'eau et des éléments nutritifs
 - Capacité de
 - Mobilisation de la M.O. à turn-over rapide
 - Recyclage des éléments minéraux en profondeur
 - Création, amélioration continue d'une bio-structure stable
 - Effets rhizosphériques phytoprotecteurs et stimulateurs de croissance
 - Conditions d'oxydo-réduction dans le profil cultural.
- Antibiotiques
 - Substances de croissance

SOURCE : L. Séguy, S. Bouzinac, M. Matsubara - 1985- 1992

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



MIL FOURRAGER (10 T M.S./HA)
MIL SANYO (16 T M.S./HA)



↑ **OBJECTIF DES SYSTÈMES DE SEMIS DIRECT** ↓

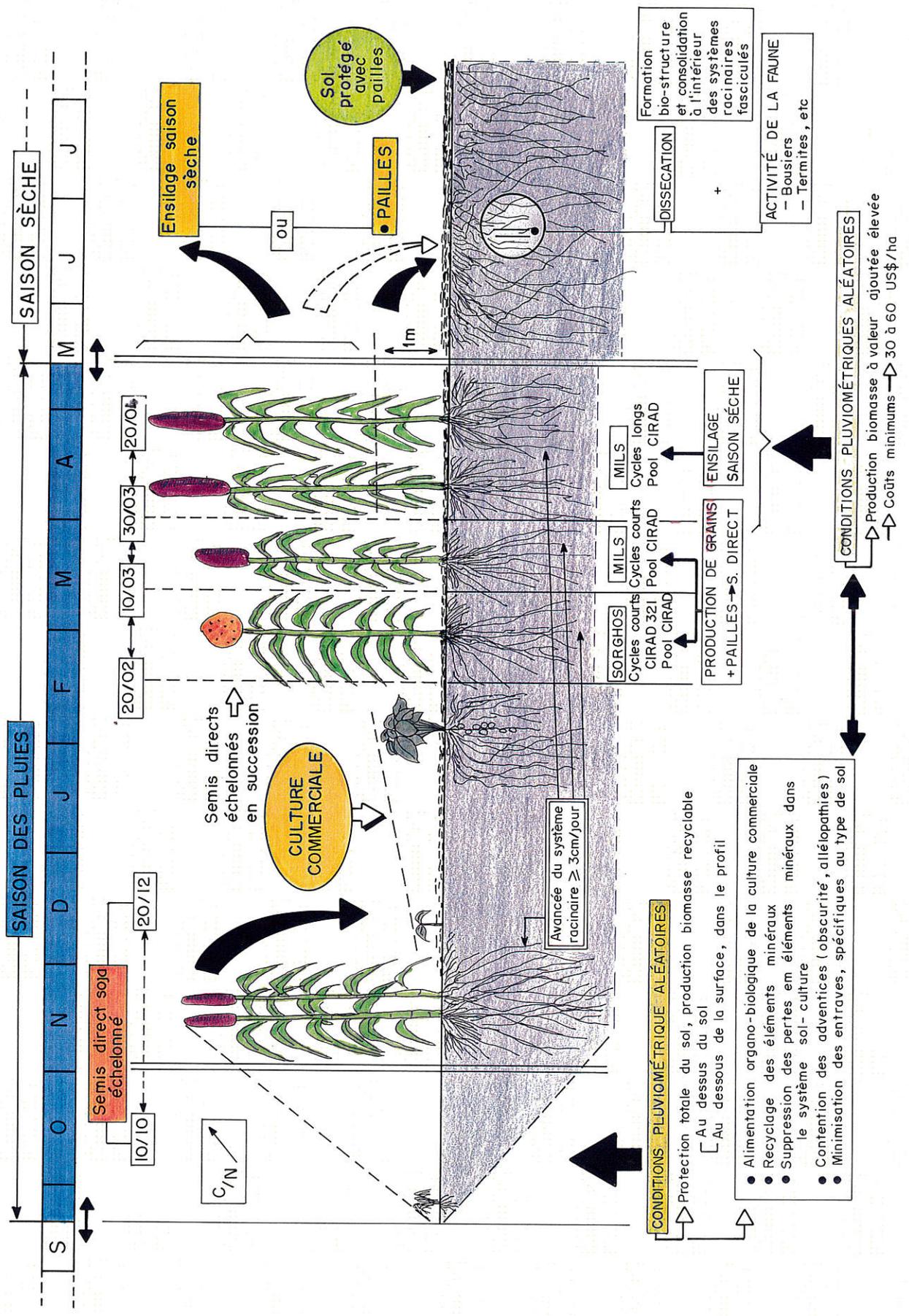
MAINTENIR, SUR LA PLUS LONGUE PÉRIODE POSSIBLE, LES CONDITIONS INITIALES DE FERTILITÉ DU PROFIL CULTURAL

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. Trentini
CIRAD-1986/1994



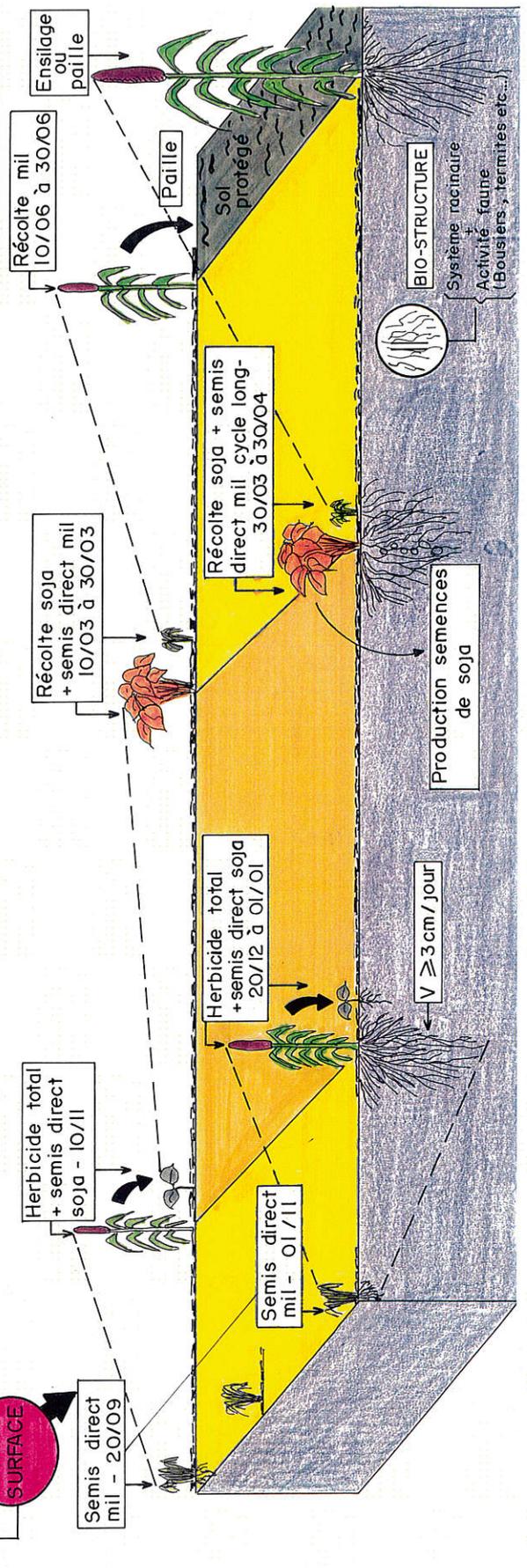
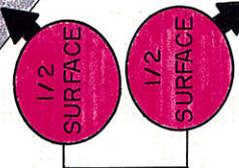
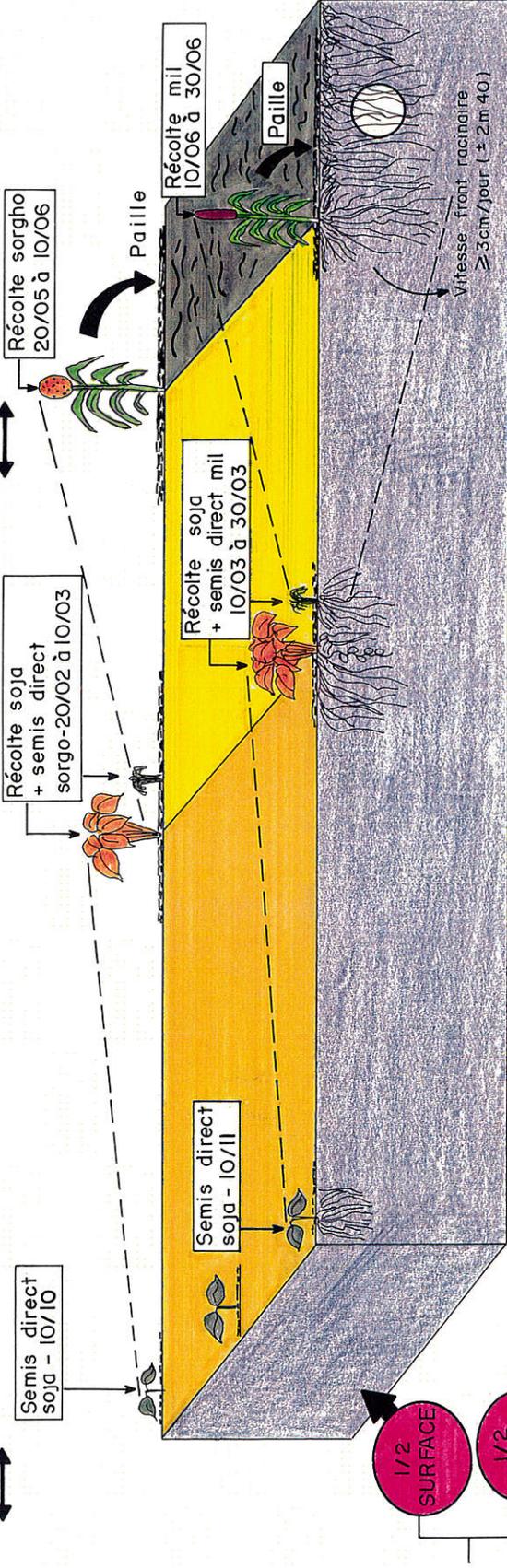
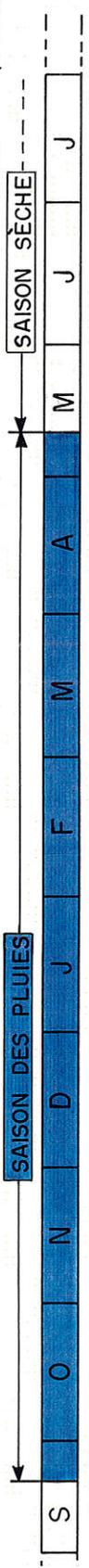
CONDITIONS PLUVIOMÉTRIQUES ALÉATOIRES

- Protection totale du sol, production biomasse recyclable
 - ☐ Au dessus du sol
 - ☐ Au dessous de la surface, dans le profil
- Alimentation organo-biologique de la culture commerciale
- Recyclage des éléments minéraux
- Suppression des pertes en éléments minéraux dans le système sol-culture
- Contention des adventices (obscurité, allélopathies)
- Minimisation des entraves, spécifiques au type de sol

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

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

Soja semis précoce + Cultures en succession
 Mil + Soja semis + Mil
 Plus tardif { Ensilage
 paille

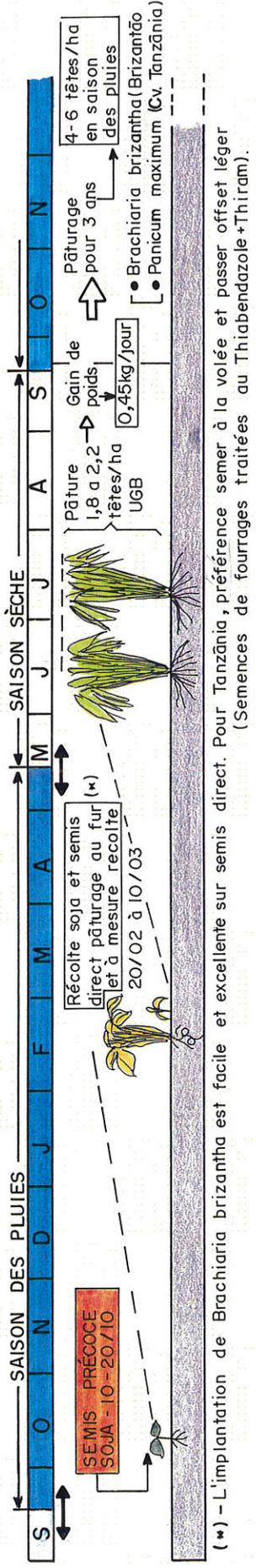


• SOURCE: L. Seguy, S. Bouzinac, A. Trentin, CIRAD - 1986/1994

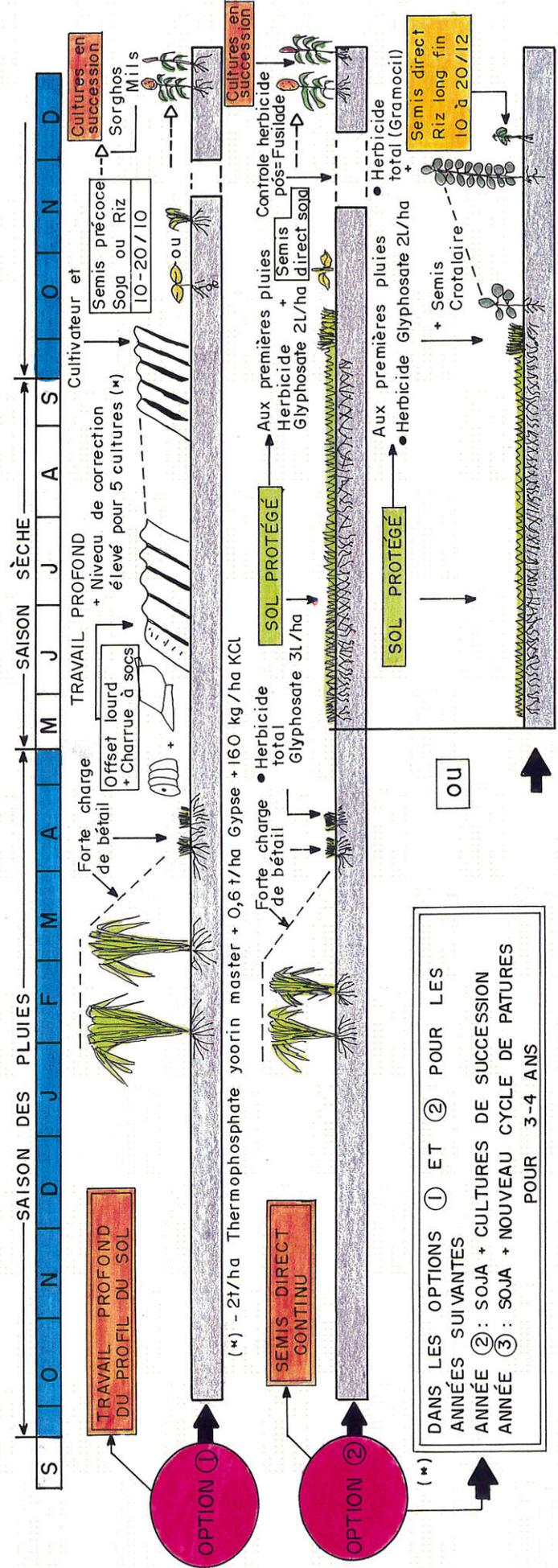
LES SYSTÈMES "PRODUCTION DE GRAINS - ELEVAGE" EN ROTATION, TOUS LES 3-4 ANS

→ 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

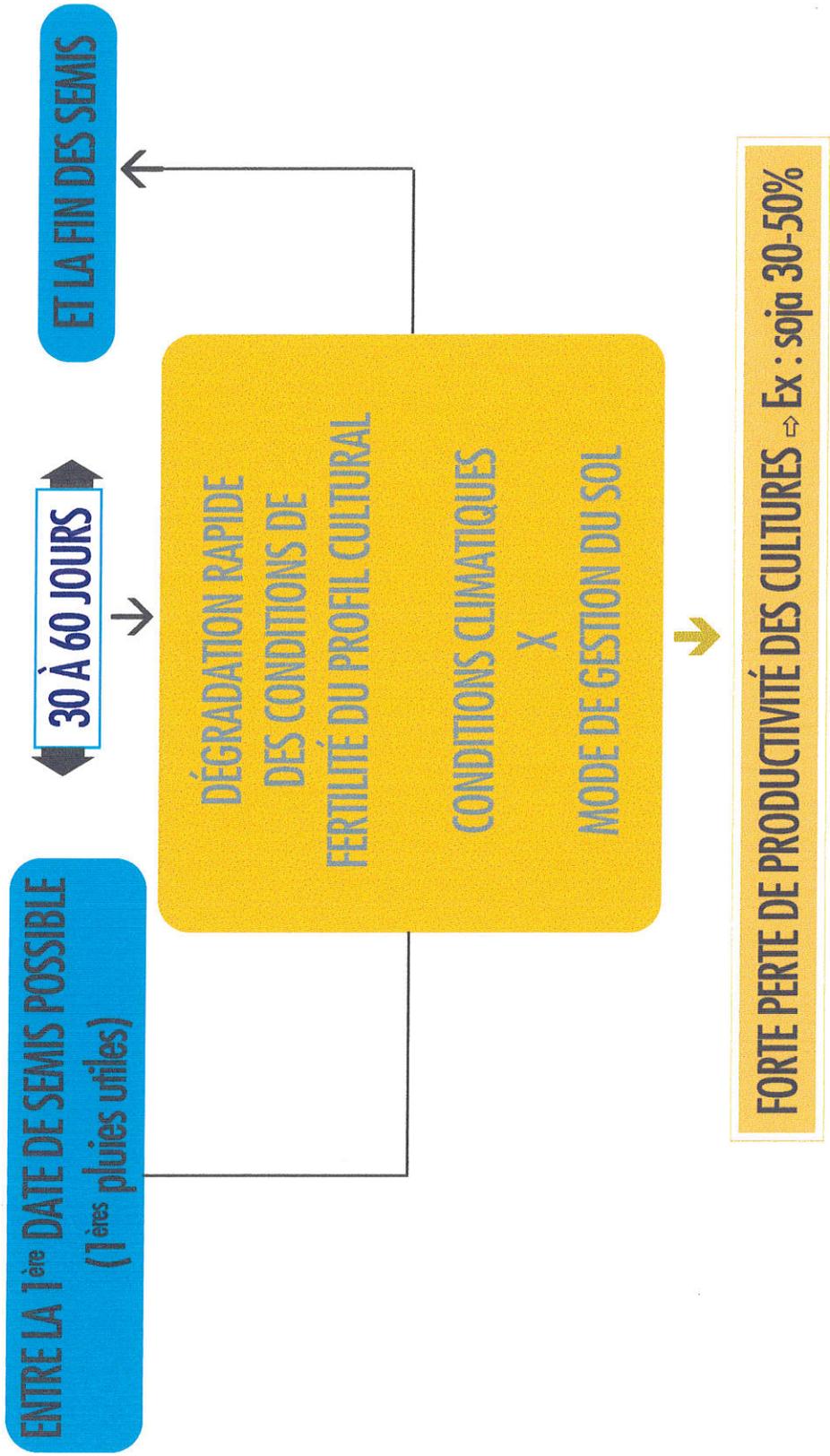
① - COMMENT PASSER DE LA CULTURE AU PÂTURAGE DANS LA MÊME ANNEE AGRICOLE ?



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		
Semis	0,6	1 pulvérisage	0,6	1 pulvérisage	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 préparation des sols	
	1 ^o technique	2 ^o 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

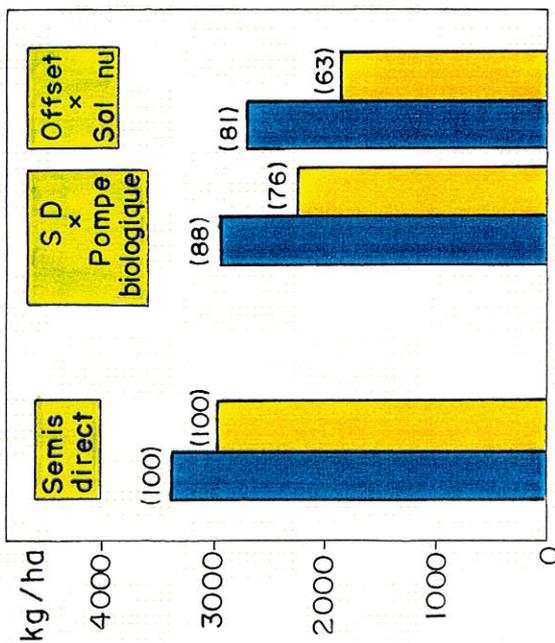
Opération - Coûts de production (\$/ha)	2 Hypothèses de productivité (kg/ha)		Recette (\$/ha)	Marge nette (\$/ha)
	(A)	(B)		
Dessiccation (Paraquat)	14,65		80,00	29,75
Semis (1)	20,6	2 000		
Récolte	15,00	2 000	133,3	83,00
Total	50,25			

(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

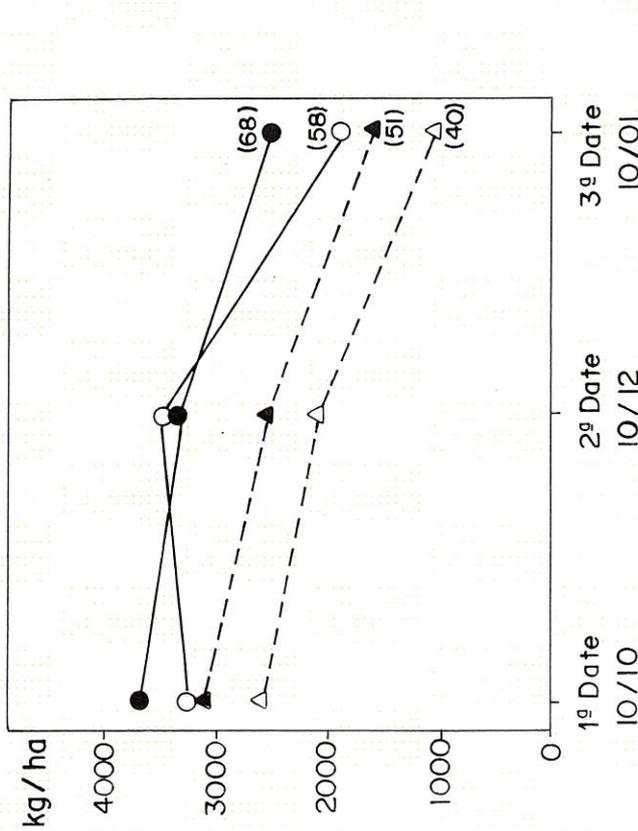


- Niveau fort de correction
- Niveau progressif de correction
- () Productivités relatives
- Écologies des forêts et cerrados humides
- (*) Moyenne de 4 essais conduits en conditions d'exploitation réelles → [70ha] Sinop et Lucas do Rio Verde - MT - 1994

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



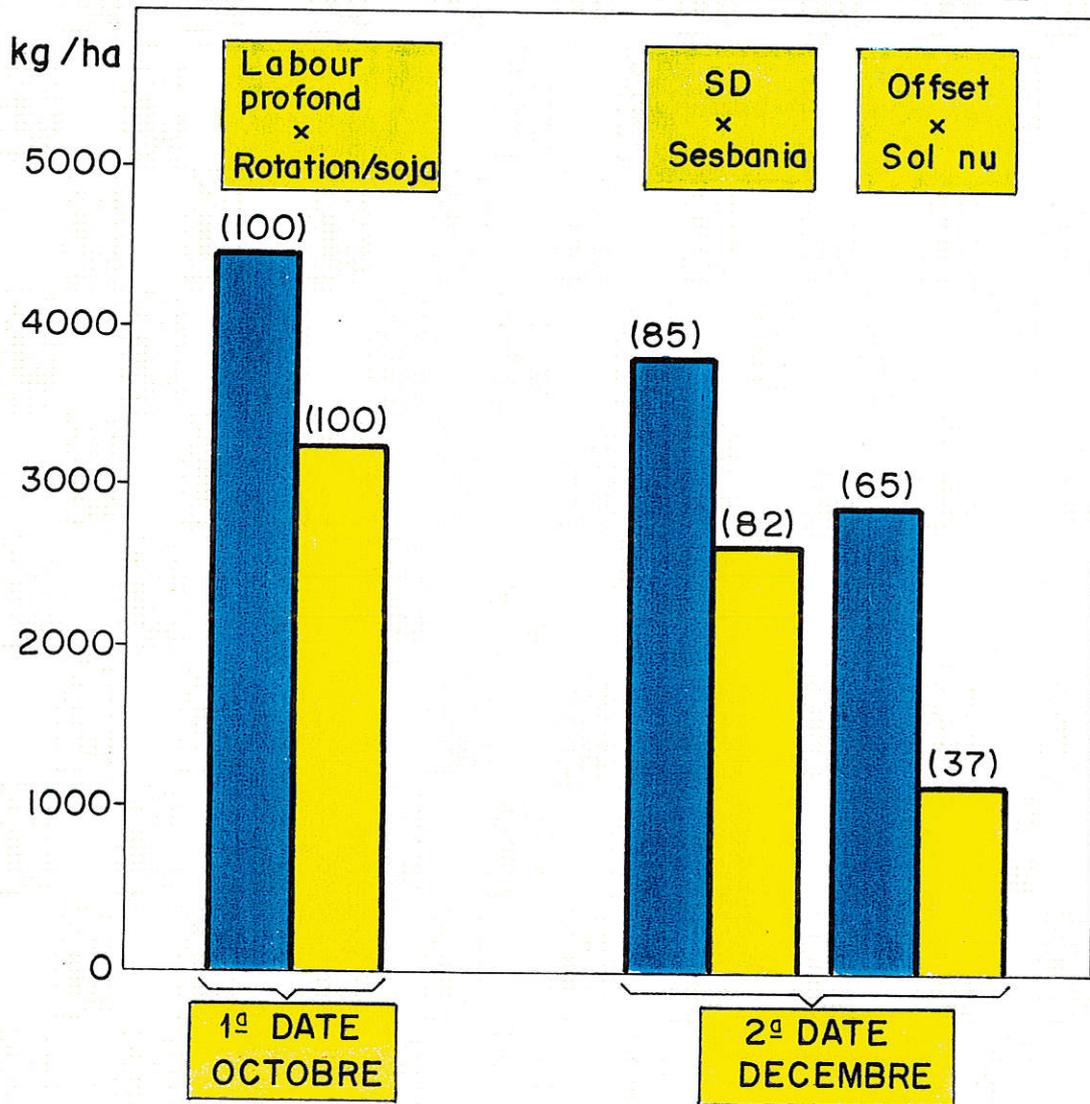
- Niveau de correction fort
- Niveau progressif de correction
- ▲ Niveau fort de correction
- △ Niveau progressif de correction
- () Productivités relatives

- Écologies des forêts tropicales humides
- (*) Essais sur [20ha], conduits en conditions d'exploitation réelles. Sinop - MT - 1994

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

**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 () Productivités relatives
■ Niveau progressif de correction SD - Semis direct

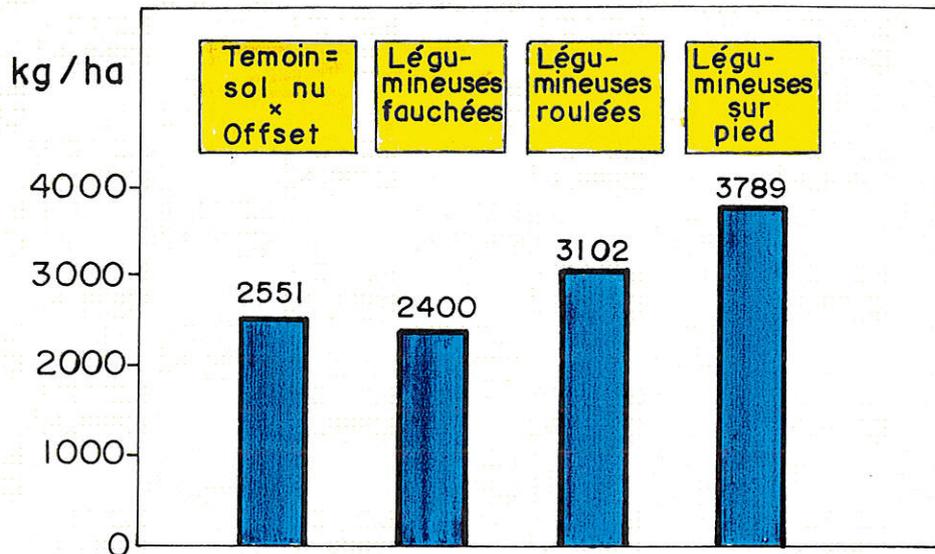
- Écologies des forêts et cerrados humides
- (*) Moyenne de 4 essais conduits en conditions d'exploitation réelles → 100 ha
- Sinop et Lucas do Rio Verde MT - 1994

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

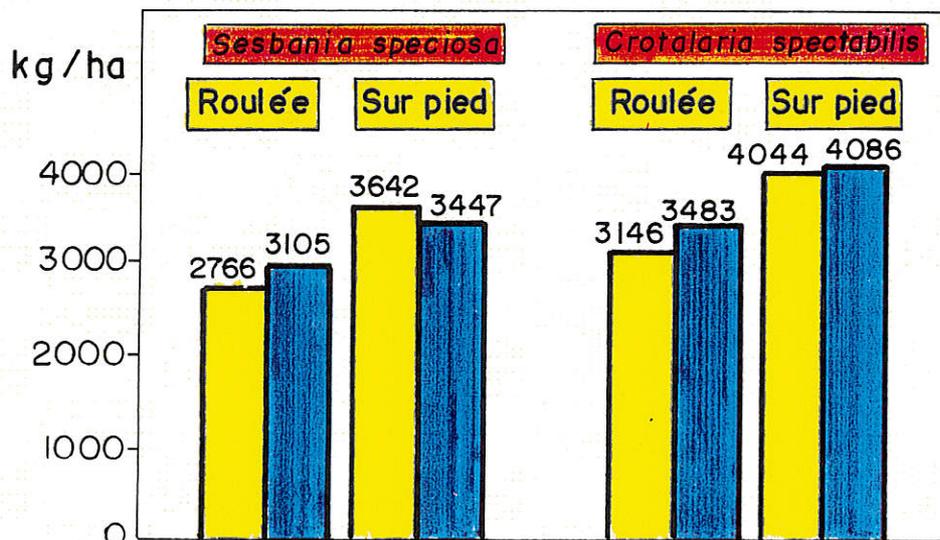
PRODUCTIVITÉ DU RIZ PLUVIAL DANS DIVERS SYSTÈMES DE SEMIS DIRECT TARDIF

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



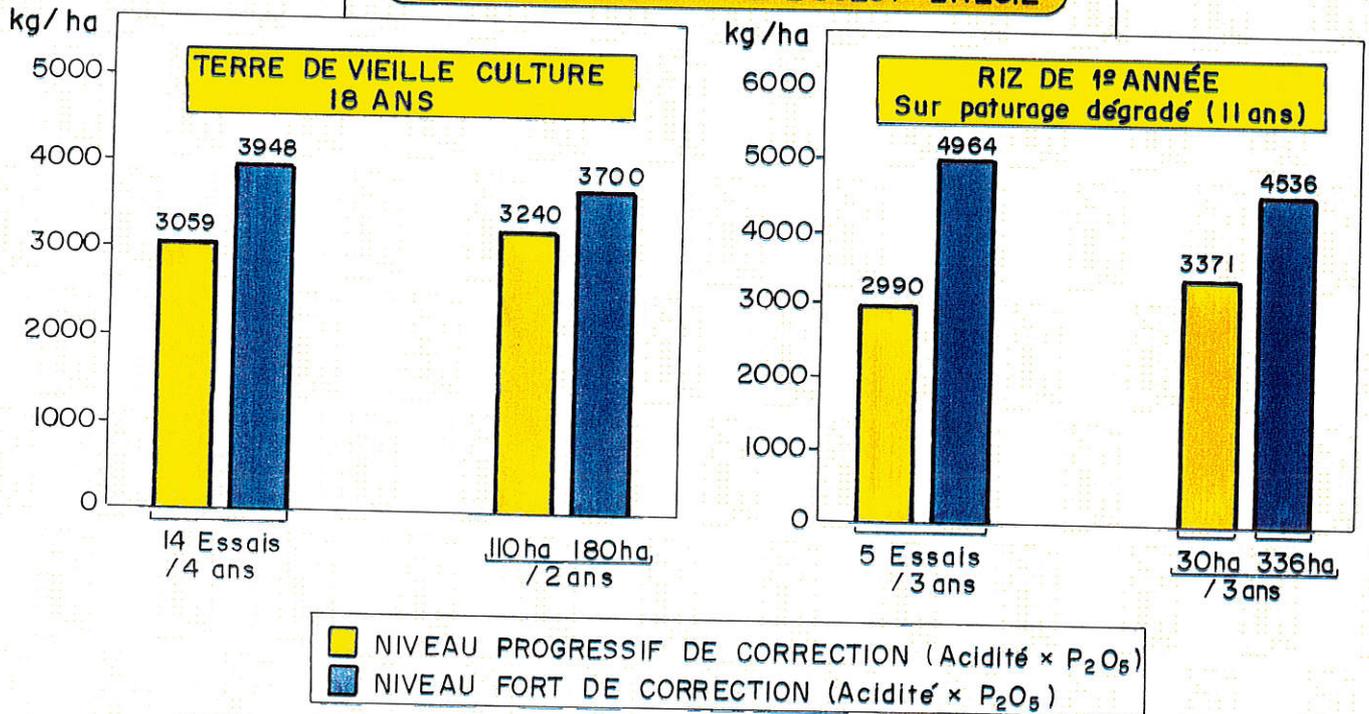
■ Niveau fort de correction de l'acidité + P₂O₅ + K₂O + Zn
 ■ Niveau progressif de correction de l'acidité P₂O₅ + K₂O + Zn

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

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

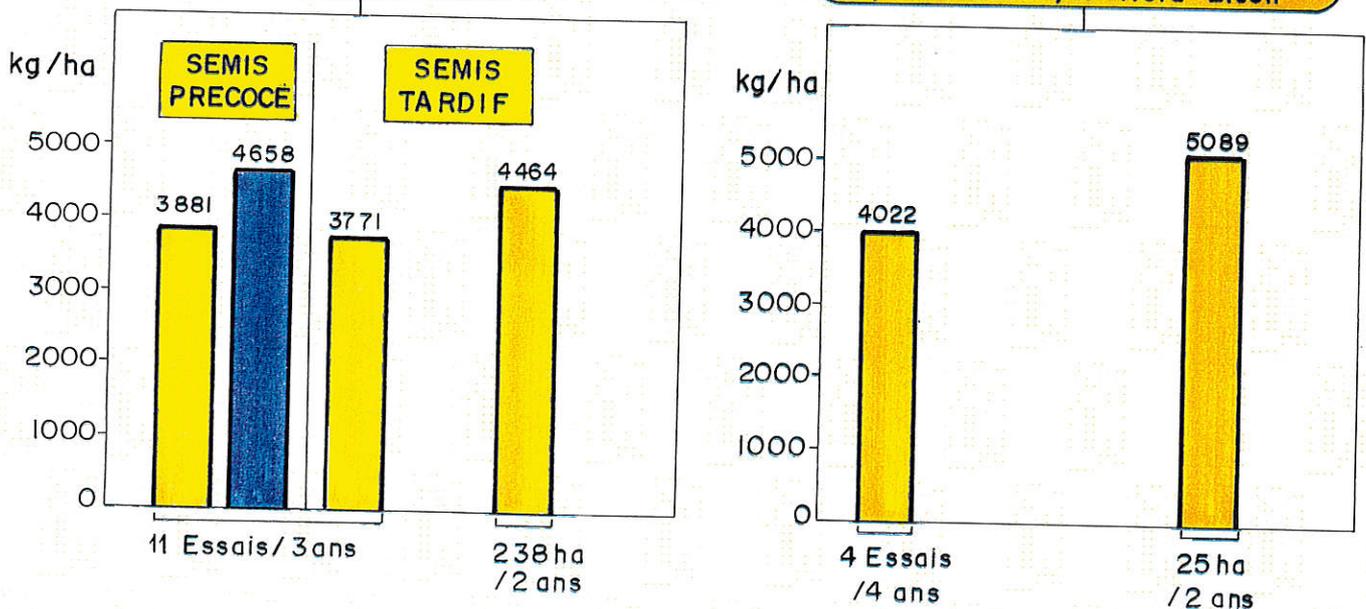
PERFORMANCES MOYENNES DE NOUVEAUX CULTIVARS DE RIZ PLUVIAL DE QUALITÉ DE GRAIN SUPÉRIEURE (long à très long fin), EN ESSAIS ET EN GRANDE CULTURE - MT- 1991-1994

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 zootechniques 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 Cortés (EMPAER) - Fazenda Progresso - 1995		

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

(*) Recherches sur la partle 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 alablement 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 fillères 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, Mils, Maïs, Riz) SUR LÉGUMINEUSES PÉRENNES

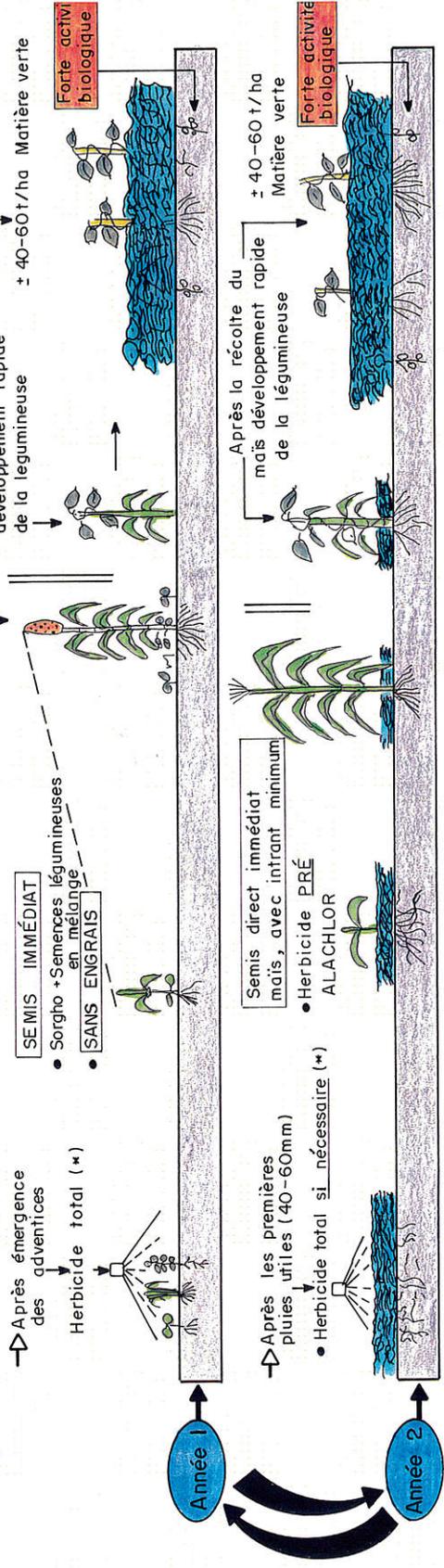
Utilisables aussi bien en agriculture mécanisée qu'en agriculture manuelle

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

- Colopogonium mucunoides
 - Pueraria phaseoloides
 - Macroptilium atropurpureum
 - Cassia rotundifolia
 - Tephrosia pedicellata
 - Stizolobium aeternum (*)
- Valorisation des ressources naturelles au profit des cultures commerciales
Gestion à intrants minimums

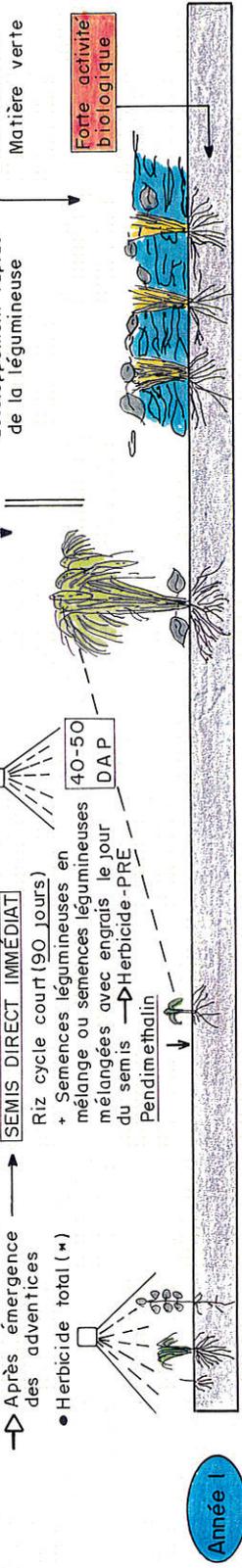
Légumineuses volubiles ou non, reproduction par semences

1- LE SYSTÈME MAÏS, SORGHO



Année 3 Idem année 1 → **ALTERNER** (Ressemer la légumineuse, quand c'est nécessaire) → Fumure minérale tous les 2 ans

2- Le système riz cycle court



Année 2 Idem année 1 (Ressemer légumineuse si nécessaire)

(*) Gramocil (1,0 a 1,5L/ha), Gramoxone → Peut aussi être utilisé pour faciliter 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	NPK localisé (1)		Soja	1 215	Mais	4 700	Soja	1 775 (*)	-	-
	Labour profond		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	NPK localisé (1)		Soja	2 040	Mais	5 200	Soja	2 460	Mais	5 472
	Semis direct		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

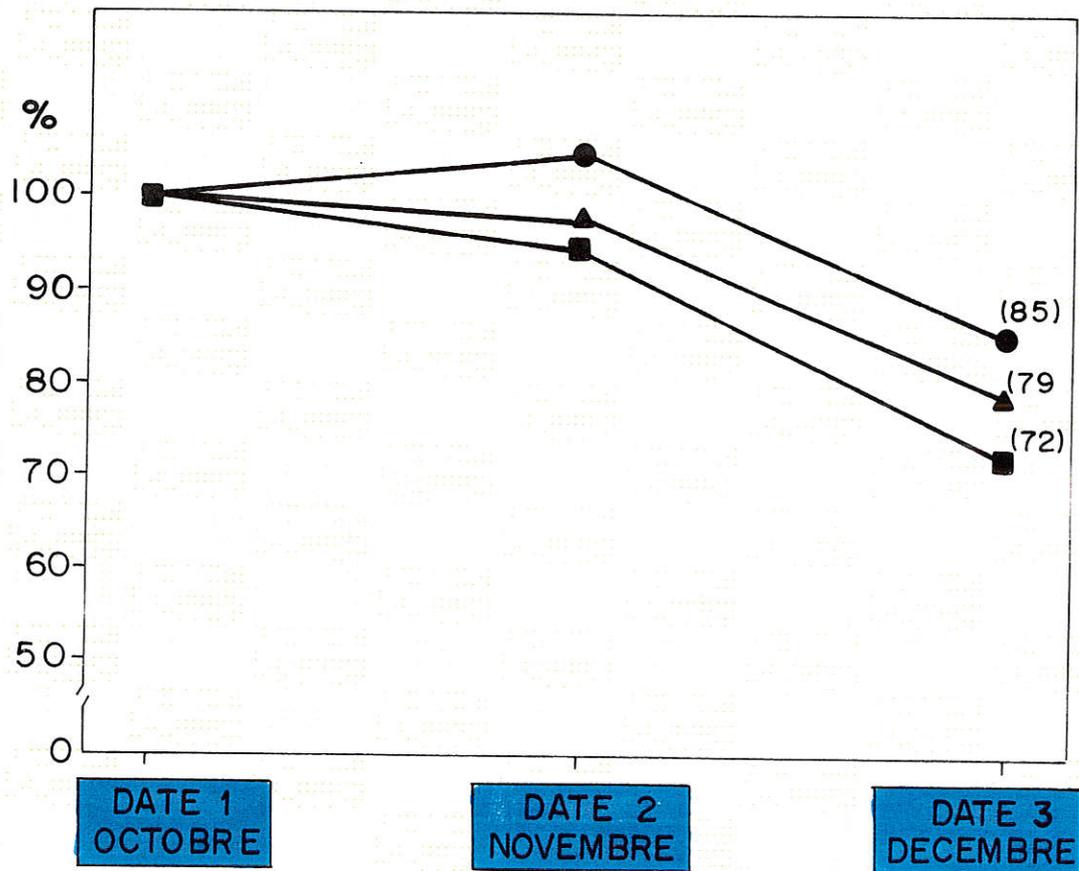
(2) Fertilisation - Thermophosphate :

- 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., Bouzamac S. - Fazenda Progresso - Lucas do Rio Verde - MT - 1986-1990.

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



- Fazenda Progresso — Semis direct
- ▲ Moyenne de 6 localités du Mato Grosso du Nord — Travail du sol conventionnel
- Moyenne de 6 localités du Mato Grosso du Sud — Travail du sol conventionnel

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

SOURCE: Fundação MT - Rondonópolis - 1995