



**CONTRIBUTION A L'ETUDE ET A LA MISE AU POINT
DES SYSTEMES DE CULTURE EN MILIEU REEL :**

- ◆ **PETIT GUIDE D'INITIATION A LA METHODE DE
"CREATION-DIFFUSION" DE TECHNOLOGIES
EN MILIEU REEL**

 - ◆ **RESUMES DE QUELQUES EXEMPLES SIGNIFICATIFS
D'APPLICATION**
-

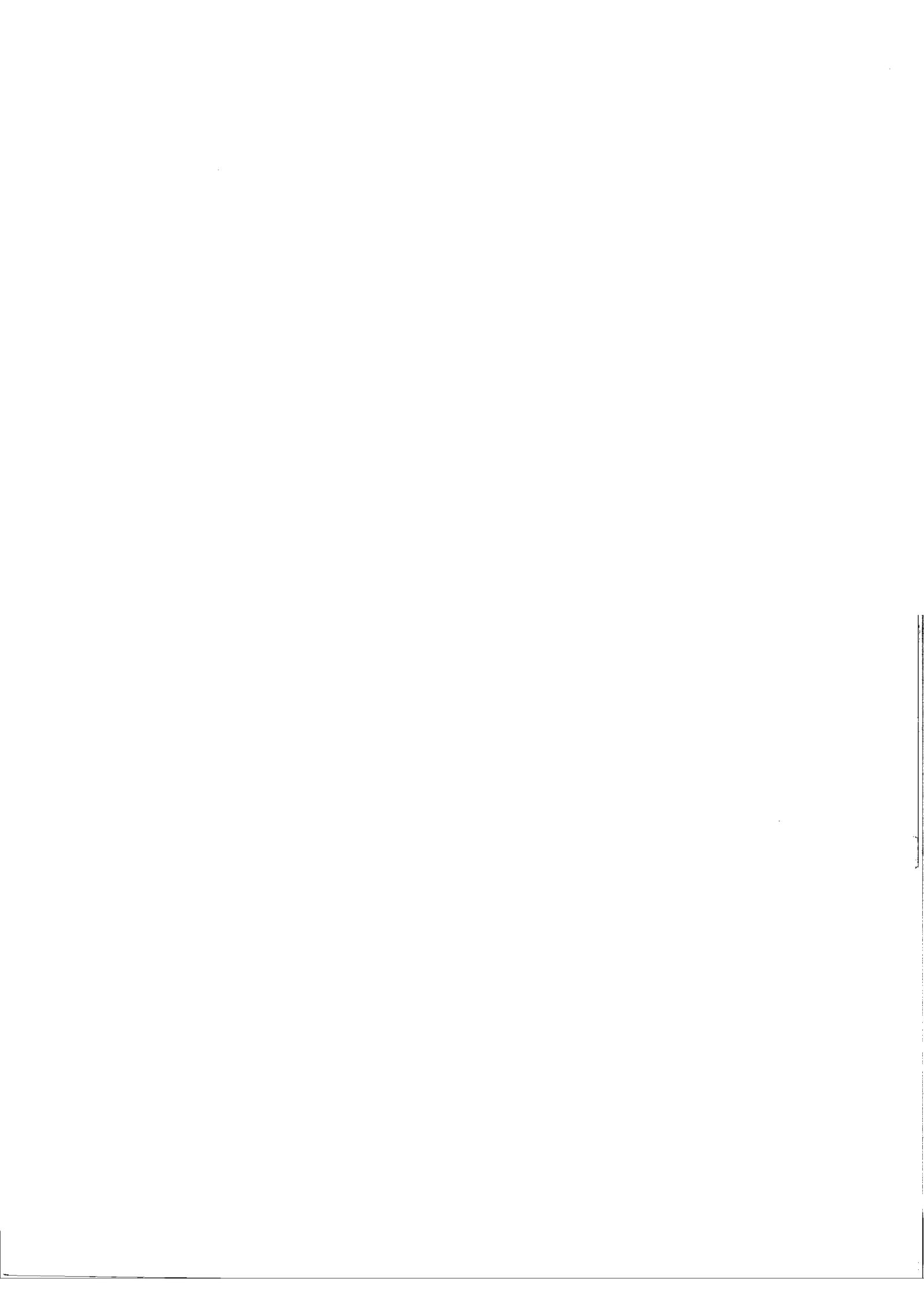
**LUCIEN SEGUY
OCTOBRE 1994**

**CONTRIBUTION A L'ETUDE ET A LA MISE AU POINT
DES SYSTEMES DE CULTURE EN MILIEU REEL :**

- ◆ **PETIT GUIDE D'INITIATION A LA METHODE DE
"CREATION-DIFFUSION" DE TECHNOLOGIES
EN MILIEU REEL**

 - ◆ **RESUMES DE QUELQUES EXEMPLES SIGNIFICATIFS
D'APPLICATION**
-

**LUCIEN SEGUY
OCTOBRE 1994**



SOMMAIRE

AVANT PROPOS

I -	INTRODUCTION	1
II	LA DEMARCHE GLOBALE : CONCEPT ET OBJECTIFS, REGLES DE BASE, ETAPES ET LIMITES	3
	II.1. Concepts et objectifs	3
	II.2. Règles de base de l'intervention de la recherche système	4
	II.3. Les différentes étapes de la démarche de création-diffusion	7
	II.4. Limites de la démarche	9
III.	UN DIAGNOSTIC INITIAL RAPIDE	11
IV.	LE PROCESSUS DE CREATION DE TECHNOLOGIES EN MILIEU REEL	19
	IV.1. Des arguments d'une recherche action créative, en prise directe dans le milieu réel	19
	IV.2. Quelques règles importantes du processus de création de technologies à partir du diagnostic rapide	22
	IV.3. Mise en oeuvre opérationnelle de ces règles	24
	IV.4. La progression des systèmes de cultures dans le temps	28
	IV.5. Produire des connaissances et donner des solutions au développement	35
V.	LE SUPPORT OPERATIONNEL DE LA MATRICE DES SYSTEMES DE CULTURES EN MILIEU REEL	39
	V.1. La mise en place de ces unités de "création-diffusion" sur les unités de paysage représentatives, requiert l'observation stricte de quelques règles importantes	39

V.1.1.	Donner une dimension, à la fois, technique et économique à l'expérimentation en milieu réel.	39
V.1.2.	Intégrer la variabilité du facteur sol	41
V.2.	Le montage pratique des unités de création-diffusion	41
V.3.	Suivi-évaluation agrotechnique et économique des unités de création-diffusion	48
V.3.1.	Acquisition des références	48
V.3.2.	Organisation des références	49
V.3.3.	Traitement des références	50
V.4	Gestion des unités de création diffusion	50
V.4.1.	Les agriculteurs	50
V.4.2.	Gestion des intrants	53
V.4.3.	Le personnel de la recherche "thématique"	53
V.4.4.	Le personnel de la vulgarisation et de l'encadrement	53
VI.	DIFFUSION DES TECHNOLOGIES ET ADOPTION PAR LES PRODUCTEURS	55
VI.1	Diffusion des technologies	55
VI.2	Nature des technologies diffusées	55
VI.3.	Conditions d'adoption des technologies par les producteurs	56
VII.	FORMATION	57

AVANT PROPOS

Le but principal de cet ouvrage est d'analyser une démarche d'élaboration des systèmes de cultures, appelée "**CREATION-DIFFUSION de technologies en milieu réel et formation**", pour en dégager les axes et principes essentiels, de même que les méthodes et outils de diagnostic, de suivi-évaluation, et aussi et surtout, d'en préciser les limites à la fois conceptuelles et opérationnelles.

Il n'est pas question de faire ici une analyse comparative entre cette approche et celles, maintenant nombreuses qui ont été développées par la recherche internationale, depuis la fin des années 1970, tant par l'école française : IRAT, DSA au sein du GERDAT, puis CIRAD, GRET, INA-PG, ORSTOM, ITCF, INRA, que par les institutions internationales de recherche dont le CIMMYT, l'IRRI, le CIP, et l'ICRISAT pour ne citer que les plus impliqués (S. BELLON et al., 1985-27 ; NORMAN W. SIMMONDS, 1984-28 ; HUSSON O., 1991-30). L'ouvrage très consistant de B. TRIOMPHE sur les méthodes d'expérimentation en milieu paysan, constitue, à cet égard, une référence de qualité (B. TRIOMPHE, 1987-29).

La démarche qui sera décrite ici a été initiée à l'IRAT, dès 1970, au Cameroun : projets rizicoles des plaines de M'Bos, N'Dop - projets vivriers cultures pures et associées d'altitude de l'Ouest Cameroun - projet SEMRY au Nord Cameroun. Dès cette époque, les notions de systèmes de culture, de modes de gestion des sols et des cultures, de fixation de l'agriculture, étaient déjà les préoccupations déterminantes de l'action de l'agronome en milieu réel tropical (SEGUY L., 1970/1978-44-45-46).

Elle a été, ensuite forgée, dans la propre nature, à travers divers continents sous l'impulsion de l'équipe élargie, dans des conditions pédo-climatiques et socio-économiques très diversifiées, concourant au succès de la fixation de l'agriculture dans diverses régions tropicales, dont, pour ne citer que les plus importantes :

◆ Sur le continent sud-américain :

- ▶ fixation de l'agriculture manuelle, itinérante dans la région du Cacaïs de l'état du Maranhao, au Nord Brésil (SEGUY L., 1978/1982-1 à 12)
- ▶ fixation de l'agriculture mécanisée sur les frontières agricoles du Brésil (SEGUY L., 1983/1992-13 à 24) :
 - . cerrados du centre ouest, dans les états de Goiás, Mato Grosso
 - . écologie préamazonienne de forêt ombrophile dans l'ouest de l'état du Maranhao et au Centre Nord Mato Grosso
 - . écologie des forêts secondaires à palmiers babaçus dans l'état du Piauí.

◆ Sur le continent africain :

- ▶ fixation de l'agriculture en zones de savanes du Nord de la Côte d'Ivoire depuis 1989 et plus récemment, en zones de forêt (CHARPENTIER H., 1989/1991-31-32 ; AUTFRAY P., 1992-34)

◆ Dans l'océan indien :

- ▶ fixation de l'agriculture manuelle et en traction animale sur les pourtours du Lac Alaotra (CHARPENTIER H., 1989-33), et sur les hauts plateaux dans la région d'Antsirabé (JULIEN P., résultats non publiés)
- ▶ fixation de l'agriculture manuelle dans les hauts de l'ouest de l'île de la Réunion (MICHELLON R., 1988/1992-35 à 38).

Le lecteur devra avoir toujours présent à l'esprit, qu'à l'instar de la diversité du milieu physique et du monde paysan, il n'y a pas une, mais autant de façons de concevoir une démarche de création-diffusion en milieu réel que de contextes différents.

Ce document sera présenté sous la forme la plus simple et la plus opérationnelle possible. Plus que de vaines recettes illusoires, l'exposé sera construit à partir de suites logiques et raisonnées de cheminements de recherche-action utilisables quelles que soient la diversité et la complexité des milieux physiques et humains ; il faut donc le percevoir et l'apprécier, plus comme une aide à la réflexion, qu'un canevas de solutions applicables à tel ou tel milieu.

Pour en faciliter la lecture, l'exposé présentera toujours simultanément 2 volets essentiels complémentaires :

- un texte court et précis établissant des règles ou des justifications minimum, relatives à chaque étape de la démarche,
- des cheminements de recherche-action correspondant à chacune de ces étapes.

Enfin, dans les annexes, seront présentés, sous une forme très synthétique, les cheminements scientifiques et pratiques de quelques exemples d'application de cette démarche.

I. - INTRODUCTION

Plus que nulle part ailleurs, la dégradation très rapide des ressources naturelles de la fertilité des sols, en particulier, et des conditions agro-techniques et socio-économiques dans les pays tropicaux en voie de développement, remet constamment en question le choix des systèmes d'exploitation, le choix des cultures et des techniques par les producteurs, pour permettre la fixation d'une agriculture qui soit à la fois, pourvoyeuse d'aliments de base, rentable et, plus récemment, préservatrice de l'environnement.

Face à cette situation assez générale dans le monde rural tropical, la recherche doit s'efforcer constamment de répondre aux questions suivantes :

- ▶ Comment proposer aux agriculteurs, dans un milieu donné, quels que soient son état actuel et sa dynamique d'évolution, à partir de références expérimentales éprouvées, un choix optimisé de systèmes de culture, stables et lucratifs et ce, dans une conjoncture climatique très fluctuante ?
- ▶ Comment prévoir les tendances évolutives des systèmes de culture et leurs possibilités d'adaptation, face à la fois à l'érosion des ressources naturelles et du capital sol en particulier, avec la mise en culture, et aux entraves techniques et socio-économiques en perpétuelle mutation ?

Pour tenter d'apporter des solutions à ces questions fondamentales qui lui sont maintenant constamment posées sur tous les continents, les agronomes tropicaux ont dû résolument s'engager dans une recherche-action pérennisée, en prise directe dans le milieu physique et humain, avec le plus souvent, des moyens matériels et analytiques dérisoires, voire inexistant, par rapport aux possibilités théoriques d'intervention.

Cette limitation, de plus en plus endémique des moyens, a contraint cette recherche-action à choisir des compromis entre des exigences le plus souvent contradictoires telles que la finesse d'analyse et d'explication scientifique (**produire de la connaissance**) et la nécessité impérieuse de fournir, le plus rapidement possible, des solutions attractives et praticables pour les agriculteurs (**donner des solutions techniques au développement**). Cette dernière exigence a été le plus souvent privilégiée dès lors que la recherche était véritablement engagée dans l'action, pour et avec les acteurs du développement dans des milieux physiques et des conditions économiques de plus en plus contraignantes.

L'agronomie tropicale a aussi pour mandat, vis à vis de la communauté scientifique internationale, d'élaborer une théorie agronomique, qui soit, à la fois, capable d'analyser le fonctionnement des situations agricoles existantes, mais aussi, partant d'elles, de créer et de diffuser des améliorations réellement praticables et attractives ; il s'agit donc aussi bien de justifier scientifiquement ce processus de création-diffusion, que d'évaluer les conséquences que son utilisation provoque tant dans le milieu physique que socio-économique.

En outre, au-delà de ces objectifs scientifiques qui déterminent sa démarche d'intervention, dans la crise grave que traversent les agriculteurs des pays en voie de développement sur tous les continents, l'agronomie tropicale va se trouver confrontée nécessairement à des enjeux décisifs et incontournables pour les 10 années à venir, enjeux qu'il convient d'intégrer dans nos priorités stratégiques et objectifs scientifiques :

- ◆ face aux perturbations anthropogéniques accélérées déjà évoquées : dégradation du capital sol par l'intensification due à la pression démographique, l'agronomie tropicale va devoir, préserver, dans les cas les plus favorables, le plus souvent restaurer la fertilité des sols, et en assurer la conservation dans des conditions économiques et techniques qui soient accessibles aux agriculteurs. Le développement des systèmes de culture pratiqués sur couvertures mortes et vivantes, comme les systèmes intégrés - production de grains - élevage, constituent sans aucun doute des voies prolifiques pour la réalisation de ces objectifs.
- ◆ l'agronomie tropicale devra aussi oeuvrer dans l'aide à la prise en compte, par les sociétés rurales, de leur propre développement, c'est-à-dire, dans les aménagements structurels et organisationnels nécessaires à ce développement :
 - ▶ aménagement de l'espace rural, pour une meilleure gestion à l'échelle des unités de paysage représentatives
 - ▶ contribution à l'étude de systèmes d'aide à la prise de décision, dont prioritairement la gestion des risques climatiques et économiques par l'élaboration de systèmes de culture tampons (SEGUY L., 1982/1992-10-21-24).

Cette agronomie tropicale de demain, devra, enfin assurer la formation d'agronomes tropicaux de synthèse, pour mieux répondre à la complexité de ces enjeux décisifs, avec priorité à la formation sur le terrain, d'abord dans les propres conditions de développement des PVD, même si cette formation devra être complétée dans des disciplines plus spécialisées auprès des laboratoires et centrales scientifiques du monde développé.

C'est dans ce souci majeur de tenter de répondre à ces enjeux prioritaires, que nous présentons ici une démarche agronomique de synthèse qui contribue déjà dans de nombreuses régions tropicales, à la fois, à une meilleure approche et compréhension du fonctionnement des systèmes de culture existants, mais aussi à la création-diffusion de nouveaux systèmes dans un environnement stable, avec la participation active des acteurs.

II. LA DEMARCHE GLOBALE : CONCEPT ET OBJECTIFS, REGLES DE BASE, ETAPES ET LIMITES

II.1. CONCEPTS ET OBJECTIFS

La recherche système en milieu réel dont les buts essentiels sont, à la fois, de promouvoir le développement et de produire des connaissances sur les interactions entre les hommes et les milieux qu'ils exploitent, doit toujours, au cours de son intervention dans le processus de fixation de l'agriculture, concilier les objectifs suivants :

1. Fournir des alternatives systèmes qui soient agronomiquement justifiées, techniquement praticables, économiquement plus stables et attractives que les systèmes actuels (flexibilité des travaux, marges) ;
2. Permettre à tout moment, au cours des divers scénarios de fixation de l'agriculture expérimentés :
 - ◆ de hiérarchiser les principaux facteurs limitants dans chaque système, au fur et à mesure qu'ils apparaissent,
 - ◆ de donner des recettes d'application plus motivantes et rémunératrices que la situation actuellement pratiquée,
 - ◆ de les expliquer scientifiquement.

Ces objectifs complémentaires nécessitent la pérennisation des actions de recherche pour, à la fois :

- ▶ appréhender l'évolution de la fertilité du capital sol : sous l'action des différents systèmes de culture et pouvoir la préserver et l'améliorer à moindre coût,
- ▶ confronter les nouvelles propositions à un pas de temps suffisant, pour qu'elles soient éprouvées par rapport à leur adoption par les agriculteurs, et que leurs conditions de reproductibilité soient assurées,
- ▶ pouvoir, si les conditions climatiques et surtout économiques changent rapidement (ce qui est la règle dans les pays en voie de développement), offrir d'autres séquences de fixation de l'agriculture, dont on connaît les principaux effets dans le temps, sur l'évolution des contraintes agronomiques, techniques et de préservation de l'espace rural (1). C'est donc un outil d'intervention prévisionnel et prédictif qui fournit divers niveaux différenciés d'expression du potentiel de production et les itinéraires techniques et assolements qui permettent d'y parvenir,

(1) le cas du produit coton en Afrique est éloquent à cet égard ces dernières années.

- ▶ assurer une formation permanente, continue et dynamique, et donc une "professionnalisation" accélérée des différents partenaires : chercheurs, vulgarisateurs, agriculteurs,
- ▶ orienter efficacement les recherches thématiques amont, au profit du progrès des systèmes techniques de culture et assolements régionaux,
- ▶ permettre, après 3-4 ans de fonctionnement de ces unités pérennes, de créer de véritables outils d'aide à la prise de décision pour les utilisateurs : logiciel de pilotage de l'agriculture régionale et conseil de gestion établis à partir des fonctions de production mises au point sur les unités, utilisation de la télédétection comme instrument de suivi de la diffusion des technologies.

La démarche d'intervention doit, pour prétendre atteindre les objectifs, se situer en milieu réel et la mise au point de nouveaux systèmes de culture plus stables et plus motivants, doit se réaliser avec la participation effective des acteurs du développement (sommier critères de choix des chercheurs, vulgarisateurs et agriculteurs).

Le contenu du programme de recherches appliquées, doit, non seulement, viser la résolution de problèmes immédiats formulés par les agriculteurs ou mis en évidence par un diagnostic initial, mais aussi offrir des perspectives de développement à plus long terme qui intègrent les meilleurs modes de gestion de l'espace rural et des sols ; c'est sans aucun doute dans ce dernier objectif que le rôle de l'agronomie de synthèse est important pour construire l'avenir des sociétés rurales à moyen et long termes, dans l'environnement maîtrisé et stable.

II.2. RÈGLES DE BASE DE L'INTERVENTION DE LA RECHERCHE SYSTÈME

La recherche-système conduite en conditions réelles d'exploitation (vraie grandeur) et en milieu réel, peut être un instrument déterminant de progrès dans la séquence R-D, dans la mesure où :

- ▶ elle s'inspire et part des pratiques paysannes, ce qui suppose qu'elle les connaît et qu'elle peut les reproduire sans distorsions significatives (appropriation par la recherche des techniques paysannes). Ces pratiques paysannes doivent être reproduites dans l'unité expérimentale par les agriculteurs eux-mêmes où elles serviront de référence permanente.
- ▶ dans la création de nouvelles alternatives, les agriculteurs soient associés à leur réalisation, donc à leur mise au point permanente et à leur choix.
- ▶ dans la formulation de ces innovations agrotechniques, soit tenu compte de leurs possibilités de reproductibilité et d'appropriation par les producteurs, ce qui implique, simultanément :

- la prise en compte dans l'intervention expérimentale des différentes échelles d'intervention complémentaires et indissociables que sont les unités de paysage représentatives et le (ou les) système (s) de culture : sur le plan de la représentativité géomorphologique et anthropique, intégrer sur le même terroir, les deux faciès les plus différenciés pour encadrer la variabilité du facteur fertilité actuelle,

- que ces nouvelles alternatives soient analysées sous tous les aspects complémentaires qui président à la prise de décision, soit des conditions agronomiques, techniques et économiques.

- ▶ la recherche-système soit capable de créer une véritable dynamique de groupe et notamment de réserver une place privilégiée - mais concertée - des actions et intervenants de la recherche thématique appliquée et fondamentale pour appuyer la progression des systèmes de culture et de production existants et proposés, donc de créer la base expérimentale physique, d'une pluridisciplinarité effective et cohérente.

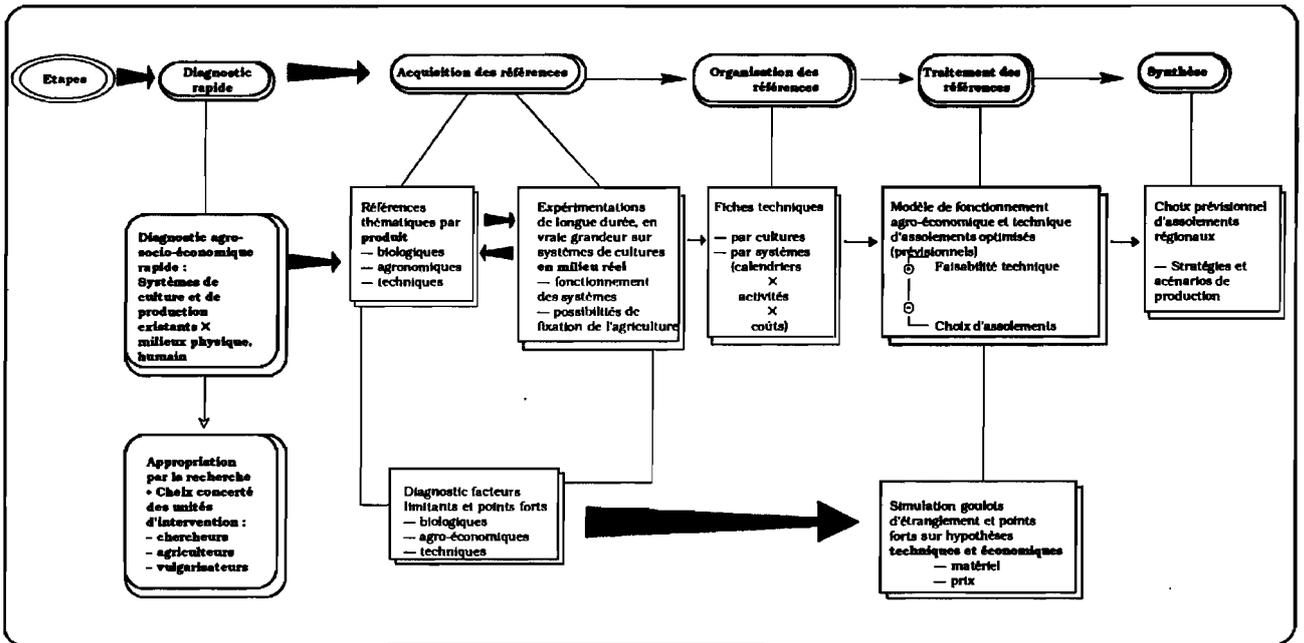
Sur le plan de la démarche d'intervention, la recherche doit toujours pouvoir, à la fois :

- ▶ évaluer les nouvelles propositions en vraie grandeur (échelle de crédibilité pour les utilisateurs et de représentativité pour l'évaluation des temps de travaux et coûts économiques),
- ▶ analyser leurs performances et leurs interactions, avec celles des systèmes actuels (conflits ou non avec calendriers des systèmes traditionnels),
- ▶ diagnostiquer les facteurs limitants au fur à mesure qu'ils apparaissent dans le processus de fixation de l'agriculture, les hiérarchiser, donner des recettes appropriables (large choix), les expliquer scientifiquement.

Ces règles de base, se traduisent, par rapport aux interventions classiques thématiques (études cloisonnées le plus souvent, des facteurs de production), par :

- ▶ l'incorporation des pratiques paysannes au dispositif expérimental,
- ▶ une autre échelle d'intervention expérimentale, en milieu réel, qui soit crédible pour les utilisateurs, donc représentative des conditions d'exploitation réelles, et de leurs conditions d'évaluation technique et économique (donner une dimension technique et économique à l'intervention expérimentale),
- ▶ l'association des utilisateurs à la création, puis au choix des innovations : incorporation des critères de choix des agriculteurs et de la "praticabilité" des innovations,

Schéma 1 : Démarche d'étude des systèmes de culture — CNPAF, 1989, L. Séguy, S. Bouzinac.



- ▶ **une méthode rigoureuse d'étude des interactions entre les facteurs de production et les hommes qui les pratiquent avec leurs moyens existants ou possibles, pour comparer de nouveaux scénarios de fixation de l'agriculture avec l'évolution des systèmes actuels dans le même pas de temps, sur les plans agrotechnique, économique et organisationnel.**

Il n'est donc plus question, pour faire progresser les systèmes de culture, d'isoler les facteurs de production les plus importants, mais au contraire de les pratiquer en interactions, pour en analyser, à la fois :

- ▶ **les antagonismes les plus rédhibitoires** qui sont facteurs de rejet de la sédentarisation de l'agriculture,
- ▶ **les synergies les plus attractives**, qui, au contraire, permettent de concilier des impératifs de conservation et d'amélioration du milieu physique avec les impératifs techniques et économiques des agriculteurs.

Nous verrons ultérieurement, dans le chapitre "Création", la méthodologie qui permet de mettre ces règles en pratique.

II.3. LES DIFFERENTES ETAPES DE LA DEMARCHE DE CREATION-DIFFUSION

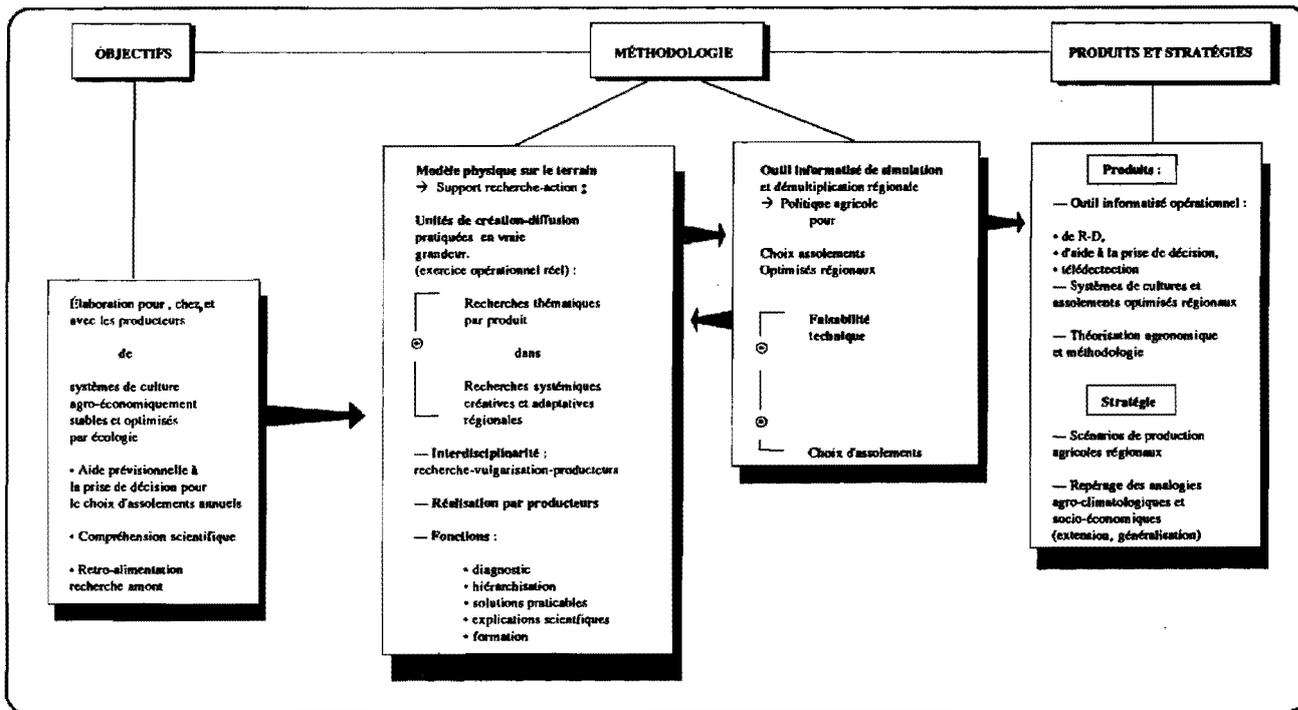
En premier lieu, **la démarche est ascendante** : elle part de l'analyse des systèmes de cultures et de production régionaux, faite à partir d'un diagnostic initial rapide de situation, qui va permettre d'identifier les blocages, de les hiérarchiser et de rechercher les solutions appropriées (L. SEGUY et S. BOUZINAC, 1980-3, L. SEGUY et al., Agronomie Tropicale XXXVII-3, 1984 - 10, 21) .

Sa dynamique est le fruit du concours de tous les acteurs de la production : agriculteurs, vulgarisateurs, chercheurs, planificateurs, pour l'élaboration et la diffusion de nouveaux systèmes de culture et de production.

Trois étapes, étroitement impliquées, la caractérisent (schémas 1 et 2) :

- ▶ **un diagnostic rapide de situation,**
- ▶ **la création de référentiels techniques évolutifs,**
- ▶ **la diffusion continue de technologies qui peuvent être :**
 - des thèmes simples adoptés isolément par les agriculteurs : variétés, fumures, pesticides, techniques culturales, etc...
 - des itinéraires techniques complets par culture (SEBILLOTTE M., 1974/1978-39-41),

Schéma 2 : Fonctionnement global du modèle d'optimisation des systèmes de culture — CNPAF, 1989, L. Séguy, S. Bouzinac.



- des systèmes de cultures (concept SEBILLOTTE, 1978 - 41-42) des modes de gestion des sols et des cultures (concept L. SEGUY, 1989 - 21).

II.4. LIMITES DE LA DEMARCHE

Dans l'espace :

La démarche s'applique à une région, sur un ou plusieurs terroirs différenciés (fonction : variabilité pédoclimatique x actions anthropiques x demande - cf. diagnostic rapide).

Dans le temps :

Cette démarche est pérenne, sa finalité étant d'assurer la progression constante des systèmes de culture et de production suivant des critères qui regroupent toujours simultanément :

- ▶ la protection du milieu et du patrimoine sol (donc son aménagement), sa gestion (visions à court terme, mais aussi et surtout à moyen et long termes),
- ▶ des facteurs agronomiques, techniques, économiques de production : séquences de fixation de l'agriculture x niveaux d'intensification, ouvrant un large choix aux utilisateurs,

Malgré son caractère pérenne, des étapes de progression des systèmes de cultures peuvent être définies avec, pour chacune, des objectifs précis, hiérarchisés et des moyens correspondants à leurs réalisations.

Dans ses fonctions :

- ▶ rôle de **création de vitrine technologique** (unités de création-diffusion et formation), dans une unité de lieu bien définie : un ou plusieurs terroirs dans des unités de paysage représentatives,
- ▶ rôle de **diagnostic permanent**,
- ▶ rôle de **formation des acteurs du développement**,
- ▶ **conseil de gestion dans l'aide à la décision.**

Il ne saurait donc être question, d'exiger de cette démarche, qu'elle assume en plus une fonction de vulgarisation active, et se substitue ainsi aux organismes chargés de le faire.

Ses fonctions prioritaires et fondamentales sont donc bien clairement et exclusivement :

- ▶ **de définir avec les acteurs, dans leurs milieux, un très large choix de systèmes de cultures offrant, suivant des niveaux variables de ressources et moyens financiers et techniques, des possibilités de fixation de l'agriculture, dans des aménagements préservateurs de l'espace rural conçus à l'échelle des unités de paysage représentatives. Planificateurs, bailleurs de fonds doivent y trouver des éléments de choix décisifs de nature agrotechnique et économique pour la définition de la politique agricole régionale.**
- ▶ **de former les divers acteurs à la gestion de ces systèmes dans des unités de paysage aménagées.**
- ▶ **de servir de vivier des terroirs, au sens large : technologies, matériel végétal, techniques et outils analytiques de diagnostic.**

III. UN DIAGNOSTIC INITIAL RAPIDE :

- ▶ Quels éléments réunir ?
- ▶ De quelle nature ?
- ▶ Jusqu'à quel degré de rigueur et de précision ?

pour amorcer le processus de création de référentiels techniques en milieu réel.

Le diagnostic est un processus continu :

- ▶ **au départ, comme préalable à toute création d'innovations,**
- ▶ **ensuite, suivre et aménager l'évolution des systèmes de cultures et de production, des terroirs, qu'engendrent la diffusion et l'adoption des innovations** (cf. Fluxogramme opérationnel R-D en annexe II).

Le diagnostic procède de 2 phases successives, complémentaires :

- ▶ **d'abord l'analyse rapide des milieux physique et socio-économique.** C'est la demande (développement, bailleurs de fond, recherche) qui définit l'échelle d'intervention : zone agroclimatique, système agraire, terroir, région,
- ▶ **ensuite la synthèse des données recueillies pour mettre en évidence des champs d'intervention et d'application ou domaines de recommandations** (MARTINEZ J.C., 1984-43) réunissant chacun des sommes de contraintes, entraves de nature agronomique, technique, socio-économique, mais aussi de points forts.

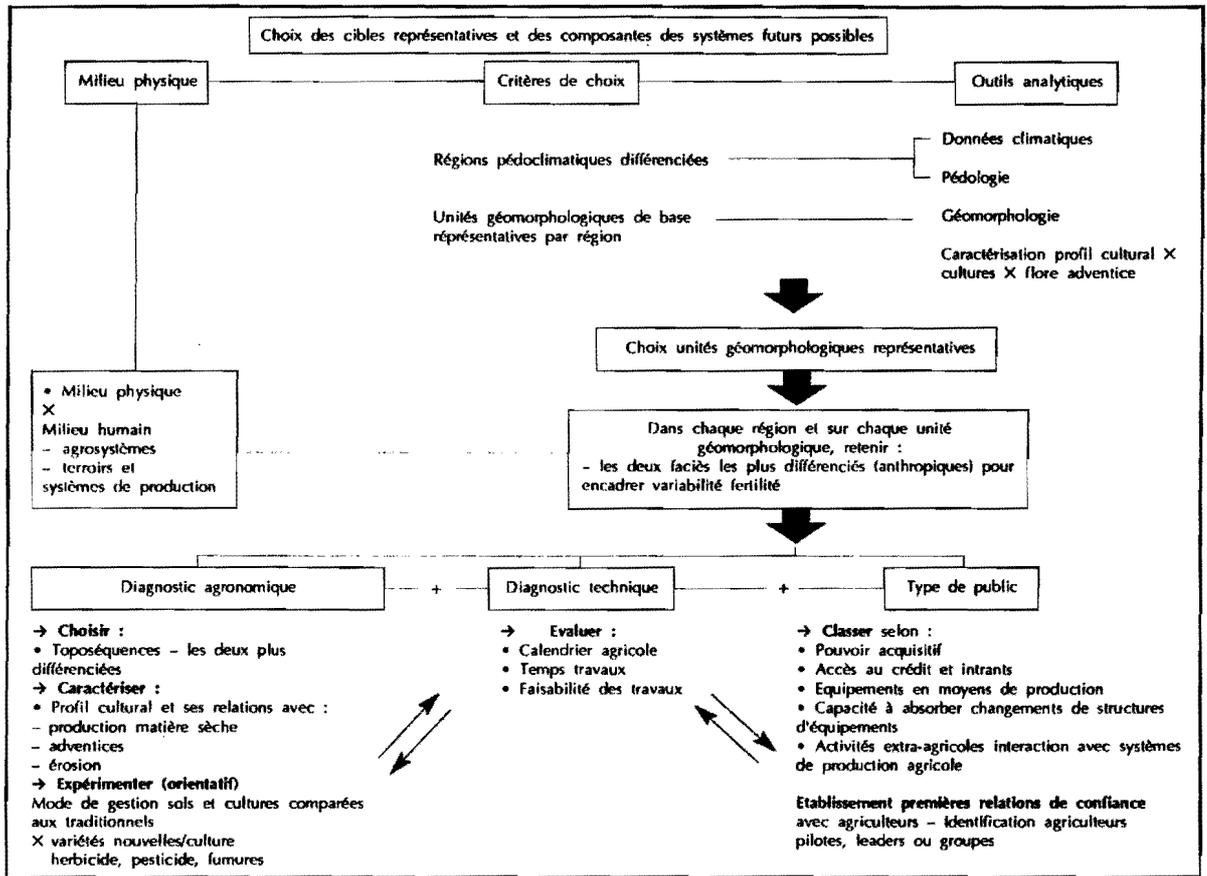
Analyse rapide des milieux physique et socio-économique :

→ Démarche opérationnelle :

- ▶ **En premier lieu, éviter à tout prix les diagnostics sans fin,** qui sont en général la résultante d'analyses complexes, à des niveaux d'échelle de plus en plus fins, et qui conduisent forcément à une différenciation de plus en plus poussée des milieux physique et humain. **Ce type de diagnostic, qui est toujours l'oeuvre de fortes équipes pluridisciplinaires travaillant de façon plus ou moins cloisonnée** (sciences humaines, sciences agronomiques), **ne débouche que très rarement sur des actions hiérarchisées de recherche développement.**
- ▶ **Il faut donc privilégier un diagnostic rapide, objectif dans le sens d'être capable, après analyse, de regrouper divers grands domaines de recommandation, correspondant à des contraintes communes hiérarchisées des milieux physique et socio-économique que l'on prétend améliorer.**

Schéma 3. Diagnostic initial rapide. L. SÉGUY, S. BOUZINAC, 1989.

12



- ▶ **La durée de ce diagnostic ne doit pas excéder un an, pour préserver sa crédibilité comme source préalable de création de technologies novatrices.**

Les cheminements de recherche-action de ce diagnostic rapide (cf. schéma 3) :

- ▶ **En premier lieu, réunir toutes les informations disponibles (lorsqu'elles existent), issues de la recherche, du développement, de la vulgarisation, du Ministère de l'Agriculture, sur la région ou terroirs (fonction de la demande) :**
 - données agrométéorologiques
 - cartes pédologiques et d'occupation des sols pluriannuelles
 - statistiques agricoles.

Souvent, certaines de ces données n'existent pas. Il faut, de toute façon, disposer d'un minimum de caractérisations des milieux physique et socio-économique. Dans les cas les plus démunis, il y aura donc lieu de procéder simultanément :

- ▶ à une reconnaissance pédologique (échelle fonction de la demande : terroir 1/5.000 à 1/10.000 et région 1/20.000 à 1/100.000),
- ▶ à une analyse succincte de l'occupation agricole des terroirs.

Cette reconnaissance rapide peut être réalisée par un agropédologue ou un agronome expérimenté, ou bien une équipe pluridisciplinaire assistée par un agronome de synthèse.

Disposant de cette reconnaissance rapide (pédologie + occupation des terroirs), les opérations suivantes devront être réalisées systématiquement, à l'échelle de la demande :

- ▶ caractérisation des principales unités géomorphologiques représentatives de la région (concept KILIAN/IRAT) ; cette identification peut se faire en saison sèche,
- ▶ puis, identification, des deux unités de paysage, les plus différenciées, pour encadrer la variabilité du facteur fertilité :
 - le faciès le plus dégradé, de plus bonne fertilité, accumulant un maximum de contraintes agronomiques et techniques de mise en valeur,
 - le faciès le moins dégradé, le plus fertile (parfois, le milieu naturel lui-même, comme référence avant l'intervention anthropique).

- ▶ Ensuite, en saison des pluies, par voies d'enquêtes rapides, très informelles, sans quantification formelle ni suivi très détaillé des exploitations, **la recherche va se familiariser avec les systèmes des agriculteurs et se les approprier :**

Au plan agronomique :

A l'échelle de 2 unités de paysage retenues les plus différenciées :

- **suivi du profil cultural** (donc des techniques dont il est issu) et des relations avec :
 - le processus d'érosion et la dynamique des états de surface,
 - la flore adventice et sa concurrence (identification des espèces les plus compétitives),
 - pressions parasitaires des cultures (maladies cryptogamiques, insectes, etc...)
 - production de matière sèche des différentes cultures, détection des principales déficiences, carence en éléments minéraux.

Au plan technique :

- calendrier des travaux agricoles (plage de réponse)
- faisabilité des travaux (plage de réponse)

Au plan socio-économique :

- caractérisation sommaire du type d'utilisateur sur critères :
 - . autoconsommation prioritaire, en accès à économie de marché, au crédit, équipements
 - . pouvoir acquisitif
 - . capacité à absorber changements de structures, d'équipements
 - . part des activités extra agricoles et interactions avec activités agricoles (calendrier, revenus → plage de réponse).
- typologie sommaire des systèmes de culture et de production :
 - . modes de gestion des sols et des cultures x dates semis (plage de réponse)
 - . principales cultures x niveau technicité
 - . relations avec le marché.
- identification des agriculteurs leaders :
 - . en complément de ces enquêtes rapides, expérimenter, dès cette première année de diagnostic, dans les systèmes existants, quelques thèmes qui sont toujours source d'intérêt chez les agriculteurs, comme de nouvelles variétés, un herbicide, etc ... (fonction des problèmes du milieu étudié et de l'expérience du "diagnostiqueur").

Cette expérimentation légère préalable doit être considérée comme un premier pas important pour établir des relations de confiance avec nos futurs partenaires agriculteurs ; en un mot, démontrer, au-delà des questions (qui sont toujours sources de méfiance et de suspicion) un intérêt véritable pour instaurer des relations de partenariat.

NOTE IMPORTANTE :

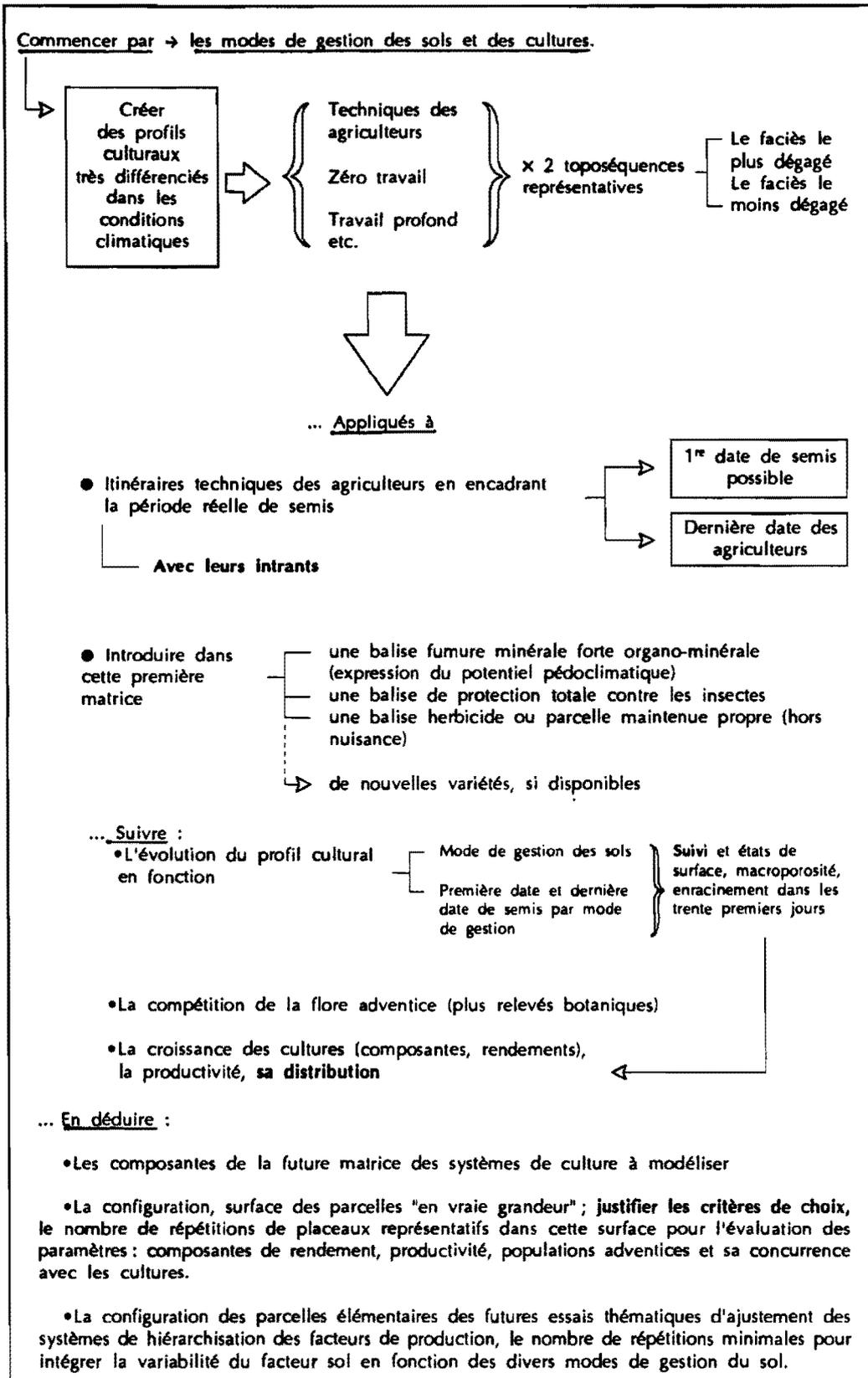
Il est souvent nécessaire, voire indispensable, surtout lorsqu'il y a peu ou pas de données disponibles et lorsque les milieux sont complexes et le "diagnostiqueur" peu expérimenté, de conduire un an de recherches orientatives en milieu réel contrôlé. Ces recherches orientatives doivent porter, en priorité, (SEGUY L. et al., 1979-1, cf. tableau 1) :

- ▶ *sur l'influence de divers modes de gestion des sols et des cultures à l'échelle de l'unité de paysage représentative, sur la production de matière sèche des diverses cultures : homogénéité, productivité ; sur les états de surface du sol : érosion, développement des adventices. Ces modes de gestion des sols et des cultures seront évalués par rapport à ceux des systèmes traditionnels.*
- ▶ *sur l'introduction de matériel végétal performant (pour les cultures des systèmes traditionnels) testé sur les divers modes de gestion des sols et des cultures.*
- ▶ *sur l'identification des principales adventices par culture ou système, des principaux insectes prédateurs et maladies par culture.*
- ▶ *sur la définition des surfaces et configuration des parcelles en "vraie grandeur" pour représenter les conditions réelles de production, intégrer la variabilité du facteur sol.*

En liaison avec les surfaces des parcelles "systèmes de culture en vraie grandeur", définir pour chaque culture :

- *dans ces parcelles, le nombre de répétitions de plateaux représentatifs de la vraie grandeur pour l'évaluation de divers paramètres :*
 - . *composantes du rendement et productivité/culture,*
 - . *concurrence des adventices*
- *la dimension minimum des parcelles élémentaires des futurs essais thématiques par culture, le nombre de répétitions pour intégrer la variabilité du facteur sol.*

Tableau 1. Recherches orientatives première année. Quelques cheminements de recherche-action.



A l'issue de cette première année de diagnostic, les opérations suivantes sont successivement réalisées :

- ▶ Synthèse des données, débouchant sur l'identification des terroirs d'intervention possibles, encadrant le facteur fertilité, leur caractérisation sommaire agro-technique et socio-économique,
- ▶ Choix des 2 terroirs, les plus différenciés, encadrant la variabilité du facteur fertilité,
- ▶ Négociation entre les agriculteurs et recherche et vulgarisation régionales pour l'implantation sur ces terroirs des unités expérimentales dites de "création-diffusion" de technologies et formation,
- ▶ Présentation et négociation du contenu technique et des ressources matérielles, financières avec les bailleurs de fonds et les responsables de la politique agricole régionale (et nationale si besoin) ; il faut en effet, dès ce stade, coller à la politique agricole régionale, en particulier, et veiller à ce que ces propositions s'inscrivent bien dans les priorités du développement régional.

NOTA :

Ce type de diagnostic n'est réellement efficace et peu coûteux que s'il est réalisé par un nombre limité (1 à 2) de praticiens expérimentés, agronomes de synthèse (dits généralistes) qui sont capables de hiérarchiser des contraintes de toute nature aux différentes échelles que sont les unités de paysage, les systèmes de production les systèmes de cultures, pour en tirer des hypothèses pertinentes pour l'action, et en particulier, pour la construction des unités expérimentales en milieu réel, qui vont gérer, avec tous les acteurs, des systèmes de cultures améliorés dans un environnement stable et maîtrisé.

La pratique continue du diagnostic, montre en outre, que, même s'il faut d'abord analyser les milieux, il est toujours préférable de mettre l'accent plutôt sur les points communs limitants ou forts des milieux physiques et humains, que sur leurs différences. Une très longue expérience enseigne, que, par rapport au niveau technologique initial que l'on veut améliorer (généralement très modeste dans les agricultures tropicales, en particulier africaines), de grands ensembles "milieux physiques x milieux socio-économiques" sont identifiables et peuvent être techniquement, rapidement améliorés à partir de modes de gestions des sols et des cultures qui ont une portée très générale en milieu tropical (cf. annexe V).

L'expérience montre aussi qu'à travers les divers projets R-D qui ont été construits à partir de cette approche (projets Brésil, Lac Alaotra, Côte d'Ivoire, Ile de la Réunion) qu'un bon diagnostic, générateur de changements technologiques et socio-économiques réussis, est d'abord le fruit de l'assiduité, une **fonction directe du temps passé** sur le terrain (1), aux **contacts du terrain** et des **futurs partenaires agriculteurs**. C'est en particulier, grâce à cette **assiduité des agronomes** qui font le diagnostic, que peuvent s'établir les premières relations de confiance, relations qui seront déterminantes pour le succès ou l'échec du processus de création-diffusion.

Cette intimité à **gagner** avec les milieux, physique et humain, est d'autant plus importante que la connaissance de ces milieux, et surtout leur fonctionnement, exige des appréciations, des jugements qui ne relèvent pas que d'éléments quantifiables, formels, normatifs, mais dépendent surtout de la rationalité des acteurs, d'attitudes et de décisions culturelles, souvent très subjectives pour l'évaluateur. La plupart du temps, dans les sociétés rurales africaines, les "diagnostiqueurs" ne parlent même pas le moindre mot de la langue locale, de là à parler de la rationalité de l'agriculteur...

En résumé : Le succès d'un diagnostic rapide requiert une immersion quasi permanente du (ou des) responsables du diagnostic dans le milieu réel ; il faut en effet vivre au maximum au contact des milieux physiques et humains, savoir regarder (donc garder aussi un certain recul d'observateur objectif), lire dans ces milieux pour en extraire les éléments, et surtout leurs liaisons, qui vont induire des améliorations d'abord à court terme mais aussi à plus longue échéance pour engager de véritables scénarios de fixation de l'agriculture.

Diagnostiquer à ce niveau de perceptions analytiques et de synthèse, est un véritable métier, qui s'apprend, et pour lequel on peut (et on doit) former des agronomes généralistes. Ce besoin paraît aujourd'hui d'autant plus impératif, que le progrès galopant de la science vers des niveaux d'échelle de plus en plus fins, qui nécessite des spécialisations de plus en plus pointues, tend à provoquer une déconnection rapide des diverses disciplines, d'abord entre elles, puis de la compréhension du fonctionnement global du monde réel. Ce n'est probablement pas par hasard, si, correspondant à cette progression rapide des sciences vers l'infiniment petit, se fait sentir dans toutes les grandes disciplines de la science moderne, un besoin pressant, de pluridisciplinarité effective.

Alors, à quand l'avènement (et la formation) du spécialiste en idées générales ?

-
- (1) Il est fortement à craindre que le développement accéléré de l'ordinateur, son utilisation souvent abusive au détriment de l'observation sur le terrain, même dans les milieux les plus déshérités, ampute sérieusement cette part d'immersion dans le milieu, nécessaire à la réalisation d'un diagnostic objectif, pour l'action.

IV. LE PROCESSUS DE CREATION DE TECHNOLOGIES EN MILIEU REEL

IV.1. DES ARGUMENTS D'UNE RECHERCHE ACTION CREATIVE, EN PRISE DIRECTE DANS LE MILIEU REEL : NE PAS SE CONTENTER DE VALIDER DES TECHNOLOGIES EXISTANTES, MAIS AUSSI LA NECESSITE D'EN CREER.

La recherche qui a pour objectifs de contribuer à l'amélioration des conditions agrotechniques et socio-économiques dans un milieu donné, **ne peut simplement se contenter de valider dans ce milieu réel les produits de la recherche thématique amont** (modèle assez classique, S. BELLON, J.F. MONDAIN MONVAL, D. PILLOT, 1985) ; en effet, ces **technologies ou produits** sont presque toujours la résultante d'une **approche "descendante"** ; il s'agit de valoriser des produits (variétés, fumures, techniques, etc...) gérés sous une forme isolée, en station donc en milieu "artificialisé", dont on ne connaît pas de manière rigoureuse les liaisons et interactions entre eux (synergies, antagonismes) donc à plus forte raison leurs conditions d'adaptation à la diversité des milieux pédoclimatiques et contextes socio-économiques et, a fortiori, aux priorités des sociétés rurales qui les exploitent.

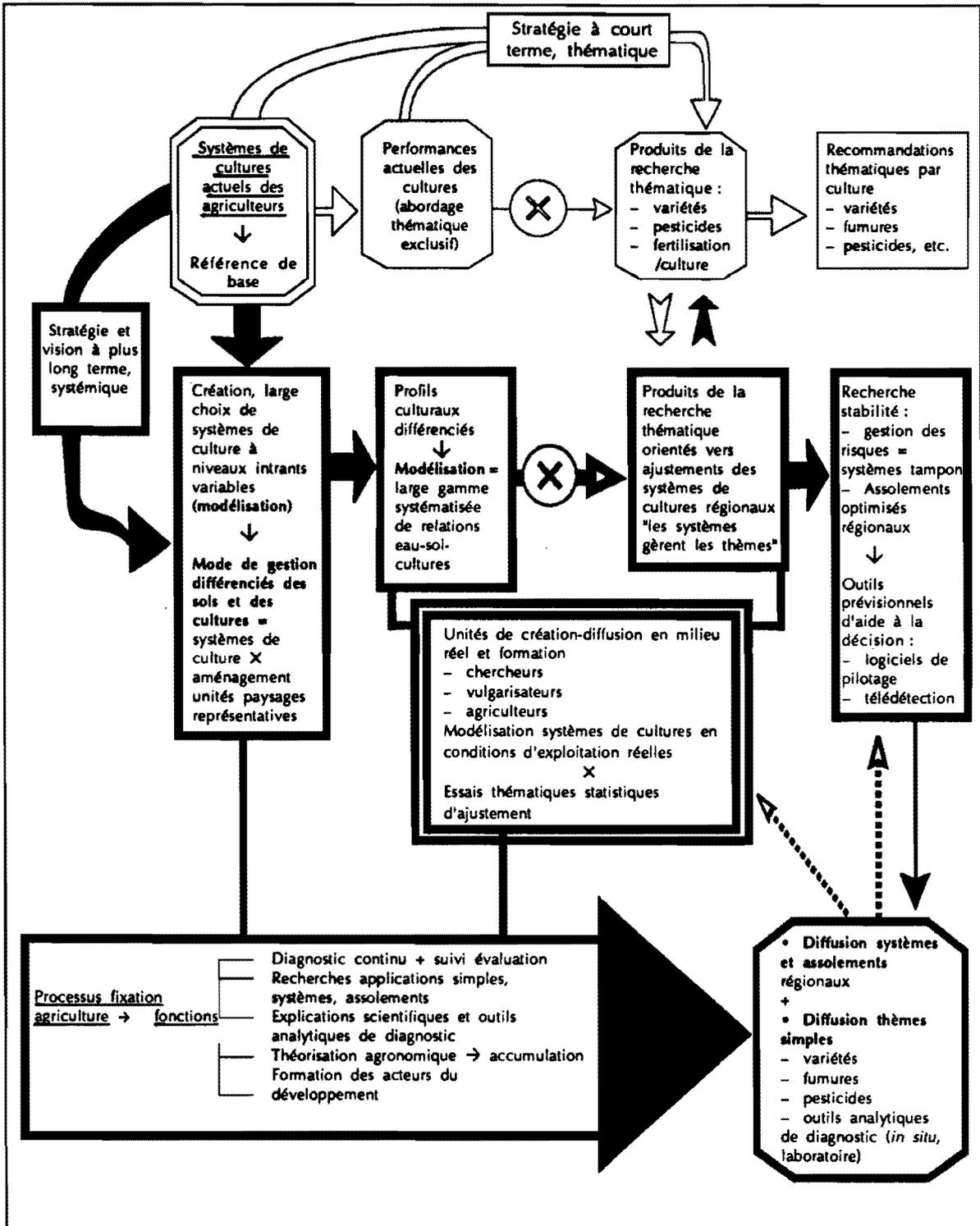
En milieu tropical, l'histoire rigoureuse des terroirs, donc l'analyse des transformations des systèmes sur des intervalles climatiques et économiques représentatifs, sont rares pour ne pas dire exceptionnels ; on dispose donc de trop peu d'éléments de suivi-évaluation rigoureux sur la spécificité des milieux physique et humain, leurs aptitudes à la transformation, pour pouvoir en tirer des hypothèses pertinentes pour la recherche action.

Les excès et l'agressivité climatiques sous les tropiques, sont tels, qu'ils peuvent radicalement transformer le milieu physique, changer son avenir, en quelques heures : les manifestations catastrophiques de l'érosion hydrique détruisant le capital sol, en sont un exemple frappant ; de même, à une échelle moindre, les variations très rapides des états de surface du profil cultural soumis à une pluie de forte intensité, avec comme conséquences immédiates, la formation de croûtes de battance, le ruissellement, donc perte d'eau, d'éléments minéraux et organiques, la germination accélérée des adventices, etc...

Un seul évènement climatique excessif, peut ainsi, sur un laps de temps très court, engendrer des transformations et perturbations graves, voire irréversibles pour le sol, le profil cultural, les cultures et les organismes vivants en général.

Cependant, la capacité du milieu physique à résister à ces agressions est la résultante, d'une part de sa propre nature (caractéristiques : pédologiques des sols, morphologiques des unités de paysage) et, d'autre part, de la nature et de la qualité des pratiques d'aménagement de l'espace rural et de ses interactions avec aussi la qualité des modes de gestion des sols et des cultures (SEGUY L., 1989-21). La recherche systémique peut donc agir sur ces thèmes de "haute sensibilité", pour la durabilité de l'agriculture.

Schéma 4. Processus de création-diffusion des technologies pour un domaine de recommandation (L. SÉGUY, S. BOUZINAC, Brésil, 1989).



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

Enfin, les agricultures tropicales connaissent une crise économique très grave, caractérisée par :

- ▶ des moyens et ressources financières et techniques en voie de paupérisation active,
- ▶ des facteurs de production de plus en plus chers qui occasionnent une augmentation constante des coûts de production,
- ▶ des prix payés aux producteurs pour leurs produits, de plus en plus incertains, et en particulier les prix payés pour les cultures dites de rentes, source de revenus incontournables pour assurer le progrès de ces agricultures.

Ces soubressauts économiques permanents remettent constamment en question le choix des systèmes de cultures et de production, des techniques et même des productions.

EN RESUME :

Dans les milieux tropicaux, la notion de stabilité est une notion fugace, fragile à tous les niveaux :

- ▶ *les produits de la recherche thématique "descendante", ne sont généralement pas adaptés à la diversité régionale des milieux physique, socio-économique, et ne prennent pas en compte les priorités et capacités de transformation des sociétés rurales (1).*
- ▶ *le milieu physique tropical est soumis à un climat très agressif qui peut le bouleverser en quelques jours, voire en une heure ; sa capacité à résister est aussi le produit de sa nature spécifique et des interventions anthropiques à des niveaux d'échelle étroitement dépendants : les unités de paysage (aménagement des toposéquences), les systèmes de culture (gestion des parcelles), capacité donc dépendante de la qualité de l'action des divers acteurs dans le milieu, sur laquelle la recherche systémique peut intervenir de manière déterminante.*
- ▶ *toute modification à la baisse des prix payés pour les cultures de rente, qui constituent le pivot rémunérateur des séquences de fixation de l'agriculture jusqu'à ce jour les plus développées dans le monde tropical, peut entraîner la faillite à très court terme des sociétés rurales et en conséquence, une déprédation accélérée des terroirs.*

(1) Ce qui ne remet absolument pas en question l'importance des recherches thématiques pour le développement, comme nous le verrons dans les chapitres qui vont suivre. En particulier, la mise au point de thèmes de partie générale : adaptabilité variétale (relations génotypes-environnements), outils et méthodes analytiques de caractérisation des milieux physique, sociaux.

Ces différents arguments montrent à l'évidence que la recherche pour le développement régional ne peut pas se contenter d'une simple validation des produits de portée très générale élaborés par la recherche amont ; il faut lui valider ce qui peut l'être, mais aussi créer élaborer les bases de la production végétale, construire des modèles de fonctionnement agronomique, prédictifs qui répondent aux spécificités des milieux physiques et humains et qui soient moins sensibles et dépendants des entraves climatiques et économiques, donc qui soient capables de s'adapter immédiatement à des changements de cette nature, qui peuvent être extrêmement rapides.

En pratique, ces règles qui devraient guider l'action de la recherche systémique en milieu réel, pour, avec, et chez les agriculteurs, **se traduisent** par la création de nouveaux systèmes diversifiés, qui offrent de nouvelles alternatives de production, qui pourront substituer immédiatement les systèmes actuels, si le besoin s'en fait sentir (changements brusques de nature climatique et/ou économique).

Cette substitution rapide ne sera possible que si, simultanément :

- ▶ les nouveaux systèmes sont attractifs, ou économiquement ou pour l'auto-consommation reproductibles appropriables ;
- ▶ Ceci implique que ces nouveaux systèmes soient au préalable rigoureusement évalués par rapport aux anciens sur un intervalle de temps suffisant et que leur destination commerciale et/ou de consommation soit parallèlement construite.
- **C'est l'un des rôles essentiels des unités de création-diffusion en milieu réel.**

IV.2. QUELQUES RÈGLES IMPORTANTES DU PROCESSUS DE CREATION DE TECHNOLOGIES, À PARTIR DU DIAGNOSTIC RAPIDE

Ces règles ne sont pas des idées ou des hypothèses. Elles ont été extraites a posteriori du fonctionnement de la démarche de création-diffusion dans les divers projets où elle a été appliquée avec succès, sur les continents africain et sud-américain, à Madagascar et à l'île de la Réunion. Elles ont donc une partie générale, compte tenu de la diversité des milieux physiques et humains contemplés (L. SEGUY, S. BOUZINAC, H. CHARPENTIER, R. MICHELLON).

- ◆ **L'étude et la mise au point des systèmes de cultures ne peuvent se faire rigoureusement qu'à partir d'unités expérimentales conduites en conditions d'exploitation réelles, et pérennes, pour, simultanément :**
 - ▶ **dégager les lois de la production végétale sur un intervalle climatique et économique suffisamment représentatif (durée et variabilité),**
 - ▶ **fournir prévisionnellement à la prise de décision des agriculteurs, un large choix de systèmes de cultures puis d'assolements optimisés, pour mieux s'adapter aux fluctuations climatiques et économiques.**
- ◆ **L'élaboration de ces systèmes de cultures et assolements doit se faire avec, pour et chez les producteurs pour intégrer de manière continue, à la fois, les critères de choix des chercheurs et ceux des agriculteurs ;**
- ◆ **L'approche des possibilités de fixation de l'agriculture, par les systèmes de cultures se confirme comme une condition nécessaire, mais aussi suffisante, pour prétendre modifier positivement et rapidement les systèmes de production régionaux (L. SEGUY et al., 1989/91-21-22-23-24).**
- ◆ **Il n'est pas indispensable de connaître les antécédents d'une situation agricole pour la faire progresser, à condition de pouvoir, partant d'elle, la modifier et rapidement la précéder. Cette fonction de la recherche, de précéder le développement agricole est d'une importance fondamentale pour promouvoir un développement rationnel, diversifié, à moindre coût.**
- ◆ **Si la mise au point des facteurs d'études décisifs et leurs combinaisons dans les systèmes expérimentaux appartiennent à la recherche, c'est la nature elle-même qui déterminera ensuite les modalités d'évolution des systèmes. La fonction créatrice de la recherche consiste donc à fournir à la nature, sous une forme systématisée et par conséquent interprétable et contrôlable scientifiquement, les éléments essentiels agrotechniques et économiques du changement.**
- ◆ **Cette fonction créatrice, doit aussi s'exprimer dans sa capacité à reproduire sur un laps de temps minimal, des conditions de profil cultural les plus différenciées possible qui, en offrant une large gamme correspondante de relations eau-sols-plantes, préfigureront des évolutions de comportement qui nécessitent des périodes beaucoup plus longues pour s'accomplir dans les conditions normales de la nature. C'est donc aussi dans sa capacité à réduire l'espace temps, tout en y intégrant un maximum de variabilité contrôlée que l'apport prévisionnel de la recherche peut être déterminant pour ses applications.**
- ◆ **Enfin, les choix de développement ne peuvent plus être aujourd'hui, exclusivement économiques ou techniques ou agronomiques. Le succès de la fixation de l'agriculture passe nécessairement par un choix raisonné et permanent d'un ensemble de facteurs à la fois agronomiques, techniques et économiques qui constitue le pouvoir de décision de l'agriculteur.**

Ce dernier doit, en effet, être capable à la fois de mieux tirer parti de son milieu physique en préservant et améliorant sa fertilité, comme de mieux s'adapter aux fluctuations climatiques et surtout économiques en constante mutation. Le rôle de la recherche appliquée dans cette aide prévisionnelle à la décision est aujourd'hui, plus que jamais, prioritaire.

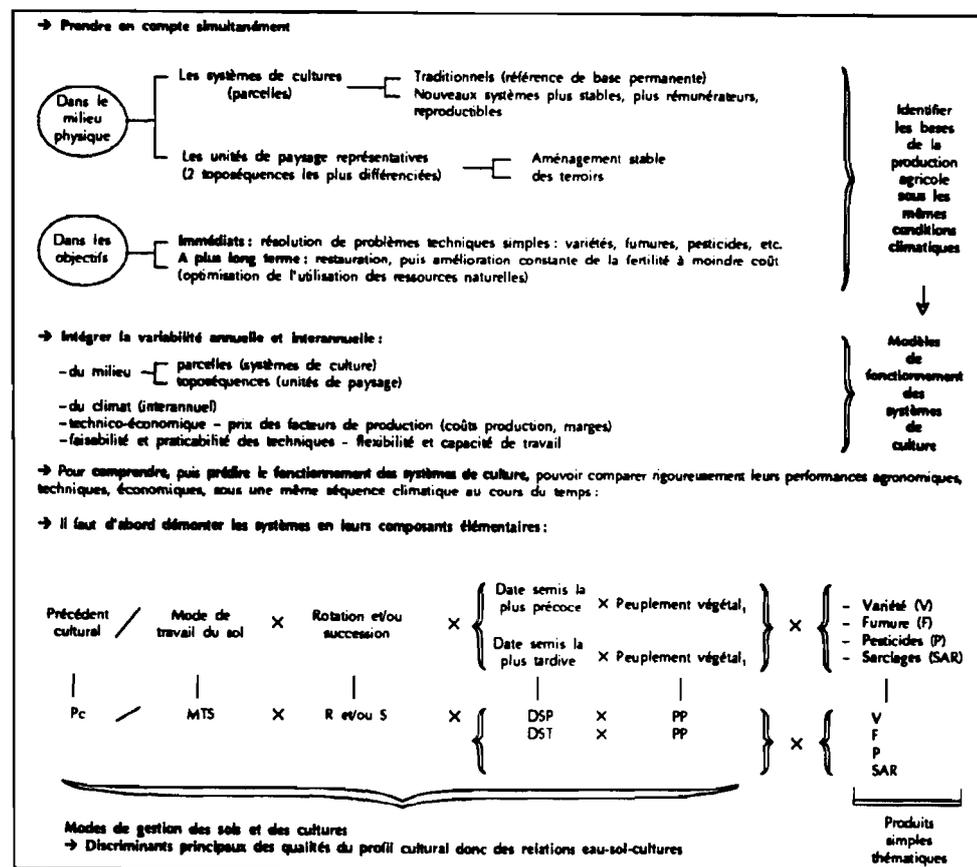
IV.3. MISE EN OEUVRE OPERATIONNELLE DE CES RÈGLES.

Des mots et expressions clés, pour définir l'action en milieu réel :

- "différencier, créer et gérer la diversité pour mieux comprendre son évolution"
- "modéliser les systèmes de cultures"
- "matrice du fonctionnement prédictive"
- "unités de création-diffusion et formation".

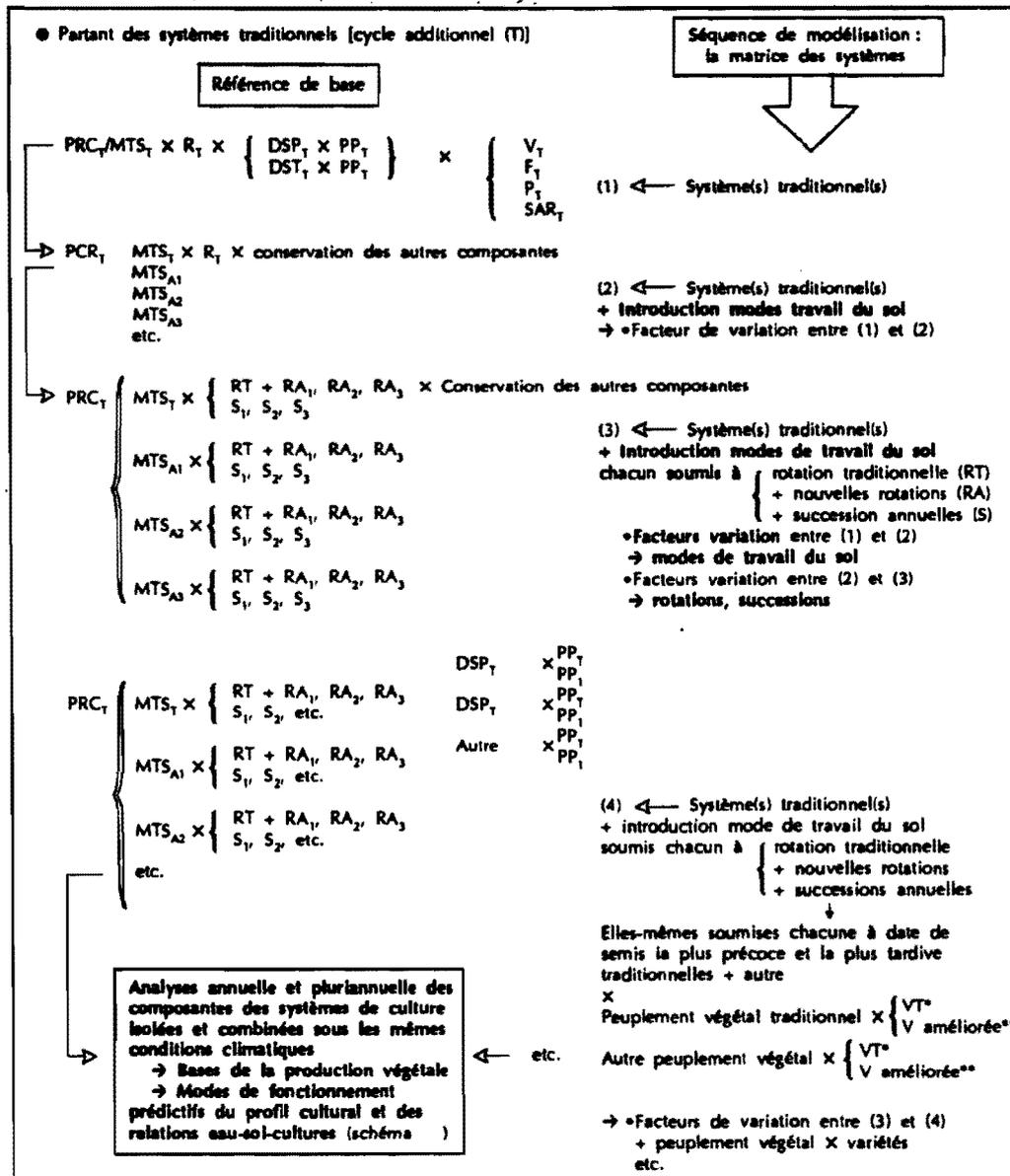
Rappelons que l'objet central de la demande de création est le système de culture (concept SEBILLOTTE M., 1978). C'est en effet l'entité ou unité de base, composant les systèmes de production, qui est à la fois, la plus simple et la plus complète pour prendre en compte les aspects agronomiques, techniques et économiques du changement, elle est aussi aisément modélisable.

Rappelons aussi qu'à partir du diagnostic initial rapide, le processus de création va devoir :



Car, en effet, n'oublions pas que l'un des objectifs essentiels de la recherche système, au même titre que celui de fournir des systèmes praticables plus performants à moindre coût, est d'expliquer les relations eau-sol-cultures et leurs conséquences sur les productivités différenciées de matière sèche provoquées par les divers systèmes de culture. Il est donc capital d'utiliser un dispositif expérimental rigoureux qui puisse permettre cette analyse, à la fois, annuellement et au cours du temps.

Donc, en fonction des éléments hiérarchisés lors du diagnostic initial rapide, on fait varier systématiquement et simultanément ou non, mais de manière toujours contrôlée, membre à membre, les composantes des systèmes de culture. Il s'agit donc, dès le départ, d'une modélisation des systèmes matérialisée par la constitution d'une matrice des systèmes (1).



(1) Attention ! Comme dans le cas d'un logiciel, cette matrice ne pourra répondre qu'aux questions qu'on lui posera. Son montage est donc une opération délicate, car elle doit inclure aussi bien des changements immédiats que des améliorations du milieu à plus long terme : tous les "imprévus" sans remettre en question l'interprétation rigoureuse générale annuelle et pluriannuelle des résultats.

* VT = variété traditionnelle ; V améliorée = variété améliorée.

Cette véritable matrice des systèmes est créée, montée de telle sorte qu'elle permette l'analyse d'abord de l'influence isolée et/ou combinée des diverses composantes de chaque système de culture sur des variables agronomiques, techniques et économiques, et ensuite de comparer, sur ces mêmes variables, les performances annuelles et pluriannuelles des systèmes de cultures entre eux (élaboration des bases de la production végétale, classification des différents systèmes, identification des systèmes les plus stables, etc ...).

◆ **Des variables agronomiques :**

- propriétés physico-chimiques et biologiques du profil cultural et leur évolution,
- leurs conséquences sur la dynamique d'enracinement des cultures, le potentiel semencier d'adventices, le complexe parasitaire "sol-cultures",
- l'évolution de la composition floristique et de ses relations de concurrence avec les cultures, la production de matière sèche des cultures, son évolution et sa stabilité.

◆ **Des variables techniques :**

- calendriers culturaux, temps de travaux, capacité des équipements et faisabilité des travaux,

◆ **Des variables économiques :**

- coûts de production détaillés, marges, taux de rentabilité.

La pérennisation des traitements permet une analyse annuelle et pluriannuelle des résultats : scénarios agrotechniques et économiques de fixation de l'agriculture, définition des assolements optimisés (méthode des budgets automatisés - ATTONATY J.M., HAUTCOLAS J.C., 1970-47).

Cette matrice est matérialisée sur chaque unité de paysage représentative (toposéquence) par un outil opérationnel de terrain : les unités de création-diffusion de technologies en milieu réel, et la formation.

Les fonctions essentielles de cette matrice, sont de :

- ◆ **hiérarchiser les facteurs limitants, quelle que soit leur nature, au fur et à mesure qu'ils apparaissent dans les systèmes de culture. C'est une fonction essentielle qui donne sa pleine efficacité à l'agronomie de synthèse.**

- ◆ **identifier, au cours du processus de création, les paramètres les plus pertinents pour expliquer puis prédire, le fonctionnement comparé et les performances des systèmes de cultures, soumis aux mêmes conditions climatiques.**
- ◆ **fournir une large gamme de systèmes de cultures praticables et reproductibles, qui expriment à l'échelle des unités pédoclimatiques représentatives, un très large champ de possibilités différenciées d'exploitations réelles du potentiel du terroir (différenciations à la fois, agronomiques, techniques, économique).**
- ◆ **expliquer scientifiquement les différences de fonctionnement, la large gamme de relations eau-sol-plantes offerte par les différents systèmes ; en extraire, sur une analyse pluri-annuelle, à partir du classement et leurs comportements agro-techniques, des modèles de fonctionnement prédictifs, des outils de diagnostic in situ pour les utilisateurs (vulgarisateurs, producteurs)**
- ◆ **former les acteurs du développement et de la recherche.**

NOTA :

1. Précautions pour le montage de la matrice → penser au moyen et au long terme.

- ◆ ***La matrice doit être flexible et évolutive : les itinéraires techniques des séquences étudiées et des témoins traditionnels, ne sont pas immuables, mais doivent intégrer par paliers, les améliorations et progrès techniques de la recherche agronomique thématique, réalisés sur chaque culture : nouvelles variétés, fongicide, herbicide, etc... La matrice doit pouvoir ainsi absorber, à tout moment, des innovations par culture et même de nouvelles espèces si nécessaire sans que soit perturbée la rigueur d'analyse des différentes variables agrotechniques et économiques, au cours du temps. Cette rigueur et flexibilité de la matrice, imposent les règles méthodologiques suivantes :***
 - ▶ ***chaque culture en rotation est représentée chaque année, pour évaluer l'effet annuel climatique (rotations et inverses),***
 - ▶ ***les rotations sont étudiées par binômes pour faciliter l'étude de l'effet précédent cultural,***
 - ▶ ***une culture pivot est obligatoire pour faire le point explicatif et évolutif de l'effet rotation,***
 - ▶ ***le système de monoculture du produit dominant dans la région est toujours conservé pour la culture pivot (référence agro-économique la plus négative pour l'effet rotation → pression parasitaire accrue, fatigue de la rhizosphère, etc...,***

- ▶ *une ou plusieurs rotation "ouvertes" : séquences de cultures en trinôme ou plus, pouvant recevoir à tout moment une nouvelle espèce d'intérêt économique, tout en préservant l'analyse de l'effet rotation,*
- ▶ *les acquisitions et progrès de la recherche thématique amont sont intégrés, adaptés si possible, sinon créés pour répondre aux spécificités locales.*

2. Ne pas oublier, que "les systèmes de cultures déterminent, gèrent les thèmes et non l'inverse" (L. SEGUY, 1980-3).

3. C'est le dispositif expérimental véritablement pluridisciplinaire qui crée les conditions de la pluridisciplinarité de l'équipe et non l'inverse (SEGUY L., 1980-3).

IV.4. LA PROGRESSION DES SYSTÈMES DE CULTURES DANS LE TEMPS : QUELQUES ELEMENTS METHODOLOGIQUES DE REFLEXION POUR AFFINER LA HIERARCHISATION DES FACTEURS (ARNAUD M., 1979-48).

Dans la matrice générale, chaque système fonctionne et progresse grâce à l'utilisation de deux mécanismes expérimentaux complémentaires et indissociables :

- 1°) **L'évaluation agrotechnique et économique en grande parcelle et conditions d'exploitation réels où l'on mesure :**
 - les coefficients techniques et économiques relatifs à chaque itinéraire technique et à chaque système de culture,
 - l'évolution de la fertilité des sols, les relations causales "profil cultural - production de matière sèche",
 - l'évolution de la flore adventice et sa compétitivité pour les cultures,
 - l'évolution de la pression parasitaire au sens large (insectes, nématodes, etc ...).

- 2°) **Des essais statistiques et thématiques d'ajustement des systèmes de culture, qui permettent de faire progresser le plus vite possible les systèmes pratiqués en grandes parcelles ; ils portent sur :**
 - l'amélioration variétale (des diverses cultures),
 - la fertilisation minérale et/ou organique,
 - la protection des cultures (pesticides, contrôle biologique, etc ...),
 - d'autres thèmes si nécessaire, dès lors qu'ils sont facteurs limitants.

Ces essais thématiques sont inclus dans les grandes parcelles où apparaissent les problèmes spécifiques à chaque système au cours du temps → nécessité d'une même identité de l'histoire parcellaire entre la grande parcelle système de culture, et l'expérimentation qui prétend l'améliorer (1) (L. SEGUY et al., 1980-3).

Ces essais statistiques thématiques sont des outils polyvalents de :

- ▶ diagnostic
- ▶ d'application (solutions)
- ▶ d'explication

pour chaque système de culture, ou seulement pour les systèmes qui paraissent le mieux atteindre les objectifs des différents acteurs (agriculteurs, vulgarisateurs, chercheurs).

Le dispositif global expérimental qui est construit (matrice des systèmes) doit obéir à 3 règles fondamentales pour être utilisable :

- 1°) être suffisamment réduit pour pouvoir être accessible à une petite équipe de chercheurs [1 chercheur par discipline thématique prioritaire (2) + un agronome généraliste d'expérience comme leader de l'opération],
- 2°) être le plus rigoureux possible tant dans la quantité que dans la qualité des informations fournies, et doit être interprétable à la fois dans son ensemble et dans le détail.
- 3°) montrer qu'il apporte réellement à court terme des solutions aux problèmes agricoles régionaux dans le domaine de recommandation défini lors du diagnostic.

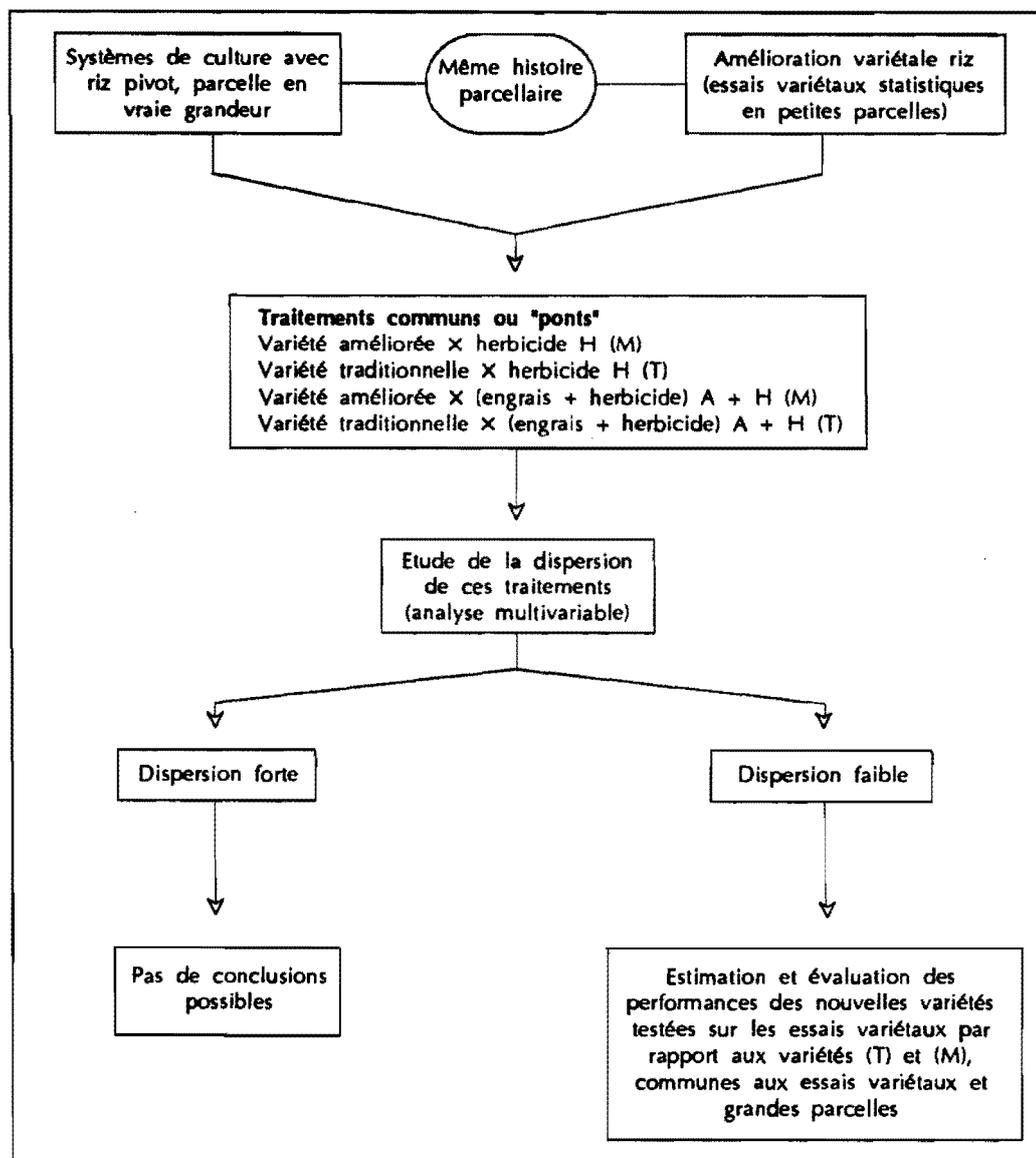
Les deux premières conditions posent un sérieux problème d'ordre méthodologique :

L'évaluation agro-économique proposée pratiquée en grandes parcelles ne peut reposer que sur les systèmes de cultures sur une seule répétition par traitement élémentaire "système". En effet, l'utilisation de la vraie grandeur limite le nombre de répétitions si l'on veut que le dispositif reste accessible ; sinon, on n'étudie qu'un très petit nombre de traitements avec répétitions, auquel cas, la richesse d'informations fournies diminue rapidement, le dispositif devient pauvre ce qui condamne à moyen terme son intérêt par rapport aux possibilités réelles d'intervention et aux objectifs de réponse à court, moyen et long termes (peu de systèmes étudiés).

-
- (1) Comme l'on ne peut pas prévoir 4 ou 5 ans à l'avance, l'évolution des divers systèmes, il faut donc surdimensionner les grandes parcelles pour pouvoir incorporer ces essais thématiques de progrès qui peuvent être nombreux et pour lesquels on doit préserver non seulement la même histoire parcellaire, mais aussi des conditions d'homogénéité compatibles avec une analyse rigoureuse.
 - (2) Cette priorité sera définie par la nature des problèmes à résoudre dans les systèmes de cultures au fur et à mesure qu'ils apparaîtront.

Il semble donc préférable d'étudier un grand nombre de traitements (systèmes de cultures à niveaux d'intensification variables mais contrôlés) pour laisser à la démarche une souplesse suffisante (introduction d'une nouvelle culture par exemple) et fournir un maximum de solutions possibles dans le temps.

Exemple : Riziculture pluviale manuelle dans la région du COCAIS - MARANHAO (1 à 12)



H : herbicide
 A : engrais
 T : variété traditionnelle
 M : variété améliorée.

Dans ce cas, compte tenu du grand nombre de traitements, donc de variables et observations, qui seront effectués sur l'ensemble du dispositif, il est apparu nécessaire de prévoir des traitements communs ou "ponts" entre les divers essais thématiques relatifs à une même culture dans des systèmes de cultures différents d'une part, et entre ces essais thématiques et les systèmes de cultures en vraie grandeur d'autre part, pour faciliter l'interprétation des résultats.

Les "ponts" doivent permettre :

- ▶ **d'estimer la dispersion** des traitements agronomiques dans le milieu étudié, à des **niveaux d'échelle de surface très différents** (de la petite parcelle expérimentale de 10 m² à un hectare ou plus),
- ▶ **de hiérarchiser en conséquence** la valeur des traitements dits "**améliorants**", des essais statistiques, par rapport à ceux déjà appliqués en vraie grandeur (parcelles systèmes), **soit d'évaluer la progression des résultats.**

Par exemple, **examinons la liaison "systèmes" en vraie grandeur et essais variétaux, pour le produit riz**, dans le projet Maranhao, fixation de l'agriculture itinérante (L. SEGUY, 1980/1981-6-11) :

De manière générale, tout niveau d'intensification du système de culture en grande parcelle, figurera dans les essais statistiques d'ajustements, comme référence aux deux échelles expérimentales.

On peut, et on doit, de la même manière, établir des ponts communs entre les divers essais thématiques conduits pour la progression d'un même système de culture, les dispositifs split-plot permettent de répondre à cette exigence.

Par exemple, toujours dans l'exemple Maranhao, examinons les liaisons entre "essais variétaux", "essais de fumure minérale" et "essais herbicides".

ESSAIS VARIETAUX RIZ :

◆ sur tous les systèmes de culture à base de riz

- . monoculture riz)
- . riz sur arachide) x même mode de travail du sol x même date de semis
- . riz sur maïs, etc...)

Parcelles principales → 2 niveaux fumures des systèmes en vraie grandeur
+ herbicide : (0 + H) - (A + H)

Parcelles secondaires → variétés en compétition dont variétés (T) et (M)
communes aux grandes parcelles systèmes

ESSAIS FUMURE MINERALE :

- ◆ sur les mêmes systèmes de culture à base de riz :

Parcelles principales → 2 variétés (T) et (M)
+ herbicide communs aux grandes parcelles systèmes

Parcelles secondaires → niveaux de fumure à tester dont niveau (O) et (A)
communs aux grandes parcelles systèmes

ESSAIS HERBICIDES :

- ◆ sur les mêmes systèmes de culture à base de riz

Parcelles principales : 2 niveaux de fumure des parcelles en vraie grandeur (O - A)

Parcelles secondaires : les herbicides à tester, dont l'herbicide commun aux grandes parcelles systèmes (H).

Il s'agit donc de "chélater" véritablement, **tout nouveau facteur d'étude** considéré comme facteur de progrès des systèmes de cultures dans une véritable pince expérimentale constituée de traitements de référence (partie de l'itinéraire technique) appliqués dans les systèmes de culture en vraie grandeur.

L'interprétation utilisant seulement les méthodes statistiques conventionnelles, ne permet ni de relier les différents essais statistiques entre eux, ni ces essais avec les grandes parcelles systèmes ; or, notre préoccupation essentielle est justement d'étudier comment varie un traitement lorsqu'il passe de la parcelle statistique à la vraie grandeur, pour pouvoir minimiser les distorsions fréquentes et communément admises entre un petit échantillon expérimental et une grande parcelle de culture.

Outre ce problème lié à l'interprétation globale, s'ajoute une énorme difficulté inhérente à la microvariabilité du milieu ; en effet, la culture itinérante par exemple qui est la règle de l'agriculture traditionnelle du Nordeste, se pratique dans la région du Cacaïs, une seule année au même endroit sur brûlis d'une jachère vieille de 4 à 7 ans, soit sur des supports très hétérogènes, souvent à fortes pentes, et en tout cas fortement dégradés par l'érosion au cours des cycles antérieurs de culture (1).

(1) C'est aussi la règle sur sols ferrugineux tropicaux de la zone soudano-sahélienne en Afrique de l'Ouest, et sur certains sols ferrallitiques de forêts (toposéquence : en demi orange, avec sols dégradés, ± gravillonnaires).

Cette situation, de très forte hétérogénéité de la parcelle paysanne constitue une réalité annuelle et générale, à laquelle notre analyse doit forcément s'adapter.

Pour répondre à ces deux problèmes très difficiles à résoudre par l'analyse statistique classique, sont utilisées diverses méthodes d'analyse multivariable qui doivent permettre, en utilisant les "ponts" entre essais statistiques relatifs à une même culture conduite dans différents systèmes et entre essais statistiques et grandes parcelles systèmes d'autre part, d'indiquer les tendances différentes qu'impriment les divers traitements étudiés, de les hiérarchiser.

Il apparaît ainsi plus rationnel, sur un tel support annuel, d'opposer des traitements différents plutôt que de vouloir les classer à un seuil de signification précis qui reste très illusoire et ne présente aucun intérêt pour l'application en vraie grandeur, tant la variabilité du milieu semble forte à très courte distance (1).

Les méthodes d'analyse multivariable utilisées seront les suivantes (selon M. ARNAUD, 1979-48) :

- ◆ Tout d'abord sont tracés les histogrammes de chacune des variables pour apprécier la dispersion de chacune d'elles ; ensuite sont utilisées les techniques de l'ACP (analyse en composantes principales) techniques purement descriptives permettant de chercher les oppositions entre les traitements ; et enfin, l'analyse factorielle discriminante (AFD) reliant les traitements des grandes parcelles systèmes aux traitements des différents essais statistiques.
- ◆ Le but de notre étude sera donc en définitive, de dégager et d'optimiser les tendances les plus favorables à l'échelle de l'unité morphologique de base, tant sur le plan agronomique que sur le plan économique.
- ◆ **L'interprétation sera réalisée à deux niveaux par deux types d'analyse complémentaires :**
 1. **Au niveau de détail**, sur les essais statistiques en utilisant l'analyse statistique conventionnelle, elle indiquera la précision et le choix du meilleur traitement agronomique pour chaque essai statistique.
 2. **Au niveau du dispositif global "grandes parcelles systèmes - essais statistiques thématiques" en se servant de l'analyse multivariable**, pour estimer la dynamique du dispositif, en étudiant la dispersion des résultats, leurs liaisons et leurs oppositions à la fois, dans l'espace sur l'unité de paysage, et dans le temps (analyse pluriannuelle).

(1) C'est aussi la règle sur sols ferrugineux tropicaux de la zone soudano-sahélienne en Afrique de l'Ouest, et sur certains sols ferrallitiques de forêts (toposéquence : en demi orange, avec sols dégradés, ± gravillonnaires).

RESUME : Cet ensemble méthodologique "systèmes de cultures x essais thématiques d'ajustement" permet d'affiner la progression des systèmes, à la fois à l'échelle de la parcelle et de l'unité de paysage, car le jeu des rotations permet aux différentes cultures de balayer l'étendue de la toposéquence au cours du temps.

Par rapport à la situation initiale (avant intervention expérimentale), l'installation de ce type de matrice des systèmes de cultures, à l'échelle des unités de paysage représentatives permet de créer une très large variabilité contrôlée des possibilités d'expression du potentiel agricole du terroir, une source précieuse de diagnostic, de technologies praticables, de production de connaissances scientifiques, un vivier de matériel végétal, de méthodes d'aménagement, d'outils d'aide à la prise de décision des utilisateurs.

ATTENTION ! *La matrice devra comporter, toujours, une série de "balises ou garde-fous expérimentaux" qui servent de référence agronomique permanente, même s'ils ne présentent aucun intérêt économique par ailleurs. Comme exemples, on citera :*

- ▶ *Au niveau fertilisation minérale ou organo minérale → un traitement associant fumier (à forte dose 10 à 20 t/ha) + scories Thomas ou thermophosphate magnésiens (2 t/ha pour 4-5 cultures) + 200 kg/ha KCl + niveau non limitant N couverture (1)*
- ▶ *Au niveau protection contre insectes (sol + culture) → un traitement protection complète (niveau semences, + traitements systémiques)*
- ▶ *Au niveau lutte contre adventices → un traitement toujours maintenu propre par sarclage (nuisance nulle).*

Ces trois traitements associés sous la forme d'un traitement additionnel des divers essais statistiques d'ajustement des systèmes, constituent une référence d'expression du potentiel pédoclimatique annuel et pluriannuel.

A l'inverse, on pourrait aussi dans certains cas préserver, à titre démonstratif, des combinaisons de facteurs extrêmement négatives pour le profil cultural et la croissance des cultures (balise de ce qu'il ne faut pas faire).

(1) Recommandation non limitante, pour sols ferrugineux tropicaux lessivés et sols ferrallitiques de forêt, savanes (cerrados, llanos).

IV.5. PRODUIRE DES CONNAISSANCES ET DONNER DES SOLUTIONS AU DEVELOPPEMENT : UNE DUALITE CONSTANTE, SOUVENT CONFLICTUELLE, DU PROCESSUS DE CREATION

Trois grands types de recherches thématiques, également importantes, étayent le processus de création et garantissent le progrès constant des systèmes de cultures :

- ▶ **des actions thématiques de portée immédiate pour le développement** : ce sont des solutions simples, recettes qui permettent de lever une contrainte majeure, clairement identifiée dans un système de culture :
 - un niveau de fumure minérale, une variété, un pesticide, etc ...

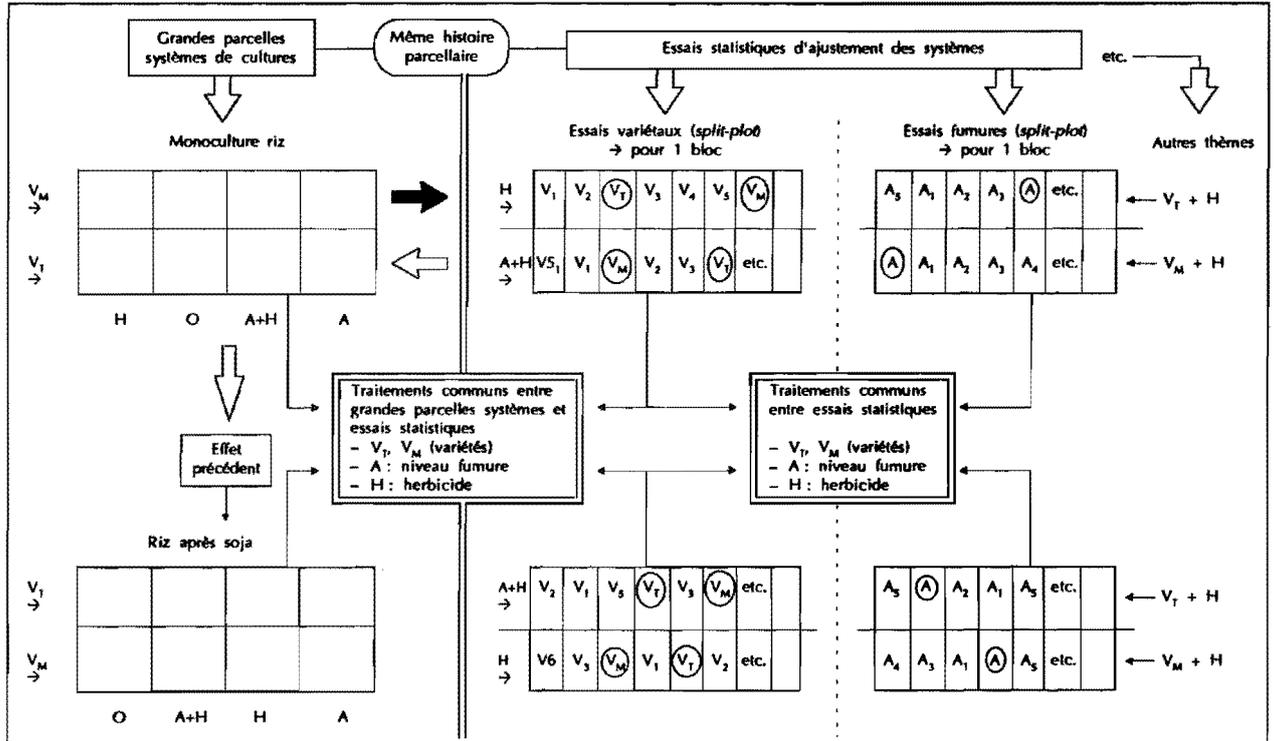
- ▶ **des actions thématiques de portée à moyen et long termes** : analyses, suivi-évaluation des transformations du profil cultural sous l'influence des divers modes de gestion des sols et des cultures de la matrice des systèmes de culture, conséquences sur le fonctionnement des relations eau-sol-cultures :
 - évolution de la fertilité au sens large, sous ses diverses composantes,
 - . physiques,
 - . chimiques,
 - . biologiques

 - outils de caractérisation analytique (diagnostic) de cette évolution de fertilité :
 - . in situ
 - . au laboratoire

- ▶ **des actions thématiques obligatoires, annuelles** : résoudre des problèmes complexes, fugaces, étroitement dépendants des conditions climatiques annuelles et déterminants quant à la production annuelle de matière sèche :
 - caractérisation des mécanismes de transformation des états de surface du sol, dans les différents systèmes de cultures, entre les premières lignes utiles (30 - 40 mm minimum sur une période qui n'excède pas 5 jours) donc la première date de semis possible et un mois à 45 jours après correspondant à la dernière date de semis possible (cf. annexe V - mécanismes de portée générale, en milieu tropical).

Ces trois grands types d'actions thématiques, dont les objectifs sont complémentaires pour fournir, à la fois, des modèles de fonctionnement prédictifs du profil cultural en fonction des modes de gestion des sols et des cultures, des outils de diagnostic pour ces modèles, des solutions au développement immédiatement applicable et en progression constante, requièrent des méthodes, des moyens financiers et humain, des échéances de réalisation, qui sont le plus souvent très différents.

Schéma 5. Exemple d'affinage méthodologique pour une meilleure hiérarchisation des facteurs de production. Cas de deux systèmes à base de riz en culture manuelle et semis direct. (Projet fixation agriculture itinérante, région Cocais, Maranhão, Brésil). L. SÉGUY, S. BOUZINAC, 1980.



Sigles (niveaux intensification) : O : sans engrais, ni herbicide ; H : herbicide seul ; A : engrais seul ; A+H : engrais + herbicide ; V_T : variété traditionnelle ; V_M : variété améliorée ; V_1, V_2, \dots : nouvelles variétés testées ; A_1, A_2, A_3, A_4 : autres niveaux de fumure testés.

Dans des conditions de ressources financières et humaines limitées, qui sont maintenant pratiquement la règle, il y a donc des choix à faire et des priorités à établir. Lorsque la recherche est réellement engagée dans un processus de création-diffusion de technologies, en milieu réel, pour et avec les acteurs du développement, elle n'a en réalité, pas le choix : lorsque les moyens sont limités, elle est obligée de privilégier toujours les actions thématiques de portée immédiate pour le développement.

◆ **Sur l'opérationnalité des recherches en milieu réel, lorsque les ressources financières et humaines sont limitées.**

La nature des recherches thématiques est d'abord déterminée en fonction des problèmes les plus limitants à résoudre (n'oublions pas que nous sommes en milieu réel, travaillons d'abord pour les utilisateurs) "Les systèmes déterminent et gèrent les thèmes" (L. SEGUY, 1980-3).

Dans l'évolution et la progression des systèmes, les facteurs limitants qui apparaissent changent rapidement de nature au cours du temps, dès lors qu'ils sont résolus rapidement. Il est donc évident que l'intervention, recherche thématique centrée sur le progrès des systèmes de culture, va changer de nature rapidement.

L'opérationnalité thématique au profit des systèmes devrait donc se construire sur des interventions à la demande, en fonction des facteurs les plus limitants, au fur et à mesure qu'ils apparaissent au cours du processus de fixation. Il devrait donc, y avoir, à l'évidence, une rotativité importante des thèmes à traiter, donc des thématiciens spécialisés.

En un mot, il n'est pas raisonnable, dans ce genre d'intervention de la recherche en milieu réel, que chaque thématicien présent aille exercer sa spécialité dans les unités systèmes. Il s'agit, encore une fois, d'accorder la priorité à la résolution des facteurs les plus limitants au fur et à mesure qu'ils apparaissent dans la pérennisation des systèmes : leur nature et leur intensité dépendent donc des systèmes pratiqués dans un milieu donné, et détermineront donc le choix des interventions thématiques, leur durée et les moyens nécessaires à leur résolution. C'est à l'agronome leader du projet de création-diffusion, homme orchestre du pilotage de la matrice des systèmes, que doit revenir la responsabilité de faire ces choix, de préserver la cohérence générale.

◆ **Sur les niveaux échelles d'analyse thématique : encore un problème de ressources.**

On sait construire, puis reproduire des systèmes praticables en milieu réel, les classer aux plans agrotechnique et économique, en un mot choisir, avec les partenaires utilisateurs, les meilleurs et les mieux adaptés. Pour ce faire, des méthodes simples et peu coûteuses ont été élaborées, notamment pour ce qui concerne la caractérisation in situ des relations eau-sol-cultures dans les systèmes (cf. chapitre "Caractérisation profil cultural", annexe III).

Ce niveau "macro" de caractérisation du profil culturel et de ses relations avec le peuplement végétal et la biomasse en général permet, à peu de frais, d'expliquer les performances des différents systèmes, de les classer au cours du temps, de prévoir leur évolution.

Cependant, pour aborder une connaissance plus fine des relations profil culturel - peuplement végétal, au niveau rhizosphère notamment (filères macro, méso et microflore dans la structure des sols, relations avec le complexe parasitaire, etc ...), on peut avoir recours à un niveau d'échelle analytique plus fin qui requiert des outils d'investigation beaucoup plus onéreux, souvent couplés à des manipulations de laboratoire.

Ce niveau de recherche plus fin, encore une fois non indispensable pour créer, reproduire des systèmes de culture et les choisir dans des agricultures africaines généralement peu développées, devrait trouver des financements spécifiques en provenance des pays développés qui peuvent s'offrir ce niveau de connaissance. L'attitude d'excellence pour la recherche, dans les pays qui, pour la plupart, connaissent des contraintes économiques de plus en plus désastreuses, réside certainement dans son aptitude à donner des solutions praticables dans un tel contexte, pour la fixation des agricultures paysannes. L'excellence n'est-elle pas de trouver des solutions praticables et plus performantes lorsque l'on a rien, ou très peu de moyens pour le faire ?

V. - LE SUPPORT OPERATIONNEL DE LA MATRICE DES SYSTEMES DE CULTURES EN MILIEU REEL : LES UNITES DE CREATION-DIFFUSION ET FORMATION

L'outil opérationnel de terrain pour mettre en pratique les matrices systèmes est constitué par des unités dites de "création-diffusion" sur lesquelles est mis au point un très large choix (agronomique, technique, économique) de systèmes de cultures, à l'échelle des unités de paysage représentatives, aménagées pour la fixation de l'agriculture durable.

V.1. LA MISE EN PLACE DE CES UNITES DE "CREATION-DIFFUSION" SUR LES UNITES DE PAYSAGE REPRESENTATIVES, REQUIERT L'OBSERVATION STRICTE DE QUELQUES REGLES IMPORTANTES

V.1.1. Donner une dimension, à la fois, technique et économique à l'expérimentation en milieu réel.

Un des objectifs principaux de l'évaluation des systèmes de cultures de la matrice, est de pouvoir les comparer simultanément aux plans :

- . agronomique,
- . technique,
- . économique.

à la fois, annuellement et pluriannuellement, et aussi d'avoir un impact démonstratif convaincant pour les utilisateurs.

Une évaluation rigoureuse de ces paramètres (ou coefficients technico-économiques) en vue de leur reproductibilité, ne peut se faire qu'en conditions réelles de production (parcelles en "vraie grandeur").

La prise en compte des conditions réelles de production dans l'intervention expérimentale repose simultanément sur deux notions fondamentales complémentaires :

- la notion de **surface représentative pour la parcelle** (donc pour l'itinéraire technique, le système de culture),
- le principe de **"praticabilité" des techniques.**

La définition de la surface représentative se fait à partir de la nature des outils et équipements utilisés et de leur niveau de maîtrise technique, ainsi que de la configuration des parcelles qui composent le terroir agricole.

Par exemple, en traction animale, petite motorisation (motoculteur, tracteur de faible puissance : 18 - 60 CV), grosse motorisation (tracteurs de puissance > 80 CV), c'est la longueur des parcelles qui est déterminante : longueur en dessous de laquelle les temps de travaux représentatifs de la configuration des parcelles du terroir, souffrent de réelles distorsions - en grosse motorisation, pour la grande culture industrielle, la longueur minimum des parcelles "modes de préparation du sol" est de 300 m ; la largeur importe moins dès lors qu'elle fait au minimum 15 m ; la surface minimum élémentaire par mode de travail du sol est donc de 4 500 m² (L. SEGUY, S. BOUZINAC, 1989-21).

En systèmes de cultures strictement manuels, la surface minimum représentative de la "vraie grandeur" peut être établie, à partir de la surface correspondant à la tâche journalière pour les opérations culturales les plus contraignantes : le premier sarclage : en conditions de fortes infestations d'adventices ; la récolte : manuelle. La capacité moyenne journalière, pour ces opérations, correspondait sur le projet Maranhao à 250 m² (SEGUY L., 1980-3 ; ARNAUD M., 1979-48).

Le principe de "praticabilité" des modes de gestion des sols, en temps et en conditions réels d'exploitation. Ce principe est sans aucun doute le plus important du processus de création, car il conditionne les états du profil cultural, les fonctionnements des relations eau-sol-cultures, leurs conséquences sur la production de matière sèche, la concurrence des adventices, la dynamique de la faune et des populations microbiennes.

Malgré son importance capitale, déterminante même, c'est aussi le "tendon d'Achille", "bête noire", souvent inavouée du chercheur.

Les pratiques agricoles sont certainement les composantes des systèmes de culture qui sont le moins familières au chercheur pour ne pas dire, étrangères ; elles sont trop souvent sous-traitées successivement à un technicien puis au chauffeur de tracteur ; les chercheurs n'assistent généralement pas à leur réalisation et se préoccupent encore moins de leur moment de réalisation, de leur représentativité, des états du profil cultural... **Une même technique de préparation du sol, peut recouvrir ainsi, des états extrêmement divers du profil cultural, dans les mêmes conditions pédoclimatiques, suivant les conditions de sa réalisation.**

La maîtrise des modes de gestion des sols : leur domaine de réalisation en fonction des états du milieu, les conditions de leur reproductibilité, incluant leurs effets dévastateurs les plus démonstratifs sur le profil cultural et ses conséquences pour les cultures, et a fortiori, la création de nouveaux modes de gestion des sols, ne s'improvisent pas. C'est un véritable métier qui nécessite aussi une longue expérience pratique et une actualisation constante. Cette affirmation est d'autant plus vraie en milieu tropical, où les conditions climatiques particulièrement violentes et agressives, sur des sols souvent très fragiles, peuvent provoquer des changements d'état brusques et très conséquents du profil cultural aussi bien en surface qu'en profondeur en moins de deux heures.

On ne peut donc que souhaiter qu'une prise de conscience sérieuse de ces besoins, favorise sans délai la formation accélérée et continue des agronomes systèmes (ou généralistes) dans ce domaine des pratiques et techniques culturales, et principalement dans des conditions tropicales où ces pratiques ont fait la preuve, sur un intervalle climatique et économique suffisant, qu'elles sont capables d'assurer la fixation d'une agriculture stable et rentable (certaines régions du Brésil et d'Australie par exemple).

V.1.2. Intégrer la variabilité du facteur sol : conditions d'homogénéité (rappel)

Au cours du diagnostic initial rapide, les recherches orientatives de la première année, souvent indispensables, doivent permettre de préciser le degré de variabilité du facteur sol à l'échelle de la parcelle, de la toposéquence et ses conséquences sur la croissance et la production de matière sèche des diverses cultures (déjà existantes ou à introduire) qui entreront dans la composition de la matrice modélisée des systèmes de cultures (cf. recherches orientatives dans diagnostic initial).

En fonction de cette première analyse, sont définis :

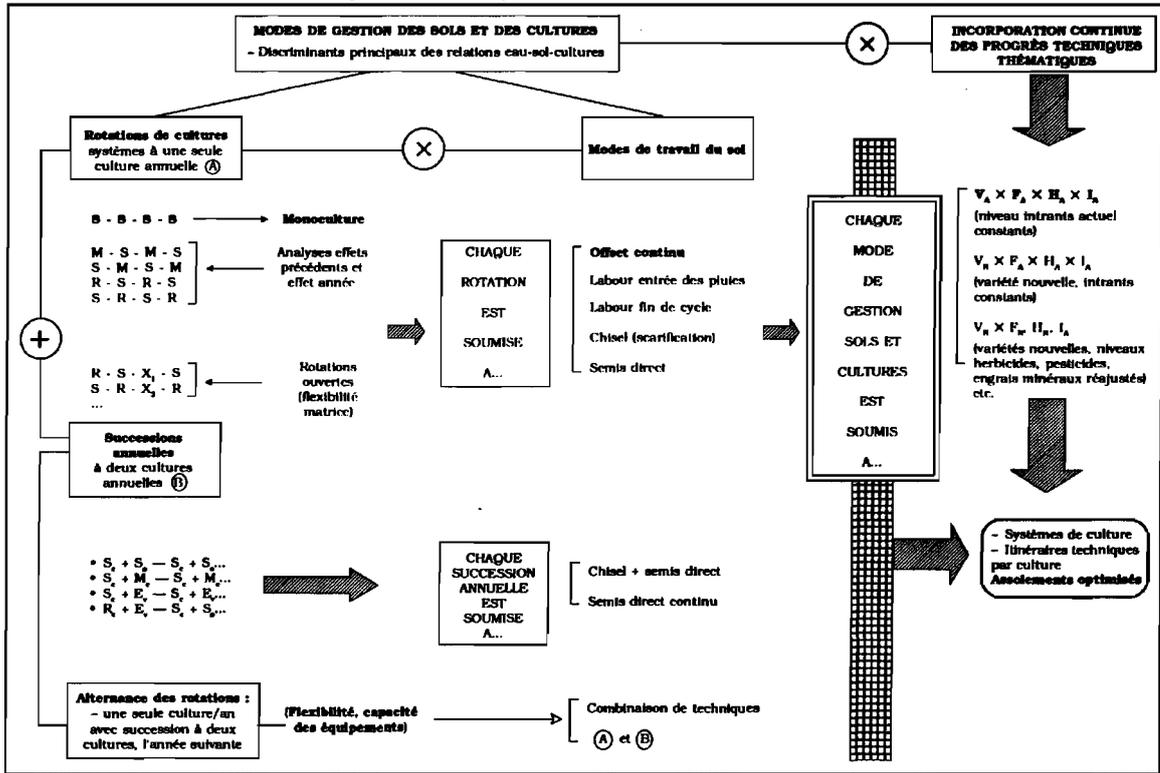
- la surface élémentaire et le nombre de répétitions des placeaux qui seront inclus dans les grandes parcelles en vraie grandeur pour évaluer la distribution des paramètres caractérisant la croissance des diverses cultures, la production de matière sèche, les caractéristiques de concurrence de la flore adventice, etc ...,
- la surface élémentaire et le nombre de répétitions des essais thématiques d'ajustement des systèmes de cultures, les ponts (liaisons méthodologiques entre grandes parcelles et essais statistiques d'une part, et entre essais statistiques entre eux, d'autre part),

donc les caractéristiques méthodologiques de la matrice "systèmes de cultures" (cf. exemples en annexe VI).

V.2. LE MONTAGE PRATIQUE DES UNITES DE CREATION-DIFFUSION

- ◆ **Au niveau des unités de paysage représentatives, rappelons que l'on doit prendre simultanément en compte :**
 - **l'unité géomorphologique représentative de l'espace rural**, sur laquelle s'exerce le processus érosif : prise en compte des facteurs pourcentage de pente, sa longueur, variabilité et érodibilité du facteur sol, etc ...
 - **les pratiques paysannes et leurs systèmes de culture** (référence de base)

Schéma 6. Exemple de matrice des systèmes, Cerrados du centre-ouest (L. SÉGUY et al., 1989)



V : variété, H : herbicide, I : insecticide, A : actuel, N : nouveau, B : soja, B_c : soja cycle court, M : maïs, M_c : maïs cycle court, S : sorgho, R : riz, E_v : engrais vert, X₁, X₂ : 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.

- **de nouvelles techniques antiérosives** qui s'appliquent à 2 niveaux complémentaires :

- . **aménagement d'ensemble de la toposéquence**, fonction du type d'agriculture, vocation du terroir (cf. exemplaires schémas 7 et 8)
- . **au niveau des systèmes de culture** : importance déterminante des modes de gestion des sols et des cultures qui font appel simultanément aux techniques des agriculteurs et à de nouvelles techniques de travail du sol combinées avec des rotations et/ou successions culturales qui modifient les relations eau-sol-cultures, les états de surface du sol, sa couverture.

Les diverses pratiques antiérosives intègrent donc les divers niveaux d'échelle expérimentale : la toposéquence et les systèmes de culture.

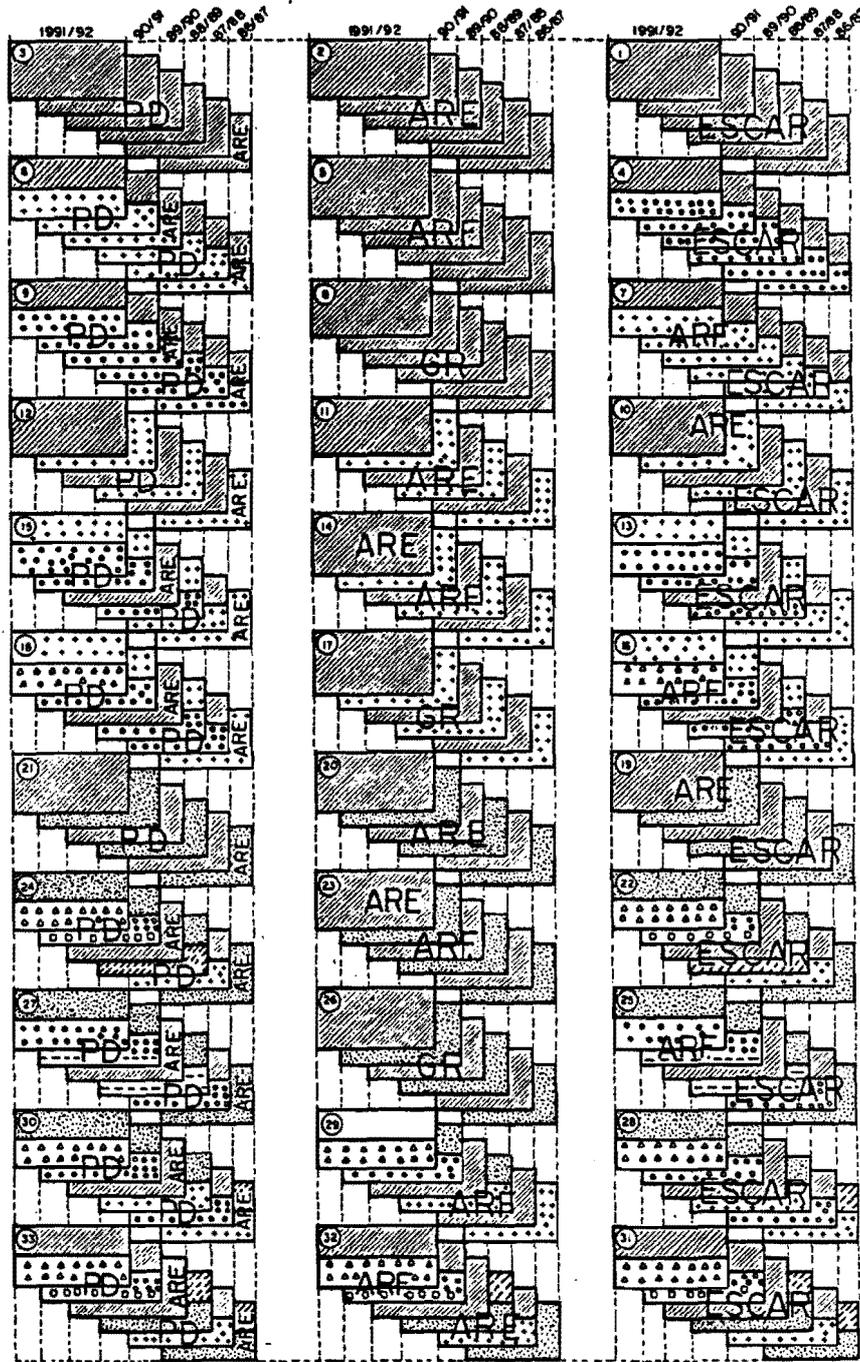
◆ **Au niveau des systèmes de culture**, tenir également compte :

- ▶ **des systèmes de culture traditionnels** (référence de base),
- ▶ **des systèmes futurs possibles** (expressions différenciées agroéconomiques et techniques du potentiel du terroir).

L'ensemble systématisé, constitue la matrice modélisée des systèmes de cultures.

Les schémas 6, 6a, 6b et 7 montrent deux exemples de matrices des systèmes l'une relative à la fixation d'une agriculture industrielle, mécanisée, dans les cerrados humides du centre ouest du Brésil (schémas 6, 6a et 6b), l'autre, visant la fixation d'une petite agriculture manuelle itinérante, dans les forêts secondaires à palmiers babaçus de la région du Cocais, dans l'état du Maranhao au Nord Brésil (schéma 7).

APRÈS 4 ANS MONOCULTURE SOJA

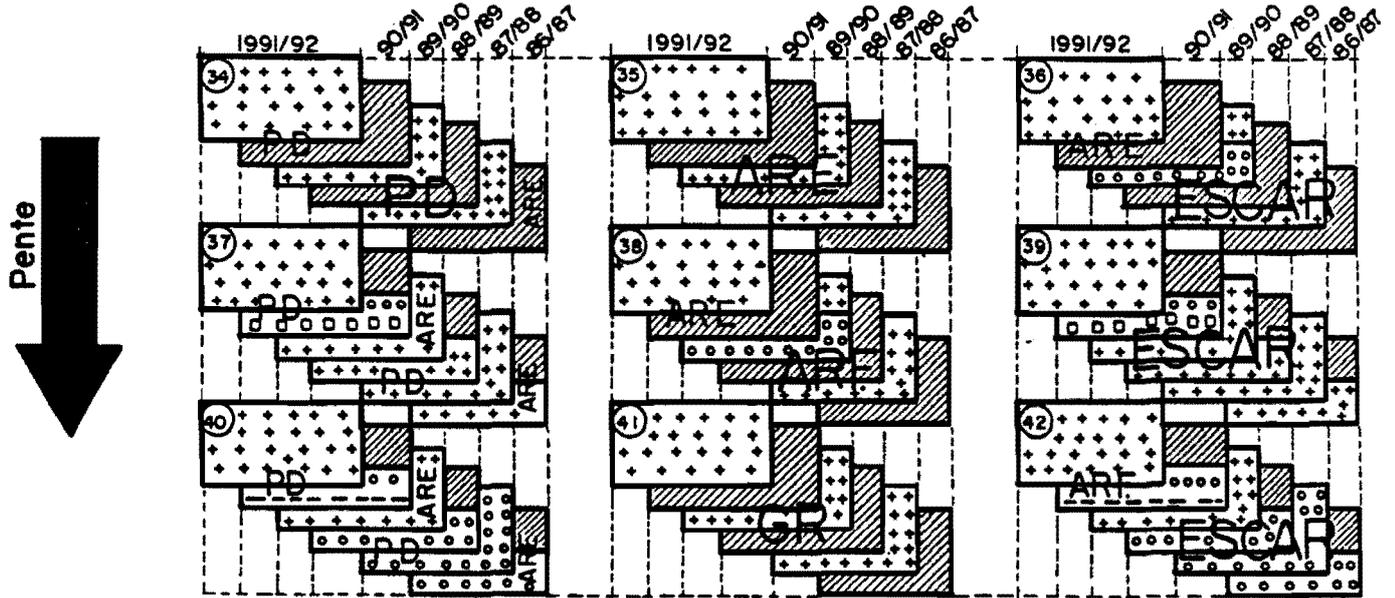


LEGENDE →

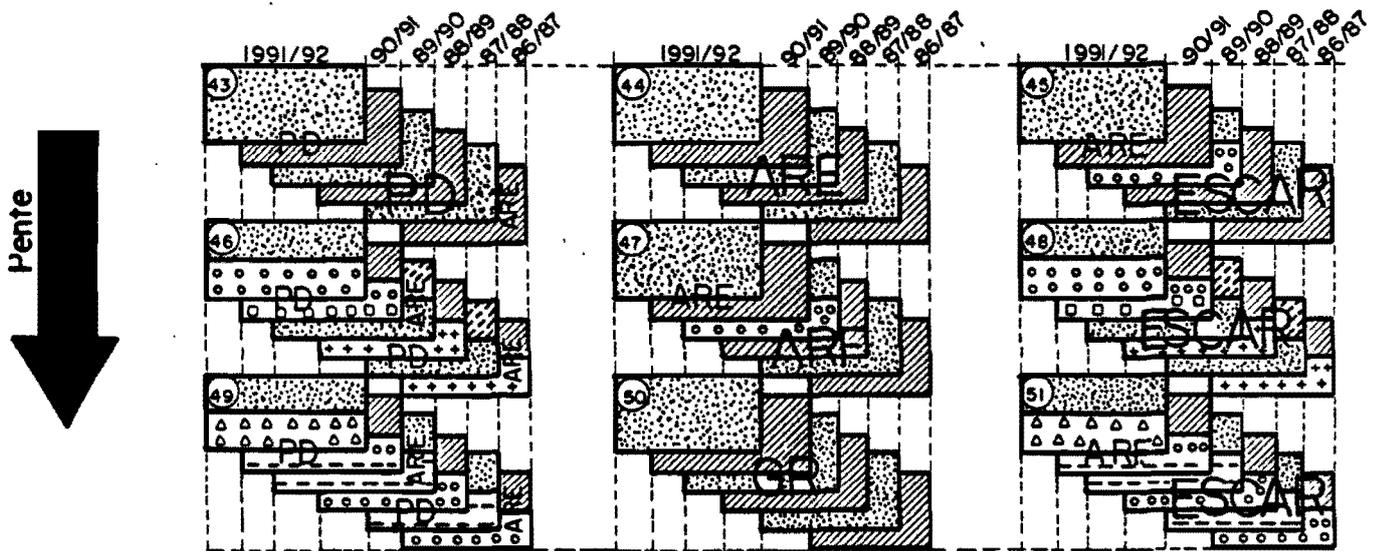
SOJA	CALOPOGONIUM M.	} Succession annuelle de cultures
MAÏS	CAJANUS C.	}
RIZ	DOLICHOS	Une seule culture annuelle
SORGHO	MIL	

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

APRÈS 3 ANS MONOCULTURE SOJA + 1 AN MAÏS



APRÈS 3 ANS MONOCULTURE SOJA + 1 AN RIZ



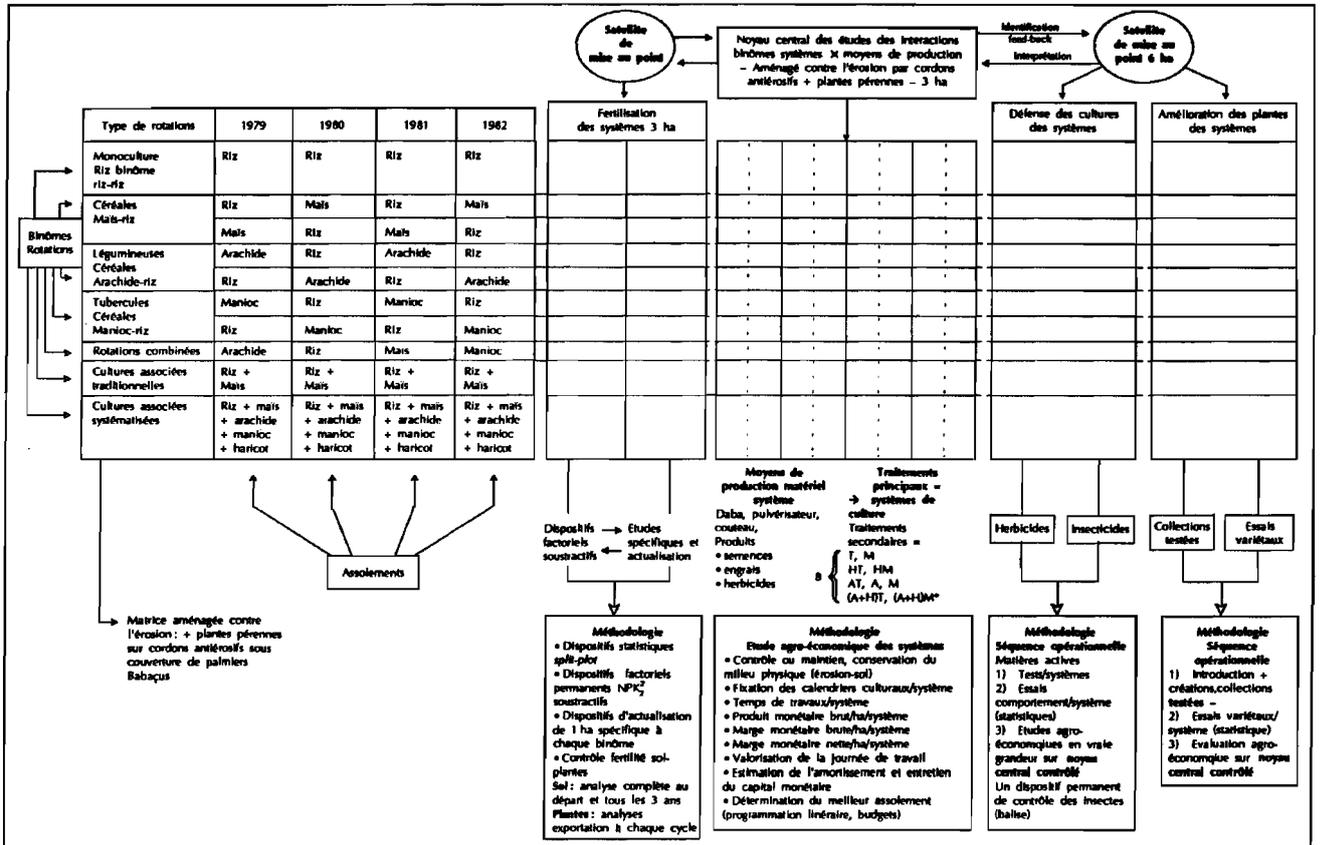
- | | | | |
|--|---|--|-----------------------------------|
|  SOJA |  CALOPOGONIUM M. |  1 ^{re} Culture | } Succession annuelle de cultures |
|  MAÏS |  DOLICHOS |  2 ^{de} Culture | |
|  SORGHO |  MIL |  Une seule culture annuelle | |
|  RIZ |  CAJANUS C. | | |

PD: Semis direct

ARE: Labour profond début des pluies

ARF: Labour profond fin de cycle

ESCAR: Scarification profonde



Stgles : T = variété traditionnelle; M = variété améliorée; H = herbicide; A = engrais.

◆ Aménagement d'ensemble : hiérarchisation et affectation des composantes des systèmes dans le dispositif expérimental global.

Différents impératifs méthodologiques complémentaires obligent à une hiérarchisation et donc à une affectation précises des composantes de la matrice. Ce sont :

- la facilité d'exécution des travaux culturels, principalement en culture motorisée ;
- la nécessité de pouvoir évaluer des coefficients techniques représentatifs des conditions réelles d'utilisation des équipements : temps de travaux, capacité ;
- l'obligation incontournable, de ne pas introduire d'effet date de semis pour une même culture soumise à différents itinéraires techniques que l'on prétend comparer.

Prenant comme exemple le cas des Cerrados, dans lequel les composantes modes de gestion des sols et des cultures se sont révélés être les facteurs de progrès les plus importants et les plus discriminants de la production de matière sèche et de l'évolution de la fertilité des sols, ces impératifs se traduisent par le montage suivant :

- à la parcelle principale, sont affectés les modes de gestion des cultures : rotations et successions annuelles,
- ensuite, à la sous-parcelle : les modes de travail du sol,
- ensuite, à la sous-sous-parcelle : les variétés ou autre thème simple.

Au départ, les niveaux de fertilisation minérale appliqués à une même culture dans les différents systèmes sont identiques de même que les doses et matières actives de pesticides : toutefois, certains itinéraires techniques nécessitent des applications complémentaires d'herbicides ou d'insecticides pour que l'effet adventice et/ou insectes n'interfère pas dans notre analyse des modes de gestion des sols et des cultures x variétés ; ces applications complémentaires de pesticides sont alors prises en compte dans l'analyse technico-économique.

S'il existe un gradient net de fertilité à l'échelle de l'unité de paysage, mis en évidence par notre analyse agronomique de départ qui précède l'implantation de l'unité, on devra obligatoirement répéter un couple de traitements systèmes de culture, au sommet, au milieu, et en bas de l'unité de paysage ou toposéquence ; on choisira pour la constitution de ce couple le système traditionnel. C'est le système qui, à priori, est le plus capable de l'améliorer dès la première année ; ce système pourra être ensuite substitué dès la seconde année par celui qui a effectivement apporté les progrès les plus conséquents (agrotechniques et économiques). Cette méthode permet de prendre en compte l'effet gradient dans notre analyse annuelle et pluriannuelle des systèmes de culture (analyse comme une collection testée avec témoins intercalés).

S'il n'existe pas de gradient de fertilité, les traitements modes de gestion des sols et des cultures, une fois hiérarchisés, sont affectés au hasard dans l'unité. Le jeu des rotations permet ensuite aux diverses cultures et itinéraires techniques de se déplacer sur tout le champ expérimental des unités de paysage.

V.3. SUIVI-EVALUATION AGROTECHNIQUE ET ECONOMIQUE DES UNITES DE CREATION-DIFFUSION (cf. exemple en annexe, cf. schéma 7)

V.3.1. Acquisition des références

Sur chaque culture, dans chaque itinéraire technique en rotation, sont enregistrées chaque année, et au cours du temps :

- **des données agronomiques sur le fonctionnement du profil cultural et les relations eau-sol-cultures, leurs conséquences sur la productivité de matière sèche, et l'évolution de la fertilité du sol. L'analyse des résultats se fait à partir du comportement de divers paramètres dont on étudie la convergence et la cohérence :**

- ▶ **au niveau du profil cultural**

les états de surface, principalement sur l'intervalle compris entre les premières pluies utiles (30 à 50 mm sur une période n'excédant pas 5 jours) et 30 à 60 jours après, soit correspondant à la première date de semis possible et à la pluie tardive. Cet intervalle est en effet déterminant, en milieu tropical, tant que le sol n'est pas couvert à 100 %, car c'est lui qui conditionne la puissance de l'enracinement, les conditions d'emmagasinement de l'eau, la germination des adventices (suivi de la rugosité de la surface, formation ou non de croute de battance, germination des adventices en fonction des états de surface, évolution porosité des 20 premiers centimètres).

- ▶ **au dessous du sol :**

sont étudiées les conditions de croissance des systèmes racinaires et leurs relations avec la structure du sol : porosité, résistance mécanique à la pénétration, vitesse d'infiltration de l'eau, densités racinaires et dynamique d'avancement du front racinaire (SEGUY L., BOUZINAC S. et al., 1989) et évolution des propriétés chimiques et biologiques, dynamique des cations.

- ▶ **au dessus du sol :**

sont évaluées la compétition adventice-cultures, la croissance des cultures : composantes du rendement, productivité de matière sèche, exportations d'éléments minéraux, et leurs fluctuations interannuelles.

- **Sur le plan des méthodes analytiques, dans un premier temps, sont déterminés les paramètres les plus explicatifs, quand et comment les mesurer, d'abord à l'échelle macroscopique, puis à l'échelle microscopique (biologie de la rhizosphère) lorsque les ressources financières ne sont pas limitées.**

Ces variables agronomiques ne sont enregistrées que sur les traitements systèmes qui induisent les productivités de matière sèche, les plus différenciées (1).

- **Des données techniques et économiques, mesurées sur des surfaces représentatives des conditions d'exploitation réelles (parcelles systèmes de cultures en vraie grandeur).**

Calendriers culturaux, capacité des équipements, temps et faisabilité des travaux pour chaque opération, coûts de production détaillés, recettes, soldes, taux de rentabilité pour chaque itinéraire technique, puis par système de cultures.

C'est à partir de cet ensemble de références obtenues sur un intervalle climatique et économique significatif (3 à 5 ans) que sont établies les bases de la production végétale et que sont identifiés les outils analytiques, d'abord in situ, peu coûteux, qui permettent de les caractériser.

V.3.2. Organisation des références (cf. schéma 7)

Cette organisation se fait sous forme de fiches techniques :

- par cultures (itinéraires techniques)
- par systèmes de cultures

NOTE IMPORTANTE :

Les données pluriannuelles recueillies sur les unités de création-diffusion offrent, après au minimum 3 ans, des possibilités et des garanties de généralisation à partir d'éléments explicatifs rigoureux : croissance, développement, formation de la productivité des cultures et de sa stabilité en relation avec les états du profil cultural.

Pour apporter une couverture plus large des résultats expérimentaux les plus significatifs, diverses unités de création-diffusion simplifiées sont implantées au niveau multilocal régional par les chercheurs et vulgarisateurs formés sur les unités principales.

(1) On vérifiera toutefois, que sur les traitements intermédiaires entre ces deux extrêmes, les valeurs des paramètres mesurés sont interpolées.

En même temps, des suivis rigoureux dans les exploitations agricoles autour des unités, permettent de contrôler la validité des résultats économiques obtenus (capital, type de matériel et capacité, goulots d'étranglement techniques, marges, etc ...).

V.3.3. Traitement des références (cf. schéma 7)

Après 5 ans de fonctionnement des unités principales et 2-3 ans sur les unités périphériques multilocales, sont établis des modèles de fonctionnement agro-économique et technique d'assolements optimisés prévisionnels.

Ils offrent :

- **un large choix, de systèmes de cultures, d'assolements optimisés** (performances agro-économiques, faisabilité technique)
- **des possibilités de simulation des goulots d'étranglement et points forts** à partir d'hypothèses techniques et économiques : coûts de production (intrants), prix payés pour les produits, le matériel, etc...

Enfin, **ces références expérimentales sont complétées par des hypothèses socio-économiques en milieu réel** (capital, matériel, main d'oeuvre) en vue de l'élaboration d'un outil informatique pour aider au choix prévisionnel annuel d'assolements optimisés, en fonction des prix pratiqués. Cet outil est un auxiliaire opérationnel précieux pour la prise de décision des utilisateurs.

V.4 GESTION DES UNITES DE CREATION DIFFUSION

V.4.1. Les agriculteurs

Il ne peut être question de laisser toute liberté aux agriculteurs pour l'exécution des opérations culturales pour diverses raisons évidentes :

- **Nécessité de préserver une grande rigueur expérimentale,**
- **La plupart des propositions sont des innovations, non connues des utilisateurs, et donc, a fortiori, non maîtrisées ; elles nécessitent par conséquent un encadrement extrêmement étroit et suivi des chercheurs : il faut d'abord montrer comment faire, avant d'exiger,**
- **Un certain nombre de traitements ne sont pas nécessairement intéressants ou utilisables ; ils servent de "balises et de références expérimentales", soit négatives (monocultures), soit plus proches du potentiel des espèces et sont de ce fait indispensables à la démonstration et au pilotage prévisionnel d'une pérennisation de l'agriculture (fonction Diagnostic).**

Les agriculteurs interviennent donc dans les unités de création-diffusion (milieu contrôlé) :

- **par leur outil (nature, faisabilité)**
- **par la maîtrise totale de leurs systèmes traditionnels** qui constituent la référence permanente de base, agrotechnique et économique (1),
- **par leurs choix**, dans les nouveaux itinéraires techniques et systèmes de cultures qui leur sont proposés et qu'ils ont eux-mêmes réalisés, sous contrôle de la recherche système.

Au fur et à mesure que l'on progresse, à la fois techniquement et économiquement, les systèmes les moins attractifs prendront une part de moins en moins importante sur chaque unité ; au contraire, les systèmes les plus attractifs et demandés par les utilisateurs seront privilégiés (flexibilité de la matrice expérimentale).

V.4.2. Gestion des intrants

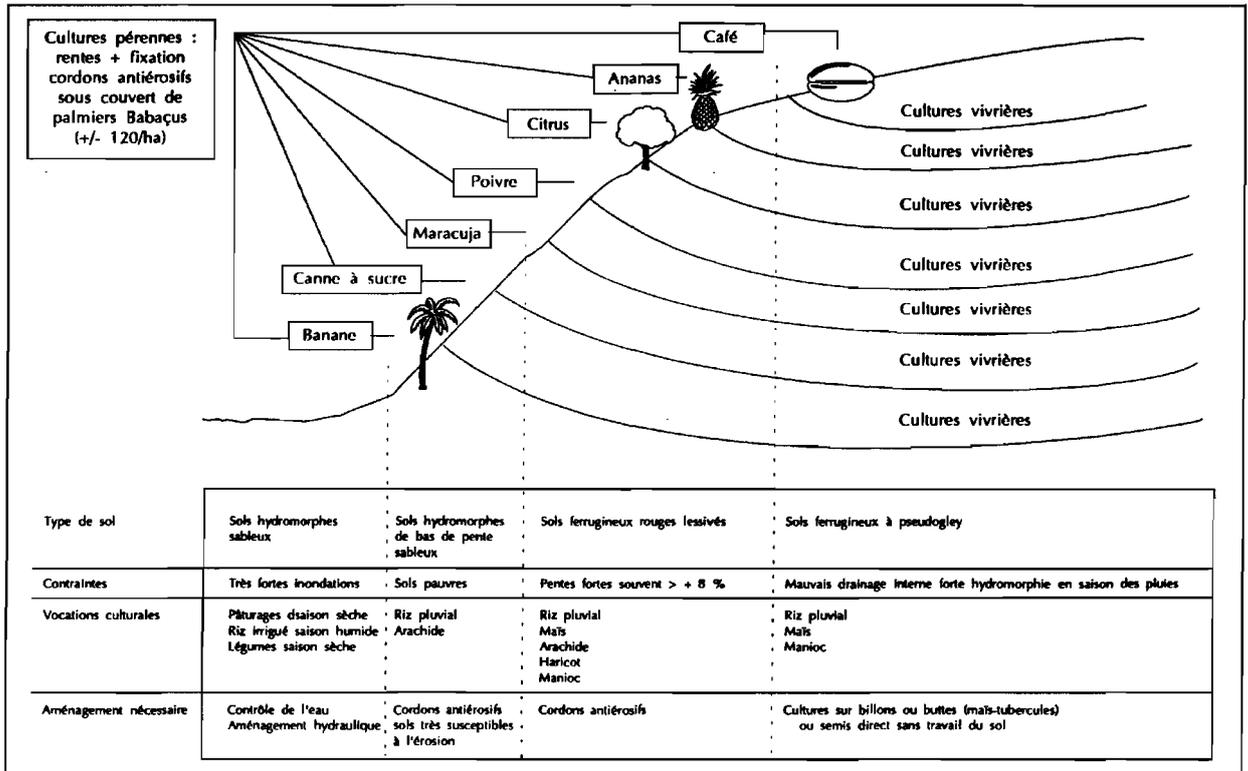
La recherche fonctionne comme un agent de crédit, fournisseur des approvisionnements et comme organisateur des filières commerciales des produits nouveaux.

Il n'est en effet pas pensable d'imaginer la création d'innovations en milieu réel, sans - en même temps - préparer toutes les conditions d'appropriation de ces innovations (circuits commerciaux, approvisionnements en intrants, organisation du crédit, etc ...).

Cette nécessité absolue définit un cadre d'intervention extrêmement bien ciblé pour les agro-économistes au niveau régional, dès que le processus de diffusion des technologies est amorcé.

Dans certaines opérations de création-diffusion, comme l'opération Lac Alaotra à Madagascar et l'opération Maranhão au Nord Brésil, de véritables magasins d'approvisionnement en intrants, (variétés nouvelles, matériel agricole, pesticides engrais) ont été installés sur les terroirs (magasins "portes ouvertes"). De simples enquêtes réalisées à partir de ces magasins ont permis de caractériser les choix initiaux faits par les agriculteurs pour l'adoption des technologies proposées, et de suivre ensuite comment elles sont appliquées dans leurs propriétés.

(1) Des enquêtes sur les mêmes systèmes traditionnels, dans la région, permettent de vérifier que ces systèmes traditionnels sont bien ceux des agriculteurs.

Schéma 8. Toposéquence représentative. Région du Cacaïs, Etat du Maranhão, Nord-Bราซิล, 1978-1982, L. SÉGUY, S. BOUZINAC *et al.*

V.4.3. Le personnel de la recherche "thématique" (rappel)

Lorsque les ressources financières et humaines sont limitées, les chercheurs thématiques trouvent dans ces unités un cadre d'action clair avec des objectifs bien définis, au bénéfice du progrès des systèmes de culture.

La méthodologie utilisée oriente les actions de recherche en les hiérarchisant pour chaque système.

On ne fait plus ici de recherche en milieu paysan, sur les unités, les herbicides, engrais minéraux ou autre thème isolé, **mais on fait les recherches nécessaires à la résolution des problèmes rencontrés**, tant dans le système traditionnel que dans les systèmes "futurs possibles".

La hiérarchisation des problèmes relatifs à chaque système changeant au fur et à mesure de leur résolution, il est évident que nature et intensité des recherches thématiques à conduire sont conditionnées par l'évolution dans le temps de cette hiérarchisation.

Lorsque les ressources financières et humaines sont suffisantes (1), les niveaux d'échelle d'explication plus fins peuvent être abordés, non seulement in situ, mais à partir de couples "laboratoire - terrain" :

- fonctionnement de la rhizosphère, caractérisation de la dynamique de la macro, méso et microfaunes, des populations microbiennes, x systèmes de cultures,
- outils analytiques de diagnostic sols-cultures (indice d'activité biologique, seuils de déficiences minérales sols, cultures, couplés à la dynamique de la R.U.),
- biologie des adventices, effets allélopathiques x systèmes de cultures, etc ...

V.4.4. Le personnel de la vulgarisation et de l'encadrement

Ce personnel, aujourd'hui confiné le plus souvent à l'état d'organisateur du crédit, trouvera sur les unités de création diffusion :

- **un instrument précieux de diagnostic**, compte tenu de l'étendue de variation des itinéraires techniques étudiés et expliqués, en milieu réel, chez, pour et avec les producteurs ; de même que les solutions pour améliorer les situations de blocage.
- un outil de formation in situ indispensable pour bien maîtriser la diffusion des innovations et réalimenter la recherche sur les facteurs qui auraient échappé à son analyse dans ce milieu.

(1) Elles devraient, à l'avenir, être négociées avec nos bailleurs de fonds, dans ce sens.

Un à deux vulgarisateurs par unité expérimentale, constituent une base minimale : ces agents impliqués dans la gestion, la réalisation et le suivi des unités avec les chercheurs et les agriculteurs, serviront de démultiplicateurs pour les services d'encadrement :

- ▶ visites d'équipes de vulgarisateurs,
- ▶ formation sur la problématique régionale recherche-développement,
- ▶ vitrine de diagnostic ouverte en permanence et vivier de matériels et de technologies simples, mais aussi de systèmes de cultures, d'assolements optimisés, de systèmes d'aménagement du terroir.

NOTE IMPORTANTE :

Les unités de création-diffusion occupent des surfaces conséquentes qui sont conduites en conditions d'exploitation réelles : au Brésil, par exemple, l'unité Mato Grosso (1986-1992) sur les systèmes mécanisés comptait plus de 150 hectares de grandes cultures, l'unité Agripec (unité mécanisée en pré-Amazonie 1989-92) plus de 60 hectares, l'unité Bacabal, en culture manuelle, plus de 60 hectares, etc... Même si 10-20 % de la surface sont conservés pour montrer les systèmes les plus négatifs, et démontrer ce qu'il ne faut pas faire, plus de 80 % de la superficie est encore consacrée à des systèmes lucratifs.

Globalement, ces unités bien gérées peuvent offrir un bilan financier positif qui peut être réinvesti dans la recherche et/ou servir au paiement des techniciens agricoles en charge de la gestion technico-économique des unités.

Ces ressources financières peuvent encore être renforcées par la multiplication de semences de base à l'occasion de la création de nouvelles variétés plus performantes évaluées sur les unités dans les systèmes, en conditions d'exploitation réelles.

VI. DIFFUSION DES TECHNOLOGIES ET ADOPTION PAR LES PRODUCTEURS

VI.1 DIFFUSION DE TECHNOLOGIES

Elle se fait essentiellement à partir de deux voies complémentaires :

- **par des publications et les voies classiques de la communication audiovisuelle :** radio, télévision, journaux, périodiques :

- . internes aux institutions de recherche : rapports annuels, publications,
- . articles de la presse spécialisée,
- . films vidéo, pour programme d'audience nationale et régionale, pour conférence,
- . documents divers audiovisuels (diaporamas),
- . conférences à l'usage de la recherche, la vulgarisation, les universités, les coopératives, et associations régionales de producteurs,
- . fiches techniques par culture, systèmes de cultures, assolements distribués au niveau des coopératives et associations de producteurs, de la vulgarisation.

- **par des jours de démonstration au champ**

Des journées de visite des unités de création-diffusion, sont programmées au cours de chaque campagne agricole, aux moments jugés les plus démonstratifs ; ces journées de visites sont organisées en fonction du type de public : chercheurs, vulgarisateurs, agriculteurs, élèves-agronomes, responsables politiques du développement agricole.

Outre ces journées officielles de démonstration au champ, les unités de création-diffusion **sont ouvertes de manière permanente au public désireux de les visiter**. Elles sont donc structurées et organisées en conséquences (cheminements, identification des parcelles, objectifs des expérimentations, résultats antérieurs, etc ..). Ce sont donc, en général, les propres agriculteurs et techniciens des unités qui assurent les visites, ce qui constitue un des moyens les plus efficaces de diffusion : de producteur convaincu à producteur intéressé.

VI.2 NATURE DES TECHNOLOGIES DIFFUSEES

- **des technologies simples (ou isolées) :** variétés, herbicides, insecticides, un mode de travail du sol. Ce sont, en général sous cette forme isolée que les technologies commencent à diffuser dans le milieu.
- **des itinéraires techniques/culture, des systèmes de culture, des assolements optimisés.** La diffusion de ces "paquets technologiques complets" se fait d'abord chez les leaders des sociétés rurales et des coopératives.

Sa diffusion active est très dépendante de l'organisation concomittante au niveau régional de :

- . l'organisation du crédit
 - . l'approvisionnement en intrants
 - . l'organisation aval des circuits de commercialisation, la transformation locale des produits vers la production de viande.
- **des systèmes d'aménagement de l'espace rural** (méthodes de lutte contre l'érosion, brise vents x techniques de cultures : systèmes de cultures en semis, direct avec couvertures permanentes du sol (mortes, vives).

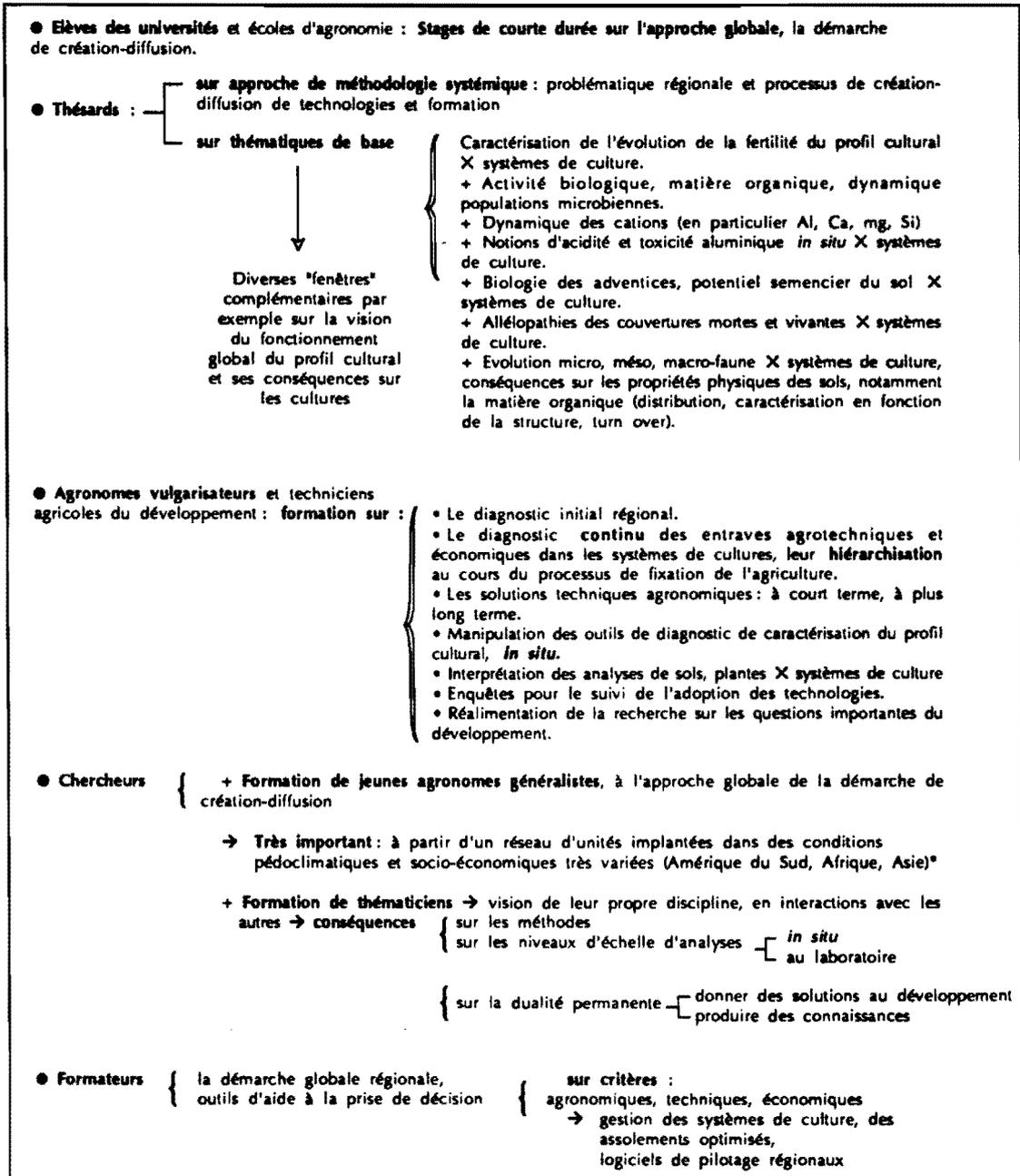
VI.3. CONDITIONS D'ADOPTION DES TECHNOLOGIES PAR LES PRODUCTEURS

Elles sont évaluées par voies d'enquêtes dans la région et dans les régions périphériques aux unités de création-diffusion, chaque année, pour évaluer la dynamique de diffusion et d'adoption des technologies :

- **Confirmer et quantifier l'avancée des technologies isolées, (ou paquets technologiques recommandés)** aussi bien au niveau de petits échantillons régionaux proche des "vitrines technologiques" que sont les unités qu'à l'échelle des principales grandes régions productrices de grains de l'Etat.
- **Chiffrer les performances agronomiques, techniques et économiques des technologies utilisées** ou isolément ou en paquets technologiques (itinéraires, systèmes, assolements) **par rapport à celles des systèmes traditionnels pratiqués.**
- **Evaluer les distorsions des performances des technologies utilisées** entre les unités de création-diffusion et leurs applications régionales (fiabilité de la démarche utilisée) (L. SEGUY et al., 1982 (4-10), 1989-90 (16) 1990-1991 (17) - Tableaux 6, 10 et 11 en annexe VI).
- **Recueillir les appréciations et les suggestions des utilisateurs :** vulgarisateurs, producteurs, responsables régionaux de la politique agricole (crédit - recherche - vulgarisation - vendeurs machines agricoles et approvisionnements en général) qui peuvent infléchir le processus de création-diffusion et l'affiner.
- **Développer des outils performants pour la planification agricole** qui peuvent non seulement déboucher sur un solide conseil de gestion aux unités de production, mais également rendre compte de la dynamique d'occupation et d'évolution des terroirs, de l'avancée des technologies. La télédétection en est un excellent exemple (FOL P., 49).

VII - FORMATION

Sur les unités pérennes de création-diffusion, la formation peut s'adresser à divers types de public :



A N N E X E S

ANNEXES

- I. - GLOSSAIRE : CONCEPTS ET DÉFINITIONS UTILES À LA COMPREHENSION DE LA DEMARCHE DE CREATION-DIFFUSION DE SYSTÈMES DE CULTURE REGIONAUX.
- II. - SEQUENCE OPERATIONNELLE DE CREATION-DIFFUSION DE TECHNOLOGIES EN MILIEU REEL ET FORMATION : CIRAD-CA + SAR
- III. - QUELQUES OUTILS DE CARACTERISATION IN SITU DU PROFIL CULTURAL ET DE SES LIAISONS AVEC LA CROISSANCE DES CULTURES
- IV. - LE TRAVAIL DU SOL : DES TERMES SIMPLES QUI RECOUVRENT UNE PRISE DE DECISION COMPLEXE
- V. - DES MODES DE GESTION DES SOLS DE PORTEE GENERALE POUR LES SOLS TROPICAUX FERRALLITIQUES ET FERRUGINEUX
- VI. - QUELQUES EXEMPLES RESUMES D'APPLICATION DE LA METHODE DE CREATION-DIFFUSION DE TECHNOLOGIES ET FORMATION, EN MILIEU REEL :
 1. Le projet "Fixation de l'agriculture manuelle itinérante dans la région du Cocaïs -Etat de Maranhao - Nord Brésil" 1978-1982,
 2. Le projet "Fixation de l'agriculture mécanisée sur les frontières agricoles des Cerrados humides du Mato Grosso - Centre Ouest Brésil - Lucas do Rio Verde" 1986-1992
 3. Le projet "Fixation de l'agriculture pluviale et irriguée au Lac Alaotra - Madagascar," 1983-1987,,
 4. Le projet "Fixation de l'agriculture pluviale en zone de savane arbustive du Nord de la Côte d'Ivoire - KOROGHO - Côte d'Ivoire" - 1989-1992,
 5. Le projet "Fixation de l'agriculture pluviale dans les hauts de l'Ouest de l'île de la Réunion" - 1984-1988.

ANNEXE I. - GLOSSAIRE

**CONCEPTS ET DÉFINITIONS UTILES À LA COMPRÉHENSION
DE LA DÉMARCHE DE "CREATION-DIFFUSION" DE SYSTÈMES
DE CULTURE RÉGIONAUX**

DEFINITIONS SUR ... agriculture, agronomie, fonction de l'agronome, espace rural, situation agricole, occupation des terres, finage, terroir, exploitation agricole (extraits de "La gazette des systèmes" Division des systèmes agraires Août 1982, Février 1983, Mars 1983, Doc. IRAT)

AGRICULTURE

Exploitation du sol conduite par l'homme en vue d'obtenir des produits, animaux ou végétaux, utiles à son alimentation ou son industrie.

L'agriculture est l'ensemble des travaux qui modifient le milieu naturel pour produire les végétaux et les animaux utiles à l'homme.

Elle est donc à la fois :

- ▶ transformation du milieu,
- ▶ adaptation à certaines de ses potentialités

AGRONOMIE

"Ensemble des recherches qui assurent la maîtrise des facteurs du milieu et des techniques de son amélioration, qui les intègrent dans des combinaisons cohérentes en même temps que les améliorations spécifiques aux productions composantes, et qui élaborent ainsi des systèmes techniques de production, adaptés aux situations agricoles, au développement desquelles elle contribuent ainsi".

ou

"Etude menée simultanément dans le temps et dans l'espace, des relations au sein de l'ensemble constitué par le peuplement végétal et le milieu physique, chimique et biologique et sur lequel l'homme agit pour en obtenir une production".

FONCTION DE L'AGRONOME

Etudier de manière synthétique le fonctionnement du peuplement végétal au champ, sous la double influence du milieu et des techniques qu'utilise l'agriculteur.

DEMARCHE DE L'AGRONOME

L'agronome prépare des décisions et doit donc produire des références qui devraient être adaptées aux différents problèmes à résoudre :

- ◆ le premier est celui des relations : peuplement végétal - milieu - techniques ; il s'intéresse alors à un ensemble de plantes dont il cherche à dégager les "lois" de comportement lorsque les paramètres de cet ensemble et le milieu varient. Ces "lois" lui serviront pour établir son diagnostic, pour discuter les améliorations de techniques et pour extrapoler les résultats.
- ◆ le second, concerne les relations entre peuplements végétaux dans l'espace et dans le temps. C'est l'étude du système de culture (succession des plantes et techniques employées sur une parcelle) et de l'assolement. Les modifications du milieu qu'engendrent le peuplement et les techniques qui lui sont appliquées rendent nécessaires ce niveau d'étude.

L'activité de l'agronome s'organise ainsi autour de 2 pôles essentiels :

- ◆ le peuplement végétal : moyen de production mais aussi révélateur de l'adéquation des techniques et (ou) des effets des états du milieu et de leur évolution
- ◆ le système de culture : traduction des choix de l'agriculteur, de ses combinaisons de peuplements végétaux, pour atteindre 20 objectifs dans un certain milieu naturel et socio-économique.

ESPACE RURAL

L'espace rural qui naît du défrichement est à la fois :

- ▶ une réalité écologique
- ▶ une création humaine.

C'est un système intégré et fonctionnel dont tous les éléments sont dynamiquement solidaires les uns des autres.

L'agriculture qui détourne la production naturelle de cet espace rural à des fins extérieures au fonctionnement de l'écosystème d'origine, met en place un agro-système.

L'agro-système correspond donc, par définition, à la destruction des équilibres naturels et à leur remplacement par des équilibres secondaires, basés sur les rapports dialectique des trois sous ensembles de l'espace rural :

- ▶ le potentiel abiotique (climat, eau, géomorphologie, pédologie)
- ▶ l'exploitation biologique, ensemble des communautés vivantes
- ▶ l'utilisation anthropique qu'en décident les populations rurales, sous la pression de mécanismes et événements très complexes.

Le résultat de ces rapports dialectiques s'exprime par une complémentarité entre trois parties de l'agro-système :

- ▶ l'ager, ou espace régulièrement cultivé, avec ses champs, ses parcelles, ses terroirs (unités agro-écologiques)
- ▶ la silva, ou espace forestier, qui borne et équilibre le paysage rural
- ▶ la saltus, ou espace pastoral, qui est constitué par les formations herbacées, buissonnantes, les friches, jachères ...

SITUATION AGRICOLE

Entité spatiale à composantes physiques, biologiques, agronomiques, humaines suffisamment proches pour lui donner une identité et une homogénéité originale : la petite région, le "pays".

Le concept de situation agricole peut cependant être envisagé à différentes échelles, pour lesquelles les critères de caractérisation ne seront pas les mêmes :

- ▶ à petites échelles, le critère climatique découpera des grandes régions agricoles (savane, savane arborée ...)
- ▶ à grande échelle, le critère morphopédologique, ou démographique ou ethnique..., ou leur ensemble, caractérisera des situations agricoles spécifiques, propres à des communautés rurales, des systèmes agraires typiques ...

OCCUPATION DES TERRES

Forme d'emprise de l'homme sur l'espace disponible :

- ▶ habitat, urbain ou rural (+ jardins)
- ▶ espace agraire :
 - formations végétales naturelles
 - formes de végétations dues à l'intervention de l'homme ("artificialisation" du milieu de G. LONG)
 - plantation pérennes
 - friches
 - grands types de cultures
 - terrain de parcours ...
- ▶ zones industrielles
- ▶ voies de communication, etc ...

FINAGE

Etendue du territoire d'une communauté, d'un village.

Comprend généralement plusieurs "terroirs".

L'ensemble des champs, pâtures et forêts exploités par une communauté rurale constitue un finage (qui recoupe souvent le maximum d'unités naturelles ou terroirs).

Les niveaux supérieurs au finage, s'ils sont bien des réalités vécues et ressenties par les populations, restent confus à l'analyse géographique :

- ▶ le pays, partie de la région naturelle, souvent identifié par l'histoire
- ▶ la région naturelle
 - aux caractéristiques topographiques, bioclimatiques particulières,
 - aux agencements internes spécifiques, souvent de milieux différenciés (collines, plaines, vallées ...).

TERROIRS

Ensemble de parcelles homogènes caractérisées par une même structure et une même dynamique écologiques (agrosystème) ainsi que par un même type d'aménagement agricole (G. DUBY ; A. VALLON).

C'est abusivement que l'on utilise l'expression "terroir de village" pour désigner l'ensemble des terres d'un village (il s'agit alors du finage).

Exemple de terroirs : bas-fonds, bas de pente, partie de versant, plateau ...

EXPLOITATION AGRICOLE (unité de production agricole)

Ensemble réunissant un système de production, les agents de ce système (bénéficiaires et travailleurs agricoles), et le milieu exploité par ceux-ci (M. SEBILLOTTE ; J. CANEILL).

DEFINITION SUR ... un système, l'approche systémique, systèmes agraires, systèmes d'aménagement, systèmes de production, systèmes de culture, description technique de l'exploitation, recherche-développement → extraits de la gazette des systèmes agraires août 1982, février 1983, mars 1983, Doc IRAT

DEFINITION D'UN SYSTEME : nombreuses définitions, la plus complète

Un système est un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisées en fonction d'un but.

L'APPROCHE SYSTEMIQUE

Analyse de système, modélisation et simulation, constituent les 3 étapes fondamentales de l'étude du comportement dynamique des systèmes complexes.

L'**analyse de systèmes** consiste à définir les limites du système à modéliser, à identifier les éléments importants et les types d'interactions entre ces éléments, puis à déterminer les liaisons qui les intègrent en un tout organisé. Eléments et types de liaisons sont classés, hiérarchisés. Puis on dégage et on identifie les variations de flux, variables d'états, les boucles de rétroaction positives et négatives, les délais, les "sources" et les "puits". Chaque boucle est considérée séparément et son influence sur le comportement des différents sous-ensembles du système est évaluée.

La **modélisation** consiste à construire un modèle à partir de l'analyse de systèmes. On établit tout d'abord un schéma complet des relations causales entre les éléments des différents sous-systèmes, puis on exprime en un langage de programmation approprié, les équations décrivant les interactions et les liaisons entre les différents éléments du système.

Enfin, la **simulation** étudie le comportement dans le temps d'un système complexe. Au lieu de modifier une variable à la fois, elle met en oeuvre un ordinateur pour faire varier simultanément des groupes de variables, comme cela se produit dans la réalité. On peut également utiliser un simulateur, c'est à dire un modèle physique interactif, donnant dans un temps réel, une réponse aux différentes décisions et actions de l'utilisateur.

SYSTEMES AGRAIRES (= système d'exploitation agricole d'un territoire)

Ensemble structuré des activités agricoles retenues par une communauté (région, pays) pour réaliser ses objectifs.

Il se caractérise entre autres, par le paysage rural, la politique menée, les moyens mis en oeuvre et les résultats obtenus (M. SEBILLOTTE ; J. CANEILL).

SYSTEMES D'AMENAGEMENT

Combinaisons des facteurs et techniques mis en oeuvre à l'échelle du paysage (ensemble de terroirs, finage d'un village ...) pour en permettre une mise en valeur rationnelle : réalisation des objectifs de la communauté rurale correspondante, par utilisation des ressources naturelles, des moyens propres, tout en préservant le patrimoine foncier et assurant la reproductibilité du système agraire :

- ▶ dispositif anti-érosif,
- ▶ organisation du "finage" d'une communauté, d'un village, en fonction des activités de ce village (cultures, élevage, parcours ...),
- ▶ aménagements de périmètres hydro-agricoles, de bassins-versants (correspond approximativement à "land management").

SYSTEMES DE PRODUCTION

Combinaisons ou ensemble de productions et facteurs de production que l'agriculteur raisonne à l'échelle de son exploitation, en fonction de ses objectifs et ses moyens. Il se caractérise (et est en même temps largement imposé) par diverses surfaces et natures de terres, un appareil de production, une disponibilité en travail ..., qui constituent, en fait, la structure de l'exploitation.

Le système de production est lui-même la combinaison cohérente de sous-systèmes de faire-valoir ou utilisation des terres : culture (il peut y en avoir plusieurs sur une exploitation), élevage, cueillette, foresterie, etc...

Un système de production est finalisé par des objectifs, a des limites (spatiales, économiques, sociales ...), celles de l'exploitation agricole, et se caractérise par des productions, des techniques, des moyens, des résultats.

SYSTEME DE CULTURE, OU D'ELEVAGE, OU DE FORESTERIE ...

(système d'utilisation ou de faire-valoir des terres)

Sous-système d'un système de production mais qui se raisonne à l'échelle d'une partie de l'exploitation, une parcelle, un champ, un terroir, en fonction de ses aptitudes agricoles.

De ces aptitudes découlent différents modes de faire-valoir ou d'utilisation (land use) des terres.

Un sous-système d'utilisation ou de faire valoir des terres, se caractérise par des objectifs, des limites (en surface, par exemple), en type de productions ou activités (cultures, troupeaux ...) et, comme le système de production, par des techniques, des moyens, des résultats.

**AUTRE DEFINITION DU SYSTEME DE CULTURE (SEBILLOTTE M., 1985 ;
Encyclopaedia Universalis CORPUS 5)**

"Le système de culture est un sous-ensemble du système de production, défini pour une surface de terrain traitée de manière homogène, par les cultures avec leurs ordre de succession et les itinéraires techniques".

ITINERAIRE TECHNIQUE

L'itinéraire technique est la suite logique et ordonnée des techniques culturales appliquées à une espèce végétale cultivée, depuis le semis jusqu'à la récolte (SEBILLOTTE M., 1978-41).

DESCRIPTIF TECHNIQUE D'UNE EXPLOITATION - DEFINITIONS

La description technique d'une exploitation concerne plusieurs spécialistes. Pour l'agronome on peut retenir les grands traits suivants avec leur définition :

a) ceux qui concernent les surfaces cultivées :

- parcelle :** La plus petite surface traitée de manière homogène ; même culture, mêmes techniques culturales,
- champ :** Surface d'un seul tenant délimitée par des chemins, des fossés, des haies. Un champ peut comporter une ou plusieurs parcelles. Notion peu utilisée,
- bloc de culture :** Ensemble de parcelles contigües. Une exploitation comporte souvent plusieurs blocs de culture,
- parcellaire :** Description de l'ensemble constitué par les éléments précédents, leur distance à la ferme, leur taille ... On parle souvent du morcellement mesuré par le degré de dispersion des blocs de cultures et par leur taille
- terrain :** Pour l'agronome : fraction d'espace incluant tous les aspects de l'environnement naturel qui jouent sur la production agricole : le sol, la topographie, le régime de l'eau (surface et profondeur), les formations végétales naturelles, ...
- microclimat :** Climat local qui traduit l'influence de certaines caractéristiques (orientation, relief, haie ...) sur le climat régional. Il est fréquent que sur une exploitation il y ait plusieurs microclimats dont il faudra tenir compte.

b) Ceux qui concernent les cultures

- assolement :** Répartition de la surface de l'exploitation entre les différentes cultures une année donnée. La sole est la surface consacrée à une culture ou à un groupe de cultures (notion peu utilisée aujourd'hui). Il y a un assolement par exploitation,
- succession de cultures :** Ensemble des cultures apparues sur une parcelle durant une période donnée avec leur ordre de succession. Il y a très souvent plusieurs successions de cultures sur une exploitation,
- rotation culturale :** Succession qui est reproduite identiquement à elle-même plusieurs fois de suite. Ce cas est peu fréquent dans les conditions de l'agriculture moderne. On parle de rotations biennale, triennale,.. selon qu'elles s'étalent sur 2, 3 ans ...,
- matériel végétal :** Cette expression désigne les types de plantes cultivées et leur degré d'amélioration génétique,
- techniques culturales :** Actes par lesquels l'agriculteur tire parti d'une espèce végétale qu'il cultive, du semis (pas obligatoire) à la récolte en passant par toutes les techniques d'entretien. Une technique comporte plusieurs opérations culturales,
- itinéraires techniques par culture :** ce sont "les combinaisons logiques et ordonnées de techniques" appliquées à une culture.

RECHERCHE-DEVELOPPEMENT

"C'est une expérimentation en milieu physique et social réel ("vraie grandeur") des possibilités et conditions du changement technique (intensification-aménagement) et social (organisation des producteurs, encadrement administratif et para-administratif).

La "vraie grandeur", dont l'espace d'intervention définit les limites physiques, est en fait déterminée par les conditions institutionnelles régissant la mobilité des facteurs de production et la rigidité des rapports de production.

"La Recherche-Développement" s'inscrit nécessaire dans une "approche-systèmes, qui s'appuie, plus précisément, sur les concepts de systèmes agraires et de systèmes de production".

DEFINITIONS SUR ... le profil cultural, les modes de gestion des sols et des cultures

LE PROFIL CULTURAL :

"Il faut entendre par profil cultural, l'ensemble constitué par la succession des couches de terre, individualisées par l'intervention des instruments de culture, les racines des végétaux et les facteurs naturels réagissant à ces actions" (S. HENIN, R. GRAS, G. MONNIER, Le profil cultural, 1969 - Masson et Cie).

MODES DE GESTION DES SOLS ET DES CULTURES

Ils sont le produit des combinaisons possibles entre modes de travail du sol, rotations de cultures et modes de gestion des résidus de récolte sur une même parcelle au cours du temps. Leurs analyses et évaluations annuelles et pluriannuelles font appel à la fois à des critères agronomiques techniques et économiques (L. SEGUY et S. BOUZINAC, 1989).

◆ Critères agronomiques

Evolution des propriétés physico-chimiques et biologiques du profil cultural et ses conséquences sur les relations eau-sol-plantes, la croissance des cultures, leurs stabilité de production et leurs relations avec la flore adventice, le complexe parasitaire.

◆ Critères techniques

Définition pour chaque opération culturale :

- ▶ des possibilités d'intervention des équipements
- ▶ de leur capacité en fonction de l'état physique du sol
- ▶ de leur facilité ou difficulté d'exécution

◆ Critères économiques

Coût de chaque opération culturale

Le terme gestion est employé sciemment pour bien marquer l'importance du facteur sol dans le processus de production ; le sol est considéré comme un véritable capital, qui doit être administré et valorisé à court, moyen et long termes.

DEFINITIONS SUR ... correspondances entre termes anglosaxons et français relatifs aux systèmes (Extraits de la Gazette des systèmes - IRAT - 1982-1983)

1. - FARMING SYSTEMS : *SYSTÈME DE PRODUCTION*

- a) processus, activités et technologie adoptés par lesquels l'homme utilise les plantes et les animaux pour exploiter les ressources du milieu naturel (ou de l'environnement) pour son bénéfice, dans les exploitations agricoles.
- b) exploitations agricoles dans lesquelles la terre, les plantes et les animaux sont utilisés par l'homme pour produire aliments et fibres grâce à l'utilisation de technologies appropriées.

2. - CROPPING SYSTEM : *SYSTÈME DE CULTURE*

Techniques, pratiques et matériels utilisés en production et consommation des cultures dans une exploitation.

3. - CROPPING PATTERN : *ASSOLEMENT*

Répartition des cultures dans l'espace (assolement) et dans le temps.

4. - MULTIPLE CROPPING : *CULTURE MULTIPLE*

Culture de deux ou plusieurs plantes sur le même champ, dans la même année ou cycle (saison).

Les différentes formes de cultures multiples sont :

4.1. - SEQUENTIAL CROPPING : *CULTURES SEQUENTIELLES*

Cultures de deux ou plusieurs plantes en séquence dans le même champ au cours d'une même année.

La culture suivante est plantée après la récolte de la précédente culture. Le nombre de cultures est indiqué, par exemple : double culture, triple culture, etc ...

4.2. - INTERCROPPING : *CULTURES ASSOCIEES*

Culture de deux ou plusieurs plantes simultanément, dans la même terre, en position rapprochée (l'interaction entre plante est effective).

4.2.1. - MIXED INTERCROPPING (MIXED CROPPING) :
CULTURES ASSOCIEES (EN MELANGE)

Culture de deux ou plusieurs plantes simultanément, en position rapprochée, mais sans arrangement régulier sur la même terre.

4.2.2. - ROW INTERCROPPING : *CULTURES INTERCALAIRES*

Culture de deux ou plusieurs plantes simultanément, en position rapprochée, dans le même sol, avec au moins une culture en rangées régulières.

4.2.3. - STRIP INTERCROPPING : *CULTURE EN BANDES ALTERNEES*

Culture de deux ou plusieurs plantes simultanément, en bandes adjacentes suffisamment larges pour permettre des traitements appropriés, mais suffisamment étroites pour induire une interaction inter-variété (l'interaction intra-variété est plus élevée que l'interaction inter-variété).

4.2.4. - RELAY INTERCROPPING : *CULTURE DEROBEE*
(or relay cropping)

Conduite de deux ou plusieurs cultures en positions rapprochées mais avec décalage de la plantation d'une ou plusieurs cultures de telle sorte que l'interaction inter-culture soit limitée à une fraction du cycle de chaque culture.

5. - MONO CROPPING : *MONOCULTURE*

Culture d'une seule plante par an.

6. - SOLE CROPPING : *CULTURE ASSOLEE PURE*

Conduite d'une seule culture à la fois dans un champ (culture pure).

7. - MONO CULTURE

Conduite répétitive de la même culture dans le même champ, sur plusieurs années successives.

19. - MULTIPLE CROPPING INDEX (MCI): *INDEX DE CULTURE MULTIPLE*

Somme des surfaces conduites en différentes cultures et récoltées pendant l'année, divisée par la surface totale cultivée.

1. MULTIPLE CROPPING

Sequential cropping	<i>Cultures séquentielles</i>
Double cropping	<i>Double culture</i>
Triple cropping	<i>Triple culture</i>
Quadruple cropping	<i>Quadruple culture</i>
Ratoon cropping	<i>Repousse</i>
Intercropping	<i>Cultures associées (arrangées)</i>
Mixed cropping	<i>Cultures associées (ou en mélange)</i>
Row intercropping	<i>Cultures intercalaires</i>
Strip intercropping	<i>Cultures en bandes (alternées)</i>
Relay intercropping	<i>Cultures dérobées</i>
Multi-storey cropping	<i>Cultures en strates ou étages</i>

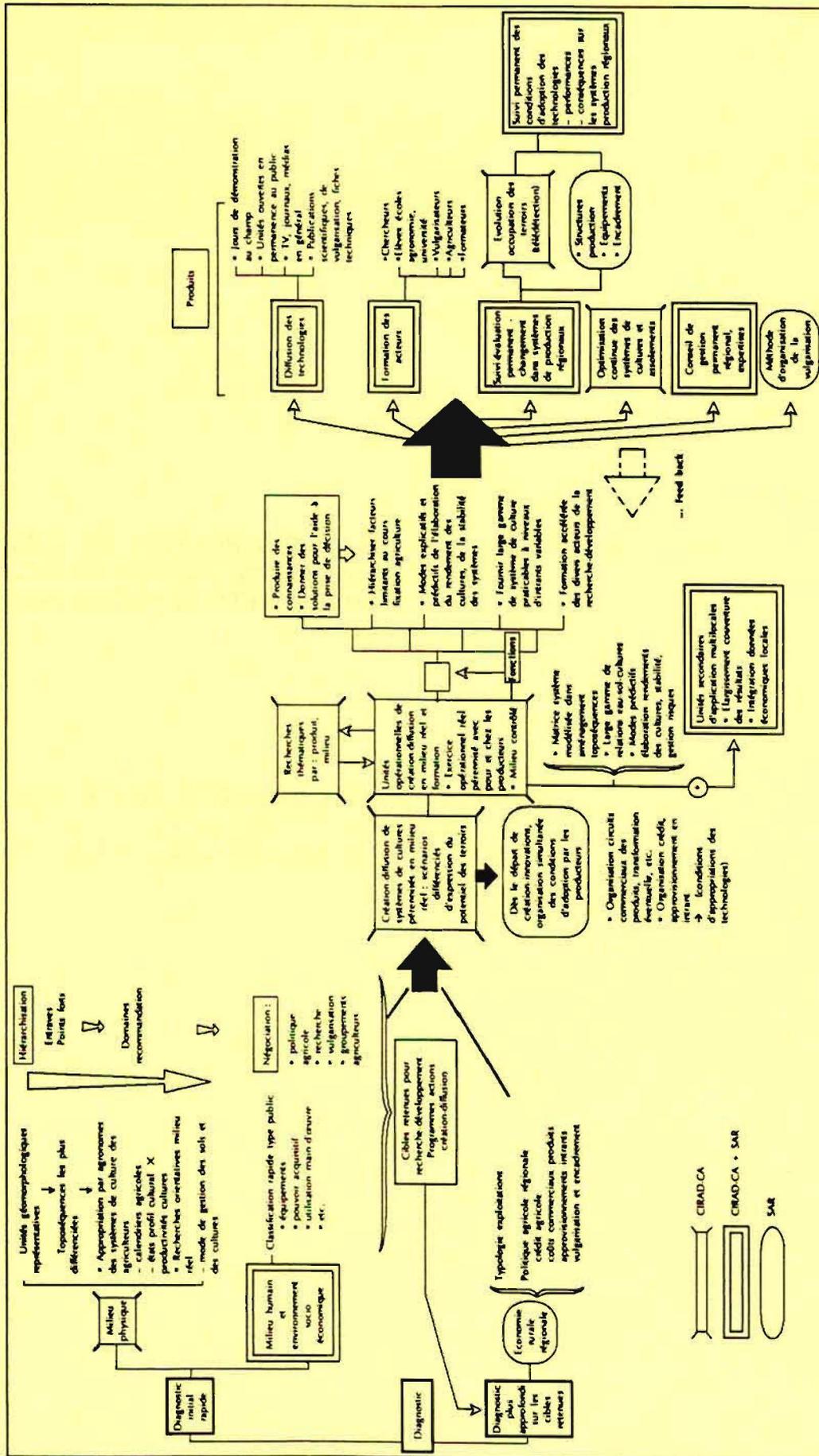
2. SOLE CROPPING

Monoculture	<i>Culture assolée pure</i>
Rotation	<i>Monoculture</i>
Cropping pattern	<i>Rotation</i>
Cropping system	<i>Système de culture (modèle)</i>
	<i>Système de culture (combinaison de cultures au niveau d'une parcelle, d'un champ, d'un type de milieu)</i>
Mixed farming	<i>Polyculture</i>
Cropping index	<i>Index culture (mais contexte à voir)</i>
Land equivalent ratio	<i>Rapport d'équivalence en surface</i>

**ANNEXE II. SEQUENCE OPERATIONNELLE DE
"CREATION-DIFFUSION" DE TECHNOLOGIES
EN MILIEU REEL ET FORMATION**

- **INTEGRATION DES ACTIVITES DE RECHERCHES
AGROTECHNIQUES (CIRAD-CA)
ET SOCIO ECONOMIQUES (CIRAD-SAR)**

Schéma : Séquence opérationnelle création-diffusion de technologies en milieu réel et formation. CIRAD CA, CIRAD SAR (B. SÉLUI, S. BOUZINAC, 1989).



**ANNEXE III. QUELQUES OUTILS DE CARACTERISATION,
IN SITU, DU PROFIL CULTURAL**

**• CARACTERISATION DES RELATIONS
"CULTURES - PROFIL CULTURAL"**

Quelques outils méthodologiques de caractérisation *in situ* du profil cultural

A privilégier en conditions de ressources financières limitées

→ Pour ouvrir simultanément quelques fenêtres explicatives sur le fonctionnement *in situ* du profil cultural, ses relations avec les systèmes racinaires des cultures (exemple des cerrados humides de Centre-Ouest Brésil, cf. annexe VI.2).

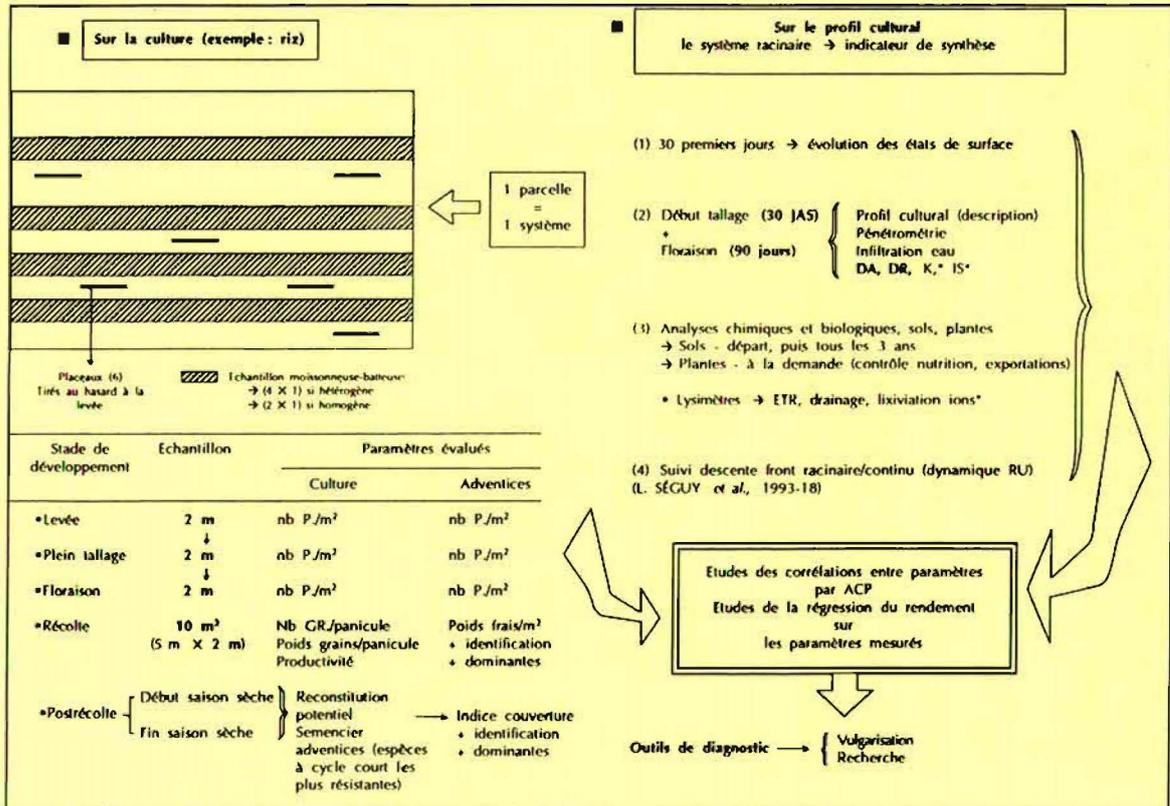
Fiche 1. En surface, et au-dessous de la surface du sol.

Dans la matrice systèmes de culture, trois modes de gestion des sols qui induisent des conditions différenciées de croissance : (+) croissance la plus forte et homogène, (+) croissance la plus faible et hétérogène, (+) croissance intermédiaire entre les deux précédentes → validation, interpolation des paramètres.

Type de mesure ou observations	Outil méthodologique	Date de réalisation ou fréquence par cultures	Fréquence pluriannuelle	Synthèse annuelle et pluriannuelle
<ul style="list-style-type: none"> ● Critères qualitatifs → Description morphologique du profil cultural 	<ul style="list-style-type: none"> ● Méthodes: HENIN S. MANICHON H. 	<ul style="list-style-type: none"> ● 30 JAS** ● 90 JAS** 	Chaque cycle par culture	Étude des corrélations par culture par an entre paramètres par ACP ↓ Puis régressions du rendement par culture sur variables mesurées par an, par culture ↓ Choix des paramètres explicatifs ↓ Fonctions : • diagnostic • typologies parcelles milieu expérimental et réel (recherche, vulgarisation)
<ul style="list-style-type: none"> ● Critères qualitatifs et quantitatifs → Suivi évolution des états de surface 	<ul style="list-style-type: none"> ● Indice rugosité ● Encroûtement ● Typologie érosion (simulateur de pluies)** 	<ul style="list-style-type: none"> ● Immédiatement après semis ● 30 JAS (couverture du sol par la culture) 	Chaque cycle par culture	
<ul style="list-style-type: none"> ● Critères quantitatifs (1) Suivi évolution : densités apparentes, densités racinaires K, IS → Sur même échantillon non remanié (cf. photos) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Cylindres spéciaux pour échantillons non remaniés ● Prélèvements horizontaux perpendiculaires à 2 lignes de semis 5 cylindres : 0-10, 10-20, 20-30, etc. dont : 2 sous la ligne, 3 dans interligne 	<ul style="list-style-type: none"> ● 30 JAS** ● 90 JAS** 	3 ans de suite par culture pour 3 systèmes les plus différenciés	
<ul style="list-style-type: none"> (2) Vitesse infiltration de l'eau (cf. photos) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Méthode du double anneau 	<ul style="list-style-type: none"> ● 30 JAS** ● 90 JAS** 		
<ul style="list-style-type: none"> (3) Pénétrométrie 	<ul style="list-style-type: none"> ● Pénétromètre à impact (couplé à mesure H₂) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 30 JAS** ● 90 JAS** 		
<ul style="list-style-type: none"> ● Critères qualitatifs sur dynamique racinaire → Descente front racinaire (définition dynamique RU) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Méthode d'injection herbicides à différentes profondeurs (blocage réaction Hill) 	Continu (passage racines aux différentes niveaux de profondeur)		
<ul style="list-style-type: none"> ● Critères quantitatifs sur dynamique avec flux hydrique et lixiviation des ions (drainage, ETR → lixiviation ions) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Lysimètres Type Roose* 	Continu		

* Non réalisés au Brésil (souhaitables).
 ** 30 à 90 jours après semis : applicables au riz pluvial, maïs, soja ; correspondent au stade développement du début tallage et floraison pour un riz pluvial de cycle de 115-120 jours.
 *** Méthodes L. SÉCUIY, S. BOUZINAC (1989, 18).

Fiche 2. Analyse agronomique annuelle et interannuelle dans les systèmes de culture (cf. annexe VI-2) sur les trois modes de gestion des sols les plus différenciés par culture (idem fiche 1).



* Non réalisé au Brésil (souhaitable).

**ANNEXE IV. LE TRAVAIL DU SOL : DES TERMES SIMPLES
QUI RECOUVRENT UNE PRISE DE DECISION
COMPLEXE**

LE TRAVAIL DU SOL : DES TERMES SIMPLES QUI RECOUVRENT UNE PRISE DE DECISION COMPLEXE

"Le premier principe du travail du sol est de ne pas faire plus que ce qui est nécessaire" (Richard BUTLER on : Soil management, 1982-50).

Le travail du sol, qui doit être réalisé sur une parcelle déterminée, dépend toujours de multiples facteurs, de telle sorte que, généralement, les opérations qui devront être exécutées ne peuvent être encadrées dans un système rigide prédéterminé.

Chaque situation requiert une décision spécifique pour les conditions dans lesquelles se trouve le terrain dont :

- ▶ le degré d'infestation par les mauvaises herbes
- ▶ les résidus végétaux à la surface (type, constitution, volume)
- ▶ les cultures antérieures
- ▶ l'humidité du sol
- ▶ l'existence d'horizons compactés
- ▶ les risques d'érosion
- ▶ le type de semoir disponible, etc ...

La décision finale sur l'équipement adéquat et sur le type de travail du sol qui devra être exécuté sera prise seulement après l'appréciation de ces divers facteurs.

1. - Proposition de définition

Le travail du sol peut être défini comme une manipulation physique, chimique et/ou biologique du sol, ayant pour objectif d'optimiser les conditions de germination et d'émergence des semences, de même que les relations eau-sol-plantes, du semis jusqu'à la récolte.

En termes génériques, le travail du sol peut être défini comme étant toute manipulation du sol avant et après le semis des cultures.

Le travail et les manipulations du sol peuvent être généralement divisés en trois catégories d'opérations :

- ▶ préparation primaire du sol
- ▶ préparation secondaire du sol
- ▶ travail du sol après semis.

On entend par préparation primaire du sol, les opérations initiales, plus profondes et grossières qui visent essentiellement à la fois à éliminer et/ou enterrer les adventices et les restes de cultures et à recomposer la macroporosité.

Par préparation secondaire du sol, peuvent être définies toutes les opérations superficielles suivant la préparation primaire, qui visent entre autres : le nivellement du terrain, l'émottage, l'incorporation des herbicides (exemple Trifuraline), l'élimination des adventices, et permettent de localiser le plus exactement possible les semences dans le profil, tout en y créant une ambiance favorable au développement initial des cultures.

On entend par travail du sol après semis, toutes les manipulations du sol après semis : élimination des mauvaises herbes, des croûtes superficielles pour améliorer l'infiltration de l'eau et sa conservation dans le profil (binages, sarclages).

2. - Les objectifs du travail du sol

Les objectifs des opérations de travail du sol peuvent être résumés par les points suivants applicables universellement (KRAUSE et LORENZ, 1979-51) :

- ▶ élimination des plantes indésirables et minimisation de leur compétition avec la culture à implanter,
- ▶ obtention de conditions favorables pour le positionnement des semences dans le profil permettant une bonne germination et émergence, de même qu'un excellent développement racinaire et végétatif,,
- ▶ maintien de la fertilité et de la productivité au cours du temps, à travers une bonne conservation du sol et de l'eau, tout en préservant de hautes teneurs en matière organique.

Dépendant des conditions locales de sol, climat et cultures, d'autres objectifs doivent être aussi pris en compte :

- ▶ élimination d'horizons compactés,
- ▶ incorporation et mélange au sol d'amendements, fertilisants et produits agro-chimiques en général,
- ▶ incorporation des restes culturaux,
- ▶ nivellement du sol,
- ▶ optimisation des conditions de température et d'humidité tant pour les semences et l'enracinement des cultures que pour la vie biologique des sols,
- ▶ rupture des croûtes superficielles.

Les objectifs décrits ci-dessus, devront être atteints avec un nombre minimum possible d'opérations sur le terrain, visant à réduire le temps, minimiser la consommation de combustible et le trafic des machines sur le sol.

Le travail excessif du sol est toujours négatif : en détruisant la structure superficielle par pulvérisation puis compactation, il favorise également l'intensité de l'érosion laminaire superficielle.

3. - Principales techniques de travail du sol

Il est hors de question, dans ce court chapitre, de faire un relevé exhaustif de toutes les techniques de travail du sol, de leurs avantages et défauts respectifs ; nous citerons simplement pour mémoire les plus communément utilisées en régions tropicales d'Amérique du Sud.

◆ **Les labours**, réalisés de préférence en sol humide, en fin ou en début de saison des pluies, soit à la charrue à socs, soit à la charrue à disques ; ils sont généralement suivis de divers passages de pulvérisateurs légers pour préparer le lit de semences.

◆ **Les pseudo-labours**, qui comprennent :

▶ des techniques de préparation superficielles réalisées soit avec des outils à disques (offsets lourds et légers), des outils à dents (cultivateurs à dents flexibles) ou des fraises rotatives (fraises à axe vertical ou horizontal),

▶ des techniques de préparation profonde du sol, réalisées avec des outils à dents flexibles type chisel, ou à dents rigides type scarificateur (décompacteurs) qui laissent une forte rugosité du sol en surface avec plus de 50 % des résidus de récolte, deux facteurs décisifs dans la lutte contre l'érosion.

◆ **Des techniques de travail minimum du sol** qui regroupent plusieurs techniques dont le but commun est la réalisation d'un semis accompagné ou non d'une préparation sommaire du sol, le tout en un seul passage :

▶ semis sur ameublissement superficiel au cultivateur rotatif, soit devant le cultivateur, soit derrière,

▶ semis sur préparation en bandes : seule la ligne de semis est préparée.

◆ **Le sous-solage** qui permet de rompre des horizons profonds compactés sans altérations notables des horizons superficiels.

◆ **Les techniques de semis direct (no tillage)** par lesquelles le semis est réalisé dans une couverture morte, sans aucun travail du sol, avec des machines spécialement adaptées, et, est accompagné de l'utilisation rationnelle d'herbicides.

4. - Bons et mauvais modes de gestion du sol et des cultures : principales règles à suivre et erreurs à éviter

En conditions de climat agressif et sur sols sensibles à l'érosion (sols ferrallitiques, ferrugineux), le contrôle de l'érosion et le maintien de la productivité au cours du temps doivent être les principaux objectifs des bons modes de gestion des sols et des cultures.

Les règles les plus importantes, qui doivent être observées pour la réalisation d'un bon travail du sol en climat tropical, peuvent être résumées comme suit (Rolf DERPSCH, IAPAR Londrina, 1983-52) :

- ▶ éliminer efficacement les mauvaises herbes, évitant la concurrence avec la culture, à l'aide d'un minimum d'opérations culturales,
- ▶ créer un bon lit de semences, sans désagréger ni pulvériser excessivement le sol,
- ▶ maintenir le sol couvert et protégé avec des plantes en croissance ou avec des restes culturaux, le plus longtemps possible, afin de le protéger de l'impact des intensités pluviométriques et de réduire l'amplitude thermique du sol, protégeant ainsi sa vie biologique,
- ▶ réduire les périodes durant lesquelles le sol reste découvert au minimum de temps possible,
- ▶ maintenir les restes de cultures en surface sans les brûler,
- ▶ réaliser une préparation à structure grossière en surface sans pulvériser le sol,
- ▶ utiliser des plantes de couverture verte et les rotations de cultures pour promouvoir un travail biologique du sol par les systèmes racinaires,
- ▶ éviter l'utilisation des pulvérisateurs lourds et légers à disques qui facilitent l'érosion par pulvérisation superficielle et formation de semelle compacte à faible profondeur,
- ▶ rompre, si besoin est, les horizons compacts superficiels à la charrue à socs ou au scarificateur à dents rigides (décompacteur).

Parmi les erreurs les plus communes à éviter, nous citerons :

- ▶ préparation excessive du sol, aussi bien en temps qu'en intensité, ce qui augmente le coût,
- ▶ utilisation abusive d'équipements inadéquats comme les offsets lourds,

- ▶ préparation du sol en conditions d'humidité excessive, qui favorise la formation de semelle et la compaction du profil cultural,
- ▶ préparation du sol quelques mois avant le semis le laissant découvert et exposé à l'action des agents climatiques et de l'érosion,
- ▶ brûlis des restes culturaux,
- ▶ trafic excessif des tracteurs et des machines sur le sol en conditions humides.

Ces erreurs, très communes en Amérique latine, conduisent inévitablement à la même résultante finale : forte érosion, désagrégation et destruction de la structure du profil cultural et diminution conséquente de la productivité des cultures.

Les bons modes de gestion du sol et des cultures sont finalement ceux qui permettent simultanément :

- ▶ **d'atteindre les objectifs préalablement établis et clairement définis avec un minimum d'efforts de tractions, de consommation d'énergie et d'usure des équipements,**
- ▶ **de répondre à la fois aux nécessités spécifiques de germination des semences, à la croissance et à la stabilité de production des cultures sans que n'interviennent ni érosion ni dégradation du profil cultural,**
- ▶ **de maintenir et améliorer la productivité du sol au cours du temps.**

ANNEXE V.

**DES MODES DE GESTION DES SOLS DE
PORTEE GENERALE POUR LES SOLS
TROPICAUX FERRALLITIQUES ET
FERRUGINEUX DE BASSE ALTITUDE**

Les sols ferrallitiques et ferrugineux occupent les surfaces les plus importantes en zones tropicale et équatoriale de basse altitude, dans la tranche pluviométrique 1200 à 3000 mm.

Ces sols ont tous en commun, sous l'influence de la mise en culture continue, une structure fragile de stabilité très fugace.

Ils sont sensibles :

- à la formation d'une croûte de battance (une seule pluie de forte intensité suffit),
- à l'effondrement rapide de la porosité interne, sous l'influence des pluies de forte intensité,
- à la reprise en masse à l'état sec.

La productivité de matière sèche des cultures sur ces sols, est toujours directement proportionnelle à la puissance de l'enracinement en volume et profondeur.

Puissance et dynamique rapide de colonisation du profil cultural par les racines des différentes cultures, sont toujours synonymes de semis précoce (sous réserve que le facteur nutrition minérale ne soit pas limitant).

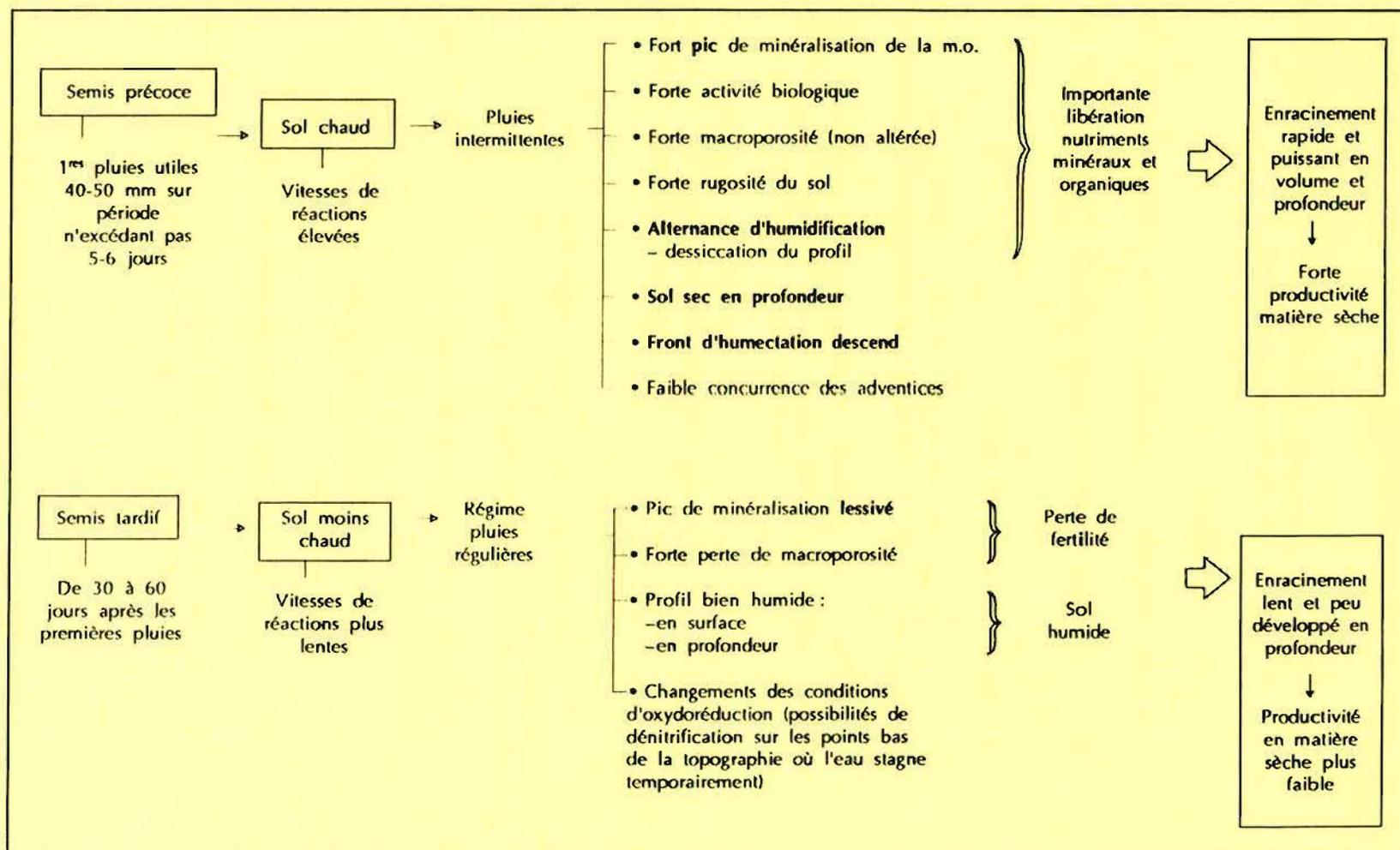
Pour un même travail du sol profond, favorable à l'enracinement, les mécanismes qui interviennent pour déterminer la dynamique de l'enracinement entre une date de semis précoce et une date de semis tardive, peuvent être schématisés comme l'indique le schéma 9 (L. SEGUY, 1993) (1).

Les semis précoces, au-delà d'assurer une protection plus précoce contre l'érosion, sont toujours générateurs des meilleurs rendements dès lors que les techniques culturales employées permettent simultanément :

- de préserver, jusqu'à couverture complète du sol par la culture, une forte rugosité de surface qui assurera :
 - ▶ une bonne infiltration de l'eau dans le profil, en retardant la formation de croûte de battance,
 - ▶ un retard conséquent à la germination des adventices.
- de créer une forte macroporosité, la plus résistante possible à l'effondrement sous l'action des pluies de très forte intensité, à fréquence élevée.

(1) Résultats non publiés sur dynamique enracinement riz pluvial 1992-93

Schéma 9.



Ces caractéristiques, alliées à une forte minéralisation de la matière organique dès les premières pluies utiles, et à un front d'humectation qui descend dans le profil, favorisent un puissant enracinement précoce de la culture, ce qui lui assure une plus large surface d'interception de l'eau et des éléments minéraux.

Les techniques culturales doivent donc, en résumé, créer une forte macroporosité la plus stable possible en début de cycle, associée à une forte rugosité de surface, pour permettre à la fois :

- ▶ un semis précoce,
- ▶ retarder :
 - . la formation de croûte de battance,
 - . l'effondrement de la structure superficielle et interne du profil,
 - . l'envahissement des cultures par les adventices,
- ▶ favoriser l'emmagasinement de l'eau et la circulation de l'air.

Ces objectifs peuvent être atteints :

- ▶ par le labour profond :
 - . de fin de cycle des pluies,
 - . de début de cycle des pluies,
- ▶ la scarification profonde (chisel, décompacteur) :
 - . de fin de cycle des pluies
 - . de début des pluies.

On notera cependant, que la stabilité de la structure créée est d'autant plus résistante à l'effondrement qu'elle a été, au préalable, consolidée par une longue saison sèche (cimentation par les oxydes de fer).

Les exigences simultanées du semis précoce avec un maximum de capacité de travail, de consolidation de la structure et de la rugosité de surface, conduisent à recommander de préférence le travail profond de fin de cycle pluvieux.

Pour répondre à l'exigence "grande capacité de travail" qui conditionne l'applicabilité de la technique, il est nécessaire de conserver l'eau dans le profil cultural en fin de cycle, pour un temps le plus long possible, pour réaliser un maximum de surface dans les meilleures conditions de travail possibles.

DESCRIPTIF DES TECHNIQUES DE TRAVAIL PROFOND DE FIN DE CYCLE PLUVIEUX.

15-20 jours avant la fin présumée des pluies (ce qui suppose qu'une partie de l'assolement a été réalisée en semis précoce, donc récoltée), passer un offset lourd pour :

- ▶ ouvrir la surface du sol (capacité d'emménagement de l'eau),
- ▶ triturer et préincorporer les résidus de récolte + adventices.

Une semaine après, passer un offset léger, à haute vitesse, pour créer une fine couche de terre en surface qui assurera, dès la fin des pluies, une rupture capillaire et permettra de conserver l'eau dans le profil.

En suivant, labour profond, dressé (à + 45°), fermé, plat en surface, et très motteux.

L'humidité diminuant dans le profil, le labour devient difficile. Il est conseillé alors d'utiliser la scarification profonde qui, tout en préservant 50 à 70 % des résidus de récolte en surface, remonte les éléments les plus grossiers en surface (forte rugosité).

La scarification profonde peut aussi être pratiquée en même temps que le labour (capacité de travail 2 à 3 fois supérieure) dès lors que le profil n'est pas trop humide (nécessité de fragmenter le profil entre les dents).

La capacité de travail des machines est maximum : profil humide et risque de pluie minimum ou nul.

Le travail du sol ainsi réalisé avec les deux techniques utilisées ou en relai, ou simultanément, est laissé en l'état durant toute la saison sèche (la forte rugosité de surface permet d'annuler les préjudices de l'érosion éolienne).

Le semis précoce pourra être réalisé dès les premières pluies utiles (40-50 mm sur une période n'excédant pas une semaine), directement sans passage préalable d'outil pour affiner la surface ; pour ce faire, il faut utiliser des semoirs à disques qui permettent d'affiner le contact sol-semence sur la ligne de semis et laisser l'interligne en l'état, très motteux.

ATTENTION !

Toutefois, le profil étant très poreux (soufflé), la profondeur de semis devra être rigoureusement contrôlée pour éviter d'enfouir les semences trop profondément (les machines brésiliennes sont équipées d'un contrôle de profondeur efficace).

Si le profil est parfois trop motteux (trop sec à la réalisation), éviter de passer des outils à disques avant semis (perte de rugosité, macroporosité, pollution adventices) :

- ▶ ou passer un rouleau type cross kill en sec, en fin de saison sèche,
- ▶ ou passer un canadien dès les premières pluies utiles.

Dans tous les cas, il faut préserver à tout prix la macroporosité et la rugosité créées par le travail du sol.

En début de cycle des pluies, ces mêmes techniques de travail profond pourront être utilisées avec les mêmes recommandations (la structure créée sera toutefois plus fragile, plus sensible à la battance, effondrement interne, car elle n'aura pas bénéficié de la très forte dessiccation prolongée de saison sèche).

Enfin, ces techniques de travail profond, **doivent être surtout mises à profit pour restaurer la fertilité générale du sol**, en corrigeant aussi les caractéristiques chimiques et biologiques du profil cultural en profondeur par l'incorporation de thermophosphates, scories, ou autre amendement, etc ... Ces techniques permettent de redistribuer en profondeur les bases, la matière organique, P_2O_5 , autant de facteurs qui, associés à une bonne macroporosité, favorisent un puissant enracinement en profondeur : assurance contre les aléas climatiques, et garantie de bonnes conditions d'alimentation minérale des cultures, en sol pauvre.

Ces techniques de travail profond présentent toutefois des limitations importantes à leur utilisation continue :

- ▶ minéralisation accélérée de la matière organique
- ▶ diminution nette de la macro et mésofaune du profil cultural.

Elles doivent être utilisées, en priorité, rappelons-le, pour restaurer temporairement la fertilité du profil cultural ; ensuite, **elles devraient être suivies des techniques de semis direct sur couvertures mortes ou vivantes qui, seules, garantissent le maintien de conditions de fertilité compatibles avec la fixation d'une agriculture lucrative à long terme** (cf. L. SEGUY, S. BOUZINAC, 1989, 1992).

**ANNEXE VI. LE SEMIS DIRECT :
CONCEPTS ET MODALITES PRATIQUES
DE REALISATION
(CHEMINEMENTS SCHEMATISES)**

APRÈS AVOIR RESTAURÉ LA FERTILITÉ DU PROFIL CULTURAL PRIVILÉGIÉ LES TECHNOLOGIES DE SEMIS DIRECT

Comment fonctionne le semis direct ?

- La forêt amazonienne, un modèle de fonctionnement à reproduire pour l'agriculture.

Comment traduire ce modèle en concepts réalistes et en pratiques agricoles accessibles aux agriculteurs ?

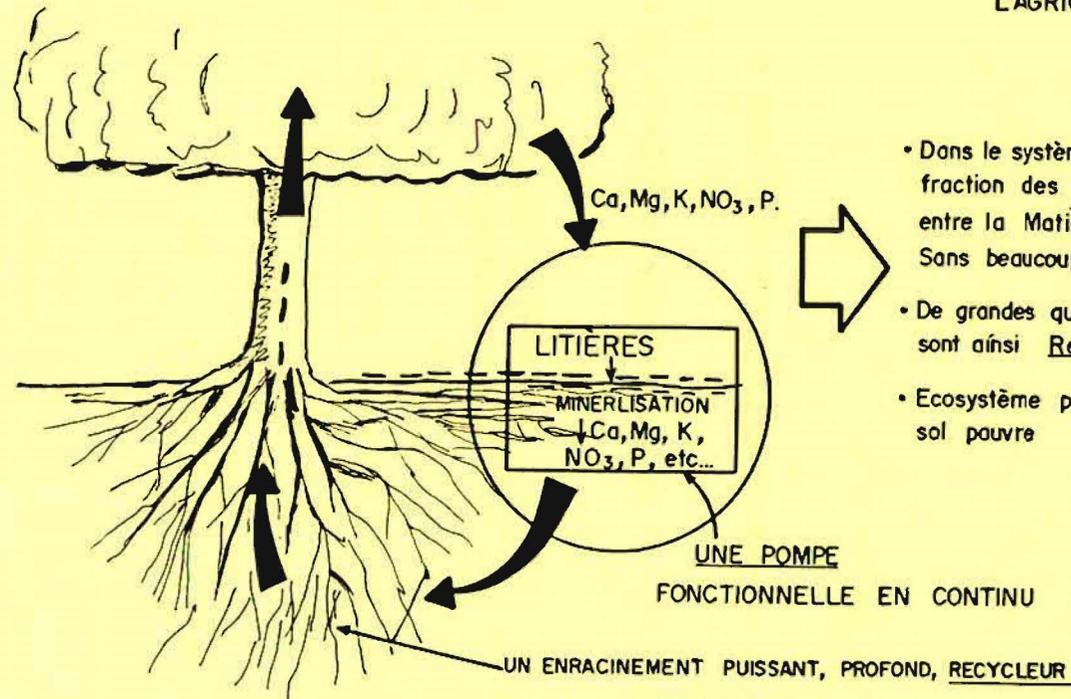
- Les systèmes mainteneurs de fertilité { protecteurs initiaux
recycleurs finaux

L'exemple des systèmes de cultures en voie de diffusion dans le centre-nord du Mato Grosso:

5 cultures en 3 ans { 1 travail profond
4 semis direct en suivant

Voir dans les pages à suivre, les réponses à ces questions, illustrées sous forme de dessins.

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



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

		Kg /ha / AN				
		N	P	K	Ca	Mg
• Matériaux dus à érosion pluviale	—	12	3,7	220	29	18
• Litière	10528	199	7,3	68	206	45
• Bois tombé	11 200	36	2,9	6	82	8
• Décomposition racines	2576	21	1,1	9	15	4
■ Total apporté	24304	268	15	303	332	75
↳ % Biomasse totale	⑦	⑬	⑪	③③	⑫	⑰

SOURCE = NYE (1961)

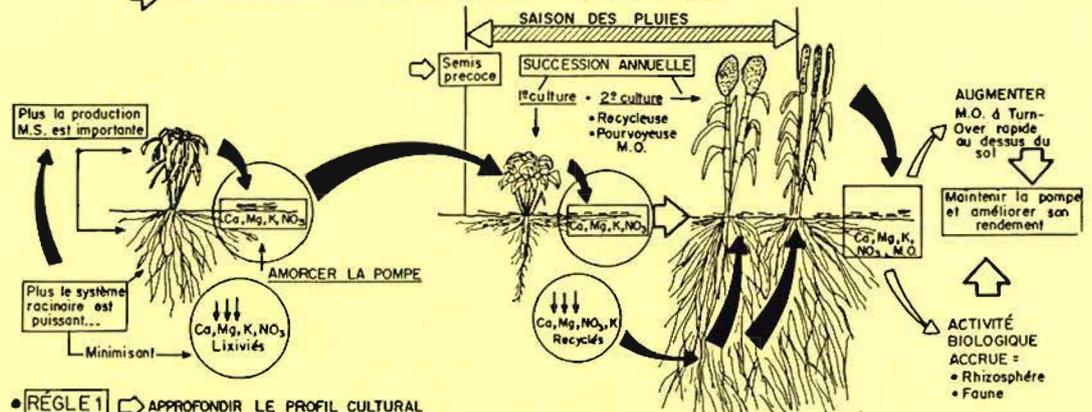
COMMENT TRADUIRE CE MODELE EN CONCEPTS ET PRATIQUES AGRICOLES ACCESSIBLES AUX AGRICULTEURS

↳ EN ZONES TROPICALES ET EQUATORIALES CHAUDES ET HUMIDES DE BASSE ALTITUDE

- SOLS FERRALLITIQUES → 63% sols Tropiques Humides (Oxisols + Ultisols)
- PLUVIOMETRIE ≥ 1800 mm
- ETM Riz pluvial = 400mm
- Drainage profond → > 700mm

L. SEGUY
S. BOUZINAC
H. CHARPENTIER
R. MICHELLON
P. JULIEN

↳ LE CONCEPT DE BASE: AMORCER LA POMPE "CULTURE - M. O. SOL"



• RÉGLE 1 → APPROFONDIR LE PROFIL CULTURAL

- Restructurer, redistribuer bases et M.O. en profondeur.
- Faciliter migration bases en profondeur

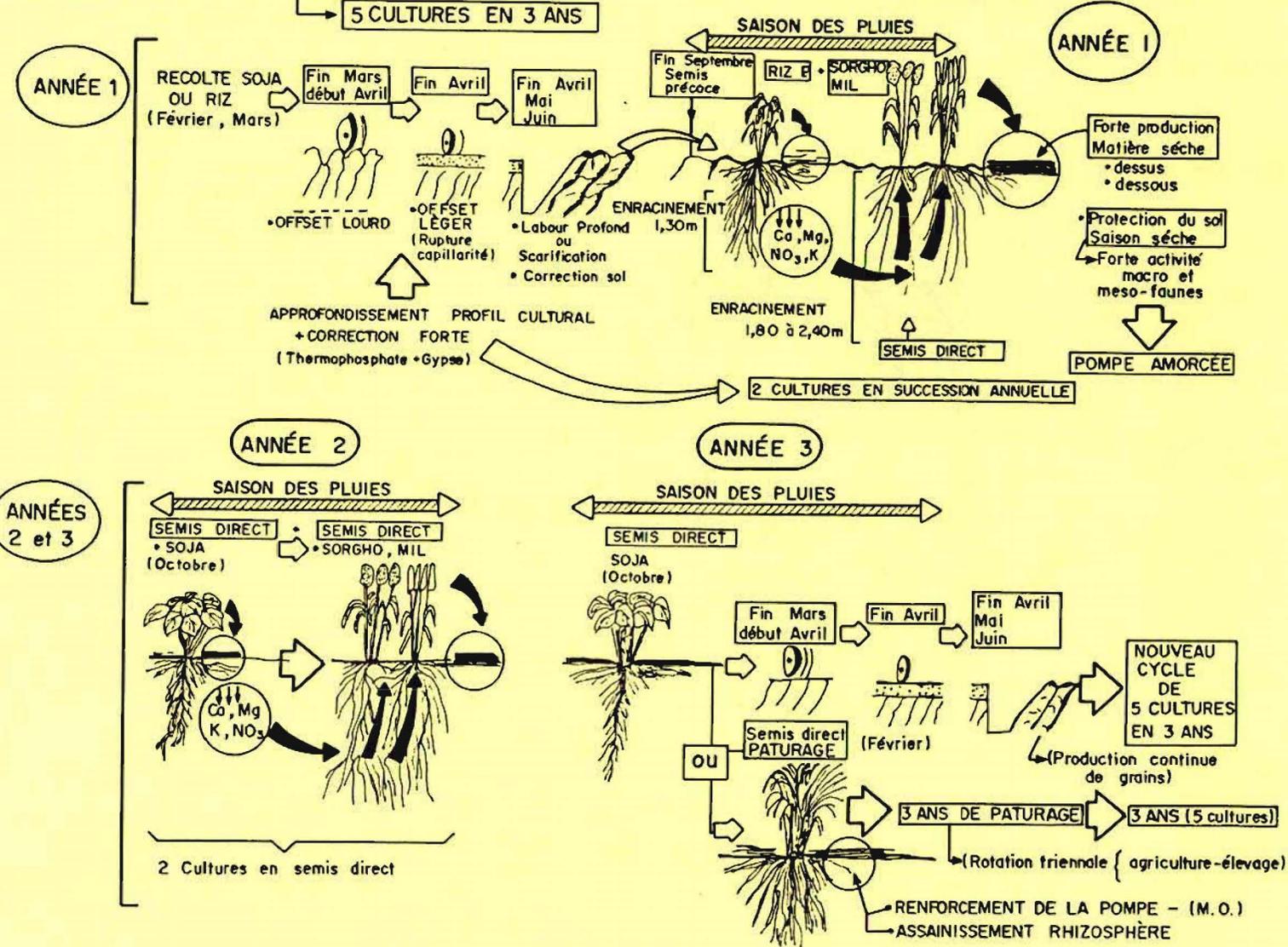
↳ COMMENT → SIMULTANEMENT:

- Travail profond (Labour ou soc, Scarification)
- Correction forte, base Thermophosphate - Gypse
- Fin cycle des pluies → Minimiser les pertes

RÉGLE 2 → SYSTÈMES A 2 CULTURES EN SUCCESSION ANNUELLE

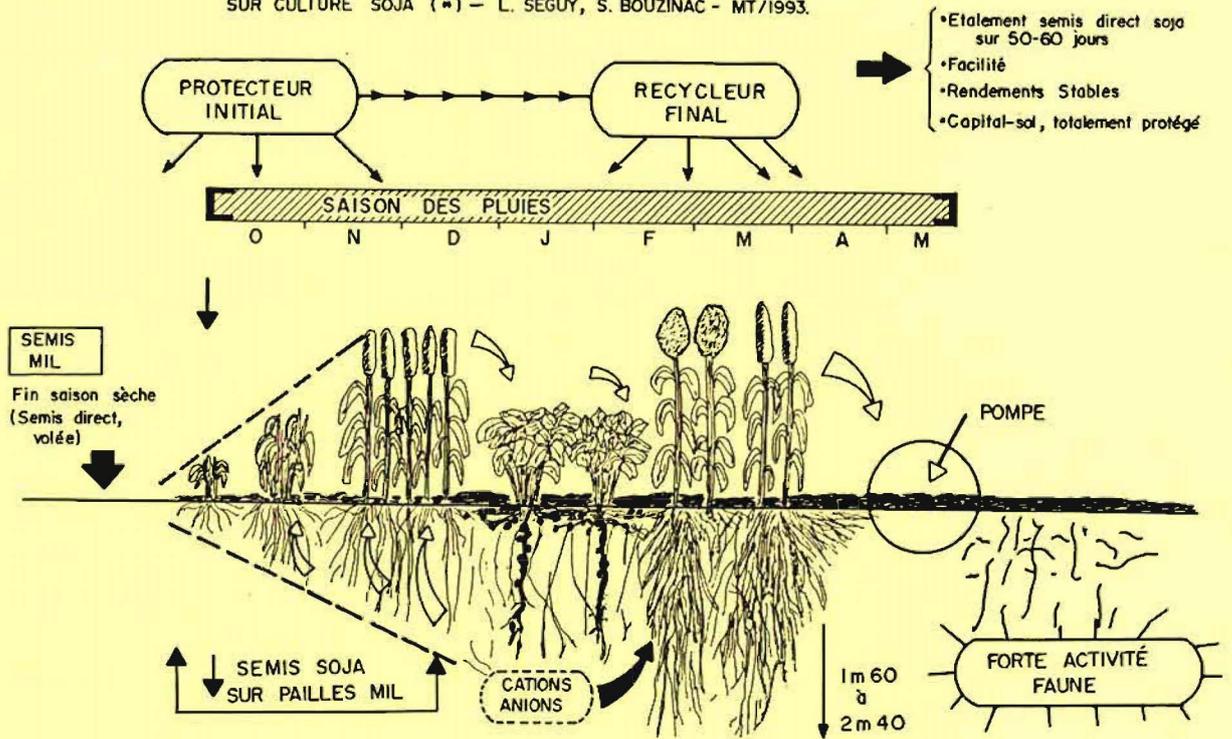
- Semis précoce, à la 1^{re} pluie utile (±30-40mm - 5 jours)
 - La Seconde culture est à enracinement très profond, Recycler [Sorgho, Mil] ± 1,80 à 2,40m
 - Forte production de matière sèche, même en conditions climatiques déficitaires
 - Couverture morte importante en saison sèche =
 - Tampon thermique, humidité, + obscurité =
 - Forte activité continue de la Faune
- RÉDUIRE AU MAXIMUM, LES PERTES ANNUELLES DU SYSTÈME - "CULTURES - M. O. SOL"

■ **EXEMPLE** → SYSTÈMES DE CULTURE EN VOIE DE DIFFUSION DANS LE CENTRE NORD MATO GROSSO-CIRAD-CA



"SYSTEME "MAINTENEUR DE FERTILITE"

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

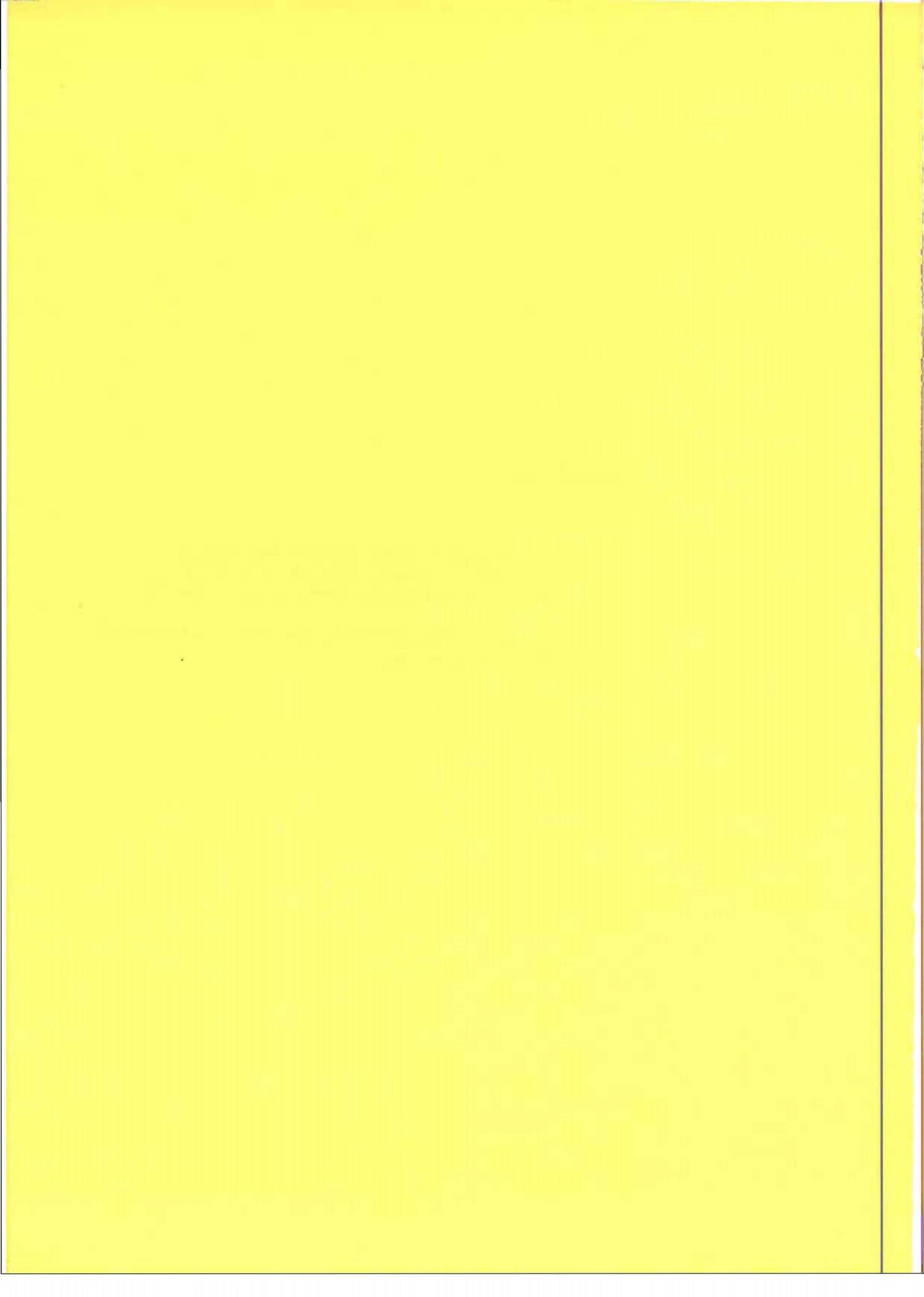


**ANNEXE VII. QUELQUES EXEMPLES RESUMES D'APPLICATION
DE LA METHODE DE CREATION-DIFFUSION
EN MILIEU REEL ET FORMATION**

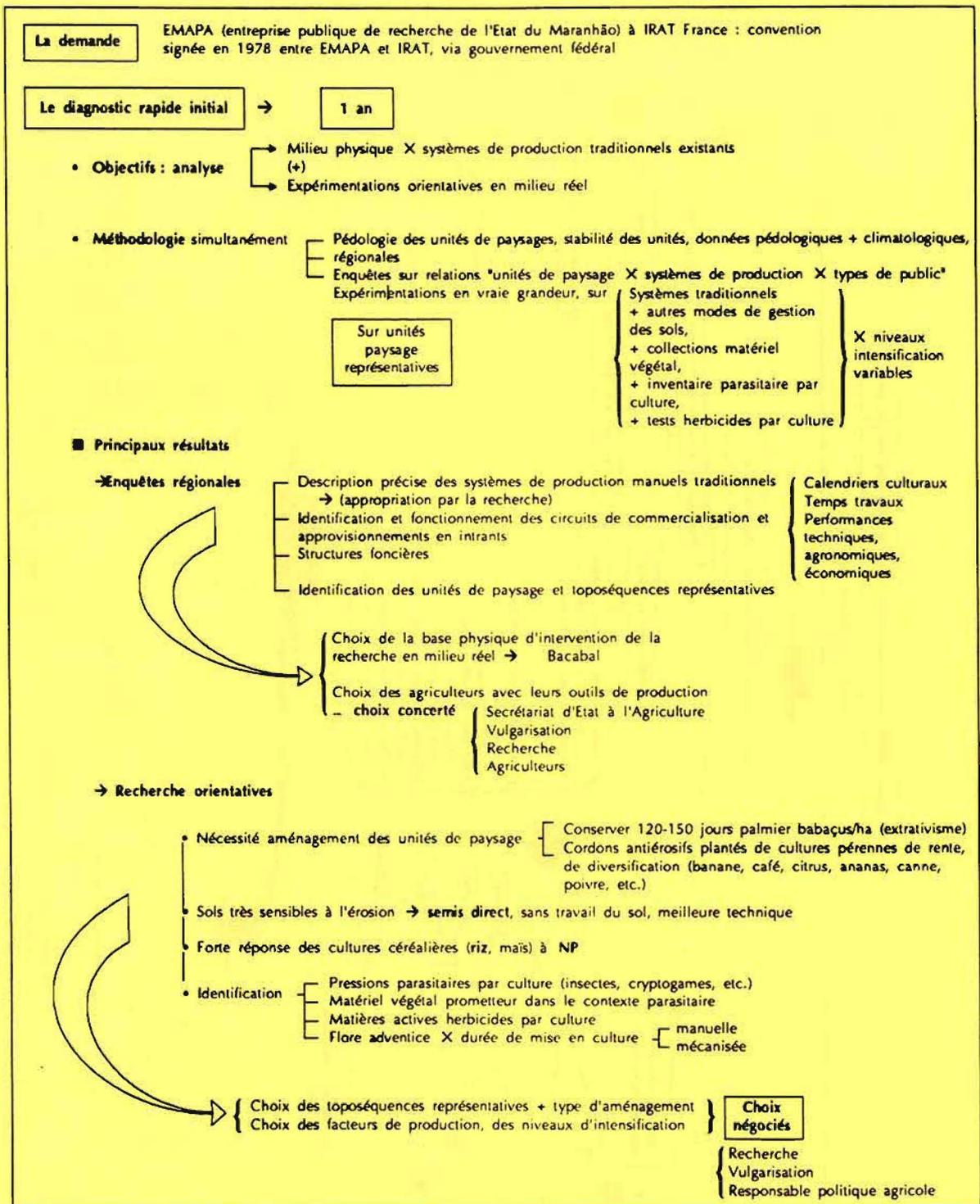
ANNEXE VII-I

**FIXATION DE L'AGRICULTURE MANUELLE
ITINERANTE DANS LA REGION DU COCAIS
ETAT DU MARANHAO - NORD BRESIL 1978-1982**

**ECOLOGIE DES FORETS SECONDAIRES A PALMIERS
BABACUS (\pm 400 M)**



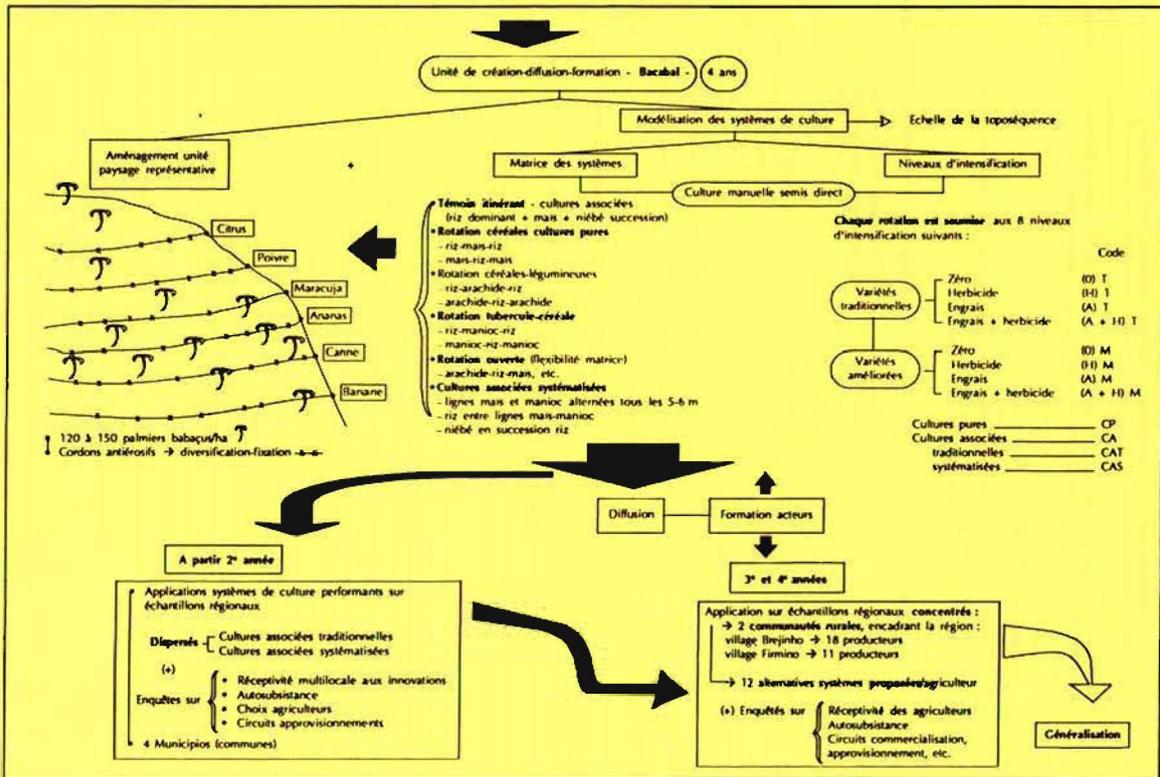
VII(1) **Fixation de l'agriculture manuelle itinérante dans la région du Cocais
Etat du Maranhão, Nord Brésil 1978-1982
Ecologie des forêts secondaires à palmiers babaçus (+/-1 400 mm)**



➔ ... Au terme de cette première année → réunion des éléments hiérarchisés nécessaires au montage de l'unité de création-diffusion en milieu réel.

Les grandes phases de création-diffusion, formation un milieu réel 4 ans

... A partir du diagnostic rapide (1 an)



PRINCIPAUX RESULTATS

• POUR LE DEVELOPPEMENT (APPLICATIONS) : choix des systèmes réalisés par consensus, sur critères (recherche, vulgarisation, producteurs, responsables politique agricole) :

- ▶ marges nettes et stabilité interannuelle (MB/ha)
- ▶ valorisation de la journée de travail (VJT/ha)
- ▶ minimisation des temps de travaux/ha (TT/ha)
- ▶ productivité des systèmes et stabilité interannuelle
- ▶ préservation autoconsommation.

Le choix des systèmes est réalisé à partir :

- ▶ de l'unité centrale de Bacabal,
- ▶ des résultats régionaux de diffusion :
 - . disposés → année 2
 - . concentrés → années 3 - 4

Sur 3 ans de fixation de l'agriculture manuelle, par rapport au système des cultures associées traditionnelles itinérant (CAT) :

Le système des cultures associées systématisées (CAS) est élu par tous les acteurs du développement comme le système le plus stable, le plus attractif au plan monétaire, le mieux adapté aux risques climatique et économique, et aux nécessités de l'autoconsommation.

Ce système peut être pratiqué (cf. tableaux 2 et 6) :

- ▶ avec herbicide + variétés améliorées, sans engrais
- ▶ avec herbicide + variétés améliorées + engrais,

en fonction du crédit et des facilités d'approvisionnement en intrants.

Par rapport au système itinérant traditionnel, sans intrants, ce système fixé, très stable, procure (cf. tableaux 2, 4, 6) :

- ▶ sans engrais : des augmentations de productivité de plus de 50 %, sur les produits riz, maïs, des marges et une valorisation de la journée de travail, de 2 à 3 fois supérieures, avec un calendrier cultural moins chargé ;

- ▶ avec engrais : les augmentations de productivités sur les produits riz, maïs et vigna sont 2 à 3 fois supérieures, de même que les marges et la valorisation de la journée de travail.

L'optimisation des assolements, après 4 ans de résultats et compte tenu de l'utilisation optimale de la main d'oeuvre, conduit à proposer des modules d'exploitations fixés sur 4 ans, extrêmement performants, stables, diversifiés, qui combinent les meilleurs systèmes fixés. Compte tenu des déficiences des circuits d'approvisionnements en intrants et des difficultés de crédit, divers modules différenciés aux plans des coûts de production et de l'utilisation des intrants sont proposés aux agriculteurs et aux communautés villageoises, pour qu'ils puissent appliquer les résultats obtenus même dans les cas d'assistance les plus défavorables (cf. tableau 3).

De nombreuses variétés de riz pluvial, améliorées (critères des chercheurs et des agriculteurs), sont mises à la disposition des agriculteurs : 25 variétés sont proposées et testées dans les systèmes ; 5 sont retenues par les agriculteurs ; IRAT 101, IRAT 112, IREM 16-B, IREM 247, CABASSOU. Les cycles vont de 85-90 jours à 110-120 jours pour mieux étaler la récolte (6).

Des formules de fertilisation sont proposées pour tous les systèmes fixés, de la première année à la quatrième année de fixation, de même que des formules herbicides et des variétés de plus en plus performantes (7, 8).

La démarche opérationnelle en milieu réel mise au point, a permis une formation et professionnalisation accélérées des divers acteurs du développement : chercheurs, vulgarisateurs, agriculteurs.

Enfin, ce projet de fixation de l'agriculture itinérante a servi de base pour l'élaboration et le financement d'un vaste projet de développement financé par la BIRD, dans la région du MEARIM, les années suivantes.

• POUR LA RECHERCHE (ACQUISITION DE CONNAISSANCES)

Expérience extrêmement riche sur le plan méthodologique par la mise au point d'une méthode d'intervention opérationnelle de la recherche, avec les différents acteurs, dans leur milieu.

Elle met en relief, notamment :

- ▶ la complémentarité des approches systémique et thématique au profit d'une agronomie de synthèse efficace tant pour ses applications que pour gérer des connaissances (cf. tableau 8).
- ▶ des outils méthodologiques performants pour la hiérarchisation permanente des facteurs de production au fur et à mesure du processus de fixation de l'agriculture.

► L'importance déterminante de donner une véritable dimension économique et technique à l'intervention expérimentale et d'intégrer dans sa démarche sinon l'homme avec tout son pouvoir de décision, tout au moins l'homme agriculteur avec ses outils ses choix techniques ses pratiques culturales : autant d'éléments décisifs pour permettre à l'agronome de garder, dans ses propositions d'innovations, le sens du réel, de leur praticabilité.

- **la fiabilité et la rigueur de la méthode expérimentale démontrée par la conservation des performances agro-techniques des systèmes lorsque la surface de l'échantillon expérimental passe de quelques m² à quelques hectares, tant sur l'unité expérimentale que dans les champs des agriculteurs au cours de la diffusion des systèmes (cf. tableaux 6 et 7).**

Parmi les recherches thématiques d'intérêt, citons l'émergence des sujets majeurs suivants, pour la fixation de l'agriculture manuelle :

- gestion de la fertilisation phosphatée dans les systèmes de semis direct manuels, sans travail du sol,
- performances agronomiques comparées "cultures pures - cultures associées", conséquences sur l'évolution de la fertilité des sols (caractéristiques physiques, chimiques et biologiques),
- les systèmes de porosité dans les systèmes de semis direct manuels, sans travail du sol (notions de travail biologique du sol par les ensembles "racines-faune"),
- la création variétale bâtie sur la complémentarité des critères des chercheurs et des producteurs (6).

... 10 ANS APRES ...

◆ Les variétés introduites et créées à l'occasion de ce projet (IRAT 112, IREM 247, CABASSOU, IRAT 101) ont parcouru plus de 500 km, de petit agriculteur à petit agriculteur. On les retrouve dans l'état du Piauí, au nord de Teresina, dans une écologie de forêts secondaires à palmiers babaçus (*Orbygna martiana*), similaire à celle de la région du Cacaïs.

◆ Une enquête agro-socio-économique, menée récemment par des agronomes de l'IAPAR (Institut de Recherches Agronomiques de l'Etat de Parana) à la demande du secrétariat d'état à l'agriculture du Maranhão, dans la région du Cocais, montre que le village de Bréjinho, bien que n'ayant bénéficié d'aucun projet d'assistance technique directe ou indirecte, présente un niveau de développement nettement supérieur à celui des villages de la région ... il a donc su, à partir de cette expérience, prendre en compte son propre développement.

◆ La plupart des agriculteurs qui ont été les artisans de l'unité de création-diffusion de Bancabal, soit aujourd'hui devenus petits commerçants ... Ils ont donc changé de condition sociale, ce qui est souvent le souhait suprême des petits agriculteurs sans terre de tous les pays du monde en voie de développement.

◆ Des transferts possibles pour écosystèmes similaires ... transfert de méthodes, matériel végétal : Afrique (Gagnoa, Côte d'Ivoire), Vietnam (contreforts forestiers), Madagascar, La Réunion.

Tableau 2. Performances agro-économiques comparées, sur 3 ans de fixation, de systèmes de cultures associées systématisés (CAS), avec le témoin itinérant des cultures traditionnelles, 1978-1982.

Système de culture	Culture	Productivité (kg/ha)			Marges brutes (CR\$/ha)			Nombre de jours de travail par hectare			Valorisation de la journée de travail en CR\$*		
		1979	1980	1981	1979	1980	1981	1979	1980	1981	1979	1980	1981
CAS (H) M													
	Riz	2 032	2 254	2 028									
	Maïs	663	356	281	82 478	48 870	55 572	118	94	74	698	519	750
	Vigna	184	166	-				(9,3)	(7,2)	(7,3)			
	Manioc	6 489	2 312	2 833									
CAS (A + H) M													
	Riz	3 182	4 218	3 528									
	Maïs	435	547	512	97 361	72 269	91 591	141	121	96	690	597	954
	Vigna	249	298	-				(10,4)	(8,5)	(10,2)			
CAT (0) T itinérant (témoin de référence)													
	Riz	1 333	1 514	1 774									
	Maïs	392	240	105	35 608	27 729	43 570	123	125	132	289	221	330
	Vigna	76	80	-				(40)	(37)	(41)			

* En 1982, 1 Franc = 23 Cruzeiros (CR\$).

H : herbicide, M : variétés améliorées, A : engrais, 0 : sans engrais, ni herbicide, T : variétés traditionnelles, CAS : cultures associées systématisées, CAT : cultures associées traditionnelles, () temps de sarclage.

Tableau 3. Assolements optimisés sur 3 ans. Performances agro-économiques de quelques modules d'exploitation, comparées à celles du témoin itinérant.

Modules X surface	Production cumulée (kg/ha)				Coûts de production cumulés (CR\$)*	Marges brutes cumulées (CR\$)	Nombre de jours de travail cumulés	Valorisation moyenne de la journée de travail (CR\$)
	Riz	Mais	Vigna	Manioc				
(1) 2 ha 0,5 CAT (A + H) M 0,5 CAS (0) M 1,0 (R-Ma-R) HT	11 821	1 535	429	33 811	75 286	385 203	581	663
(2) 1,5 ha 1,0 (R-Ma-R) HT 0,25 CAS (A + H) M _{cm} 0,25 CAS (A + H) M _{cc}	9 472	746	274	30 912	74 557	437 806	497	880
(3) 1,5 ha 0,5 CAT (A + H) M 0,5 (R-R-R) (A + H) M 0,25 CAS (A + H) M _{cm} 0,25 CAS (A + H) M _{cc}	16 605	1 511	519	6 964	130 599	336 000	500	672
(4) 1,75 ha 0,75 CAT (A + H) M 0,50 CAS (A + H) M _{cm} 0,50 CAS (A + H) M _{cc}	18 583	2 642	915	19 926	158 682	436 150	610	715
Témoin itinérant 1,5 ha CAT (0) T	6 931	1 105	234	-	22 575	145 600	520	280

* 1 Franc = 23 Cruzeiros (CR\$)

CAT : cultures associées traditionnelles, CAS : cultures associées systématisées, R : riz, Ma : manioc, A : engrais, H : herbicide, M : variétés améliorées, T : variétés traditionnelles, cm : cycle moyen, cc : cycle court, 0 : sans engrais, ni herbicide.

Tableau 4. Productivité du riz pluvial dans les systèmes de culture, dans deux communautés villageoises en 1981. Région du Cocalis, Maranhão.

Local d'application	Riz en culture associée						Riz en culture pure					
	Variété traditionnelle		IRAT 10		IRAT 101		Variété traditionnelle		IRAT 10		IRAT 101	
	0	A + H	H	A + H	H	A + H	H	A + H	H	A + H	H	A + H
Brejinho (18 producteurs)												
• Traction animale (9 producteurs)	1 395	2 237	2 137	3 232	2 776	3 986	908	1 404	2 456	3 356	2 919	5 219
• Manuel (9 producteurs)	2 249	2 962	2 018	3 010	2 470	3 465	2 404	2 721	3 098	4 500	2 721	3 722
Firmino (11 producteurs)												
• Manuel	1 488	2 503	1 414	2 146	2 498	2 890	1 582	2 064	1 536	2 334	2 763	3 174
\bar{X} Brejinho + Firmino	1 710	2 567	1 856	2 796	2 581	3 447	1 613	2 063	2 363	3 396	2 801	4 038
Productivité relative (%)	100	150	108	163	151	201	94	121	138	199	164	236

H : herbicide, A : engrais, 0 : sans engrais, ni herbicide.

Tableau 5. Performances économiques des systèmes de cultures appliqués dans deux communautés villageoises en 1981. Région du Cacaïs, Maranhão.

Local	Données économiques	Cultures associées						Cultures pures					
		Variété traditionnelle		IRAT 10		IRAT 101		Variété traditionnelle		IRAT 10		IRAT 101	
		0	A + H	H	A + H	H	A + H	H	A + H	H	A + H	H	A + H
Brejinho (18 producteurs)	Solde/ha	51 981	48 742	101 114	126 032	86 816	105 229	34 217	29 889	55 019	77 306	59 088	76 106
	VJT*	713	703	1 160	1 198	1 015	1 000	580	476	829	934	983	1 038
	NJT*	73	69	87	105	85	105	59	62	66	82	60	73
Fimino (11 producteurs)	Solde/ha	44 451	46 706	29 895	37 445	57 354	55 024	26 404	25 039	26 603	32 049	58 560	53 749
	VJT	517	599	495	535	82	659	443	403	448	433	757	583
	NJT	86	78	60	70	78	83	59	62	59	74	77	92
X Brejinho + Fimino	Solde/ha	48 668	47 927	73 246	92 812	73 809	83 988	31 021	27 868	43 179	43 179	58 868	66 648
	VJT	626	662	900	1 019	891	856	524	445	670	670	889	845
	NJT	77	72	81	91	83	98	59	62	64	64	66	79
Indices des performances économiques (%)	Solde	100	98	150	190	151	172	63	57	88	88	120	136
	VJT	100	105	143	162	142	136	83	71	107	107	142	134
	NJT	100	93	105	135	107	127	76	80	83	83	85	102

Mars 1982 → 1 franc = 23 CR\$.

* VJT : valorisation de la journée de travail, NJT : nombre de jours de travail.

Tableau 6. Productivités comparées des systèmes, entre l'unité de création-diffusion de Bacabal et les champs des agriculteurs (4 micro-régions couvrant la région du Cocais), 1980.

Lieu d'application	Culture	Cultures associées traditionnelles (kg/ha)			Cultures associées systématisées (kg/ha)		
		(0) T	(H) T	(A + H) T	(0) M	(H) M	(A + H) M
(1) Champs des agriculteurs (moyenne 16 agriculteurs)	Riz	1 837	1 819	2 997	1 845	1 822	3 850
	Mais	216	221	491	248	299	529
(2) Unité de création-diffusion de Bacabal	Riz	1 333	1 534	2 431	1 242	2 032	3 192
	Mais	392	274	557	545	663	435
Indice régional IR = (1)/(2) × 100	Riz	138	118	123	148	89	120
	Mais	55	80	88	45	45	121

0 : sans engrais ni herbicide, H : herbicide, A : engrais, T : variétés traditionnelles, M : variétés améliorées.

Tableau 7. Performances comparées des systèmes, entre l'unité de création-diffusion de Bacabal et les champs des agriculteurs (29 producteurs sur 2 communautés villageoises), 1981.

Systèmes communs	Lieu d'application	Productivité (kg/ha)				Marges brutes (CR\$/ha)	Nombre de jours de travail par hectare	Valorisation de la journée de travail (CR\$)
		Riz	Mais	Vigna	Manioc			
CAT (0) T Témoin itinérant	Unité Bacabal	1 774	105	0*	-	43 570	132	330
	Agriculteurs	1 709	286	0*	-	48 668	77	632
CAS (H) M	Unité Bacabal	1 949	281	0*	2 883	55 572	74	750
	Agriculteurs	1 812	312	458	2 870	73 246	81	904
CAS (A + H) M	Unité Bacabal	3 628	512	0*	3 899	91 591	96	954
	Agriculteurs	2 741	357	619	3 345	92 812	91	1 020

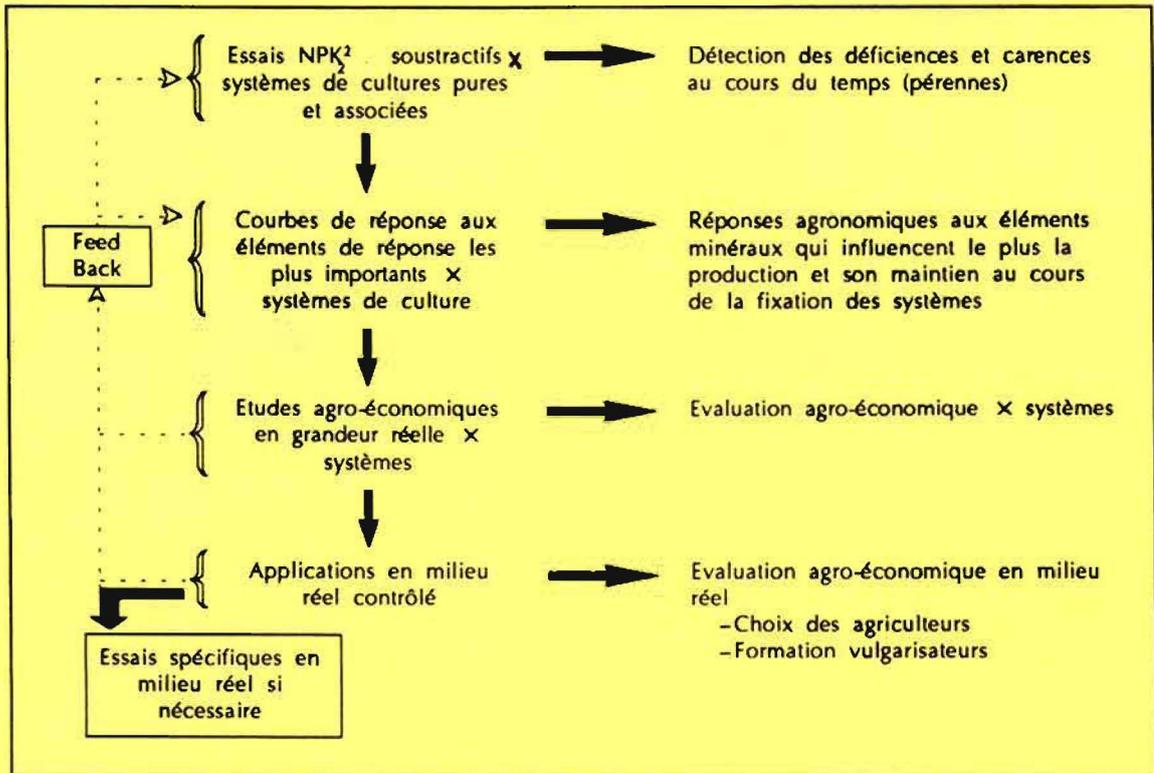
CAT : cultures associées traditionnelles, CAS : cultures associées systématisées.

* Sécheresse.

Tableau 8. Exemples d'expérimentations thématiques d'ajustement des systèmes de culture, 1978-1982.

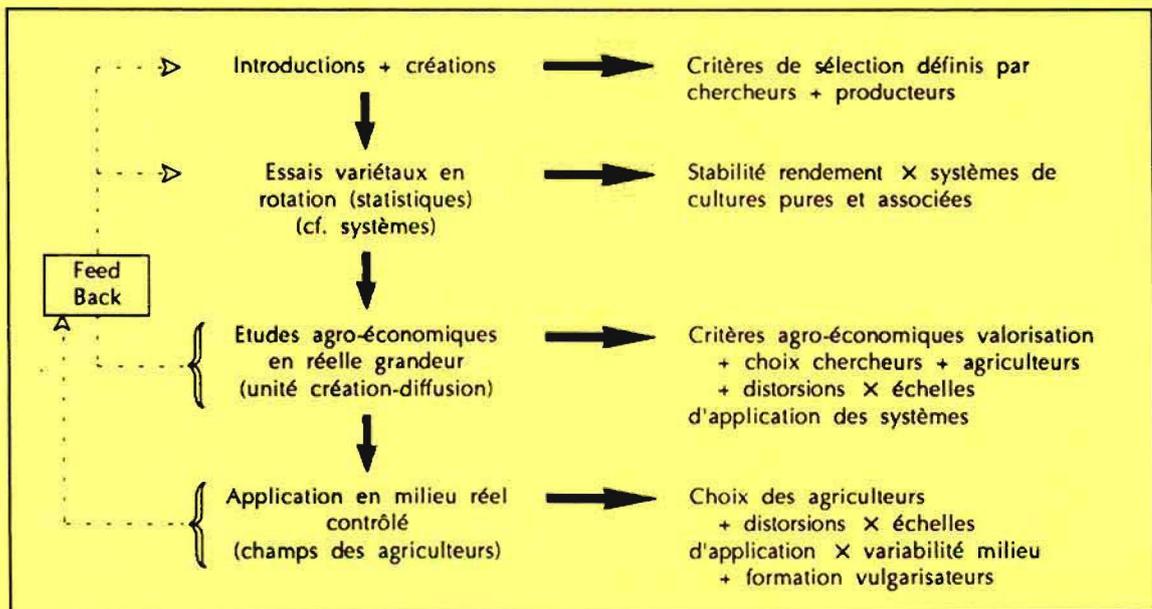
(1)

Séquence opérationnelle du maintien de la fertilité



(2)

Séquence opérationnelle de l'amélioration variétale riz



► ... POUR EN SAVOIR PLUS ...

(1) SEGUY L.

Rapport analytique, études des systèmes de production potentiels à base de riz pluvial Sao Luis : Convenio EMAPA, IRAT, 1979. - 2 vol. 368 p. + annexes ; pag. multiple

(2) BOUZINAC S., SEGUY L.

Contribution et proposition pour la mise au point de systèmes de production potentiels applicables à court terme au développement régional : quelques aspects méthodologiques. Deux exemples d'applications possibles au Nord-Est du Brésil (Maranhao)

Montpellier : IRAT 1980, 68 p. tabl., bibli. 3 réf.

(3) SEGUY L., BOUZINAC S.

Une démarche expérimentale d'élaboration de systèmes de production utilisables par les petits paysans, (Région du Cocais au Maranhao, Brésil)

CIRAD/IRAT, 1980/07, 48 p.

(4) SEGUY L., BOUZINAC S.

Mise au point de modèle d'exploitation en culture manuelle, utilisable par les petits producteurs de la région du Cocais (Maranhao, Nord-Est du Brésil)

Paris : IRAT 1981, 105 p., tabl. graph., photocopie

(5) SEGUY L., NOTTEGHEM J.L., GUIMATSA M., BOUZINAC S.

Influence du type de sol sur la résistance à la pyriculariose de 5 variétés de riz en culture pluviale

Symposium sur la résistance du riz à la pyriculariose, Montpellier, 1981/03/18-20

Montpellier : IRAT, 1981, 14 p.

(6) SEGUY L.

Rapport analytique : systèmes de production à base de riz pluvial, région du Cocais, Bacabal, Maranhao Nord-Est du Brésil, 1979-1980-1981. 1ère partie : agro-économie. 2ème partie : recherches thématiques

CIRAD-IRAT 1981, 1ère partie : 402 p., 2ème partie : 310 p.

(7) SEGUY L., MENDEZ SILVA J.J., BOUZINAC S.

La fixation de l'agriculture itinérante et la lutte contre les mauvaises herbes dans les systèmes de production manuels des petits agriculteurs de la région du Cocais, Maranhao, Nord-Est du Brésil, 1979-1981

EMAPA-IRAT, 1981, 99 p.

(8) BOUZINAC S., SEGUY L., GALDEZ J.H.O.

Fixation de la culture itinérante et maintien de la fertilité dans divers systèmes de culture manuels pratiqués par les petits agriculteurs de la région du Cocais-Maranhao. Nord-Est du Brésil 1979-1981

Sao Luis : EMAPA, Paris : IRAT, 1982, 82 p., bibli. 7 réf., tabl., graph.

- (9) SEGUY L.
Développement of upland rice production systems for small farmers in the northeastern Brasil
Réunion Internationale sur le riz pluvial, Bouaké, 1982/10/04-08
Goiânia : EMBRAPA, Paris : IRAT, 1982, 6 p. tabl.
- (10) SEGUY L.
Mise au point de modèles de systèmes de production en culture manuelle à base de riz pluvial utilisables par les petits producteurs de la région du Cocais au Maranhao, Nord-Est du Brésil, Etat du Maranhao
Agronomie Tropicale, 1982, vol.37, m.3, pp. 233-261, cartes, tabl., graph., bibl. 8 réf.
- (11) SEGUY L., SILVA J.L. RIBEIRO DA, BOUZINAC S.
L'amélioration variétale du riz pluvial dans les systèmes de production manuels pratiqués par les petits paysans de la région du Cocais au Maranhao Nord-Est du Brésil, 1979-1980
Sao Luis : EMAPA, 51 p., 19 réf.
- (12) SEGUY L.
Perfecting farming systems models for upland rice manual cultivation an overview of upland rice research, upland rice workshop, Bouaké, 1982
Los Banos : IRRI, 1984, pp. 545-548



1 Forêt secondaire à palmiers babaçus (7 ans)
Floresta secundária a Palmeiras babaçus (7 anos)



2 Nettoyage pour brûlis (7 jours/H/ha)
Broca derruba - (7 dias/H/ha)



3 Brûlis (2 jours/H/ha)
Queima (2 dias/H/ha)



4 Brûlis - reste : 100-150 babaçus/ha
Queima - sobra : 100-150 babaçus/ha



5 Sols extrêmement susceptibles à l'érosion
Solos extremamente sensíveis a erosão



6 Bien nettoyer le sol avant semis
Limpar bem a superfície do solo antes do plantio



7 Semis manuel au "sacho"
Plantio manual com sachô



8 Planter des cultures de rentes et renforcer la lutte contre l'érosion (ici ananas)
Plantar culturas lucrativas e reforçar a luta contra erosão (aqui abacaxi)



8A

- Plantation de poivre sur cordon antiérosii
- Plantio de pimenta do reino sobre cordao anti-erosivo



8B

- Replanter les "LAVAKAS" de banane + canne
- Replantar as voçorocas con banana + cana



8C

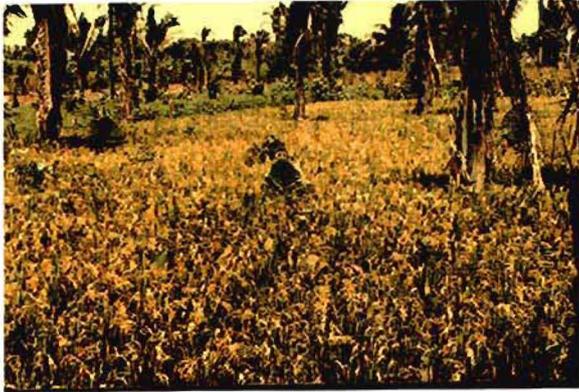
- Replanter les "LAVAKAS" de banane + canne Idem 8B
- Replantar as voçorocas con banana - cana Idem 8B.



9 Le système traditionnel = riz + maïs
A sistema tradicional = arroz + milho



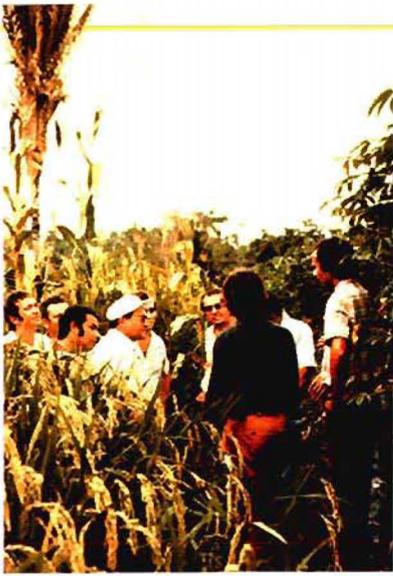
10 Riz en culture pure entre cordons anti-érosifs plantés de canne
arroz em cultura pura entre cordões anti-erosivos plantados de cana



11. Champs paysans riz culture pure avec variété améliorée - engrais
Roça de agricultor com arroz em cultura pura, variedade melhorada - adubo



12. Champs paysans riz culture pure avec variété améliorée - engrais Idem 11
Roça de agricultor com arroz em cultura pura, variedade melhorada - adubo Idem 11



13. Jour de démonstration au champ chez les agriculteurs
Dia de campo nas roças dos produtores



15. Jour de démonstration au champ chez les agriculteurs Idem 13
Dia de campo nas roças dos produtores Idem 13



14. Jour de démonstration au champ chez les agriculteurs Idem 13
Dia de campo nas roças dos produtores Idem 13



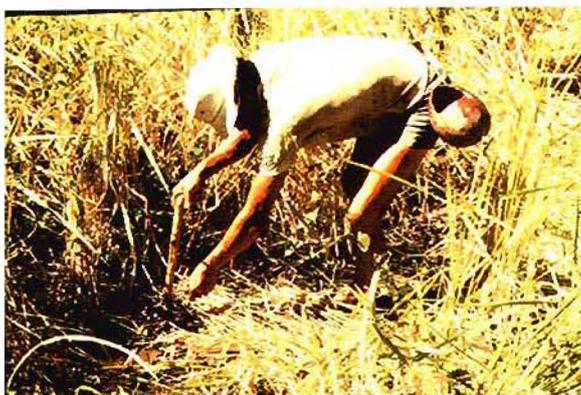
16. Récolte du riz (≈ 90 à 120 kg/h/jour)
Colheita dos arroz (≈ 90 à 120 kg/h/dia)



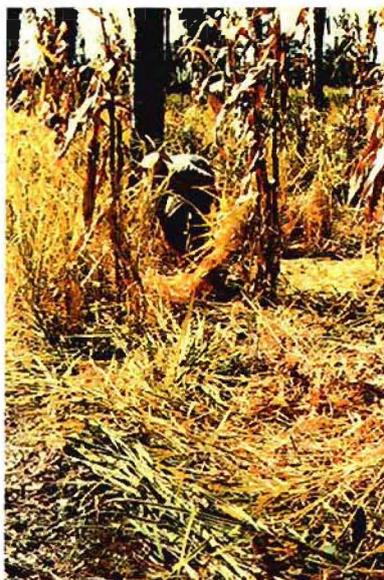
16b Variétés modernes (IRAT 101, IRAT 247) - 4000 à 5000 kg/ha
Variedades modernas (IRAT 101, IRAT 247) - 4000 à 5000 kg/ha



17. L'outil manuel de cueillette des panicules
A ferramenta manual para colheita das paniculas



18 Semis du Vigna dans les pailles de riz, en succession
Plantio do caupi, na palha do arroz, em sucessão



19 Fauche du riz après semis Vigna
Ceifa do arroz, após plantio do caupi



20 Fauche du riz après semis Vigna Idem 19
Ceifa do arroz após plantio do caupi Idem 19



21. Vue du système des cultures associées systématisées après semis du Vigna
(riz - manioc - maïs - Vigna)
Vista do sistema das culturas consorciadas sistematizadas após o plantio do caupi
(arroz - mandioca - milho - caupi)



22. Sortie du vigna dans les pailles de riz
saída do caupi sobre a palha do arroz

ANNEXE VII-II

**FIXATION DE L'AGRICULTURE MECANISEE
SUR LES FRONTIERES AGRICOLES DES CERRADOS
HUMIDES DU CENTRE-OUEST BRESILIEN
LUCAS DO RIO VERDE, FAZENDA PROGRESSO
MATO GROSSO, 1986-1992**

VII (2) Fixation de l'agriculture mécanisée sur les frontières agricoles des cerrados humides du Centre-Ouest brésilien. Lucas do Rio Verde, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1986-1992.

● **La demande** - initiée par l'EMBRAPA (recherche fédérale), CNPAF (Centre du riz et haricot) en 1983, pour la mise au point de systèmes de cultures stables, à base de riz pluvial, dans les cerrados du Centre-Ouest brésilien - entre 1983 et 1989, la coopération CIRAD-EMBRAPA (CNPAF) crée et diffuse de nombreuses technologies et systèmes dans tout le Centre-Ouest.

A partir de 1986, un propriétaire privé, M. MUNEFUME MATSUBARA, finance la recherche CIRAD sur la mise au point des systèmes de cultures dans les cerrados humides du Centre-Nord Mato Grosso.

A partir de 1992, le succès de l'opération a permis l'émergence de fortes coopératives, et la coopérative Cooperlucas reprend à sa charge le financement de la recherche CIRAD.

● **Ecosystème** Des savanes humides du Centre-Ouest ; pluviométrie annuelle comprise entre 2 000 et 3 000 mm, sur 7 ½ mois, particulièrement agressive ; sols ferrallitiques rouges-jaunes développés sur roche acide, très désaturés, carencés en Ca, mg, P₂O₅, K₂O et fortement acides (Al échangeable > 1,5 meq/100 g), très sensibles à l'érosion.

■ **Le diagnostic rapide initial** — 1 an

● **Objectifs** - Analyse simultanée { Milieu physique X systèmes de production existants
Expérimentations orientatives en milieu réel

● **Méthodologie** - Simultanément { Pédologie des unités de paysage, dynamique de surface, données pédologiques + climatologiques régionales
Enquêtes sur relations "unités de paysage X systèmes de production X types de public"
Expérimentation en vraie grandeur sur

Sur unités de paysage représentatives (toposéquences sur réseau Fazendas)

{ Systèmes de culture existants
Autres modes de gestion des sols et cultures
Collections matériel végétal
Inventaires parasitaires/culture/système
Tests herbicides/culture

■ **Principaux résultats**

→ **Enquêtes régionales** (réseau Fazendas)

→ Description précise des systèmes de production existants
→ Appropriation par la recherche

{ Calendriers
Temps travaux
Performances et limitations techniques, agronomiques, économiques.

- Identification des unités de paysage et toposéquences représentatives

Choix de la base physique d'intervention de la recherche en milieu réel
→ La Fazenda Progresso (1 000 ha cultivés en 1986, 1 800 ha cultivés en 1992)

→ **Recherches orientatives**

Les modes de gestion inadéquats et généralisés des sols et des cultures sont les principaux facteurs limitants de la production et les principaux responsables de la dégradation active du milieu physique en général, et du capital sol en particulier

↳ Les outils à disques (offsets lourds et légers) utilisés en conditions de sol trop souvent humides, provoquent simultanément : la formation d'une semelle entre 10 et 20 cm de profondeur et une destruction de la structure, avec pour conséquence :

- une forte érosion en nappe et ravines
- la prolifération des adventices
- une forte limitation au développement racinaire des cultures, les exposant aux risques climatiques (par excès et/ou défaut) et créant des conditions d'alimentation minérales défavorables

↳ Pratique continue de la monoculture de soja industrielle ("fatigue des sols")

↳ Forte réponse du riz pluvial et du soja - au travail profond du sol X rotation

↳ Forte réponse du riz pluvial à la fertilisation phosphatée sous forme thermophosphate (riche en silice)

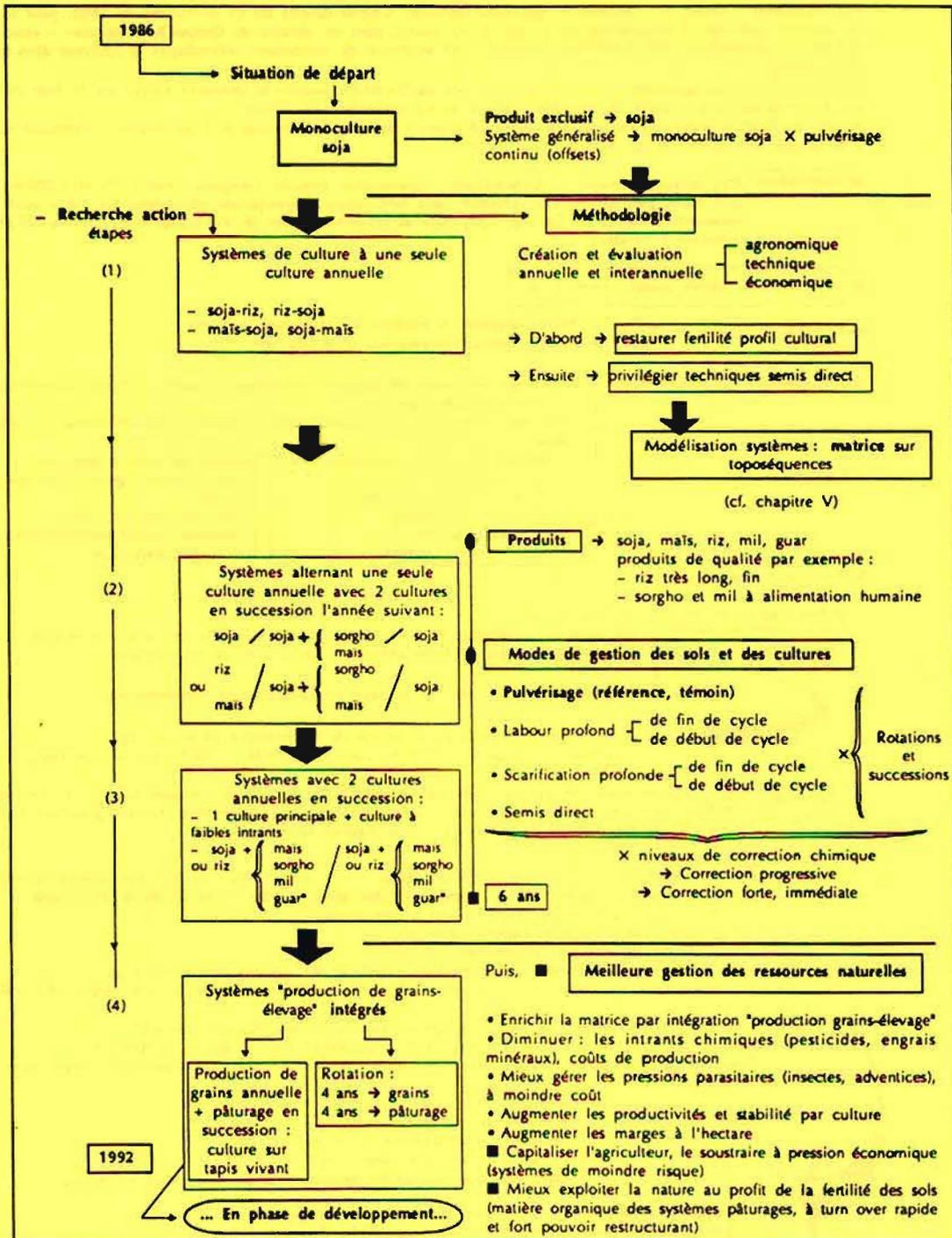
↳ Identification

{ Pressions parasitaires/culture
Matériel végétal prometteur (riz pluvial-maïs)
Matières actives herbicides/culture
Flore adventice X systèmes de culture X durée de mise en culture

{ Choix des toposéquences représentatives + type d'aménagement antiérosif
Choix des facteurs de production X niveaux d'identification

... **Au terme de ce diagnostic rapide** → Réunion des composantes hiérarchisées nécessaires au montage de l'unité de création-diffusion en milieu réel → Fazenda Progresso, Lucas do Rio Verde, Mato Grosso.

■ Les grandes étapes de la 'création-diffusion' de systèmes de culture en milieu réel et formation, 1986-1992.



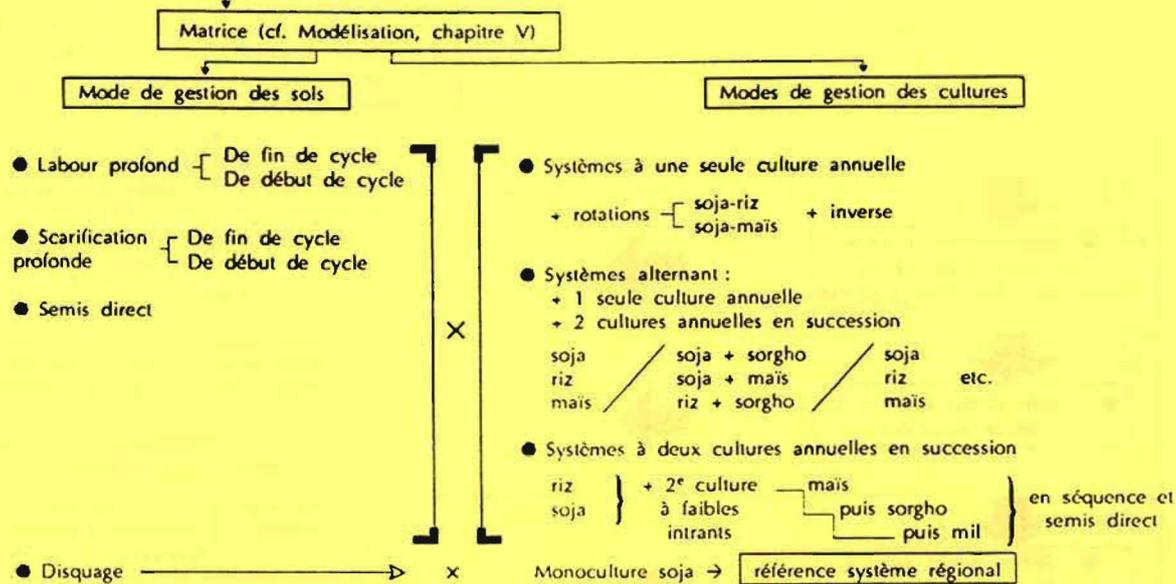
* Cultures plantées en semis direct et en séquence, dans l'ordre suivant :
 → maïs / sorgho / mil / guar /
 20/01... → 15/03

■ Première étape : restaurer la fertilité du profil cultural

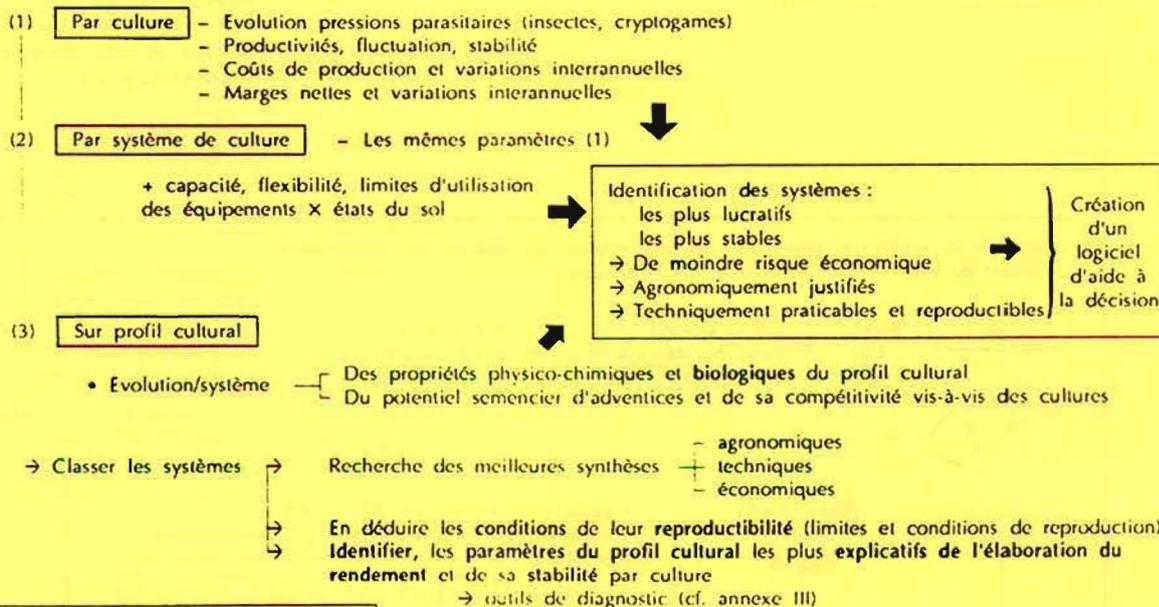
La recherche crée et évalue les innovations technologiques, avec et chez les agriculteurs, en conditions d'exploitation réelles.
 → Unité de création-diffusion-formation de la Fazenda Progresso : 45 ha en 1986 à 180 ha en 1992

En présence des mêmes niveaux d'intrants par culture : { niveaux de fertilisation minérale } Correction forte, rapide
 { Pesticides } Correction progressive, lente

Évaluer et comparer de nouveaux modes de gestion des sols et des cultures avec le système de référence régional, au cours du temps



→ Analyser, évaluer au cours du temps → 6 années successives, les bases scientifiques de la production végétale :



... Les résultats essentiels obtenus...

Le riz doit toujours être précédé d'un travail profond (sensible à macroporosité) - { Labour profond au fin de cycle / soc, scarification début de cycle

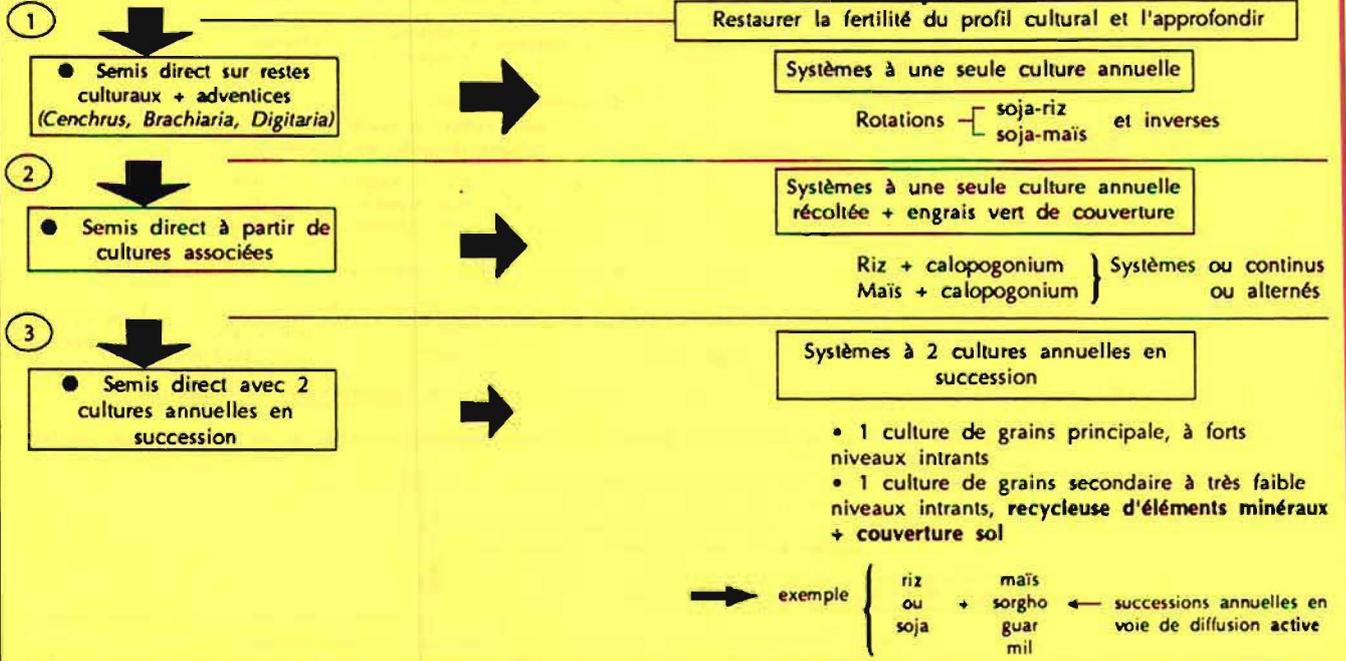
- Soja et maïs, après restauration fertilité du profil cultural, expriment leurs meilleures rendement avec semis direct
- Les rotations céréales-légumineuses sont de loin les plus productives, les plus lucratives et stables
- La fertilisation minérale doit être forte, faite en une seule fois (correction forte), à base de thermophosphate + gypse + Kcl (2 000 kg/ha + 600 kg + 200 kg/ha) pour 5 à 6 cultures successives ; associée à un travail profond (labour), lors de son incorporation, cette forte fumure permet :
 - d'approfondir le profil cultural et d'améliorer sa fertilité { sur 5-6 cultures successives / en 3 ans (cf. tableau 12)
 - d'exprimer le potentiel des espèces (cf. Performances)
 - des marges nettes lucratives et stables nettement supérieures aux systèmes traditionnelles (cf. Performances + tabl. 9, 12, fig.10)

Deuxième étape : après une restauration lucrative de la fertilité du profil cultural, privilégier les systèmes de culture qui utilisent le semis direct, meilleur mode de gestion du sol.

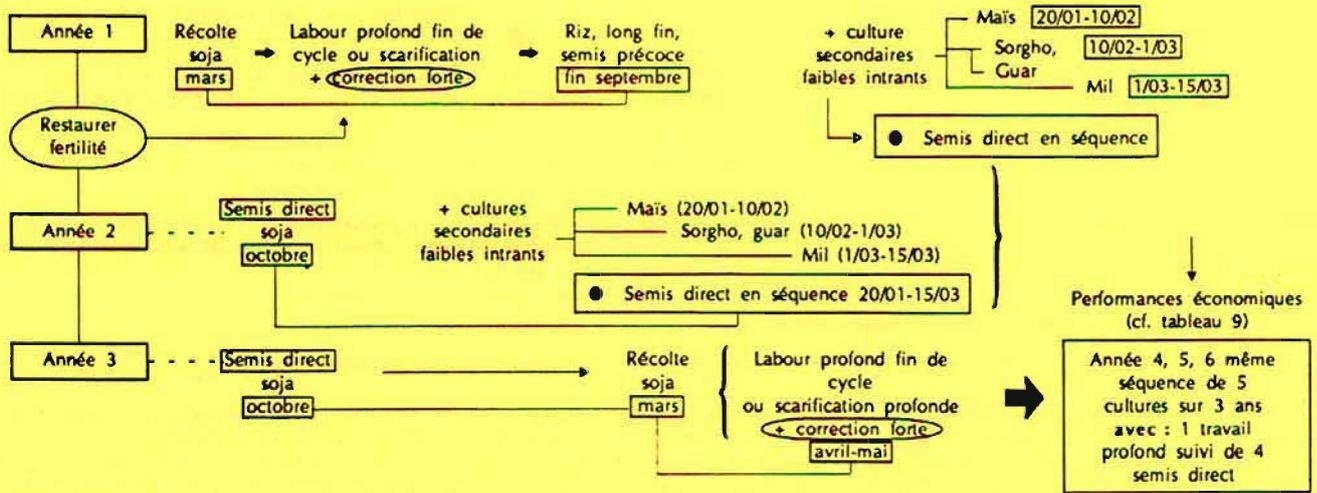
Etapas de la mise au point des techniques de semis direct comparées aux autres modes de gestion des sols et cultures
1986-92

Préalables à leur installation

- Décompacter le profil cultural (travail profond)
- Correction forte au thermophosphate + gypse + Kcl
- Redistribuer en profondeur
 - bases : Ca, mg, K, S, NH₄
 - NO₃, PO₄
 - matière organique et vie biologique
- Utiliser systématiquement les rotations de culture
- Eliminer les adventices pérennes et annuelles les plus compétitives



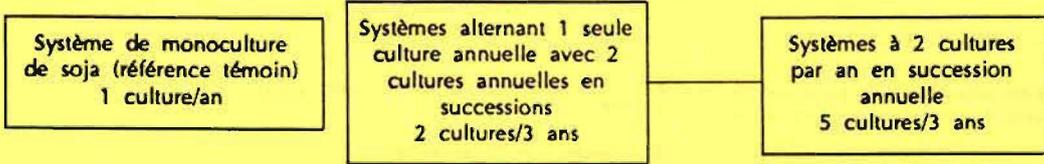
... Exemple de système et assolements en cours d'adoption active par les producteurs... Partant du système de "monoculture soja X disquages", donc de sols compactés, à forte pression adventices...



Attention : produits riz, sorgho, mil d'excellente qualité.

■ Performance agronomiques, techniques et économiques des systèmes de cultures créés et diffusés, par rapport au système de monoculture de soja conduit avec offset continu (référence régionale) – après 6 ans.

1 Agronomiques



- Gaspillage de production important, par sous-valorisation du potentiel pédoclimatique disponible
- Productivité limitée sur sols "fatigués"
 - entre 1 800 et 2 400 kg/ha (Figures 1 à 6)
- Erosion capital sol, forte
- Perte rapide matière organique stable
- Pression adventices très forte
- Augmentation rapide pression parasitaire :
 - insectes
 - maladies cryptogamiques
 - nématodes dont genre *meloidogyne* → puis *Heterodera*

- Productivités maîtrisées et reproductibles en grande culture :
 - soja = 3 600 à 4 300 kg/ha
 - riz = 4 000 à 5 600 kg/ha Cultures principales (Figures 1 à 6)
 - qualité supérieure long fin
 - sur les cultures secondaires en succession annuelle, à faire niveau d'intrants :
 - maïs, sorgho, mil = 1 200 à 3 000 kg/ha
- Excellente couverture du sol
- Contrôle total de l'érosion, surtout avec systèmes à 2 cultures par an
- Contrôle des adventices facilité (herbicides + allélopathies cultures secondaires en succession → sorgho), contrôle facilité de la pression parasitaire (insectes, nématodes)
- Fort recyclage d'éléments minéraux (de la profondeur vers la surface) surtout avec systèmes à 2 cultures annuelles en succession (cf. tableau ?) (maïs, sorgho, mil, guar → profondeur enracinement +/- 1,80 m à 2,20 m)
 - D'où réduction importante :
 - └ Pertes éléments minéraux par lixiviation (tableau 12)
 - └ Processus acidification du profil
 - └ Emploi engrais minéraux
- Développement d'un intense vie biologique dans le profil cultural : - annélides, arthropodes, bactéries, larves de coléoptères, vers de terre - (les vers blancs de coléoptères creusent plus de 16-20 galeries/m², après 4-5 ans de semis direct et redistribuent la matière organique en profondeur, tableau 12)

2 Techniques

- Limitation du temps de travail des équipements
 - Période travail du sol : 60-80 jours dont 30 à 50 utiles
 - Période de récolte : 60-80 jours dont 40-60 utiles
- Faible capacité offset en sol humide (H > capacité au champ) avec gâchage important du sol
- Faible flexibilité en sol humide : 72 heures sont nécessaires pour travailler après une pluie de 80 mm

- Augmentation de 60 à 80 % de la capacité des équipements :
 - Travail du sol : 100 à 130 jours dont 70-80 utiles
 - Récoltes : 100 à 110 jours utiles
- Excellente flexibilité d'utilisation, en toutes conditions, même en sol humide, surtout avec la technique de semis direct → le semis peut commencer 15 à 20 heures après une pluie de 80 mm
- Durabilité des tracteurs, accrue (semis direct privilégié)
- Economie de combustible de 40 à 60 % (cf. tableaux 13 et 14)

3 Economiques

Fortes sensibilités économiques

Marges nettes faibles, rapidement négatives avec monoculture continue (cf. figures 7 et 10)

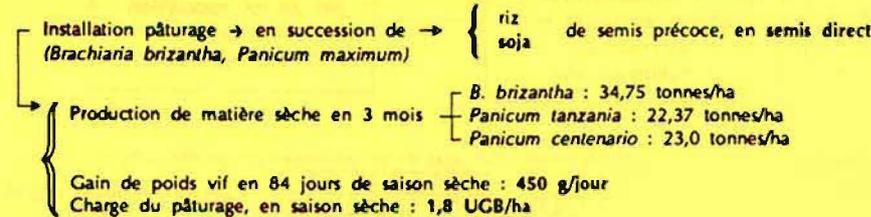
Basse expression du potentiel productif disponible

- Excellente stabilité économique, même dans la conjoncture économique actuelle, difficile (figure 10)
- Marges nettes attractives ; les meilleurs assolements (optimisés) conduisent à des marges nettes comprises entre :
 - 1 minimum de 150 US\$/ha
 - 1 maximum de 450 US\$/ha
 } Fig. 7, 8, 10, tab. 9
- Meilleure utilisation du potentiel productif disponible (optimisation permanente des relations : technologies X offre pédoclimatique)

■ ... Premiers résultats des systèmes agriculture-élevage

- 2 voies complémentaires — Rotations tri-quadiennale "production de grains-élevage" (1)
Succession annuelle - production de grains + pâturage en succession → culture sur tapis vivant (2)

● Voie (1) (rotation quadriennale)



● Voie (2) (tapis vivant)

→ Productivité soja sur tapis vivant de *Paspalum notatum* : 2 700 kg/ha + pâturage en succession

■ Diffusion des technologies et adoption par les producteurs



- Principaux résultats
- Diffusion et adoption actives, des technologies de 1986 à 1992 : plusieurs centaines de milliers d'hectares utilisent la technologie diffusées dans le Centre-Ouest Brésil (SÉGUY L. *et al.*, 1990-1991, 16 et 17).
 - Sur toutes les cultures, les itinéraires techniques adoptés procurent, par rapport aux itinéraires traditionnels, des augmentations de productions qui vont, aussi bien en 1989-90, qu'en 1990-91, de 60 à plus de 100 % pour les produits soja riz pluvial (tableaux 10 et 11).
 - Ces résultats relatifs à la productivité des produits riz et soja sont conformes à ceux obtenus par la recherche sur l'unité de création-diffusion, confirmant la fiabilité de la démarche de recherche utilisée pour le développement (SÉGUY *et al.*, 1990-91, 16 et 17).
 - Cinq nouveaux constructeurs de charrues à socs sont apparus sur le marché depuis le début de la diffusion des technologies de travail profond pour restaurer la fertilité du profil cultural (SÉGUY *et al.*, 1990, 16).
 - A partir de 1989-90, lancement et adoption de la variété de riz IRAT 216 (Rio Verde au Brésil), qui ouvre une nouvelle ère pour la culture du riz pluvial, qui devient un produit noble, de qualité, partenaire à la hauteur pour le soja ; cette variété couvre plus de 60 000 ha dans l'Etat du Mato Grosso en 1991 (SÉGUY *et al.*, 1991 et 1992, 23 et 24).
 - De nouveaux cultivars, très productifs à qualité de graine exceptionnelle vont assurer la relève de IRAT 216 (SÉGUY *et al.*, 1992, 23 et 24).
 - Début de diffusion des technologies de semis direct.
 - Large diffusion de la méthode de création-diffusion et de ses produits, en Afrique (Côte-d'Ivoire, Mali), Madagascar, île de la Réunion, Asie (Vietnam).

Tableau 9. Performances agro-économiques de la meilleure séquence "systèmes de culture", proposée à la diffusion en 1992, de 6 cultures sur 3 ans : riz + sorgho, soja + sorgho, soja + sorgho, en présence de deux niveaux de correction de la fertilité des sols et deux hypothèses de prix, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1992.

Systèmes de culture sur 3 ans	Culture	Niveau fort de correction du profil cultural*				Niveau de correction progressif*			
		Productivité (kg/ha)	Coûts de production (US\$/ha)	Marges brutes (US\$/ha)**		Productivité (kg/ha)	Coûts de production (US\$/ha)	Marges brutes (US\$/ha)**	
				Prix réels	Prix simulés			Prix réels	Prix simulés
Année 1									
Riz + sorgho	Riz	4 800	675,5	237	397	2 700	371	79	169
	Sorgho	2 100	77,0	45	102	900	75	- 22	0
Total			752,5	282	499		446	57	169
Année 2									
Soja + sorgho	Soja	3 900	415	170	235	2 400	344	16	56
	Sorgho	1 800	75	30	75	1 200	75	- 5	25
Total			490	200	310		419	11	81
Année 3									
Soja	Soja	3 600	458	82	142	3 000	403	47	97
	Sorgho	1 800	75	30	75	1 500	75	12	51
Total			533	112	217		478	59	148

* Correction forte :

2 000 kg thermophosphate + 600 kg gypse + 200 kg Kcl/ha, amortie sur 3 ans ; 60 N couverture sur riz année 1, 60 K sur soja années 2 et 3.

Correction progressive : 2 000 kg/ha calcaire dolomitique + 30 N + 50 P + 50 K/ha soluble localisée sous la ligne de semis → année 1 ; sur soja années 2 et 3, 0 N-50 P + 50 K localisée sous la ligne de semis → années 2 et 3.

** Prix réels → riz (long fin) : 10 US\$/sac 60 kg ; soja : 9 US\$/60 kg ; sorgho : 3,5 US\$/sac 60 kg.

Prix simulés → riz (long fin) : 12 US\$/sac 60 kg ; soja : 10 US\$/sac 60 kg ; sorgho : 5 US\$/sac 60 kg.

Tableau 10. Performances des technologies adoptées par les producteurs dans les "municipios" de Sorriso (Mato Grosso), Agua Boa (Mato Grosso), Paracatu (Mato Grosso), Maracaju (Mato Grosso) : 42 664 hectares, 116 producteurs, Centre-Ouest brésilien - 1989-90.

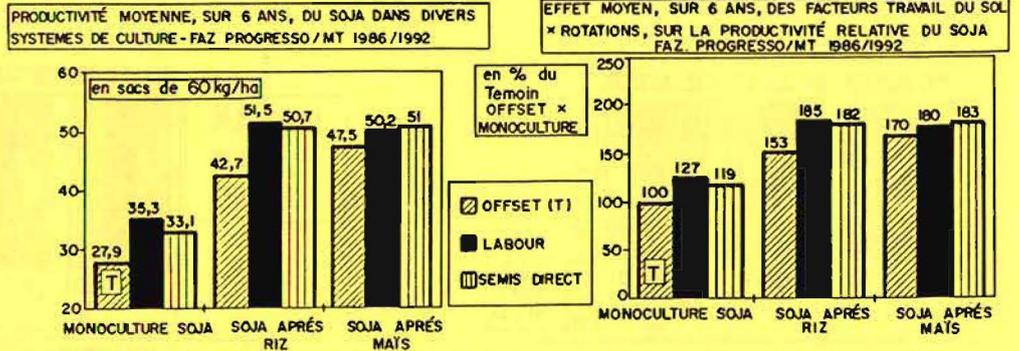
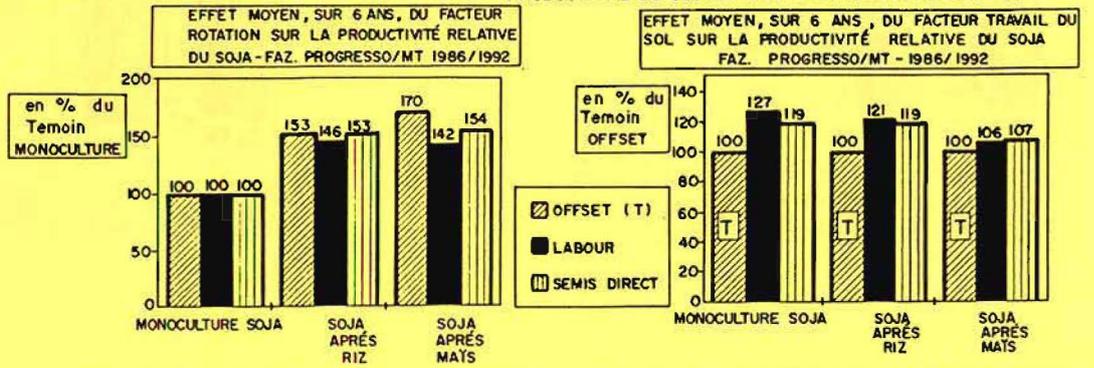
Modes de gestion des sols et des cultures	Soja (32 531 ha)			Riz pluvial (7 121 ha)			Maïs (3 012 ha)		
	Surface (%)	Productivité (kg/ha)			Surface (%)	Productivité (kg/ha)		Surface (%)	Productivité (kg/ha)
		CR	D	A*		Variétés anciennes	Variétés nouvelles		
Travail profond × tous précédents	46,5	2 551	2 283	2 641	14,6	2 100	2 145	81	4 656
Offset × défriche	7,4	1 650	1 476	1 560	67,0	1 704	1 428	-	-
Travail profond × rotation légume-céréale	19,0	2 625	2 347	3 673	10,8	2 100	2 512	-	-
Monoculture × 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.

Tableau 11. Performances des technologies adoptées par les producteurs dans les "municipios" de Sorriso (Mato Grosso), Agua boa (Mato Grosso), Paracatu (Mato Grosso) : 17 123 hectares, 57 producteurs - 1990-91.

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

➔ 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



- (1) AVEC NIVEAU DE FERTILISATION PROGRESSIVE = 400kg/ha 02-20-20 • Sous la ligne de semis • correction calcaire dolomitique (2 d 31/ha) Tous les 3 ans
- SOURCE : CIRAD - CA (L. Seguy, S. Bouzinoc.)

FIG. 1 EFFET MOYEN, SUR 6 ANS, DU FACTEUR ROTATION SUR LES PRODUCTIVITES RELATIVES DU SOJA - FAZ.PROGRESSO/MT 1986/1992

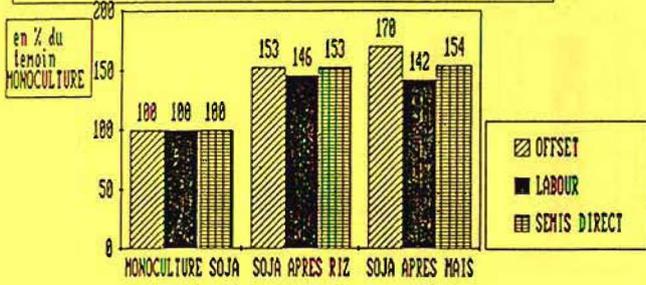


FIG. 2 EFFET MOYEN, SUR 6 ANS, DU FACTEUR TRAVAIL DU SOL SUR LA PRODUCTIVITE DU SOJA - FAZENDA PROGRESSO/MT 1986/1992

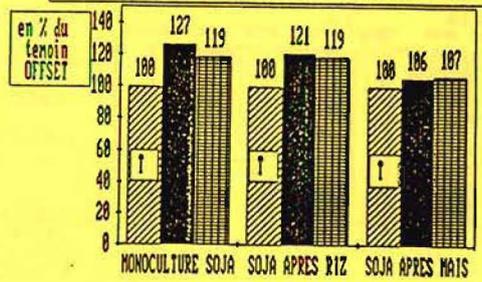


FIG. 3 PRODUCTIVITE MOYENNE DU SOJA, SUR 6 ANS, DANS DIVERS SYSTEMES DE CULTURES - FAZENDA PROGRESSO - SORRISO (MT) - 1986/1992

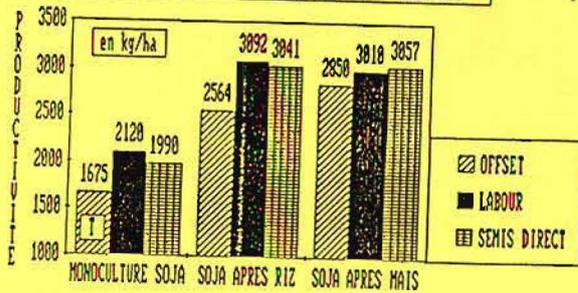


FIG. 4 EFFET MOYEN, SUR 6 ANS, DES FACTEURS TRAVAIL DU SOL x ROTATIONS SUR LA PRODUCTIVITE DU SOJA - FAZ.PROGRESSO/MT 1986/1992

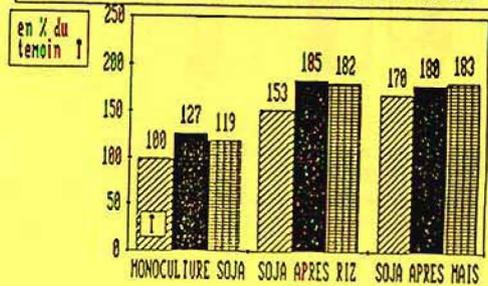


FIG. 45 PRODUCTIVITE MOYENNE DU SOJA DANS DIVERSES SUCCESSIONS ANNUELLES EN PRESENCE DE 2 MODES DE TRAVAIL DU SOL ET UNE FORTE CORRECTION PHOSPHATEE (1500 kg/ha/2 ans, VOORIN) - FAZENDA PROGRESSO - 1989/90 et 1991/92

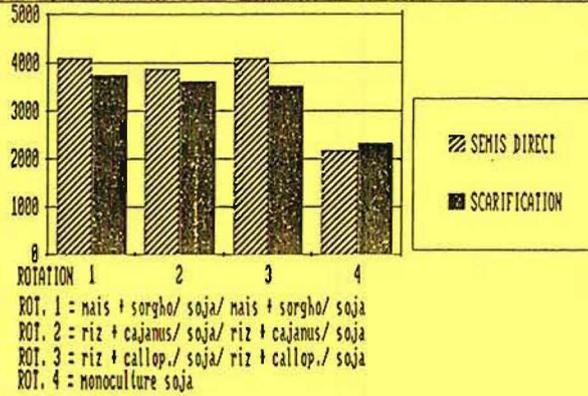


FIG. 6-A PRODUCTIVITE MOYENNE (5 ANS) DU RIZ PLUVIAL EN ROTATION AVEC SOJA SUR DIVERS MODES DE TRAVAIL DU SOL - FAZENDA PROGRESSO - SORRISO/MT - 1986/91



FIG. 6-B PRODUCTIVITE MOYENNE, SUR 6 ANS DU MAIS EN ROTATION AVEC SOJA SUR 3 MODES DE TRAVAIL DU SOL - FAZENDA PROGRESSO - SORRISO/MT - 1986/92

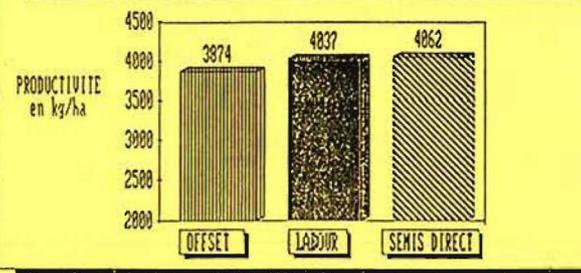


Fig. 7

Evolution des rendements de soja et performances économiques - FAZ. PROGRESSO - 1986/91 - MT

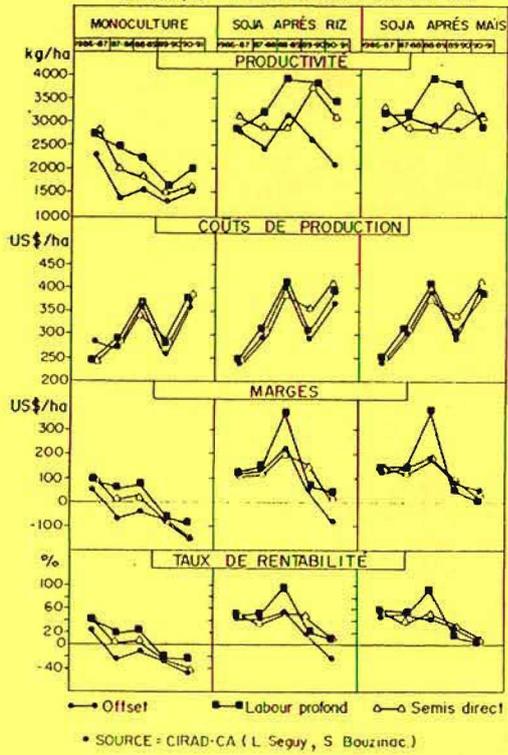
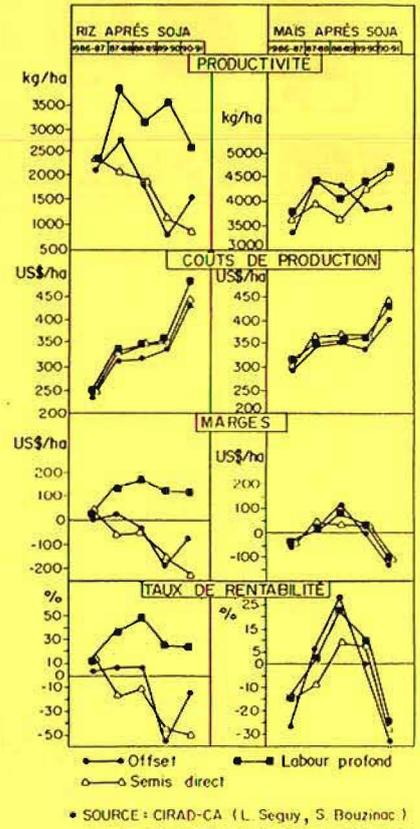
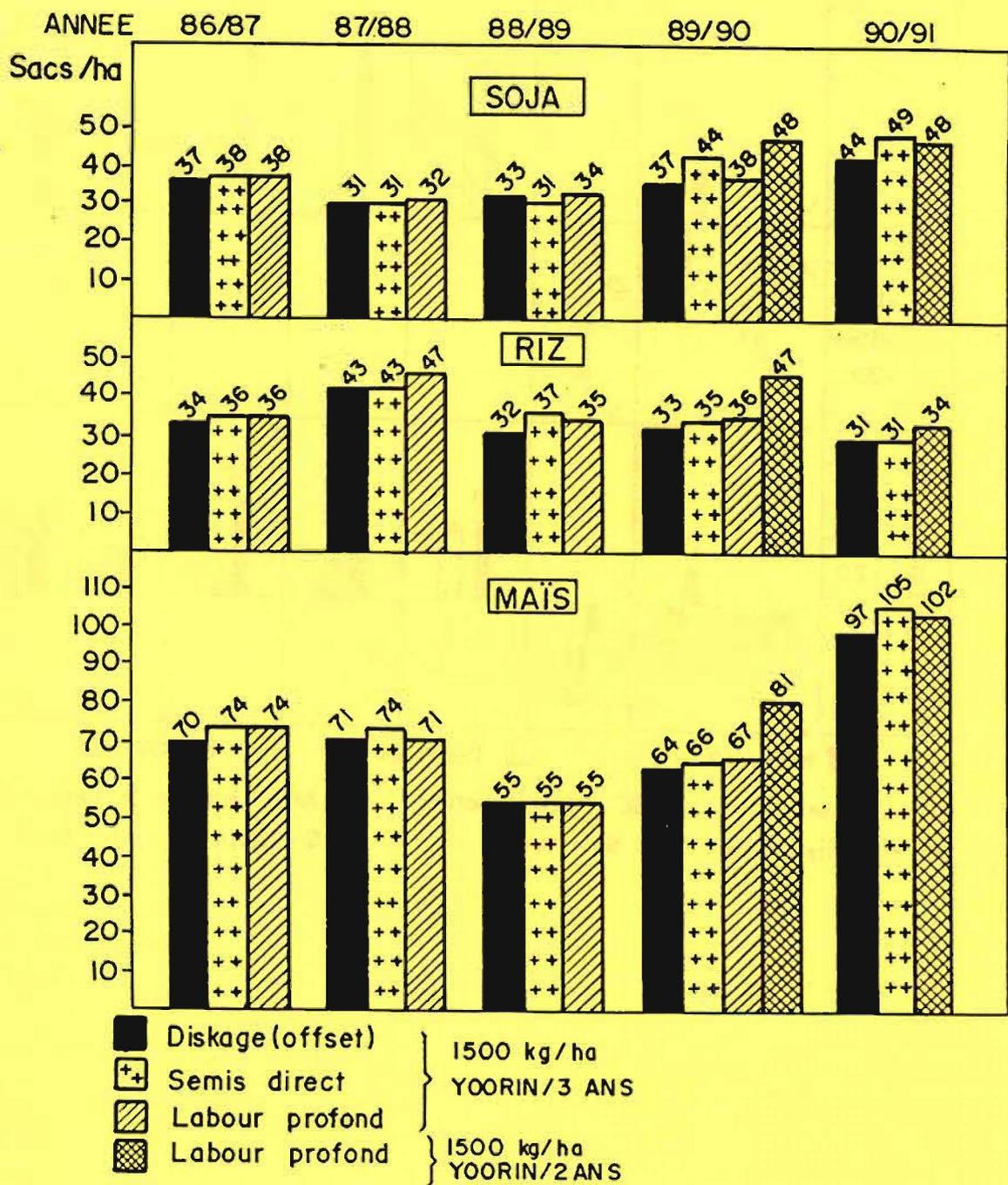


Fig. 8

Evolution des rendements de riz et maïs et performances économiques - FAZ. PROGRESSO - 1986/91 - MT



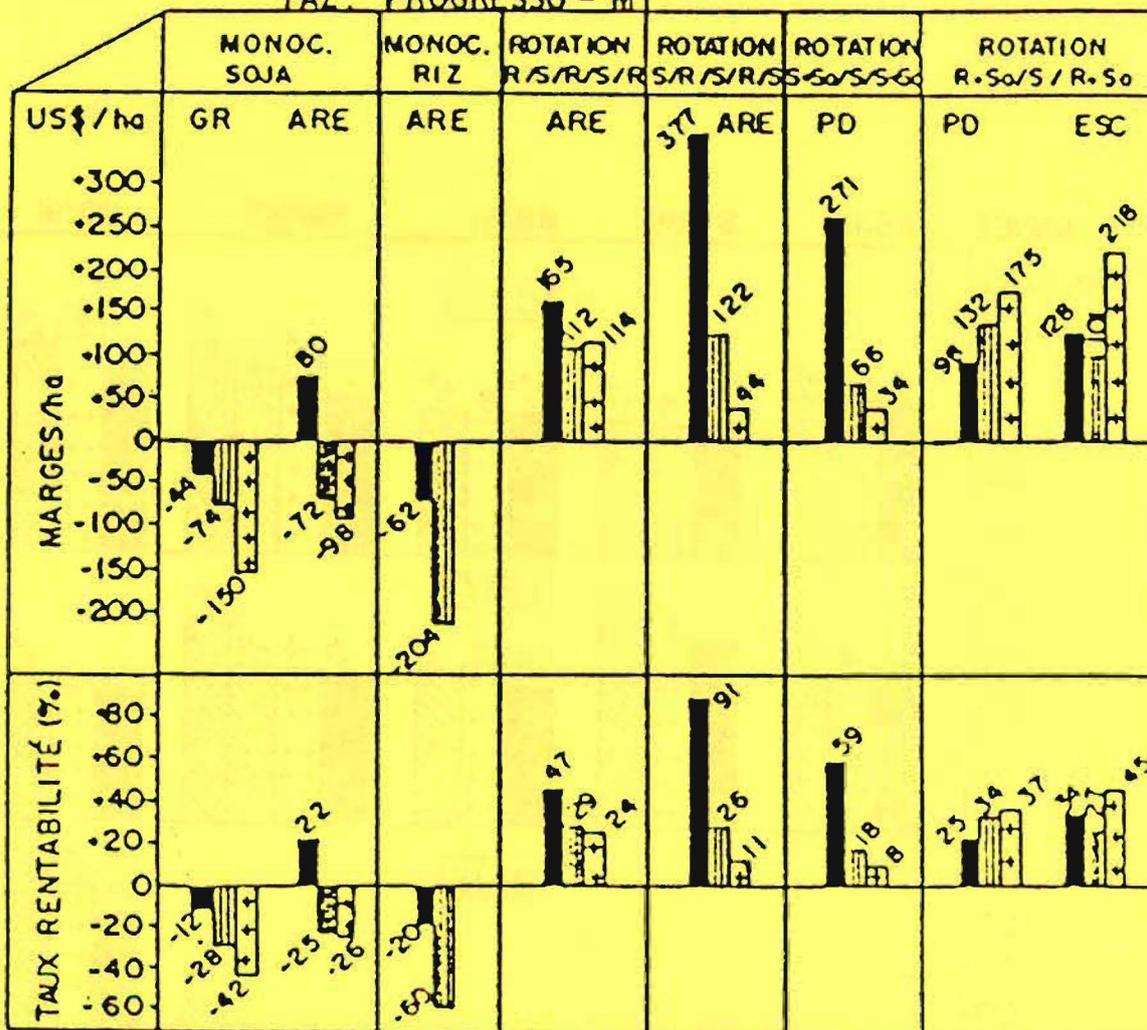


Evolution des couts de production - 1986/91

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

Fig. 10 Performances économiques des meilleurs systèmes de cultures comparées à celles des monocultures de soya et riz - 1988/91

FAZ. PROGRESSO - MT



■ 1988/89

▨ 1989/90

□ 1990/91

GR - Ollset

ESC - Scarification

ARE - Labour profond au soc

PD - Semis direct

So - Sorgho

S - Soja

R - Riz

Tableau 12. Analyses chimiques du profil cultural en fonction des divers modes de gestion du sol et des cultures, après 5 ans d'application des traitements.

Modes de gestion des sols et des cultures	Echantillon (cm)	pH		M.O. (%)	Meq/100 ml					V (%)	P _{0,05} **
		CaCl ₂	Eau		Ca	mg	Al	K	CTC		
Monoculture soja X disques (T) (témoin - référence régionale)	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	3,3
Monoculture soja X labour profond	0-10	4,5	5,1	1,1	2,7	0,9	0,1	0,17	9,0	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	6,3
Rotation soja-maïs X labour profond	0-10	5,1	5,7	1,5	1,9	0,5	0,1	0,15	5,3	47,6	9,6
	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	6,0
Système alternant 1 seule culture avec 2 cultures en succession	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	1,0	0,1	0,17	6,8	58,6	10,0
	20-30	5,2	5,8	2,0	1,8	0,9	0,1	0,12	4,8	58,5	7,6
Rotation soja-riz X labour profond	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	1,8	2,8	0,9	0,1	0,10	8,5	44,7	4,0
	20-30	5,0	5,6	1,2	2,5	0,7	0,1	0,10	6,1	53,9	7,8
Système soja-maïs X 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	4,6	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	4,2

* Plus de 20 galeries de 2-3 cm de diamètre, verticales sur 1,20 m de profondeur par m²

→ creusées par larves de coléoptères (vers blancs).

** Méthode Mehlich (double acide).

Source : Fazenda Progresso, Lucas do Rio Verde, 1991, L. SÉGUY, S. BOUZINAC.

Laboratoire : Lagro Campinas.

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	Herbicide	(1) 0,6 ou (2)1,2
2 pulvérisages	1,2	labour	2,2	1 scarification	1,0		
		1 pulvérisage	0,6	1 pulvérisage	0,6		
Semis	0,6	Semis	0,6	Semis	0,6	Semis	0,8
Total	3,6	Total	4,3	Total	3,1	Total	1,4 ou 2,0

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

(1) Une seule application de pré-semis.

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

TEMPS DE TRAVAUX PAR HECTARE (H/HA) ET COÛTS (U.S.\$/HA) DES OPÉRATIONS DE PRÉPARATION DES SOLS ET SEMIS - MT - 1989

1. PRÉPARATION DU SOL EN FONCTION DES CONDITIONS D'UMIDITÉ				
Outill	Proche de la capacité au champ		Sol très humide > capacité au champ (*)	
	Temps (h/ha)	US\$/ha	heures/ha	US\$/ha
Rome Plow (offset lourd)	0,9	10,7	1,4	16,6
Pulvériseur léger	0,6	7,4	0,9	11,1
Charrue trisoc (labour)	2,2	17,3	2,6	20,4
Chisel (scarification)	1,0	9,0	-	-

(*) Humidité à la capacité au champ = 48 heures après la dernière pluie, en sol déjà humide.

SEMIS DES DIFFÉRENTES CULTURES AVEC OU SANS ENGRAIS INCORPORÉ À LA LIGNE					
		Semoir sans engrais (1)		Semoir avec engrais (2)	
		Temps/ha	Coût (U.S.\$/ha)	Temps/ha	Coût (U.S.\$/ha)
■ Semis conventionnel	Soja (SLC)	0,6	10,25	1,0	17,08
	Maïs (Turbomax)	0,6	10,21	1,0	17,02
	Riz (Pack)	0,6	7,34	1,0	12,25
■ Semis direct	Riz-Soja-Maïs (Semeato PS 6)	0,8	11,96	1,0	14,9

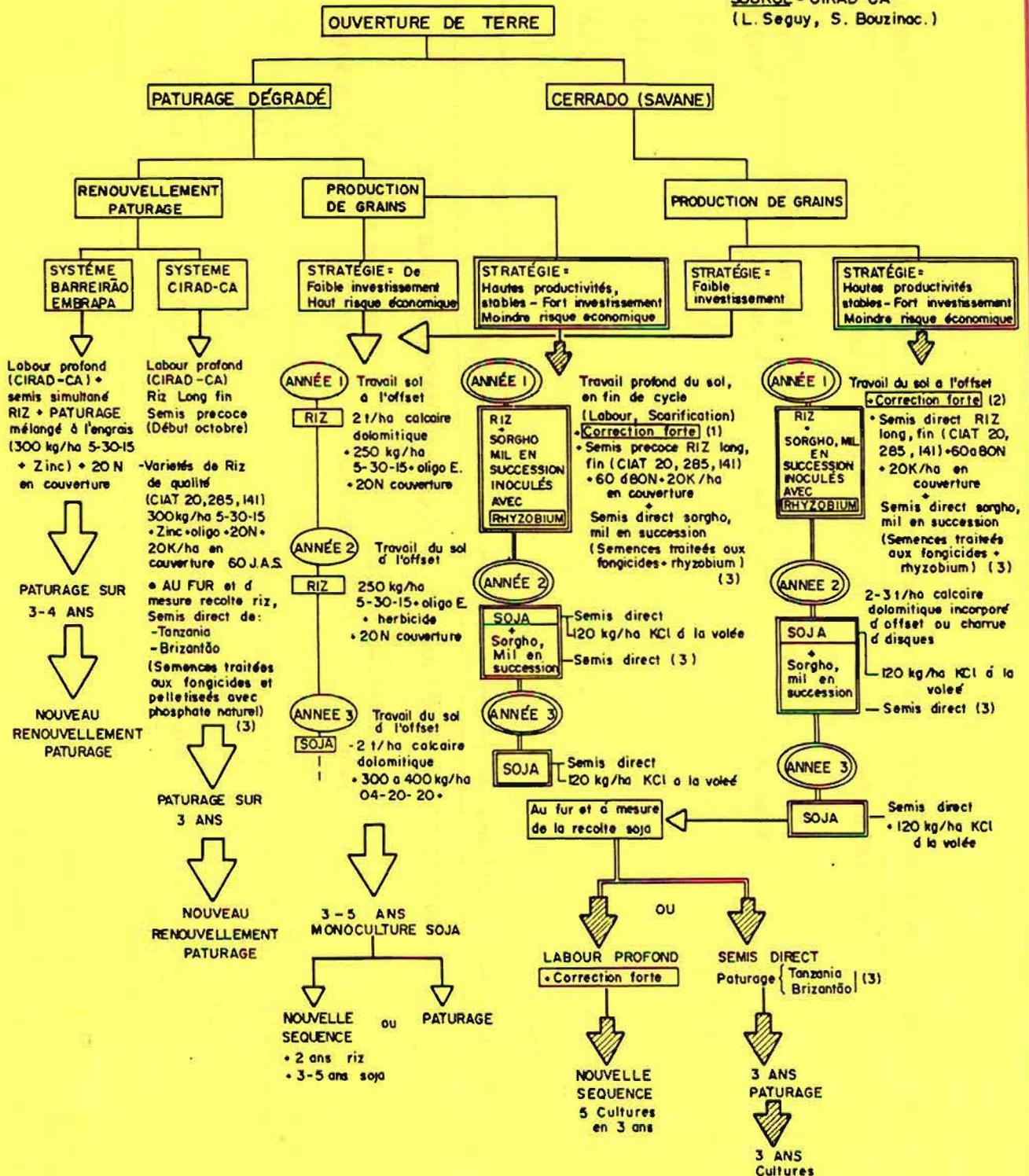
Source = Cirad-Ca - Fazenda Progresso (L. Seguy - S. Bouzinac) -

(1) Fumure correctrice

(2) Fumure progressive sur la ligne



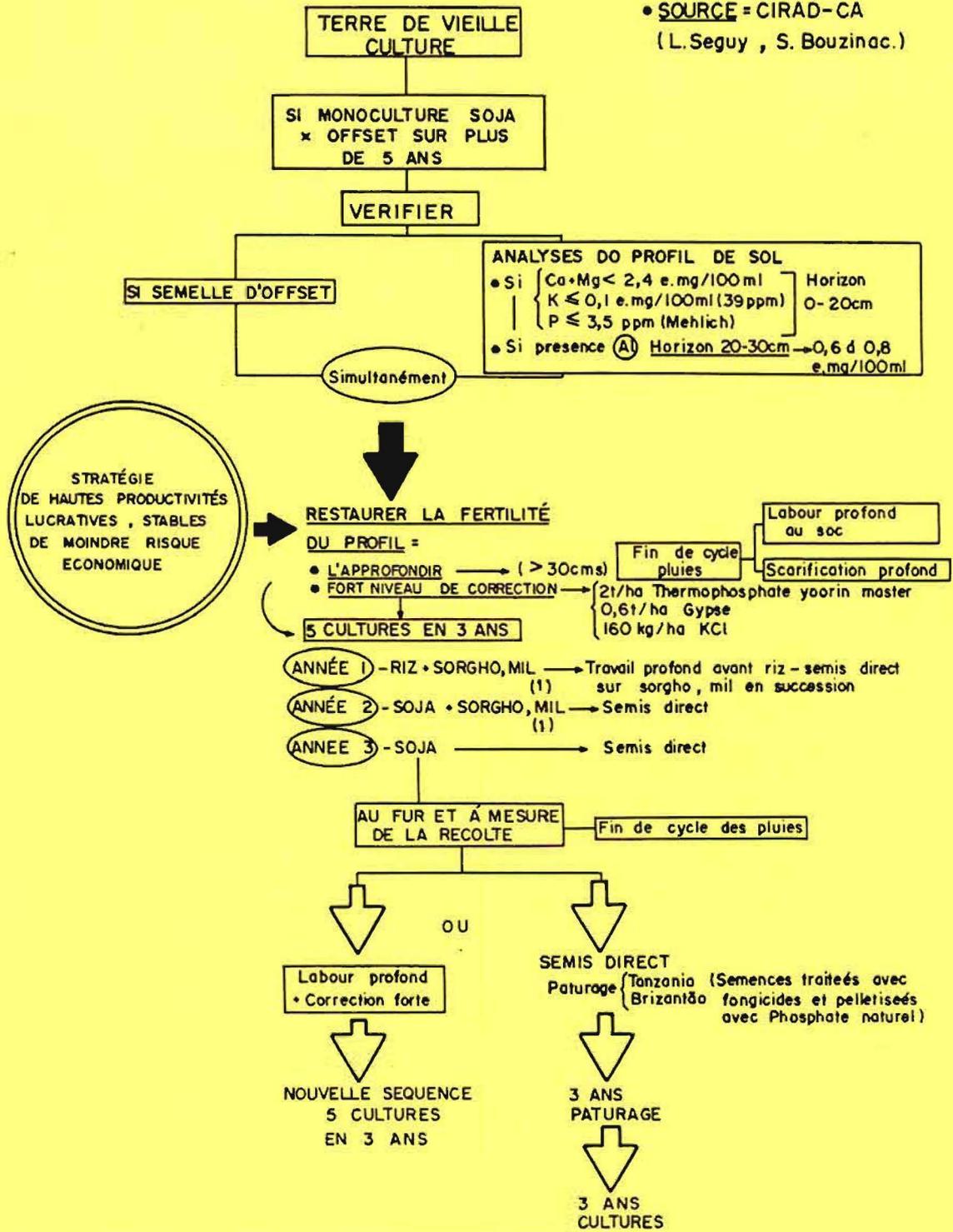
SOURCE = CIRAD-CA
(L. Seguy, S. Bouzinac.)



(1) 4-5 t/ha Calcaire dolomitique + 2 t/ha Thermophosphate yoorin master + 0,6 t/ha Gypse + 120 kg/ha KCl
 (2) 2 t/ha Calcaire dolomitique + 2 t/ha Thermophosphate yoorin master + 0,6 t/ha Gypse + 120 kg/ha KCl
 (3) Semences traitées avec Tecto + Vitavax + Thiram et pelletisées avec phosphate naturel

SYNTHESE → **LES CHEMINS TECHNOLOGIQUES EN TERRE DE VIEILLE**
 - REGION CENTRE NORD MATO GROSSO **CULTURE - 1993**

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



(1) Semences traitées aux fongicides = Tecto + Vitavax + Thiram

... POUR EN SAVOIR PLUS ...

(13) SEGUY L., BOUZINAC S.

Rapport de synthèse 1983-1988 sur la mise au point des systèmes de cultures à base de riz pluvial dans le Brésil central

Goiania : CIRAD-IRAT, Mission IRAT Brésil, 1988, 64 p.

(14) SEGUY L., BOUZINAC S., PACHECO A., CARPANEDO V., DA SILVA V.

Perspectiva de fixacao da agricultura na regio Centro-Norte do Mato Grosso
Caso da Fazenda Progresso - Sorriso/MT

Cuiaba : EMAPA, 1988, 52 p.

(15) SEGUY L., BOUZINAC S., MOREIRA J.A.A., DE RAISSAC M.,
KLUTHCOUSKI J.

Influence of soil management patterns on maintenance of fertility in the Brazilian Central Plateau

International symposium on rice production on acid soils of the tropics

Kandy, 1989/06/26-30

Goiania : CNPAF - EMBRAPA, 1989, 12 p.

(16) SEGUY L., 1989-90

Première évaluation de l'adoption par les agriculteurs du centre-ouest brésilien des technologies mises au point par la recherche franco-brésilienne

Doc IRAT, 55 p.

(17) SEGUY L., 1990-91

Evaluation de l'adoption par les agriculteurs du centre-ouest brésilien des techniques mises au point par la recherche franco-brésilienne - seconde phase -

Doc IRAT, 118 p.

(18) SEGUY L., BOUZINAC S., PACHECO A.

Un test simple pour évaluer la cinétique et la profondeur de l'enracinement du riz pluvial à l'usage des agronomes et des sélectionneurs

Montpellier : CIRAD-IRAT, DCV Programme Riz, 1989, 10 p.

(19) SEGUY L., BOUZINAC S., PACHECO A.

Une nouvelle technologie très lucrative et de moindre risque, adaptée aux cerrados humides du Mato Grosso : la succession annuelle soja de cycle court suivi de sorgho, semé par avion un mois avant la récolte de soja ou en semis direct au fur et à mesure de la récolte du soja

CIRAD-IRAT, 1989, 11 p.

(20) SEGUY L., BOUZINAC S., PACHECO A.

Les principaux facteurs qui conditionnent la productivité du riz pluvial et sa sensibilité à la pyriculariose sur sols rouges ferrallitiques d'altitude

Goiania, Centre-Ouest brésilien

Montpellier : CIRAD-IRAT, 1989, 41 p.

- (21) SEGUY L., BOUZINAC S., PACHECO A., KLUTCHCOUSKI J.
Des modes de gestion mécanisés des sols et des cultures aux techniques de gestion en semis direct, sans travail du sol, appliqués aux cerrados du Centre-Ouest brésilien
Goiania : CIRAD-IRAT-CNPAF, 1989, 165 p.
- (22) SEGUY L., BOUZINAC S.
La recherche appliquée au service du développement régional - Brésil - 1990
Document I - p. 6-70, rapport interne CIRAD-CA
- (23) SEGUY L. et al.
Gestion des sols et des cultures dans les zones de frontières agricoles des cerrados humides du centre-ouest - Brésil - 1991
P. 107, doc. interne CIRAD-CA
- (24) SEGUY L. et al.
Gestion des sols et des cultures dans les zones de frontières agricoles des cerrados humides du centre-ouest brésilien
Tome I et II (P. 65, P. 34), 1992
- (25) SEGUY L., BOUZINAC S., PIERI C.
An approach to the development of sustainable. Farming systems ; in : evaluation for sustainable land management in the developing world. Technical papers.
ISBRAM Proceedings n° 12, vol. II, Bangkok, Thailand 1991

(26) DIFFUSION DANS LES MEDIAS :

Revue brésilienne :

- Mensuel "guia rural" juillet 1989, p. 48152 "O buraco e mais en baixo" sur préparation du sol"

Journaux brésiliens :

- Divers articles dans le "suplemento agricola du jornal "O popular" de Goiania, le plus vendu dans le Goias :
 - . 23 mars 1988 - "Vida nova para o solo : aração" (sur le labour)
 - . 7 juin 1989 - "Pasto ruim" : arroz nele" (sur récupération paturages)
 - . Juillet 1989 - "O sorgho que caiu do ceu" (sur la succession du sorgho semé par avion dans la culture de soja)
- Divers articles de 1989 à 1992 dont, en 1990 : "Agricultura e pecuaria" Mistura a Francesa (guia rural)

Journaux français :

- Le Figaro du 19/01/88 - "La foudroyante offensive brésilienne de J.L. PEYTAVIN
- Le Monde du 26/04/88 - "Sur les nouvelles frontières agricoles du Brésil" par E. FOTTORINO

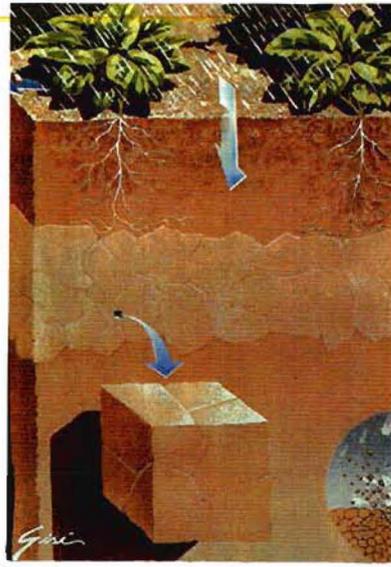
Production audiovisuelle :

- ▶ 1 diaporama de 316 diapositives (slides) - français et portugais. Création - diffusion de systèmes de cultures à base de riz pluvial dans les cerrados du Centre-Ouest brésilien 1989
Sur huit thèmes :
 - . Milieu de l'étude
 - . Méthodologie
 - . Adventices
 - . Relation climat eau-sol-plante
 - . Productivité et stabilité des rendements
 - . Conséquences économiques
 - . Montage d'un logiciel d'aide à la décision
 - . Recommandations

- ▶ 1 film vidéo en portugais (traduit en français) CIRAD-Paris. Perspectives de fixation de l'agriculture dans la région Centre-Nord du Mato Grosso - exemple de la FAZENDA PROGRESSO (17 minutes).



1 Compaction de sol sous riz (offset)
compactação de solo sob arroz (grades)



2 Formation de semelle de disques
Formação do pé de grade



3 Enracinement limité sous soja cultivé à l'offset - horizon réduit
Enraizamento limitado sob soja cultivado com grades - camada asfáltica



4 Graves préjudices de l'érosion
Prejuízos graves da erosão



5 Graves préjudices de l'érosion (idem 4)
Prejuízos graves da erosão (idem 4)



6 Graves préjudices de l'érosion (idem 4)
Prejuízos graves da erosão (idem 4)



7 Terrasse de base large - cuvette de réception des eaux de ruissellement en bord de piste
Terraço de base larga - bacia de recepção das águas de escoamento, na bordadura da pista



8 Labour profond, dressé et motteux
Aração profunda, ergulda, fechada em superfície e com torrões



9 Labour profond, dressé et morveux
Aração profunda, erguida, fechada em superfície e com torrões



10 Scarification profonde
Escarificação profunda



11 Etat de surface très morveux du labour
Estado de superfície da aração com torrões



12 Cultivateur à dents souples pour préparer le lit de semences
Cultivador com dentes flexíveis (speed tiller) para preparar o leito das sementes



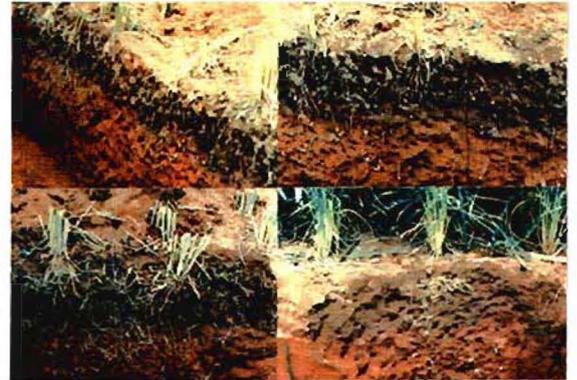
13 Semis maïs directement sur labour motteux, sans reprise
 Plantio de milho diretamente sobre aração com torrões



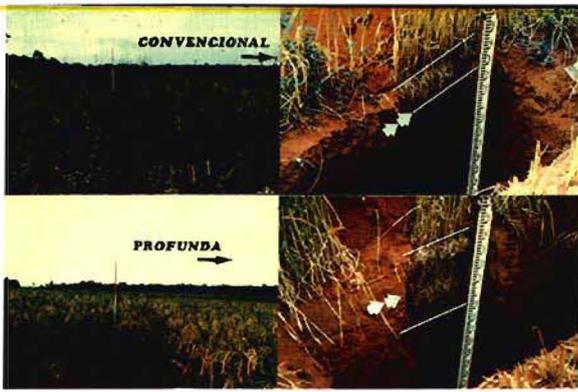
14 Semis riz sur labour motteux
 Plantio arroz sobre aração com torrões



15 Enracinement de 1m20, sous riz avec labour profond
 Enraizamento de 1m20, sob arroz com aração profunda



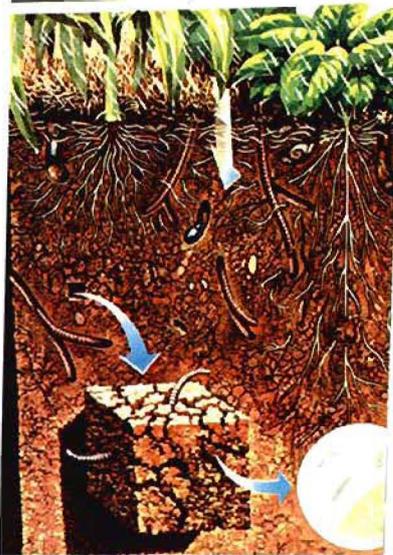
16 Profils racinaires sous riz : tous sous labour profond excepté le dernier profil, en bas à droite
 sous semis direct
 Perfis radiculares sob arroz : todos sob aração profunda, exceto o último perfil (embaixo a
 direita) sob plantio direto



17 Profils racinaires sous riz sous travail superficiel et labour profond
Perfis radiculares sob arroz sob preparo superficial e aração profunda



18 Structure grumeuse développée après 3 ans de modes de gestion adéquates du sol
(Travail profond + rotations + correction forte)
Estrutura grumosa desenvolvida após 3 anos de modos de gestão do solo adequados
(preparo profundo + rotação + correção P alta)



19 Substituer l'outil mécanique par l'outil biologique
Substituir a ferramenta mecânica pela ferramenta biológica



20 Couverture morte de mil avant semis
Cobertura morta de milho antes do plantio



21 Couverture après 130 mm de pluie en 1 heure
Cobertura do solo após 130 mm de chuva em 1 hora



22 États de surface opposés : disques à gauche (érosion forte)
semis direct à droite (protection totale)
Estados da superfície opostas gradagens a esquerda (erosão forte)
plantio direto a direita (proteção total)



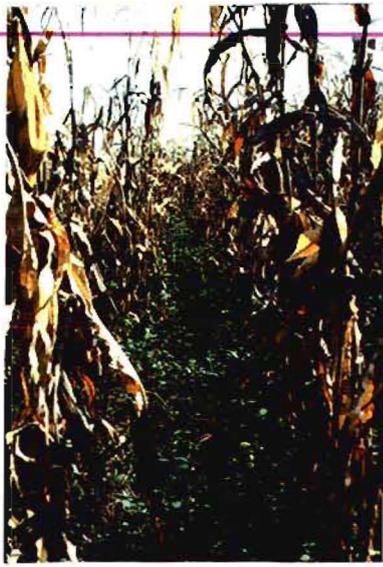
23 Double disque ouvreur pour semis direct
Disco duplo desencontrado para abrir o sulco de plantio no plantio direto



24 Semis direct sur couverture morte (7 tonnes/ha m.s.)
Plantio direto sobre cobertura morta (7 t/ha m. s.)



25 Semis direct riz pluvial sur couverture morte (pailles de riz - calopogonium)
Plantio direto de arroz sobre cobertura morta (palha arroz - calopogônio)



26 Mais de semis direct + calopogonium (herbicide alachlor)
Milho de plantio direto + calopogônio (herbicida alachlor)



27 Mil avant dessiccation pour semis direct soja
Milheto antes da dessecação para plantio direto de soja



28 Mil desseché à l'herbicide (1,5 glyphosate + 1,5 1 2-4 D)
Milheto dessecado com herbicida (1,5 l/ha glifosato + 1,5 l/ha 2-4 D)



29 Semis direct du soja dans pailles sèches de mil, sur pied
Plantio direto da soja, na palha de milho, em pé



30 Semis direct du soja dans pailles sèches de mil, sur pied (idem 29)
Plantio direto da soja, na palha de milho, em pé (idem 29)



31 Soja de semis direct 10 jours après semis
Soja de plantio direto, 10 dias após plantio



32 Soja de semis direct, 20 jours après semis
Soja de plantio direto, 20 dias após plantio



33 Sorgho IRAT 204, en succession annuelle du soja, avec minimum d'intrants (40-70 US \$/ha)
Sorgo, IRAT 204, em sucessão anual da soja com nível de insumos mínimos (40-70 US \$/ha)



34 Sorgho IRAT 202, Idem 33
Sorgo IRAT 202, Idem 33



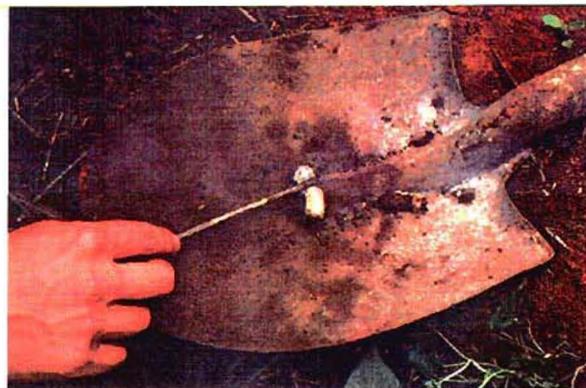
35 Riz pluvial, grain très long fin entre 4000 kg et 6000 kg/ha (matériel CIRAD-CA)
Arroz grão extra longo fino entre 4000 et 6000 kg/ha (material CIRAD-CA)



36 Soja de semis direct de 3600 à 4200 kg/ha
Soja de plantio direto de 3600 à 4200 kg/ha



37 Mais de semis direct à plus de 6000 kg/ha
Milho de plantio direto de mais de 6000 kg/ha



38 Ver blanc de coleoptère (bousier) qui travaille le sol sous semis direct
Larva "Pao de galinha" de rola bosta que prepara o solo sob plantio direto



39 Galeries verticales de 1m à 1m20 creusées par le ver blanc (20 m³)
Galerias verticais de 1m à 1m20 cavadas pela larva (20 galerias/m³)



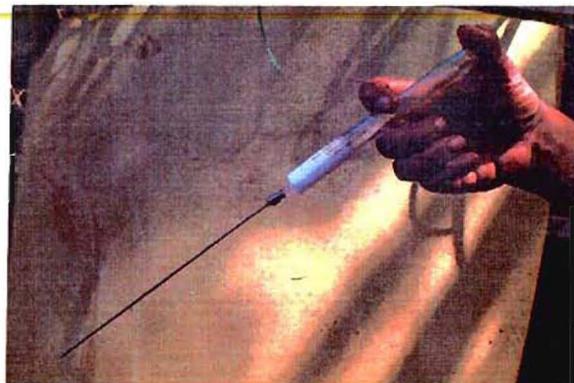
40 Galeries verticales de 1m à 1m20 creusées par le ver blanc (20 m³) idem 39
Galerias verticais de 1m à 1m20 cavadas pela larva (20 galerias/m³) idem 39



41. La culture sur tapis vivant : succession annuelle grain-pâturage (ici : riz + paspalum N 1)
O cultivo sobre lona viva : a sucessão anual "grão-pasto" (aqui: arroz + paspalum N 1)



43. Symptômes de chlorose sur riz pluvial après absorption racinaire de l'herbicide
Sintomas de clorose sobre arroz do sequeiro após absorção radicular do herbicida



42. Matériel d'injection pour suivi du front racinaire en cours de cycle, in situ
Material de injeção para a acompanhar a descida das raízes no perfil no decorrer do ciclo cultural in situ



44. Matériel d'échantillonnage : Cylindres pour mesures IS, K, DA, DR sur échantillons non remaniés in situ
Material de amostragem : Cilindros para medições de IS, K, DA, DR sobre amostras não



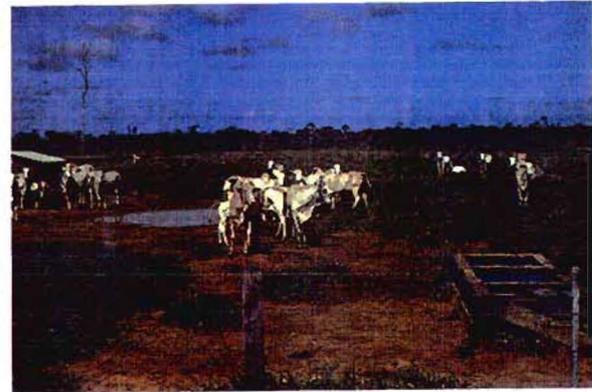
45. Cylindres d'échantillonnage *in situ*
Cilindros de amostragem *in situ*



46. Méthode de double anneau pour mesure de la vitesse d'infiltration de l'eau *in situ*
Método de duplo anel para medir a velocidade de infiltração da água *in situ*



47. et 48. Maintenant intégrer 'Agriculture et Elevage'
Agora integrar as atividades 'Produção de grão pecuaría'



ANNEXE VII-III

**FIXATION DE L'AGRICULTURE PLUVIALE
ET IRRIGUEES AU LAC ALAOTRA**

MADAGASCAR, 1983-1987

VII.3. - LE PROJET : FIXATION DE L'AGRICULTURE PLUVIALE ET IRRIGUEE AU LAC ALAOTRA - MADAGASCAR - 1983-1987

◆ Le milieu

► Physique : une région de 350 000 hectares qui fournit un tiers de la production nationale de riz commercialisé du pays (c'est le "Grenier à riz de Madagascar") et composée :

- d'une plaine perchée à 750 mètres d'altitude avec 75.000 hectares de rizières dont 35.000 hectares aménagés dans les années 1960 pour la riziculture irriguée,
- de montagnes escarpées et érodées (spectaculaires "LAVAKAS" qui éventrent les sommets), ceinturant un fouillis de collines en demi-oranges plus stables (les "Tanety") dont la mise en valeur est en constante progression,
- d'un marécage de 60.000 hectares avec 24.000 hectares de surface d'eau libre.

Un milieu très diversifié, avec, du sommet des collines à la bordure du lac, des conditions hydrologiques et pédologiques très variées (même au sein des périmètres aménagés) :

- pluviale stricte sur les sols ferrallitiques des collines et des colluvions,
- pluviale sur nappe (17.000 hectares), irriguée (35.000 hectares) et inondée (20.000 hectares) sur les sols hydromorphes minéraux et organiques dans la plaine,
- fortement inondée sur les tourbes de la bordure du lac (3.000 hectares).

Un climat tropical d'altitude connaissant une importante variabilité inter et intra-annuelle de pluviosité (de 600 à 2 300 mm avec une moyenne à 1 100 mm d'octobre à mars), et des températures trop basses à partir du mois de mai pour permettre un développement normal du riz.

► Humain : 30 000 familles agricoles composées de "SIHANAKAS" (les plus anciens occupants de la région) et de migrants ; 98 % des exploitations font moins de 10 hectares. Les paysans possèdent une excellente technicité en particulier pour la riziculture irriguée ; la culture attelée est généralisée. La croissance de la population est très rapide et la pression sur la terre de plus en plus forte.

L'environnement économique est peu favorable :

- un approvisionnement en intrants et matériels pratiquement inexistant,
- une commercialisation difficile des productions autres que le riz,

Le diagnostic rapide des principales contraintes agronomiques

	ITINERAIRE DU PAYSAN	CONTRAINTES
RIZICULTURE IRRIGUEE (avec maîtrise de l'eau)	<p>Semis ou plus fréquemment repiquage après mise en boue de la variété MAKALOTIKA 34 (MK 34) photosensible (donc fleurissant avant le froid) dont le cycle optimum est de 190 jours.</p> <p>Pas d'engrais</p> <p>Herbicide 2,4 D si disponible.</p> <p>Rendement entre 1,5 et 4,0 T/ha.</p>	<p>Chute de rendement importante de MK 34 en repiquage ou semis tardif.</p> <p>Rendement faible en sol pauvre.</p>
RIZICULTURE FAIBLEMENT INONDEE	<p>Semis à la volée de "Rojofotsy" ou MK 34 à sec au début des pluies sur boue.</p> <p>Pas d'intrants.</p> <p>Rendement entre 0 et 3 T/ha suivant le régime hydrique.</p>	<p>Enherbement parfois important (+ ISCHAEMUM RUOSUM et RIZ à rhizomes)</p> <p>Conditions difficiles avec fluctuations inter et intra-annuelles de la lame d'eau (alternance d'à-sec et d'inondation possible).</p>
RIZICULTURE FORTEMENT INONDEE	<p>Semis à la volée de MK 34 ou MASOMPOZA à sec.</p> <p>Pas d'intrants.</p> <p>Rendement entre 0,5 et 1,5 T/ha.</p>	<p>Variété du paysan moyennement adaptée à ce type de riziculture.</p> <p>Enherbement possible (riz à rhizomes).</p>
RIZICULTURE PLUVIALE SUR NAPPE	<p>Semis à la volée de variétés de riz "irrigué" (ROJOFOTSY - MK 34) ou secteurs non cultivés</p> <p>Pas d'intrants.</p> <p>Rendement entre 0,5 et 1,5 T/ha.</p>	<p>Enherbement très important avec flore très diversifiée.</p> <p>Sols pauvres à très pauvres.</p> <p>Variétés du paysan peu adaptées.</p> <p>Monoculture de riz.</p>
CULTURES PLUVIALES "STRICTES" SUR COLLINES ET COLLUVIONS	<p><u>Sur collines :</u></p> <p>Maïs et Arachide principalement, Un peu de manioc</p> <p>Faible surface en RIZ</p> <p>Utilisation de "poudrette de parc" sur le manioc et les céréales</p> <p>Semis en poquet à la main</p> <p>1 à 2 sarclages</p> <p>Agriculture de plus en plus fixée.</p> <p><u>Sur colluvions :</u></p> <p>Manioc surtout</p> <p>Pas d'intrants.</p>	<p>Rotations de cultures anarchiques.</p> <p>Temps de sarclage élevés (collines) à très élevés (colluvions).</p> <p>Variété de riz (Vary Manonjy) à cycle trop long et sensible aux maladies.</p> <p>Amertume des variétés de manioc sur collines.</p>
CULTURES DE SAISON FROIDE	<p>Pratiquement inexistantes</p> <p>Haricot, oignons dans conditions très marginales.</p>	<p>Inexpérience totale des agriculteurs dans ce domaine.</p>

- un prix de paddy très fluctuant d'une année à l'autre (entre 90 et 350 FMG),
- une recherche et des sociétés de développement restées en veilleuse depuis de nombreuses années,

Cette situation s'améliore à partir de 1983 avec une restructuration globale des institutions de recherche (FOFIFA) et du développement (SOMALAC-CIRVA).

◆ Les objectifs

Fournir un référentiel performant et stable agro-économiquement dans toutes les situations du milieu et ainsi donner aux agriculteurs la possibilité :

- de tirer un meilleur profit des terres déjà exploitées,
- de cultiver des terres qui jusque là n'étaient que peu ou pas utilisées et ainsi répondre au problème de la "faim de terre" dans la région.

Reorienter les recherches amont en fonction des problèmes identifiés chez les paysans.

Former des agents de développement sur les dispositifs de recherche.

◆ La démarche

La démarche "création-diffusion" en milieu réel de 1983 à 1987 avec :

Le centrage des activités de recherche sur des sites bien identifiés qui recourent la variabilité des milieux rencontrés :

- une toposéquence complète sur quelques kilomètres du sommet de la colline à la bordure du lac avec tous les types de riziculture dans la plaine sur des sols hydromorphes minéraux, à l'exception des tourbes bordant le lac.

Les sols sur la colline (ferrallitiques désaturés sur gneiss à amphiboles et amphibolites) sont caractéristiques de ceux de l'Est, du Nord et du Nord-Est de la région, les plus cultivés ; les paysans y pratiquent une agriculture majoritairement fixée (situation la plus contraignante), aidés en cela par les aménagements antiérosifs qui se sont généralisés dans les années 1950.

- une maille hydraulique sur les sols organiques d'un périmètre aménagé à l'Ouest du lac, où coexistent riziculture irriguée, riziculture faiblement inondée et riziculture "sur nappe".

La mise en place et le suivi sur ces unités d'une matrice de systèmes de culture prenant pour pivot le riz, qui est la nourriture de base de la région (tableau 1).

	SYSTEME (4 ANS)	NIVEAU D'INTENSIFICATION SUR PARCELLES EN GRANDEUR REELLE H = herbicide - F = fertilisation V _T = Variété du paysan V _A = Variété améliorée	ESSAIS THEMATIQUES D'AJUSTEMENT
RIZICULTURES - IRRIGUEE - INONDEE - SUR NAPPE (sur les sols hydromorphes minéraux)	RIZ — RIZ	T ₀ (itinéraire technique du paysan) T ₀ + H	- Fertilisation X (V _T - V _A) - Variétal X (O - F) - Herbicide X (V _T - V _A) X F. forte - Date repiquage et semis - Machinisme
CULTURES PLUVIALES " STRICTES " ou " SUR NAPPE " (sols hydromor- phes organiques)	RIZ ↔ ARACHIDE RIZ ↔ MAÏS RIZ ↔ MANIOC RIZ ↔ RIZ RIZ + Haricot ↔ Riz + Hari- cot.	T ₀ + F T ₀ + FH	- Fertilisation (+ fumure organique sur collines) X V _T - Variétal X (O - F) - Herbicide X (V _T - V _A) X F. forte
CULTURES DE SAISON FROIDE	RIZ → BLE RIZ → HARICOT RIZ (saison pluvieuse) → RIZ (saison sèche)	Sur riz en saison pluvieuse: $\left. \begin{matrix} T_0 \\ T_0 + FH \end{matrix} \right\} \times V_T$ Sur culture de saison froide : Itinéraires complets issus des essais thématiques.	- Fumure (minérale et organique) des systèmes. - Variétal (Blé et Riz en saison sèche). - Herbicides - Date de semis X date vidange rizière X date de labour X niveau de nappe - Mode de semis X type de sol

F = Fertilisation - H = Herbicide - VT = Variétés Traditionnelles - VA = Variétés Améliorées

◆ Les résultats

En 4 ans, ces dispositifs de recherche ont généré un référentiel (tableau 2) qui donne à l'agriculteur du lac Alaotra, la possibilité :

- de maintenir des rendements en riz supérieurs à 3 t/ha dans pratiquement toutes les situations,
- d'intensifier les rizicultures irriguées (jusqu'à 6,5 t/ha), inondées (5 t/ha) et pluviales strictes (4,5 t/ha), ainsi que les systèmes de culture pluviaux,
- d'élargir les surfaces rizicultivées en particulier dans la plaine en riziculture "sur nappe", et sur les collines et colluvions,
- de diversifier ses productions grâce à des cultures de saison froide comme le blé et le haricot.

◆ L'impact sur le développement

Différents outils ont été utilisés par la recherche pour faciliter la diffusion de ce paquet technologique :

- ▶ sur les terroirs où sont recentrées les recherches :
 - . des visites d'agriculteurs (300 par an) et des formations d'agents de vulgarisation
 - . l'ouverture d'un magasin "porte-ouverte" où sont concentrés tous les intrants et matériels nécessaires à l'application des itinéraires techniques proposés
 - . une carte d'occupation des terroirs, actualisée chaque année, afin d'apprécier l'évolution des assolements et des rotations pratiqués depuis le démarrage de l'expérimentation
- ▶ de messages radio pour les cultures les plus délicates (blé, en particulier).

Les nouvelles technologiques répondent parfaitement à l'attente des agriculteurs de la région. En effet :

- ▶ le riz pluvial, qui occupait environ 100 hectares sur les collines en 1983, couvrait, en 1987, 2 500 hectares avec les variétés *IAC 25* et *IRAT 134*,

- ▶ les nouvelles variétés de riz vulgarisé dans la plaine, ont couvert en 4 ans des surfaces très importantes. La variété 2798 se retrouvait sur 10.000 hectares en 1987, et occupait jusqu'à 50 % des surfaces dans les secteurs où l'arrivée d'eau est tardive. L'introduction de ces variétés a permis une bien meilleure utilisation des réserves en eau disponible et ainsi une augmentation de la production globale de riz sur les périmètres concernés,
- ▶ des commandes importantes de produits herbicides (OXADIAZON et 2,4D, DIURON ...), d'engrais simples (urée, Hyper Rono), et de petit matériel (canne planteuse brésilienne ...) ont été passées auprès des sociétés de développement. L'utilisation de ces produits, avec la réhabilitation de certains périmètres dans la plaine, a contribué à une nette intensification de l'agriculture au lac Alaotra,
- ▶ la culture de blé, nouvelle dans la région, était pratiquée en 1987 sur 200 hectares par 800 familles agricoles. Le rendement moyen est de l'ordre de 1,8 t/ha ; les itinéraires techniques sont donc maîtrisés par les agriculteurs et cela sur des supports très variés. Des démonstrations sur des technologies simples de transformation et de consommation du blé sont venues compléter cette vulgarisation.

POUR EN SAVOIR PLUS

- CHARPENTIER H. : Expérimentation d'accompagnement pour le Développement de la productivité des rizières de la SOMALAC

Actions systèmes sur "Tanety", en rizière non maîtrisée - IRAT SOMALAC

Rapport de saison : 1982-83, 1983-84, 1984-85, 1985-86

Rapport de contre-saison : 1982 (blé et haricot - IRAT - SOMALAC) 1983, 1984, 1985, 1986

Rapport de synthèse 1981-86 : cultures de contre-saison - Blé haricot (IRAT - SOMALAC).

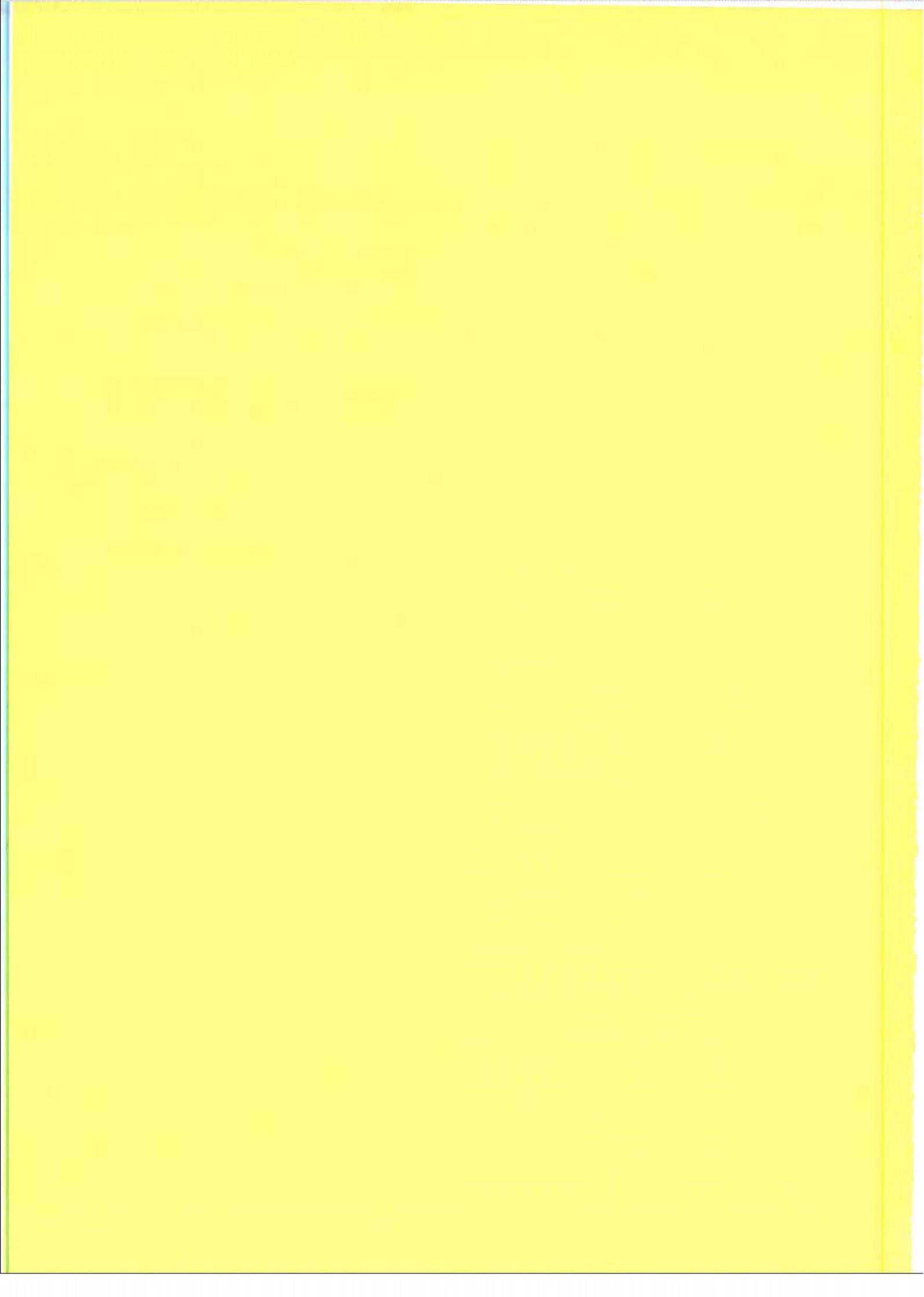
- CHARPENTIER H. FEAU C. : Expérimentation d'accompagnement pour le développement de la productivité des rizières de la SOMALAC - Rapport de synthèse 1983-84 - IRAT-SOMALAC.

- FEAU C. : Expérimentation d'accompagnement pour le développement de la productivité des rizières de la SOMALAC

Rapport de campagne de saison 1981-82 (riz irrigué), 1982-83 1983-84, 1984-825, 1985-86, 1986-87, 1987-88, 1988-89.

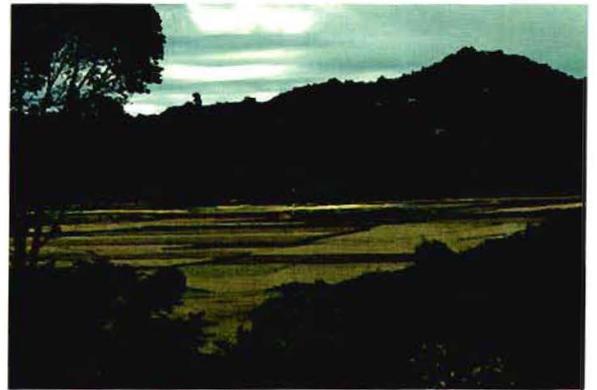
Bilan de 9 ans d'expérimentation d'accompagnement en riziculture aquatique au lac ALAOTRA.

- AHMADI N., CHARPENTIER H., FEAU C., RABANY E. 1988 : Amélioration variétale du riz pour la région du lac ALAOTRA à Madagascar. L'Agronomie Tropicale 1988, 43-2, p. 91-98.

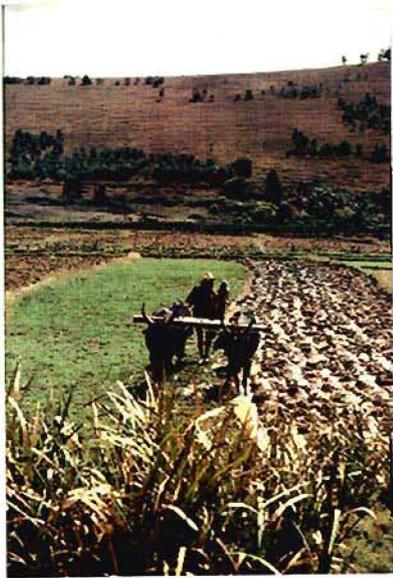




1M Erosion intense - "LAVAKAS"
1M Erosão intensa - "LAVAKAS"



2M - 3M Des paysages rizicoles et des types de rizicultures variées
2M - 3M Paisagens rizícolas e tipos de riziculturas variadas



4M - 5M - 6M - 7M : La culture du riz. L'excellente technicité des riziculteurs malgaches en culture attelée
4M - 5M - 6M - 7M : A cultura do arroz. Excelente técnica dos orizicultores de Madagascar em tração animal





8M - 9M

Le blé en saison froide. Une excellente valorisation pour des rizières habituellement en jachère en saison sèche

8M - 9M

O trigo no inverno - uma excelente valorização para os arrozais normalmente em pousio na estação seca

ANNEXE VII-IV

**FIXATION DE L'AGRICULTURE
EN ZONE DE SAVANE ARBUSTIVE
DU NORD COTE D'IVOIRE - 1989-1992**

VII.4 : LE PROJET "FIXATION DE L'AGRICULTURE EN ZONE DE SAVANE ARBUSTIVE DU NORD COTE D'IVOIRE - 1989-1992

◆ Le milieu

La zone de savane arbustive au nord de la Côte d'Ivoire (entre 9° et 10° de latitude Nord) se caractérise par :

- ▶ une saison des pluies unique de 1 300 mm (de mai à octobre), offrant une bonne sécurité climatique,
- ▶ des sols ferrallitiques sur granites et schistes, fragiles, moyennement désaturés, carencés en phosphore, présentant un horizon induré (cuirasse, carapace) à des niveaux variables (parfois affleurant),
- ▶ une culture pivot, moteur de l'économie de la région : le coton, cultivé sur 23.000 hectares pour une production de 300.000 Tonnes. Coton fibre et produits manufacturés représentent la quatrième source d'exportation (après le café, le cacao et le bois) de Côte d'Ivoire,
- ▶ la présence d'un cheptel bovin important (1 million de têtes), sédentaire ou transhumant, source de conflits entre éleveurs peuls et agriculteurs Sénoufos,
- ▶ un environnement agricole favorable depuis de nombreuses années :
 - des sociétés de développement solides (CIDT*, SODEPRA* ...) assurant les approvisionnements en matériels et intrants (gratuité des semences et produits insecticides pour le coton), les circuits commerciaux, l'encadrement agricole, l'aide au mouvement coopératif ...,
 - un investissement en recherche important avec des résultats essentiels pour cette zone (rendement à l'égrenage des variétés de coton de Côte d'Ivoire le plus élevé du monde ; variétés de coton GLANDLESS sans GOSSYGOL, de riz pluvial ...).
- ▶ la bonne technicité de ses agriculteurs Sénoufos, chez lesquels la culture attelée se généralise depuis 1985 et l'utilisation des intrants (quand elle est nécessaire) est systématique. Un paysan Sénoufo cultive en moyenne, en culture attelée, 6,5 hectares répartis sur 3 hectares de coton, 1,5 hectare de riz pluvial et le maïs, 0,5 hectare d'arachide. Le riz de bas-fonds et d'arachide (en fin de rotation) est cultivé par les femmes.

* CIDT : Compagnie Ivoirienne pour le Développement des Textiles

* SODEPRA : Société de Développement pour les Production Animales

Le diagnostic rapide des principales contraintes agronomiques

CONTRAINTES AGRONOMIQUES	GENERALES	<ul style="list-style-type: none"> - EROSION GENERALISEE dès les 1^{eres} années de mise en culture, liée à l'absence d'aménagements antiérosifs, la disparition des arbres, certaines techniques culturales... - ROTATIONS CULTURALES anarchiques - Difficulté à respecter le CALENDRIER CULTURAL. - FERTILISATION VULGARISEE sur céréales et coton insuffisamment pourvue en PHOSPHORE et AZOTE sur les sols dégradés. - ENHERBEMENT parfois mal maîtrisé (les herbicides de pré-levée ne suffisent pas toujours). - TRAVAIL DU SOL souvent très superficiel. - DIVAGATION DES ANIMAUX en début de saison sèche. - FEUX de saison sèche sur l'ensemble des TERROIRS.
	Pour le COTON (Rendement moyen régional R= 1,3 T/ha)	<ul style="list-style-type: none"> - Technique culturale (reprise de labour et semis au semoir) érosive et défavorable au démarrage de la plante.
	Pour LE RIZ PLUVIAL (R = 1,4 T/ha)	<ul style="list-style-type: none"> - idem COTON (2 reprises de labour et semis à la volée) - Variété du paysan, IGUAPE CATETO, sensible à la pyriculariose, au potentiel limité (3,5 T/ha), et subissant des chutes de rendement importantes pour des semis postérieurs à Mai (cycle 135 jours).
	Pour le MAÏS (R = 1,5 T/ha)	<ul style="list-style-type: none"> - Technique traditionnelle de semis sur billons assurant un peuplement trop faible pour espérer atteindre des rendements élevés (> 3,5 T/ha).
	Pour L'ARACHIDE (R = 0,8 T/ha)	<ul style="list-style-type: none"> - Idem maïs - Variété du paysan à cycle long (150 jours) subissant des chutes de rendement importantes pour des semis postérieurs à Mai.
	Pour LE RIZ INONDE (sans maîtrise de l'eau) (R = 2 T/ha)	<ul style="list-style-type: none"> - Riziculture aléatoire dépendante de la pluviométrie de l'année et de sa répartition, et de la localisation dans le bas-fond. - Itinéraire technique du paysan (labour et repiquage) nécessitant des temps de travaux importants. - Variétés de type "irrigué" supportant mal les "à-sec"

- ▶ une pression inégale sur la terre engendrant des types d'agriculture variés : fixée dans les zones à forte densité de population, itinérante ailleurs. Les conditions économiques difficiles que traverse le pays aujourd'hui s'accompagnent d'un retour à la terre d'une partie de la population des villes et bouleversent les données anciennes.

◆ Les objectifs

- ▶ fournir des solutions, techniquement et économiquement accessibles aux producteurs de la région, qui leurs permettent de pratiquer une agriculture durable à l'intérieur de leur terroir, et ce, quelle que soit la situation de départ (type de sol, état de dégradation, taux d'occupation ...),
- ▶ créer en milieu réel, un observatoire et un support de formation pour des agriculteurs, des agents d'encadrement et de jeunes agronomes,
- ▶ aider les sociétés de développement à concevoir des méthodes de vulgarisation dans le domaine complexe de la "fixation" de l'agriculture.

◆ La démarche

Une démarche "création-diffusion" de 1989 à 1992 avec :

- ▶ la participation effective des différents partenaires de la recherche (IDESSA-IRFA-CTFT) et du développement (CIDT, SODEPRA) présents dans la région, à tous les stades du processus expérimental (conception, mise en place, suivi et évaluation),
- ▶ le centrage des dispositifs de recherche sur le terroir villageois de 20 familles agricoles (130 hectares cultivés en culture attelée ; gestion communautaire d'un troupeau de 150 bovins), qui recoupe 5 situations typiques de départ :
 - sur des sols gravillonnaires peu épais sur cuirasse, 3 états de dégradation des sols avec :
 - * une jachère de reconstitution de longue durée (> 40 ans),
 - * une jachère de 6 ans précédée de 15 années de mise en culture (cas des zones à forte densité de population),
 - * un support très dégradé, cultivé depuis 15 ans, appelé à retourner en jachère, et sur lequel est installé un pâturage amélioré à base de Stylosanthes Hamata,

	SYSTEMES DE CULTURE (4 ans)	UNITES	PARCELLES EN GRANDEUR REELLE		ESSAIS THEMATIQUES
			MODE DE GESTION DES SOLS	NIVEAU D'INTENSIFICATION	
C O U L L I N E S	COTON — COTON COTON ↔ RIZ COTON ↔ MAÏS COTON ↔ ARACHIDE COTON ↔ SOJA * NIEBE et SORGHO installés en 2 ^{ème} cycle respec- tivement après céréales et légu- mineuses (quand cell est possible)	SOLS GRAVILLONNAIRES peu épais, sablo-argileux JACHERE ARBUSTIVE de longue durée (pH = 6,0) 15 ha (ouverts en 1989) SOLS EPAIS, peu gravillonnaires, argilo - sableux (pH = 5,0) JACHERE ARBOREE de LONGUE DUREE 15 ha (ouverts en 1990)	T ₀ Actuel du paysan en culture attelée (C A) T ₁ Semis directement sur labour en C A T ₂ TILLER en culture motorisée M O T ₃ Zéro - labour en année 2	H = herbicide F = Fertilisation V = Variété I = Traitement systématique contre les insectes F ₁ - F ₁ H - F ₂ H - F ₂ HI X V _A + V _T	9 Essais de fertilisation minérale splités avec "Fumier" et 2 variétés (V _A et V _T) Essais Variétaux sur chaque culture splités avec F ₁ et F ₂ Essais de fertilisation minérale splités avec "Fumier" et 2 Variétés (V _A et V _T) dans système COTON ↔ MAÏS
	COTON ↔ NIEBE ↔ MAÏS en rotation quadriennale avec STYLOSANDES HAWAÏA.	SOLS GRAVILLONNAIRES très dégradés (pH = 5,8) JACHERE de 6 ans 15 ha (ouverts en 1990)	Zéro - labour en année 2	F ₁ H - F ₂ H X V _A + V _T	4 Essais Fertilisation minérale splités avec Fumier et (V _A + V _T) Essais Herbicides totaux, et herbicides sélectifs des cultures Collection de plantes de couverture
B A S - F O N D S	RIZICULTURE INONDEE	SOLS ARGILE - SABLEUX 3 ha (ouverts en 1990)	T ₀ Actuel du paysan : labour - mise en boue - repiquage en Août T ₁ Labour + émottage en C A et semis en Juin T ₃ Zéro labour et semis en Juin	H - F ₁ H X V _A + V _T	Essai variétal RIZ Essais herbicides totaux et herbicides sélectifs du RIZ

- une situation sur des sols épais peu gravillonnaires (jachère de plus de 40 ans),
 - un bas-fonds étroit (100 mètres de large) où l'irrigation n'est pas maîtrisée.
- ▶ chaque situation (sur collines) prend pour support une toposéquence complète (du sommet au bas de pente), aménagée avec des cordons antiérosifs (suivant les courbes de niveau) fixés avec des espèces arbustives et arborées, et fermée avec des haies vives d'épineux ou d'arbres en plantation serrée.

Une matrice de rotations de culture (tableau 1) est mise en oeuvre sur chaque unité sur des parcelles en grandeur réelle et des essais thématiques d'ajustement des systèmes de culture. Le coton, qui occupe la moitié de l'assolement dans les exploitations, est le pivot des rotations étudiées sur les sols exondés. Une évaluation agro-économique des différents systèmes est effectuée pluriannuellement, que ce soit sur les dispositifs de recherche ou hors dispositifs, à l'intérieur et à l'extérieur des aménagements antiérosifs.

◆ Les résultats

La création d'un bocage sur le terroir villageois (rôle de brise-vent, de régulateur thermique et hygrométrique) avec un tri essentiel dans les nombreuses espèces testées face aux agressions du milieu réel (dégâts d'animaux, feux ...) :

- ▶ une légumineuse arbustive - le *CAJANUS CAJAN* - installée facilement par semis, mais sensible au feu et aux termites (à ressemer tous les 3 ans),
- ▶ des arbres résistants au feu et à croissance rapide (6 mètres en 4 ans) pouvant fournir des quantités importantes de bois de chauffe : *ACACIA AURICULIFORMIS* - *ACACIA MANGIUM* - *CASSIA SIAMEA*,
- ▶ des fruitiers, qu'il est possible de tailler en "haies" pour limiter l'ombrage sur les cultures : *MANGUIERS* - *ANACARDIERS* - *GOYAVIERS*,
- ▶ des haies vives pour limiter la divagation des animaux, avec des épineux à croissance rapide et résistants au feu - *ZIZIPHUS MUCRONATA* et *BAUHINIA RUFESCENS* - ou des arbres en plantation serrée et rabattus pour former des barrières : *GMELINA ARBOREA*

Toutes ces espèces peuvent être entretenues au départ avec l'herbicide **GRAMOXONE**, pulvérisé en jet dirigé au pied des jeunes plants ; une fois développées, elles inhibent la croissance des adventices et donc leur multiplication, en particulier sur les cordons anti-érosifs.

La lutte contre l'érosion

Durant 4 années, la présence de cordons anti-érosifs installés suivant les courbes de niveau, fixés par des espèces arbustives ou arborées, associée à des modes de gestion des sols appropriés, a permis de limiter considérablement le ruissellement et ainsi les risques d'érosion. On retiendra comme techniques culturales à pratiquer entre les cordons :

- ▶ les semis directement sur le labour, qui laisse une structure grossière à la surface du sol favorisant l'infiltration de l'eau,
- ▶ le semis sans travail du sol (zéro-labour).

L'association agriculture - élevage

L'installation d'une légumineuse fourragère - *STYLOSANTHES HAMATA* - en dérobé dans la dernière culture avant retour à la jachère, permet, sans travail additionnel, d'intégrer de manière logique un pâturage amélioré dans la gestion du terroir villageois. Des essais dans le sorgho montrent que la légumineuse se pérennise sans entretien quelle que soit sa date de semis dans la culture. Des haies vives installées sur les cordons anti-érosifs et autour du pâturage laissent toute latitude dans la gestion de chacune des parcelles :

- ▶ le *cajanus cajan* fournit un apport important en matière verte à l'alimentation du bétail en saison sèche ; deux coupes sont possibles pour une production de 3 tonnes de matière verte par kilomètre de cordon anti-érosif,
- ▶ les essais pérennes montrent qu'un apport annuel de 5 tonnes de "poudrette de parc" génère sur les sols gravillonnaires des rendements pratiquement équivalents (de 65 à 115 % suivant les cultures et les précédents culturaux) à ceux enregistrés avec une fertilisation minérale complète. Il permet de faire passer les rendements du coton de 3 à 4 tonnes/ha quand on l'associe à cette fertilisation minérale. Ces résultats soulignent l'importance des facteurs biotiques sur ces supports.

Les disponibilités en "poudrette" sont faibles et l'accent doit être mis sur la production de fumier, compost ..., qui sera réservée aux sols les plus dégradés de terroir.

Les modes de gestion des sols et des cultures

Avec travail du sol :

Les principaux résultats de l'analyse agro-économique comparée entre l'itinéraire technique pratiqué par l'agriculteur sur les sols exondés et le paquet technologique proposé par la recherche sont résumés dans le tableau 2. Les deux unités concernées sont installées sur des jachères de longue durée. L'analyse est pluriannuelle (de 2 à 4 ans en fonction des unités et des cultures) ; le coton et le riz ont été retenus comme têtes d'assolement.

Si on reporte ces données à une exploitation moyenne pour la région de 6,5 hectares (3 hectares de coton ; 1,5 hectare de riz et maïs, 0,5 hectare d'arachide), installée sur les sols gravillonnaires les plus représentés, on obtient sur 4 années un bénéfice d'exploitation annuel (non compris l'amortissement du matériel de culture attelée) et une production du travail respectivement de 660 000 FCFA et 209 FCFA/heure pour l'itinéraire du paysan, et 1 014 000 FCFA et 309 FCFA/heure pour celui proposé par la recherche ; soit, pour ces deux paramètres, un rapport de 1,5 en faveur des alternatives proposées par la recherche. La même exploitation, avec les données enregistrées hors dispositifs de recherche à l'extérieur des aménagements anti-érosifs, dégagerait un bénéfice de 430 000 FCFA et une productivité de travail de 165 FCFA/heure.

Sans travail du sol :

Sur les sols gravillonnaires exondés, la technique de semis sans travail du sol directement dans les résidus de récolte, génère sur 2 années des rendements équivalents à ceux des parcelles travaillées pour le coton et le maïs, et 20 % inférieurs pour le riz. Sur les sols très dégradés, elle permet d'arrêter l'érosion et d'atteindre des rendements très honorables, supérieurs aux rendements moyens des cultures dans la région.

Dans les bas-fonds, les rendements obtenus avec des variétés de type pluvial (IDSA 6) semées début juin sans travail du sol, sont équivalents (3 t/ha) à supérieurs (suivant les régimes hydriques) à ceux des parcelles repiquées avec les variétés irriguées traditionnelles.

Pour les deux milieux, les itinéraires techniques de mise en place sont maîtrisés. Le coût des herbicides totaux nécessaires avant semis est de l'ordre de 12 000 FCFA/ha (un labour en culture attelée est facturé 15 000 FCFA/ha).

L'utilisation de cette technique de zéro-labour peut avoir des conséquences essentielles pour la région :

- ▶ tournant chaque année dans l'assolement avec des parcelles travaillées, elle permettrait, sans risque de dégradation des propriétés physiques du sol, de gérer beaucoup mieux le calendrier des mises en place sur les sols exondés que ne le font les agriculteurs aujourd'hui. Le gain sur l'ensemble de l'exploitation peut être important ;
- ▶ dans les bas-fonds à irrigation non maîtrisée, elle augmente considérablement la productivité du travail, tout en sécurisant la riziculture.

L'application de la technique du zéro-labour en continu sur une longue période suppose la présence chaque année, en début de saison pluvieuse, d'une couverture (mulch mort ou vivant) qui protège le sol face à l'agressivité des pluies. Plusieurs espèces de légumineuses, dont on maîtrise la gestion en dérobé à l'intérieur des cultures, peuvent former un mulch suffisant : *CASSIA ROTUNDIFOLIA* - *MACROPTILIUM ATROPURPUREUM* - *TEPHROSIA PEDICELLATA* - *DESMODIUM OVALIFOLIUM*. Ces premiers résultats sont très prometteurs et ouvrent de nouveaux horizons pour l'agronomie et l'agriculture dans ces zones.

CULTURE	ITINÉRAIRE	MODE DE GESTION DES SOLS	MODE DE SEMIS	VARIÉTÉ	GESTION DE L'ENBRÈLEMENT	FERTILISATION / ha	SOLS GRAVELLEUX			SOLS ÉPAIS		
							Rendement T/ha	Marge Nette CPA/ha	Valorisation Heure de travail CPA/heure	R	MW	VHT
COTON (tous précédents confondus)	T ₀	Labour (10 cm) en culture attelée (CA) et une reprise de labour au canadien	Semoir monorang (0,6 m x 0,2 m)	ISA 205 ou GL 7	Sarclage en année 1 et 2 GURDON (Metolachlor + Diproprétyne) à 4 L/ha à partir de année 3	Fertilisation vulgarisée : 200 Kg de 10-18-18 NK (+ S + B) au semis + 50 Kg UREZ à 45 jours	1,6	117.000	292	1,0	49.000	122
	T ₁	LABOUR EN CA	Semis en poquet à la carne planteuse (0,8 m x 0,4 m à 5 grains)		GRANDIÈRE (Parasat) en jet dirigé entre lignes et sarclage des grandes si nécessaire en années 1 et 2 GURDON à partir année 3	200 Kg de 10-18-18 + 100 Kg phosphate tricalcique + 100 Kg UREZ	2,3	166.000	339	—	—	—
	T ₂	LABOUR (30 cm) en culture motorisée (MO) (coût : 25.000 CPA)				200 Kg 10-18-18 + 500 Kg phosphate tricalcique + 100 Kg UREZ	—	—	—	1,95	111.000	222
RIZ	T ₀	LABOUR en CA et 2 reprises de labour à la herse	à la volée (100 kg/ha)	IGUAPE CAIETO	Sarclage année 1 RONSAR (Oxolachlor + Atrazine) à 4 L/ha à partir année 2	200 Kg de 10-18-18 + 75 Kg UREZ	2,1	74.900	109	1,9	69.500	103
PLUVIAL	T ₁	LABOUR EN CA	En poquet à la carne planteuse (0,25 m x 0,25 m)	IDSA 10	HERBAXE (2,4 D) à 1 L/ha et sarclage des grandes en années 1 et 2 RONSAR à partir année 3	200 Kg de 10-18-18 + 100 Kg Ph. Tricalcique + 100 Kg UREZ	3,6	172.700	330	—	—	—
	T ₂	LABOUR EN MO				200 Kg de 10-18-18 + 500 Kg Ph. Tricalcique + 100 Kg UREZ	—	—	—	3,9	180.600	333
								—	—	—	4,5	196.500
MATS	T ₀	LABOUR EN CA Billonnage	En poquet à la main (0,7m x 0,3m à 1 grain)	C J B	Sarclage en année 2 PRIMAGRAM (Oxolachlor + Atrazine) à 4 L/ha à partir année 3	200 Kg de 10-18-18 + 75 Kg UREZ	3,4	81.300	213			
	T ₁	LABOUR EN CA	En poquet à la carne planteuse (0,8m x 0,4m à 2 grains)	FERKE 8128	GRANDIÈRE en jet dirigé en année 2 PRIMAGRAM à partir année 3	200 Kg de 10-18-18 + 100 Kg Ph. Tricalcique + 100 Kg UREZ	4,5	110.700	265			
ARACHIDE	T ₀	LABOUR EN CA Billonnage	En poquet à la main (0,7m x 0,15m à 1 grain)	VARIÉTÉ LOCALE	Sarclage année 2		1,3	169.000	214			
	T ₁	LABOUR EN CA	En poquet à la carne planteuse (0,4m x 0,2m à 2 grains)	QH263A (cycle court ou variété locale suivant date de semis)	GURDON (4 L/ha) à partir année 3	100 kg de Ph. Tricalcique	1,6	181.000	236			
SOJA	T ₁	LABOUR EN CA	En poquet à la carne planteuse (0,4m x 0,2m à 2 grains)	IAC B (cycle court) ou FT CANARARA (c. moyen) suivant date de semis	Sarclage année 2 GURDON (4 L/ha) à partir année 3	100 Kg de Ph. Tricalcique	2,1	160.620	332			

◆ L'impact sur le développement

Actions de formation : Environ 400 agriculteurs visitent chaque année cette opération de recherche en milieu réel ; une majorité des agents de vulgarisation présents dans la région (chefs de zone, de sections ...) ont été formés sur ces dispositifs. L'organisation en est confiée à un agent de la CIDT détaché à plein temps sur les sites expérimentaux.

◆ L'impact sur le milieu

L'aménagement des différentes toposéquences composant le terroir retenu pour ces recherches a permis, beaucoup mieux que des discours théoriques, une forte sensibilisation des agriculteurs et des agents du développement au problème de l'érosion et à la nécessité de l'aborder au niveau de l'unité de paysage.

Des actions ont été entreprises dans ce domaine et on compte aujourd'hui, autour de la ville de Korhogo, quinze toposéquences entièrement aménagées à la main par les agriculteurs, et une centaine en voie d'aménagement. La recherche a participé à ces actions en proposant différents types d'aménagement en fonction des situations de départ (terrain cultivé, reprise de jachère à *Andropogon*, défriche ...) et en conseillant dans un premier temps un aménagement de l'amont de la toposéquence (dans cette première phase, les agriculteurs sont formés à l'utilisation des niveaux à eau pour les tracés topographiques, et multiplient le matériel végétal en fixant les premiers cordons anti-érosifs : *Cajanus cajan* ...). L'aménagement de toute la toposéquence a lieu en deuxième année s'il y a consensus entre les agriculteurs concernés.

Les toposéquences aménagées (ou l'érosion est en partie maîtrisée) sont le support privilégié des démonstrations pour les autres innovations issues chaque année des dispositifs de recherche et pour l'année 1992 :

- ▶ la technique du semis directement sur le labour (60 hectares en 1992),
- ▶ la confection de fosses fumières (700 fosses) et l'utilisation du fumier (200 démonstrations) et du compost (100 démonstrations),
- ▶ le renforcement en phosphore sur les sols dégradés,
- ▶ la diffusion de variété de riz (IDSA 10) et de maïs (FERKE 8128).

Il est prévu pour 1993 des démonstrations sur la gestion du calendrier de mise en place des cultures avec les différentes techniques mises au point par la recherche (parcelles travaillées, zéro-labour ...). Toutes ces innovations font l'objet de fiches techniques.

Ces actions devraient se multiplier à l'avenir au niveau régional et aussi national, dans la mesure où la démarche utilisée dans le nord de la Côte d'Ivoire est reprise dans le futur projet PNASA (projet national d'appui aux services agricoles ; Banque Mondiale) qui intègre la restructuration de tous les services agricoles du pays.

POUR EN SAVOIR PLUS

- CHARPENTIER H.: Rapports analytiques - Expérimentations sur le terroir villageois de Tcholelevogo - Campagne 1989, 1990, 1991, 1992.



1K - 2K - 3K : Erosion importante avant et après semis. Le ruissellement est favorisé par les techniques culturales (reprise du labour) des agriculteurs.
1K - 2K - 3K : Forte erosão antes e depois do plantio. O escoamento é favorecido pelas práticas culturais dos agricultores (nivelamento c/ grades)



4 K Vue générale du terroir et du village de TCHOLELEVOGO
4 K Vista geral do "terroir" e da aldeia do TCHOLELEVOGO



5 K : Une unité de 50 ha sur des sols gravillonnaires après une jachère de 40 ans
 5 K : Unidade de 50 ha - nos solos com cascalhos após um pousio de 40 anos.



6 K : Une unité de 20 ha sur des sols gravillonnaires après une jachère de 6 ans
 6 K : Unidade de 20 ha nos solos com cascalhos após um pousio de 6 anos.



7 K : Une unité de 15 ha sur des sols épais argilo-sableux
 7 K : Unidade de 15 ha nos solos profundos argilo-arenosos.



8 K : Un paturage installé sur 20 ha d'un support très dégradé - *Stylosanthes Hamata*
 8 K : Pasto instalado sobre 20 ha num solo muito degradado (*Stylosanthes Hamata*)



9 K - 10 K Haies vives de GMELINA rabattues pour former des barrières.
9 K - 10 k Cercas vivas de GMELINA podadas para fazer cerca.



11 K - Haie vive d'épineux (ZIZIPHUS MUCRONATA), excellent obstacle à la divagation des animaux.
11 K - Cerca viva de espinhos (ZIZIPHUS MUCRONATA), excelente obstáculo contra a entrada dos animais.



12 K - Bocage et pâturage de *Stylosanthes Hamata*
12 K - "Bocage" com pasto de *Stylosanthes Hamata*.



13 K : Plantations d'arbres sur les cordons antérosifs
13 K : Plantações de árvores nos cordões anti-erosivos.



14 K : Labour en culture attelée sur des sols gravillonnaires.
14 K : Aração com tração animal nos solos com cascalho.



15 K : Labour en culture motorisée sur des sols épais argilo-sableux
15 K : Aração em cultura motorizada nos solos profundos argilo-arenosos.



16 K - 17 K : Semis directement sur le labour à la main ou au semoir (roues semeuses brésiliennes)
16 K - 17 K : Plantio manual ou com matracas rolantes brasileiras diretamente na aração.



21 K - 22 K : Sol battant après reprise du labour.
21 K - 22 K : Formação de crosta superficial no solo após nivelamento com grade



16 K - 19 K - 20 K : Structure grossière du sol en surface avec la technique du semis directement sur le labour
18 K - 19 K - 20 K : Estrutura grosseira do solo na superfície com a técnica do plantio em cima da aração
(sem nivelamento)

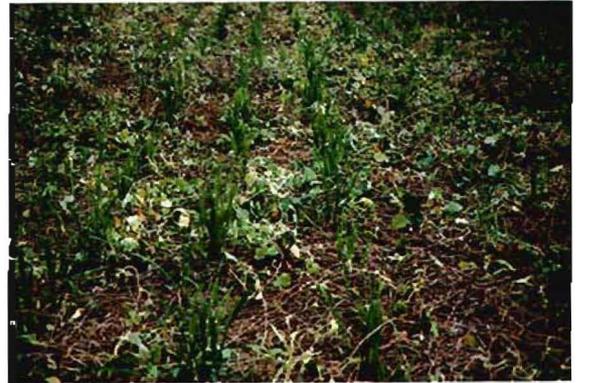




23 K Semis direct de niébé en zéro-labour dans les repousses d'adventices
23 K Plantio direto do caupi nas rebrotagens de invasoras.



24 K Plantes de couverture tuées au MSMA avant semis des cultures
24 K Plantas de coberturas dessecadas com MSMA antes do plantio



25 K - 26 K *Macroptilium atropurpureum* et semis de riz dans le mulch mort
25 K - 26 K *Macroptilium atropurpureum* e plantio direto de arroz em cima do mesmo dessecado



28 K - 29 K - 30 K - 31 K - 32 K

Culturas de RIZ (≤ 5 t/ha IDSA 10)
de COTON (≤ 3 t/ha ISA 205),
de SOJA ($\leq 2,5$ t/ha IAC 8),
d'ARACHIDE ($\leq 1,8$ t/ha QH 243 A),
Culturas de ARROZ (≤ 5 t/ha - IDSA 10),
de SOJA ($\leq 2,5$ t/ha - IAC 8),
de AMENDOIM ($\leq 1,8$ t/ha - QH 243 A),





27 K : *Striga hermonitica* sur maïs
27 K : *Striga hermonitica* no milho.



33 K : Cultures associées , soja - riz - manioc.
33 K : Consórcio soja-arroz-mandioca.



34 K · IDSA 6 en zéro-labour dans le bas-fonds ($\leq 4,5$ t/ha). Riziculture inondée.
34 K · IDSA 6 em plantio direto na varzea ($\leq 4,5$ t/ha).

ANNEXE VII-V

**FIXATION DE L'AGRICULTURE
DANS LES HAUTS DE L'OUEST
DE LA REUNION
PERIODE 1984-1988**

VII.5 - **FIXATION DE L'AGRICULTURE DANS LES HAUTS DE L'OUEST DE LA REUNION. LA PERIODE 1984-1988**

L'intervention de la recherche agronomique dans les Hauts de l'Ouest s'inscrit dans le cadre général de la politique de développement du Plan d'Aménagement des Hauts. L'objectif majeur est de freiner l'exode agricole et rural, grâce au développement économique.

Le développement économique implique une amélioration des infrastructures et des conditions de vie. En ce qui concerne la production agricole, les objectifs poursuivis sont :

- la protection, voire la restauration, des potentialités agricoles du milieu,
- l'augmentation de la production d'essence de "géranium rosat" destinée à l'exportation grâce à un accroissement de la productivité des facteurs "terre" et "travail".
- la diversification et l'intensification des productions destinées au marché local : cultures vivrières, maraîchères et élevage.

Confrontée à une baisse régulière des rendements du géranium et de sa production globale, la recherche a décidé de travailler davantage en relation directe avec le milieu, afin de mieux répondre aux besoins des agriculteurs.

UNE APPROCHE GLOBALE ET PLURIDISCIPLINAIRE

Les propositions de la recherche doivent être cohérentes avec les itinéraires techniques existants. On utilise la notion de recherche système pour traduire le souci d'une approche globale des problèmes agronomiques de la zone.

La recherche système est nécessairement pluridisciplinaire. Pour intégrer tous les paramètres du fonctionnement de l'exploitation dans son milieu, il importe de rassembler les compétences tant sur le plan agronomique que sur le plan socio-économique.

La recherche système des Hauts de l'Ouest mobilise quatre départements du CIRAD présents à La Réunion : "Bois et Forêts", "Cultures Annuelles", "Productions Fruitières et Horticoles", "Systèmes Agro-alimentaires et Ruraux".

La prise en compte des pratiques paysannes nécessite un contact permanent avec un grand nombre d'agriculteurs. Pour ce faire, le concours des agents de développement et de formation est indispensable.

LES DIFFERENTES PHASES DE LA RECHERCHE SYSTEME

La démarche est itérative. On peut différencier :

- le diagnostic qui est un préalable indispensable à toute intervention en matière de développement agricole. Il doit déterminer quels sont les problèmes techniques majeurs à résoudre,
- la conception d'innovations techniques qui correspond à la phase expérimentale,
- la diffusion de l'innovation qui est l'aboutissement logique de la recherche-développement.

Nous retiendrons ces trois étapes pour la présentation des résultats. Néanmoins, il ne s'agit pas d'une chronologie car les différentes phases se chevauchent dans le temps.

LE DIAGNOSTIC

Le diagnostic est rapide. Il doit permettre de repérer les problèmes majeurs communs au groupe d'agriculteurs considérés et de définir les conditions d'intervention de la Recherche. Il porte à la fois sur les exploitations agricoles et sur les itinéraires techniques mis en oeuvre par les agriculteurs.

Il est permanent et les priorités de la recherche évoluent au fur et à mesure des résultats obtenus et de l'avancée des connaissances sur le milieu physique et humain.

Présentation du milieu

Les Hauts de l'Ouest correspondent aux terres des communes de Saint-Paul, Trois-Bassins et Saint-Leu, situées au-dessus de 600 m d'altitude. Ils s'étendent sur 20.000 hectares parmi lesquels 9.000 hectares sont à vocation agricole. Sur ces 9.000 hectares, 5.000 hectares sont effectivement cultivés et 4.000 hectares sont des friches récupérables. Ils regroupent environ 20.000 habitants. L'agriculture est la principale activité économique.

Les exploitations

Les exploitations s'étendent sur de petites superficies (90 % ont moins de 3 hectares) et sont généralement spécialisées dans la production de géranium. Le mode de faire valoir encore dominant il y a quelques années, était le colonage. C'est une forme de métayage par laquelle le colon verse une rente en nature et le propriétaire fixe la culture et participe aux frais.

Mais la réforme foncière en cours permet l'établissement d'exploitations de taille moyenne (4 à 10 hectares). Simultanément, les surfaces en géranium régressent, remplacées par les cultures vivrières et maraîchères, les prairies et la canne à sucre.

Les itinéraires techniques

Le géranium rosat est cultivé traditionnellement de manière itinérante après une jachère arborée composées d'*Acacia decurrens*, ou en rotation avec la canne à sucre à la limite inférieure de la zone.

Le champ n'est pas conduit de façon homogène en raison de la présence de cultures associées destinées à l'autoconsommation qui déterminent plusieurs sous-systèmes en fonction de l'emplacement dans la parcelle (proximité de l'alambic, zone de forte pente, ...).

Les itinéraires techniques pratiqués sur le géranium et les cultures associées se caractérisent par des transferts réduits entre le champ et l'extérieur, limités aux rapports d'engrais et à quelques litres d'huile essentielle.

Ainsi, la fumure minérale croît avec l'âge de la plantation pour limiter la baisse de fertilité, conséquence d'une érosion importante. Cette dégradation s'accompagne d'une augmentation des dépérissements et de l'enherbement, avec un particulier une prolifération des espèces vivaces. La diminution des rendements et l'accroissement des temps de sarclage conduisent alors à l'abandon de la parcelle.

Mais le système traditionnel de culture itinérante tend à se marginaliser et les surfaces cultivées se sédentarisent progressivement : les trois quarts des planteurs produisent le géranium en permanence sur la même parcelle.

CONCEPTION ET MISE AU POINT DES INNOVATIONS

Démarche

Les expérimentations sont conçues dans un souci d'opérationnalité. Les agriculteurs, ainsi que les formateurs et conseillers agricoles, sont associés très tôt aux travaux afin de faciliter la diffusion ultérieure des résultats.

Ils participent aux observations, s'associant à la prise en charge du risque (dédommagement en cas de perte importante par rapport à l'itinéraire antérieur de l'agriculteur).

La mise au point de systèmes de production susceptibles de se pérenniser comporte une évaluation des différentes solutions envisageables, compatibles avec les contraintes des agriculteurs (schéma 1).

Différents systèmes de cultures sont comparés en grandeur réelle sur plusieurs années (géranium en monoculture) et conduits avec des intercalaires ou des rotations selon différents itinéraires techniques. Les observations portent sur les facteurs d'élaboration du rendement (profils culturaux, densités, adventices, maladies ..), les coûts et les temps de travaux.

Les problèmes engendrés par chaque système sont étudiés dans des expérimentations consacrées aux recherches thématiques : variétés, fumures, ... Elles permettent de proposer des solutions et d'expliquer les phénomènes constatés.

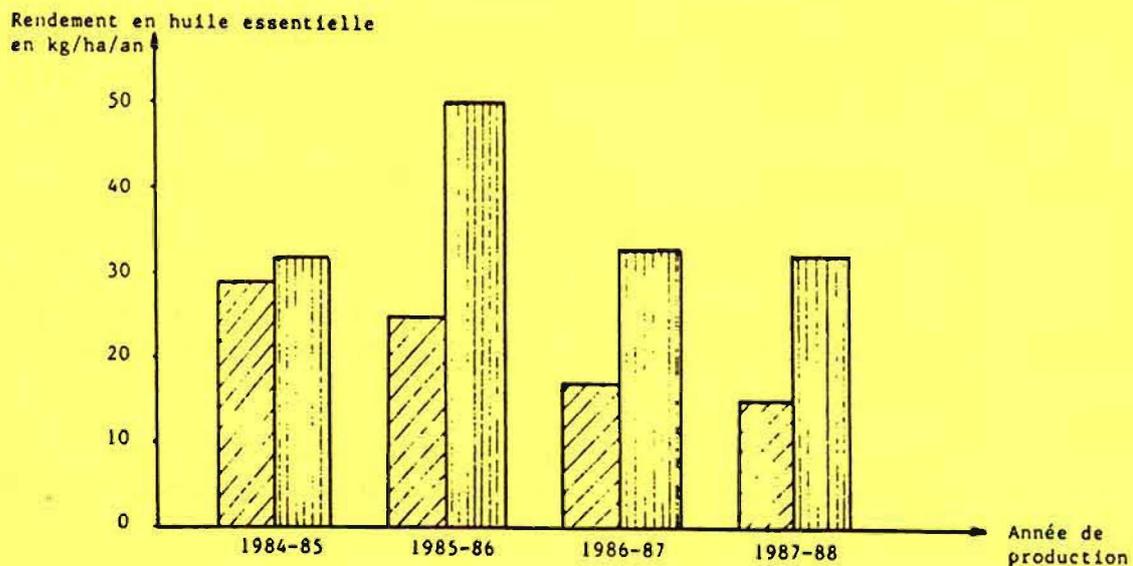
Résultats

La démarche permet de hiérarchiser les problèmes à résoudre et de relativiser les solutions en fonction des contraintes des différents types d'exploitation et des variations du milieu.

RESTAURATION OU MAINTIEN DE LA FERTILITE ET AMELIORATION DES RENDEMENTS

Lutte contre l'érosion

La culture continue des plantes sarclées, telles que le géranium, conduit à la dégradation et au décapage de l'horizon humifère présent après la jachère arborée. Ainsi, les une pente moyenne, des pluies orageuses peuvent, après travail du sol, provoquer une érosion estimée à plusieurs centaines de tonnes par hectare et par an. Les matériaux sous-jacents, à structure continue, présentent des caractéristiques médiocres et sont peu exploitées par les racines, en particulier pour les cultures à cycle court. Leur développement, étroitement lié à l'état structural du sol, est très hétérogène et les rendements restent faibles.



Graphique 1 : Productivité d'un géranium installé sans rotation sur un sol dégradé

-  culture pure
-  culture avec intercalaire

La lutte contre l'érosion constitue donc un préalable indispensable à l'intensification : Elle peut être réalisée simplement grâce à des aménagements intégrés au système et à des techniques culturales appropriées :

- plantations en lignes en courbes de niveau
- cordons anti-érosifs,
- amélioration du couvert végétal,
- travail minimum du sol ...

La matière organique

En zone érodée, les apports organiques ont une action prépondérante sur le rendement des cultures, en particulier des cultures vivrières qui conservent un statut privilégié auprès des agriculteurs et bénéficient presque toujours exclusivement de ces restitutions. Ils permettent de régulariser leur production, malgré les incertitudes climatiques et la variabilité de la fertilité du sol.

La matière organique, localisée en faibles quantités, présente, lorsqu'elle n'est pas renouvelée, une action limitée sur la culture suivante. Mais, à moyen terme, ses effets cumulés permettent de restaurer la fertilité.

Dans les systèmes comprenant des cultures intercalaires les apports réguliers de compost destinés aux plantes vivrières, augmentent très sensiblement la productivité du géranium associé (graphique 1).

Ainsi, en itinéraire comportant une fumure minérale élevée, le rendement du géranium associé apparaît doublé dès la deuxième année d'exploitation par rapport à une culture pure, dont la production se dégrade régulièrement.

Les rotations

Les rotations culturales permettent d'augmenter très sensiblement la production du géranium. Ainsi, après rotation, les rendements apparaissent très supérieurs à ceux d'une monoculture, même avec une fumure seulement minérale. En outre, lorsque les précédents culturaux reçoivent des apports de compost, le rendement du géranium qui leur succède apparaît incomparablement accru.

Lutte contre les maladies

Outre la fertilité du sol, le maintien d'une densité de culture élevée grâce à la lutte contre les agents pathogènes constituent les facteurs essentiels qui conditionnent le rendement du géranium.

Pendant la saison cyclonique, les dégâts d'anthracnose peuvent conduire à des pertes voisines de la moitié de la production annuelle espérée et une mortalité supérieure au tiers des plantes. Les traitements préventifs au captane, associés à une taille des plantes suffisante pour limiter les dégâts dus au vent, permettent de lutter efficacement, même en cas de cyclone violent.

Lorsque l'antracnose est maîtrisée, les dépérissements liés au flétrissement bactérien et aux pourridiés apparaissent comme les principaux agents de mortalité. Très élevée en monoculture même intensive, elle peut être nettement diminuée grâce aux cultures intercalaires avec restitution de matière organique. Elle apparaît encore plus faible pour les plantations mises en place après rotation.

Le travail du sol

Les agriculteurs qui avaient recours à des entreprises extérieures, en période de pointe de travail, utilisaient souvent le matériel de la zone cannière. Ils ont alors introduit le labour dans leur itinéraire.

Le labour favorise la levée et l'enracinement des plantes, mais, outre les dangers de l'érosion, il provoque une baisse de rendement de la plupart des cultures à cycle court (pomme de terre, haricot, maïs, riz, ...), car il entraîne un assèchement du sol, et réduit la productivité du géranium.

Couverture du sol et travail minimal

Habituellement éliminés par sarclage, les résidus de la culture précédente détruite au glyphosate (canne à sucre, adventices, ...) permettent de constituer une couverture morte du sol. Mises en place dans un souci de conservation des sols, ces couvertures se sont révélées d'un intérêt immédiat sur le rendement des cultures, en raison principalement d'une augmentation de l'humidité du sol et d'une réduction des dégâts de ver blanc (due à *Hoplochelus marginalis*).

L'intensification des cultures vivrières et maraîchères

L'introduction des cultures vivrières ou maraîchères, en intercalaire ou en rotation avec le géranium, doit permettre l'intensification des systèmes. Mais, il importe aussi d'accroître leur productivité, liée à la fumure (en particulier organique), à la date de la plantation, à la protection phytosanitaire et pouvant être très sensiblement améliorée par la sélection variétale.

Ainsi, pour le haricot, la variété *Marlat*, très appréciée par les consommateurs, est la plus cultivée. Parmi les introductions, certains cultivars, dont les qualités culinaires semblent comparables, se distinguent par leur productivité : *Pompadour*, moins exigeant sur le plan sanitaire, *Rubana 5*, ...

De même, pour la pomme de terre, deux cultivars apparaissent régulièrement plus productifs que les variétés Résy ou Claustar, et tendent à les remplacer : Spunta, et surtout Korrigane, peu sensible au mildiou.

AMELIORATION DE LA PRODUCTIVITE DE LA MAIN D'OEUVRE

En culture pure traditionnelle, les temps de travaux consacrés au géranium varient de 100 à 250 jours par hectare en fonction de l'âge de la parcelle et de son intensification.

Lutte contre les adventices

Les sarclages en représentent une part considérable et augmentent d'année en année, au fur et à mesure de l'envahissement par les adventices. L'enherbement, limité après la défriche d'*Acacia decurrens*, devient ensuite difficile à maîtriser manuellement, en particulier pendant la saison cyclonique pour les plantes à multiplication végétative (*Phalaris arundinacea*, *Oxalis latifolia*, *Cyperus rotundus*, ...). Il n'est alors plus possible de diminuer les besoins en main d'oeuvre par de simples sarclages, même grâce aux rotations.

Une nette amélioration de la productivité peut être obtenue par l'emploi des herbicides de pré et de post-levée conseillés. En culture pure intensive, ils permettent de diviser les temps de sarclage par quatre, ou même plus dans le cas du géranium ou des cultures vivrières incluses dans les rotations. Le labour, auquel certains agriculteurs ont recours, souvent pour lutter contre les mauvaises herbes, ne conduit cependant qu'à une évolution de la flore et ne semble pas présenter plus d'intérêt qu'un travail minimum du sol.

En présence d'une couverture, la prolifération des adventices apparaît encore très sensiblement réduite. Les temps de travaux consacrés à la lutte contre les adventices sont alors considérablement diminués.

Cette couverture morte, qui se décompose progressivement, doit être renouvelée pour ne pas perdre ses effets bénéfiques par l'introduction d'une plante pérenne compatible avec les cultures mises en place. Ainsi, dans l'optique d'une orientation de certaines exploitations vers la polyculture-élevage, des études d'association avec les cultures fourragères sont entreprises, en particulier avec le kikuyu, *Pennisetum clandestinum*. Sa rusticité et son agressivité ont conduit à sa généralisation en altitude. Il peut être maîtrisé par des applications régulières, à très faible dose de Fluazifop-p-butyl, graminicide sélectif du géranium. Le développement du géranium installé après pâturage paraît alors amélioré dans cette couverture vivante par rapport à un sol nu.

Implantation et récolte

Lorsque l'enherbement est maîtrisé, l'implantation et la récolte deviennent ensuite les postes essentiels des besoins en main d'oeuvre. Une mécanisation adaptée, qui peut être manuelle dans un premier temps, permet de les réduire encore très sensiblement (introduction de semis manuels, de cannes planteuses, récolteuse à géranium, ...).

Les conséquences sur la productivité de la main d'oeuvre apparaissent très importantes.

Sans rotation, les intrants apportés au géranium ne sont pas valorisés, sauf avec des intercalaires qui conduisent à accroître très sensiblement les marges et à mieux rémunérer le facteur travail.

Après deux à trois ans de rotation, la marge obtenue sur le géranium en production apparaît cinq à six fois plus élevée qu'en monoculture et reste très stable, malgré des conditions climatiques défavorables, contrairement au système traditionnel.

SYSTÈMES DE CULTURE PROPOSES

Pour stabiliser les systèmes et améliorer les revenus agricoles, des solutions sont proposées aux agriculteurs selon leurs contraintes et leurs moyens de production :

- ▶ Lorsque la surface est limitée et la main d'oeuvre abondante, les intercalaires permettent d'augmenter la productivité de la terre et du travail et de la régulariser malgré les aléas climatiques tout en conservant la souplesse de la production du géranium.
- ▶ Lorsque les contraintes de l'exploitation permettent d'introduire des rotations de cultures vivrières industrielles ou maraîchères avec le géranium, les résultats économiques sont nettement améliorés (figures 2 et 3).

LA DIFFUSION DES INNOVATIONS

Les démonstrations et tests multilocaux, suivis de systèmes d'exploitation

Afin d'adapter les innovations à l'ensemble de la zone et aux différents types d'exploitations, des tests très simplifiés sont conduits avec la collaboration des organismes de formation et de développement chez des agriculteurs intéressés (le plus souvent chez des agriculteurs, ...) Ces tests ont à la fois une valeur expérimentale et pédagogique. Comme les essais thématiques et les comparaisons de systèmes de culture, ces tests permettent de démultiplier, au niveau des différentes zones, les résultats de la recherche.

Afin de compléter le référentiel technico-économique pour la zone, des outils de suivi et d'évaluation technico-économique des systèmes d'exploitation ont été élaborés avec des organismes de formation et de développement.

L'intérêt d'une réelle collaboration est indéniable pour chacun des partenaires :

- ▶ appropriation directe de l'innovation par l'agriculteur en fonction d'un choix raisonné,
- ▶ utilisation de l'essai ou du test comme support pédagogique ou point de démonstration par le formateur-vulgarisateur,

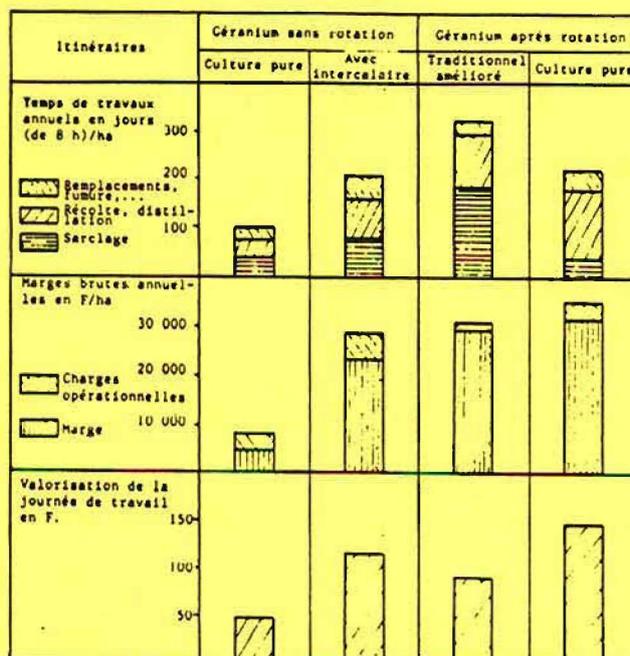


Figure 2 : Influence des rotations et des itinéraires sur les temps de travaux, les marges et la valorisation des journées de travail pour un géranium en production (Trois-Bassins, 1988). Dans l'itinéraire traditionnel amélioré grâce aux rotations, les traitements phytosanitaires ne sont pas réalisés et la fumure minérale est réduite.

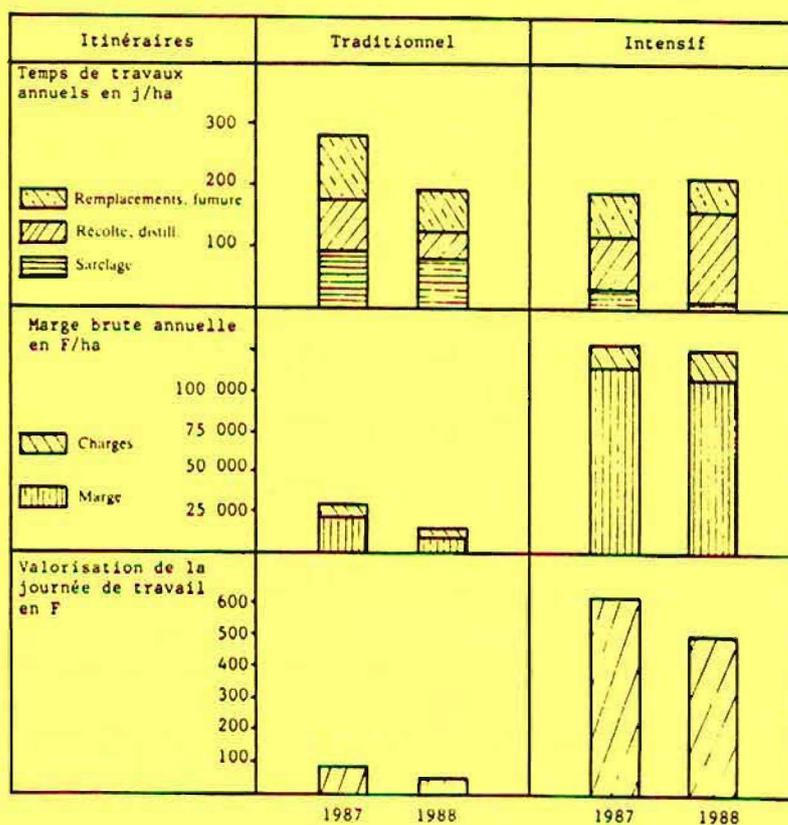


Figure 3 : Influence de l'itinéraire technique dans les temps de travaux, les marges et la valorisation des journées de travail pour la succession annuelle Haricot-Pomme de terre (après Pomme de terre-Mais). Dans l'itinéraire traditionnel les traitements phytosanitaires ne sont pas réalisés et la fumure minérale est réduite.

- ▶ élaboration d'un référentiel technique et de propositions cohérentes avec le milieu pour le chercheur.

Mais l'efficacité d'une telle démarche dépasse l'objectif escompté (tableau 1). Pour la recherche, elle ne se limite pas à une démultiplication des essais ou tests réalisables avec un budget déterminé dans des conditions plus représentatives qu'en milieu contrôlé. Ces études permettent aussi d'intégrer le savoir-faire des agriculteurs et leurs connaissances empiriques, d'améliorer la qualité des informations recueillies dans les essais, de hiérarchiser rapidement les facteurs qui conditionnent les rendements et les problèmes à résoudre en fonction des zones pédoclimatiques ou des systèmes d'exploitation en évolution permanente.

Réalisation de manuels, de fiches techniques

La présentation des conseils techniques relève d'un travail commun associant Recherche et Développement. Les résultats de la recherche doivent être accessibles au plus grand nombre.

Formation des chercheurs

Outre la formation des agriculteurs, techniciens, formateurs et chercheurs impliqués, ce dispositif constitue un support privilégié de formation de stagiaires, thésards et chercheurs ou développeurs des pays voisins (Madagascar, ...).

Adoption des technologies

Un plan de développement visant l'intensification raisonnée du géranium et la diversification des productions a été mis en oeuvre dès 1985. L'ensemble des partenaires du développement se trouve associé aux agriculteurs (organismes d'aménagement foncier, de financement, de vulgarisation, de formation, de recherche, coopératives) et contribue à la mise au point de systèmes d'exploitations plus performants et préservant le milieu.

Ce plan, qui avait pour critère principal d'évaluer l'augmentation de la production globale d'huile essentielle de géranium, a abouti au doublement de ce produit. Grâce à une meilleure formation des agriculteurs, les technologies proposées ont été adoptées par la majorité.

Parallèlement, les contraintes des techniques élaborées en sol nu sont de plus en plus difficiles à contrôler : érosion accélérée par la maîtrise des adventices, manque de fumier chez de nombreux agriculteurs, déficit hydrique fréquent des cultures, prolifération de certaines mauvaises herbes ...

Tableau 1 : Intérêt pour chacun des partenaires d'une réelle collaboration dans la mise en oeuvre commune d'essais ou de tests

Partenaire de la collaboration	Agriculteur	Formateur-Vulgarisateur	Chercheur
Acquisition des connaissances et du savoir-faire :			
Intérêt individuel	Suivi technique avec conseils sur la culture étudiée (traitements au stade optimal ...) et son système d'exploitation	Actualisation des connaissances techniques et de la formation pour les résultats de la recherche et les systèmes de culture et d'exploitation rencontrés	Appropriation du savoir-faire et de la mise en oeuvre des techniques traditionnelles Meilleure connaissance des itinéraires techniques et systèmes de culture pratiqués, des contraintes et facteurs favorables rencontrés dans les systèmes d'exploitation
	Appropriation de l'innovation en fonction d'un choix raisonné	Utilisation de l'essai comme support pédagogique ou démonstration	Démultiplication des essais permettant de mieux intégrer la variabilité du milieu
	Valorisation de la profession d'agriculteur		Augmentation quantitative et qualitative des observations effectuées
	Elaboration d'un référentiel technique et de propositions en phase avec le milieu réel. Analyse des modalités d'appropriation des innovations et de leurs transformations éventuelles par les agriculteurs		
Intérêt pour le groupe ou l'institution	Création de réseau d'entraide formelle et informelle	Constitution de groupes d'exploitants, supports d'activités ultérieures de formation et de développement	Hiérarchisation des facteurs conditionnant le rendement et des problèmes à résoudre par une équipe pluridisciplinaire avec des priorités selon les zones et les systèmes d'exploitation
	Appropriation de l'innovation par le réseau d'exploitants en relation avec l'agriculteur	Définition de paramètres de prise de décision et élaboration d'outils pédagogiques	Définition de systèmes de production susceptibles d'être proposés à l'ensemble des agriculteurs ou à certains types d'exploitants

NOUVELLES ORIENTATIONS DE LA RECHERCHE

De nouvelles propositions sont en cours d'élaboration afin d'améliorer la productivité de la terre et de la main d'oeuvre. Elles associent le **non travail du sol et sa couverture végétale permanente à un embocagement des parcelles**, permettant ainsi d'intégrer un ensemble de facteurs favorables et convergents :

- ▶ La couverture assure une **protection totale des sols contre l'érosion** en réduisant l'impact des gouttes de pluie et le ruissellement.
- ▶ Elle **restaure la fertilité** du sol à court terme et permet ainsi de réduire les apports de fumier (indispensable en sol nu) et d'engrais (azote fixé par les légumineuses, ...).
- ▶ Elle assure une **meilleure conservation de l'eau** grâce à son infiltration accrue et aux apports de rosée.
- ▶ Elle entraîne des **modifications de la faune** : réduction des dégâts de ver blanc, ou d'autres parasites plus spécifiques (*Ophyomia phaseoli*, ..).

Outre les difficultés d'installation des mauvaises herbes dans un couvert végétal dense, certaines plantes de couverture présentent des effets allélopathiques et conduisent à une **réduction de la prolifération des adventices**. Pour éviter qu'une concurrence avec la culture se manifeste, il est parfois nécessaire de maîtriser la couverture, mais le caractère monospécifique de la flore permet de réduire les doses d'herbicide (bentazone sur le *lotier velu*, ..), ou parfois de les supprimer comme avec l'*Arachis pintoï*, à port rampant.

Ce nouveau mode de gestion du sol permet de mieux valoriser la main d'oeuvre en réduisant les sarclages, et permet généralement d'accroître le rendement des cultures.

L'ensemble des effets favorables déclenchés par ces nouvelles techniques, et en particulier la protection totale du milieu vis-à-vis des accidents climatiques, devrait conduire, à moyen terme, à une amélioration très nette des conditions de production.

POUR EN SAVOIR PLUS ...

Bibliographie de l'époque

- APR, 1986 : Manuel du planteur de géranium. Saint-Denis, Conseil Général de la Réunion, 27 p.
- APR, 1988 : Manuel du technicien géranium. Saint-Denis, IRAT, 110 p.
- BOUGERE J., 1988 : Aperçu sur l'érodibilité des andosols cultivés à la Réunion. In CIRAD, 1988 : Les andosols de l'île de la Réunion. Séminaire de St-Denis. 24 Mai-01 Juin, p. 157-162, CIRAD - CNRS - INRA - ORSTOM - Université.
- BRIDIER B., 1985 : Quel avenir pour le géranium et le développement agricole des Hauts de l'Ouest. L'Agronomie Tropicale, N° 40-4, p. 342-356.
- CIRAD-Réunion, 1985 : Notes sur les principales cultures des Hauts sous le vent. CIRAD-Réunion, 118 p.
- CIRAD, 1985 : Bilan de la recherches-système dans les Hauts de l'Ouest de la Réunion. 368 p.
- CIRAD, 1988 : Les andosols de l'île de la Réunion. Préparation d'un programme de recherche pluridisciplinaire. Séminaire de St-Denis, 24 Mai-01 Juin. CIRAD, CNRS, INRA, ORSTOM, Université.
- COURCOL C., 1987 : Les systèmes de culture intercalaires du géranium rosat dans les Hauts de l'Ouest de la Réunion. IRAT-Réunion - ENSSAA. 110 p + annexes.
- DONSKOFF G., 1988 : Recherche et développement. Contribution à la mise en place d'un "Groupe de références" dans les Hauts de la Réunion. CIRAD-IRAT-Réunion - CNEARC - EITARC. 65 p + annexes.
- GARIN P., 1987 : Systèmes de culture et itinéraires techniques dans les exploitations à base de géranium dans les Hauts de l'Ouest de la Réunion. L'Agronomie Tropicale 42 (4) : p. 289-300.
- GIGNOUX I., 1988 : Analyse évolutive et prospective de la production de géranium à la Réunion. CNEARC - IRAT-Réunion. 85 p.
- IRAT, 1987 : Des chercheurs chez les paysans. IRAT-Montpellier. 20 p.
- KLUTCHCOUSKI J., SEGUY L., 1986 : Rapport de mission à l'île de la Réunion. 25-29 Avril. Note IRAT. 4 p + 2 annexes.
- MICHELLON R., 1978 : Le géranium rosat à la Réunion : L'intensification de sa culture et les perspectives d'amélioration génétique. L'Agronomie Tropicale 3 (1) : p. 80-89.

-MICHELLON R., 1982 : Peut-on intensifier la culture du géranium rosat ? Mémoire en vue de l'inscription sur la liste d'aptitude au métier de conseiller agricole, St-Denis, IRAT-Réunion, 27 p.

-MICHELLON R., 1987 : Amélioration des systèmes de culture à base géranium. Rapport annuel IRAT-Réunion, p. 75-90.

-MICHELLON R., 1988 : Systèmes de culture sur les sols andiques de l'île de la Réunion, p. 95 à 111. In CIRAD 1988: Les andosols de l'île de la Réunion. Préparation d'un programme de recherches pluridisciplinaires. Séminaire de St-Denis. 24Mai-01 Juin. CIRAD - CNRS - INRA - ORSTOM - Université.

-MICHELLON R., BRIDIER B., 1988 : Evolution d'un programme de recherche sur les systèmes d'exploitation des Hauts de l'Ouest de la Réunion. L'agronomie Tropicale 43 (4), p. 317-325.

-MICHELLON R., CHASTEL J.M., 1988 : Recherches sur les systèmes de production agricole dans les Hauts de l'Ouest, p. 97-111. In : IRAT-Réunion: Cinq années de recherches agronomiques 1984-1988. Rapport annuel, 152 p.

-MICHELLON R., HEBERT A., GARIN P., 1986 : Tests par les agriculteurs de nouvelles techniques de culture du géranium dans les Hauts de l'Ouest. Fiche d'essai IRAT-Réunion N° 24, 16 p.

-OUF H., 1987 : Les perspectives de mécanisation dans les Hauts de l'Ouest. CEEMAT-Réunion - ISTOM, 88 p + annexes.

-PERDRIOLLE V., 1987 : Evolution des exploitations agricoles attribuées par la SAFER dans les Hauts de l'Ouest de l'île de la Réunion. INPSA - CNEARC - IRAT-Réunion, 134 p.

-ROUAULT G., 1989 : Contribution à l'élaboration d'un référentiel géranium. ISTOM - IRAT-Réunion. 58 p + annexes.

-SEGUY L., 1985 : Rapport de mission à la Réunion. Saint-Denis, 03-09 Mai. Note IRAT. 15 p + 2 annexes.

-SEGUY L., 1988 : Notes techniques d'appui au programme de recherches des Hauts de l'Ouest de la Réunion. Le 02 Avril. Note IRAT, 12 p.

Bibliographie plus récente

-CHAMBRE D'AGRICULTURE, 1992 : Géranium : Enquête auprès d'un échantillon de producteurs. 52 p + annexes.

-DEJANTE P., MICHELLON R., VINCENT G., 1981 : Essai d'herbicides sur légumineuses de couverture. CIRAD/IRAT-Réunion. Fiche d'essai n° 1, 19 p + annexes.

- DOREE J.F., 1989 : Intérêt du travail minimum avec couverture dans les systèmes de culture des Hauts de l'Ouest de la Réunion. Mémoire ENSAM - CNEARC - IRAT-Réunion. 96 p.
- FONTAR X., THOMAS L., 1992 : Etude des effets allélopathiques d'une couverture de kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) sur géranium avec cultures vivrières et certaines plantes adventices. ESA - CIRAD-Réunion, 103 p + annexes.
- GAUDY F., 1990 : Comportement hydrodynamique et évolution de l'état structural des horizons de surface sous pluies simulée. Cas d'un andosol cultivé de l'île de la Réunion. CNEARC - CIRAD-Réunion, 90 p.
- GOUBAND F., 1992 : Fonctionnements hydrodynamiques superficiels d'andosols cultivés à la Réunion : Incidences d'itinéraires techniques anti-érosifs. DEA ENSAM - CIRAD-SAR-Réunion, 61 p.
- GUILLUY D., PERRET S., 1991 : Effets de couvertures permanentes sur la porosité d'andosols cultivés. Note technique 02/91 CEEMAT - LAGEPHY-Réunion, 14 p + annexes.
- MICHELLON R., 1989 : Plantes de couverture et travail minimum du sol en zone géranium. Rapport annuel CIRAD/IRAT-Réunion, p. 103-109.
- MICHELLON R., 1990 : Plantes de couverture et travail minimum du sol en zone géranium. Rapport annuel CIRAD/IRAT-Réunion, p. 56-57.
- MICHELLON R., 1992 : Gestion des sols et des cultures avec couverture végétale. Rapport intermédiaire d'une recherche financée par le MRT. Décision d'aide n° 90.G.0530. CIRAD-Réunion, 22 p.
- MICHELLON R., 1992 : Les systèmes de culture, p. 15-22. In : A.P.R. et al., Le géranium rosat à la Réunion. Ed. Commissariat à l'Aménagement des Hauts, St-Denis, 105 p.
- MICHELLON R., DEJANTE P., VINCENT G., 1992 : Implantation de couvertures en association avec des cultures vivrières. Aspects techniques et économiques. CIRAD-Réunion. Fiche d'essai N° 1.
- MICHELLON R., PERRET S., 1992 : La plantation, p. 45-49. In: A.P.R. et al., Le géranium rosat à la Réunion. Ed. Commissariat à l'Aménagement des Hauts, Saint-Denis, 105 p.
- MICHELLON R., PERRET S., ROEDERER Y., 1991 : Conservation et gestion des sols et des cultures. Rapport annuel, Le CIRAD à la Réunion, p. 81-84.
- MICHELLON R., SEGUY L., 1992 : Protocoles d'expérimentation sur les modes de gestion du sol avec couverture végétale. CIRAD-Réunion.

-MONIMEAU A., 1991 : Travail minimum avec couverture permanente du sol dans les systèmes de culture à base de géranium dans les Hauts de l'Ouest de la Réunion. DAT CNEARC- CIRAD-Réunion, 95 p.

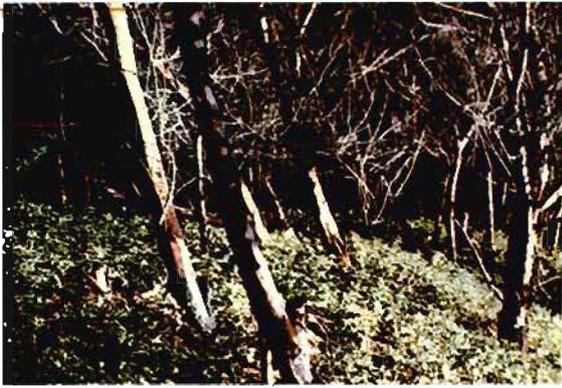
-PERRET S., 1993 : Propriétés physiques, hydriques et mécaniques des sols andiques de la Réunion. Facteurs d'évolution des horizons culturaux. Implications agronomiques et écologiques. Thèse ENSAM - CIRAD-SAR, 278 p + annexes.

-PY F., CLARIOND A., 1989 : Etude des relations entre stock organique, stabilité structurale et activité microbienne. D.A.A. ENSAT - IRAT-Réunion, 103 p.

-SEGUY L., 1992 : Mission d'appui technique au programme de conservation et de gestion des sols et des cultures dans les Hauts de l'Ouest de la Réunion. 27 Mars-02 Avril. Note IRAT, 17 p.

-SIGALAS V., 1992 : Etude de l'intégration de l'agroforesterie et des plantes de couverture dans les systèmes de production des Hauts de l'Ouest de la Réunion. D.A.A. ENSAIA - CIRAD-Forêt et CA. La Réunion, 31 p + annexes.

-RAUNET M., 1991 : Les pyroclastites (tufs et cendres) de la phase V, p. 163-259. In : Le milieu physique et les sols de l'île de la Réunion. Conséquences pour la mise en valeur agricole. CIRAD - Région Réunion, 438 p + carte.



Culture traditionnelle de geranium après défriche d'Acacia.
(Photo 1)

Cultura tradicional de gerânio após desmatamento da Acácia.
(Foto 1)



Les pourridies et le mildiou prolifèrent en monoculture et accentuent la baisse de fertilité.
(Photo 3)

Os "podridões" e o murchamento bacteriano proliferam em monocultura e acentuam a queda de fertilidade
(Foto 3)



La disparition progressive de la jachère arborée conduit sur ces fortes pentes à une érosion intense.
(Photo 2)

O desaparecimento progressivo da capoeira arbórea leva nesses declives posados a uma intensa erosão
(Foto 2)



Les temps de sarclage augmentent avec la multiplication des espèces vivaces, ainsi que le remplacement des manquant.
(Photo 4)

O tempo gasto nas capinas aumentam com a multiplicação das espécies perenes, assim como o replantio das falhas (o tempo gasto nas capinas é de 100 dias/ha no sistema tradicional).
(Foto 4)



Comparaison de systèmes de culture à Trois-Bassins conduite par la recherche et une dizaine d'agriculteurs.
(Photo 6)

Comparação de sistemas de culturas em "três bassins", conduzida pela pesquisa com 10 agricultores.
(foto 6)



Les trois quart des plantules produisent le germinum en permanence sur la même parcelle totalement désolée.
(Photo 5)

75% das agriculturas produzem o germinum na mesma parcela totalmente degradada.
(foto 5)



Test d'un apport réduit et localisé de matière organique en zone érodée sur haricot à Tan Rouge (les jeunes agriculteurs avaient délimité la zone avec fumier par un piquet !)
(Photo 8)

Teste de correção leve e localizada de matéria orgânica em área erodida sobre feijão (lado esquerdo após piquete).
(foto 8)



Essai thématique d'ajustement : comparaison de variétés de pomme de terre avec un groupe d'agriculteurs en formation à la Saline les Hauts.
(Photo 7)

Ensaio temático de ajuste : competição de cultivares de batata com um grupo de agricultores em treinamento na "Salines les Hauts".
(Foto 7)



Les rotations culturales permettent d'augmenter très sensiblement la production du géranium.
(Photo 9)

As rotações de culturas permitem aumentar notavelmente a produção de gerânio.
(Foto 9)



Outre la fumure organique, la date de plantation et la protection phytosanitaire conditionnent le rendement du haricot, et des cultures vivrières en général.
(Photo 10)

Além da adubação orgânica, a data de plantio e o controle fitossanitário condicionam a produtividade do feijão e das culturas de subsistência em geral.
(Foto 10)



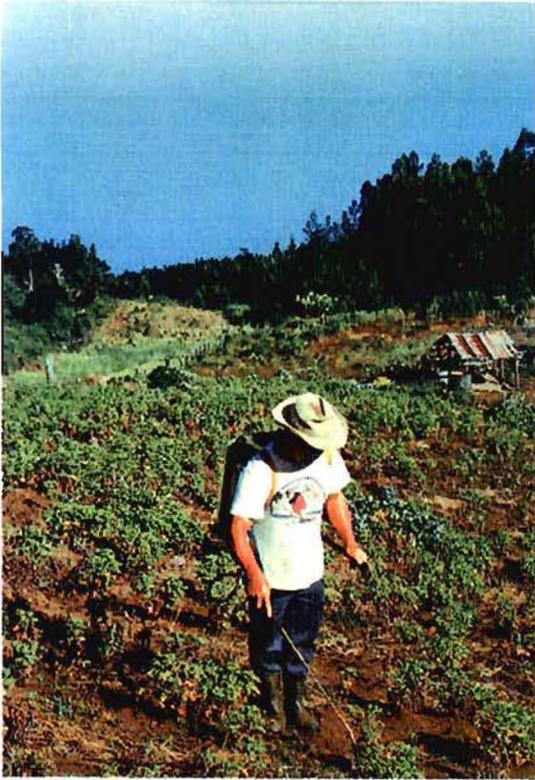
Les exploitations les plus diversifiées associant géranium, canne à sucre et cultures vivrières et maraichères présentent les meilleurs résultats économiques.
(Photo 11)

As propriedades mais diversificadas associando gerânio, cana-de-açúcar, culturas de subsistência e hortaliças apresentam os melhores resultados econômicos.
(Foto 11)



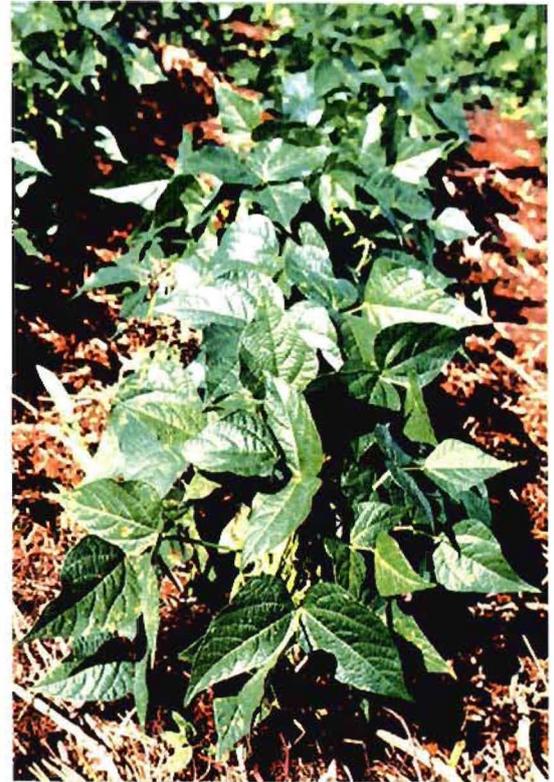
Lorsque la surface est très limitée, les intercalaires permettent d'augmenter le rendement du géranium.
(Photo 12)

Quando a área é muito limitada, as culturas intercalares permitem se aumentar a produtividade do gerânio.
(Foto 12)



La maîtrise complète des mauvaises herbes grâce aux herbicides réduit les temps de travaux, mais amplifie l'érosion.
(Photo 13)

O controle total das invasoras através dos herbicidas reduz o tempo gasto, todavia agrava a erosão.
(Foto 13)



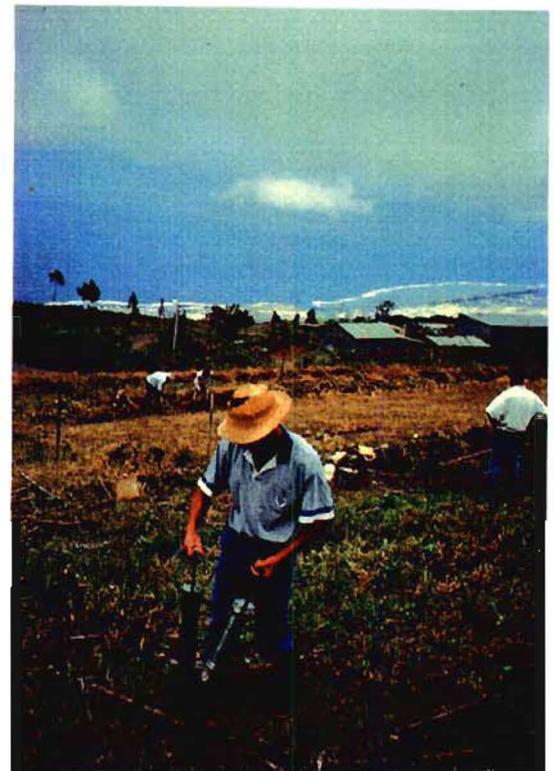
Habituellement éliminés par sarclage, les résidus de la culture précédente détruite au glyphosate constituent une couverture morte qui évite toute érosion.
(Photo 14)

Normalmente eliminada pela capina, a resteva da cultura precedente, destruída com glifosato constitui uma cobertura morta que evita qualquer erosão.
(Foto 14)



Avec une couverture de paille de canne, la prolifération des adventices est réduite.
(Photo 15)

Com uma cobertura de palha de cana, a proliferação de invasoras é reduzida.
(Foto 15)



Les cannes plantées permettent de semer au travers des couvertures.
(Photo 16)

As matracas permitem o plantio em cima das coberturas - altitude de 1 000 m - declives médios de 25%.
(Foto 16)



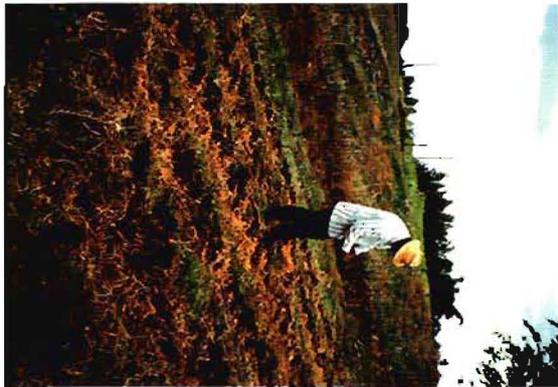
Tomates en saison des pluies dans une canne à sucre maîtrisée au glyphosate. Cette couverture disparaît dès la première saison.
(Photo 17)

Tomates durante a estação chuvosa, no meio da cana-de-açúcar controlada com glifosato. Essa cobertura desaparece logo após essa cultura.
(Foto 17)



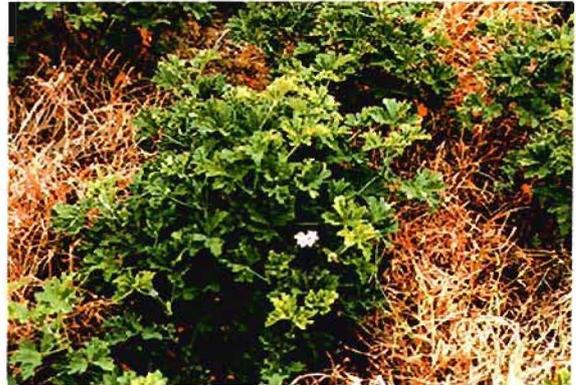
Une couverture permanente : le kikuyu, fourrage le plus répandu dans la zone et contrôlé aisément par un graminicide spécifique (appliqué ici en dirigé).
(Photo 18)

Uma cobertura permanente (lona viva) : o Kikuyu (*Pennisetum clandestinum*), forrageira mais difundida na região e facilmente controlada por um graminicida específico (aplicado em jato dirigido).
(Foto 18)



Préparation de la plantation du géranium dans le kikuyu
(Photo 19)

Preparo da implantação do gerânio no Kikuyu
(foto 19)



Maîtrise du kikuyu en cours de culture.
(Photo 20)

Controle do Kikuyu no decorrer da cultura do gerânio.
(foto 20)



Culture de haricot dans le kikuyu qui ensuite sera valorisé comme fourrage.
(Photo 21)

Cultura de feijão no meio do Kikuyu que será valorizado em seguida como forrageira.
(Foto 21)



Haricot en intercalaire de géranium associé à du kikuyu.
(Photo 22)

Feijão em cultura intercalada no gerânio, numa longa vivia de Kikuyu.
(Foto 22)



Etude des effets allélopathiques des exsudats racinaires du kikuyu sur les cultures ou les adventices (ici *Oxalis latifolia*).
(Photo 23)

Estudos de efeitos alelopáticos dos exsudatos radiculares do Kikuyu sobre as culturas ou as invasoras (aqui *Oxalis latifolia*). Efeitos alelopáticos evidenciados no *Bidens pilosa* e *Cyperus rotundus*.
(Foto 23)

Dans la zone, le desmodium est la légumineuse fourragère la plus productive. Il peut être utilisé comme couverture vive, associé avec le maïs, ainsi qu'avec le riz, haricot, ... mais pas avec le géranium
(Photo 24)

Na região, o Desmodium é a leguminosa forrageira mais produtiva. Pode ser usada como cobertura viva (zona viva), plantando milho, assim como arroz ou feijão, todavia isso é impossível com gerânio. Também identico com calopogônio.
(Foto 24)





Le lotier velu est une légumineuse qui s'associe avec le géranium.
(Photo 25)

O *Lotus uliginosus* (cv. Maku) é uma leguminosa que se consorcia com o gerânio.
(Foto 25)



Il est préférable de l'installer sous couvert d'une culture à cycle court (ici du maïs, suivi d'un haricot).
(Photo 26)

É preferível instalar o *Lotus* dentro de uma cultura de ciclo curto (aqui milho seguido de feijão).
(Foto 26)



Il colonise entièrement le terrain, mais il peut être facilement contrôlé pour des cultures ultérieures de haricot (ou maïs, tomate, artichaut,...).
(Photo 27)

O *Lotus* coloniza inteiramente o campo, porém pode ser facilmente controlado dentro das culturas ulteriores = feijão, milho, tomate, alcachofra.
(Foto 27)



Le lotier assure une protection totale du sol contre l'érosion.
(Photo 28)

O *Lotus* assegura uma proteção total do solo contra a erosão. Efeito muito forte na vida biológica do solo.
(Foto 28)



Implantation de la "pistache fourragère", *Arachis pintoi*, au cours du cycle du hancoot.
(Photo 33)

Implantação do *Arachis pintoi*, durante o ciclo do feijão
(Foto 33)



L'*Arachis* présente un double intérêt : port rampant et large adaptabilité.
(Photo 34)

O *Arachis* apresenta um interesse duplo, porte rasteiro e larga adaptabilidade. Ele se difundiu muito rapidamente na ilha.
(Foto 34)



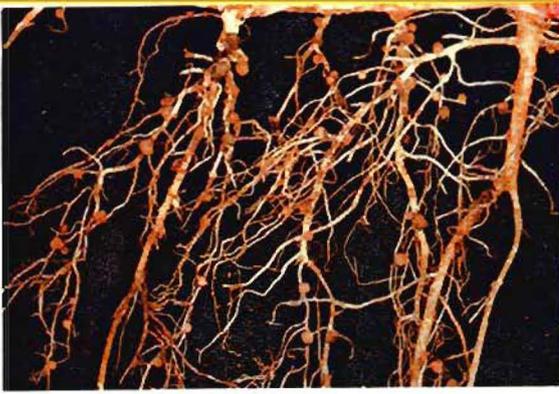
Une plus grande protection contre les accidents climatiques peut être obtenue grâce à un embocagement des parcelles.
(Photo 35)

Uma maior proteção contra os acidentes climáticos pode ser alcançada através da multiplicação de cercas vivas em volta das parcelas.
(Foto 35)



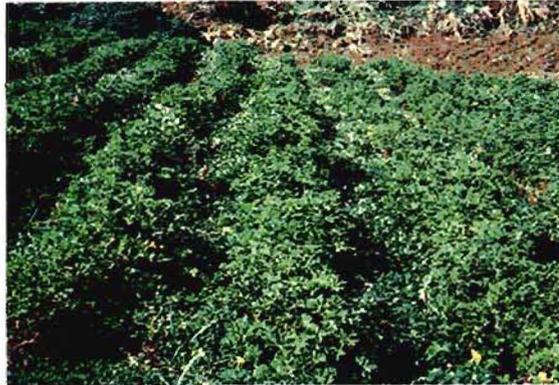
Comme les couvertures, ces arbustes fourragers tels le *Calliandra callothyrsus*, complètent le ration des animaux.
(Photo 36)

Como as plantas de coberturas, arbustos forrageiros tais como o *Calliandra callothyrsus* permitem complementar a ração dos animais.
(Foto 36)



Grâce à ses nodules, le lotier fixe l'azote atmosphérique (photographie de B. VERCAMBRE).
(Photo 29)

Grças a suas nodosidades, o lotus fixa o nitrogênio atmosférico, que em parte é transferido para as culturas.
(Foto 29)



L'implantation du trèfle du Kenya est moins facile, mais ensuite il ne nécessite aucun entretien.
(Photo 31)

Implantação do trevo do Kenya (*Trifolium sempijosum*) é mais difícil, porém, em seguida não necessita mais manutenção.
(Foto 31)



La bête meulière la fertilité du sol à court terme permettant ainsi de réduire les apports de fumure (surtout disponibles en sol nu).
(Photo 30)

O lotus restaura a fertilidade do solo a curto prazo, permitindo assim reduzir as reposições de adubos orgânicos (imprescindíveis em solo descoberto).
(Foto 30)



Couverture du trèfle sous pêcher : intérêt comme plante mellifère.
(Photo 32)

Cobertura do trevo sob pessegueiros : interesse como planta melífera.
(Foto 32)

BIBLIOGRAPHIE
GENERALE

- BIBLIOGRAPHIE GENERALE-

- (1) SEGUY L.
Rapport analytique, études des systèmes de production potentiels à base de riz pluvial
Sao Luis : Convenion EMAPA, IRAT, 1979, 2 vol. 368 p. + annexes, pag. multiple

- (2) BOUZINAC S., SEGUY L.
Contribution et proposition pour la mise au point de systèmes de production potentiels applicables à court terme au développement régional : quelques aspects méthodologiques. Deux exemples d'applications possibles au Nord-Est du Brésil (Maranhao)
Montpellier : IRAT, 1980, 68 p. tabl., bibl. 3 réf.

- (3) SEGUY L., BOUZINAC S.
Une démarche expérimentale d'élaboration de systèmes de production utilisables par les petits paysans (région du Cocais au Maranhao, Brésil)
CIRAD-IRAT, 1980/07, 48 p.

- (4) SEGUY L., BOUZINAC S.
Mise au point de modèle d'exploitation en culture manuelle, utilisable par les petits producteurs de la régions du Cocais (Maranhao, Nord-Est du Brésil)
Paris : IRAT, 1981, 105 p., tabl., graph., photocopie

- (5) SEGUY L., NOTTEGHEM J.L., GUIMATSA M., BOUZINAC S.
Influence du type de sol sur la résistance à la pyriculariose de 5 variétés de riz en culture pluviale
Symposium sur la résistance du riz à la pyriculariose, Montpellier, 1981/03/18-20
Montpellier : IRAT, 1981, 14 p.

- (6) SEGUY L.
Rapport analytique : systèmes de production à base de riz pluvial, région du Cocais, Bacabal, Maranhao Nord-Est du Brésil, 1979-1980-1981, 1ère partie : agro-économie, 2ème partie : recherches thématiques
CIRAD-IRAT, 1981 - 1ère partie : 402 p., 2ème partie : 310 p.

- (7) SEGUY L., MENDEZ SILVA J.J., BOUZINAC S.
La fixation de l'agriculture itinérante et la lutte contre les mauvaises herbes dans les systèmes de production manuels des petits agriculteurs de la région du Cocais, Maranhao, Nord-Est du Brésil, 1979-1981
EMAPA-IRAT, 1981, 99 p.

- (8) BOUZINAC S., SEGUY L., GALDEZ J.H.O.
Fixation de la culture itinérante et maintien de la fertilité dans divers systèmes de culture manuels pratiqués par les petits agriculteurs de la région du Cocais-Maranhao, Nord-Est du Brésil 1979-1981
Sao Luis : EMAPA, Paris : IRAT, 1982, 82 p., bibl. 7 réf., tabl., graph.

- (9) SEGUY L.
 Development of upland rice production systems for small farmers in the northeastern Brasil
 Réunion Internationale sur le riz pluvial, 1982/10/04-08
 Goïas : EMBRAPA, Paris : IRAT, 1982, 6 p., tabl.
- (10) SEGUY L.
 Mise au point de modèles de systèmes de production en culture manuelle à base de riz pluvial utilisables par les petits producteurs de la région du Cocais au Maranhao, Nord-Est du Brésil, Etat du Maranhao
 Agronomie Tropicale, 1982, vol. 37, m. 3, pp. 233-261, cartes, tabl., graph., bibli, 8 réf.
- (11) SEGUY L., SILVA J.L. RIBEIRO DA, BOUZINAC S.
 L'amélioration variétale du riz pluvial dans les systèmes de production manuels pratiqués par les petites paysans de la région du Cocais au Maranhao Nord-Est du Brésil, 1979-1980
 Sao Luis : EMAPA, 51 p. 19 réf.
- (12) SEGUY L.
 Perfecting farming systems models for upland rice manual cultivation an overview of upland rice research, upland rice workshop, Bouaké, 1982
 Los Banos : IRRI, 1984, pp. 545-548
- (13) SEGUY L., BOUZINAC S.
 Rapport de synthèse 1983-1988 sur la mise au point des systèmes de cultures à base de riz pluvial dans le Brésil central
 Goiania : CIRAD-IRAT, Mission IRAT Brésil, 1988, 64 p.
- (14) SEGUY L., BOUZINAC S., PACHECO A., CARPANEDO V., DA SILVA V.
 Perspectiva de fixacao da agricultura na regio Centro-Norte do Mato Grosso
 Caso da Fazenda Progresso - Sorriso/MT
 Cuiaba : EMAPA, 1988, 52 p.
- (15) SEGUY L., BOUZINAC S., MOREIRA J.A., DE RAISSAC M., KLUTHCOUSKI J.
 Influence of soil management patterns on maintenance of fertility in the Brazilian Central Plateau
 International Symposium on rice production on acid soils of the tropics
 Kandy, 1989/06/26-30
 Goiania : CNPAF - EMBRAPA, 1989, 12 p.
- (16) SEGUY L., 1989-90
 Première évaluation de l'adoption par les agriculteurs du centre ouest brésilien des technologies mises au point par la recherche franco-brésilienne
 Doc. IRAT, 55 p.

- (17) SEGUY L., 1990-91
Evaluation de l'adoption par les agriculteurs du centre ouest brésilien des techniques mises au point par la recherche franco-brésilienne, seconde phase
Doc. IRAT, 118 p.
- (18) SEGUY L., BOUZINAC S., PACHECO A.
Un test simple pour évaluer la cinétique et la profondeur de l'enracinement du riz pluvial, à l'usage des agronomes et des sélectionneurs
Montpellier : CIRAD-IRAT, DCV Programme riz, 1989, 10 p.
- (19) SEGUY L., BOUZINAC S., PACHECO A.
Une nouvelle technologie très lucrative et de moindre risque adaptée aux cerrados humides du Mato Grosso : la succession annuelle soja de cycle court suivi de sorgho, semé par avion un mois avant la récolte de soja ou en semis direct au fur et à mesure de la récolte du soja
CIRAD-IRAT, 1989, 11 p.
- (20) SEGUY L., BOUZINAC S., PACHECO A.
Les principaux facteurs qui conditionnent la productivité du riz pluvial et sa sensibilité à la pyriculariose sur sols rouges ferrallitiques d'altitude
Goiania, Centre-Ouest brésilien
Montpellier : CIRAD-IRAT, 1989, 41 p.
- (21) SEGUY L., BOUZINAC S., PACHECO A., KLUTCHCOUSKI J.
Des modes de gestion mécanisés des sols et des cultures aux techniques de gestion en semis direct, sans travail du sol, appliqués aux cerrados du Centre-Ouest brésilien
Goiania : CIRAD-IRAT-CNPAF, 1989, 165 p.
- (22) SEGUY L., BOUZINAC S.
La recherche appliquée au service du développement régional Brésil, 1990
Document I, p. 6-70, rapport interne CIRAD-CA
- (23) SEGUY L. et al.
Gestion des sols et des cultures dans les zones de frontières agricoles des cerrados humides du centre-ouest, Brésil, 1991, p. 107.
Doc. interne CIRAD-CA
- (24) SEGUY L. et al.
Gestion des sols et des cultures dans les zones de frontières agricoles des cerrados humides du centre-ouest brésilien
Tomes I et II (p. 65, p. 34), 1992
- (25) SEGUY L., BOUZINAC S., PIERI C.
An approach to the development of sustainable. Farming systems ; in : evaluation for sustainable land management in the developing world. Technical papers.
ISBRAM Proceedings n° 12, vol. II, Bangkok, Thailand 1991

(26) DIFFUSION DANS LES MEDIAS :

◆ Revue brésilienne :

- ▶ Mensuel "guia rural" juillet 1989, p. 48152 "O buraco e mais en baixo" sur préparation du sol"

◆ Journaux brésiliens :

- ▶ Divers articles dans le "suplemento agricola du jornal "O popular" de Goiania, le plus vendu dans le Goias
23 mars 1988 - "Vida nova para o solo : aração" (sur le labour)
7 juin 1989 - "Pasto ruim" : arroz nele" (sur récupération paturages)
Juillet 1989 - "O sorgho que caiu do ceu" (sur la succession du sorgho semé par avion dans la culture de soja)
- ▶ Divers articles de 1989 à 1992 dont en 1990 : "Agricultura e pecuaria" Mistura a France sa (guia rural)

◆ Journaux français :

- ▶ Le Figaro du 19/01/88 - "La foudroyante offensive brésilienne de J.L. PEYTAVIN
- ▶ Le Monde du 26/04/88 - "Sur les nouvelles frontières agricoles du Brésil" par E. FOTTORINO

◆ Production audiovisuelle :

- ▶ 1 diaporama de 316 diapositives (slides) - français et portugais
. Création - diffusion de systèmes de cultures à base de riz pluvial dans les cerrados du Centre-Ouest brésilien 1989
Sur huit thèmes :
 - . Milieu de l'étude
 - . Méthodologie
 - . Adventices
 - . Relation climat eau-sol-plante
 - . Productivité et stabilité des rendements
 - . Conséquences économiques
 - . Montage d'un logiciel d'aide à la décision
 - . Recommandations
- ▶ 1 film vidéo en portugais (traduit en français) CIRAD-Paris
Perspectives de fixation de l'agriculture dans la région Centre-Nord du Mato Grosso - exemple de la FAZENDA PROGRESSO (17 minutes).

- (27) BELLON S., MONDAIN MONVAL J.F., PILLOT D., 1985
 Recherche-Développement et farming system research : à la quête de l'opérationnalité
 GRET -
 Colloque systèmes de production agricoles caribéens et alternatives de développement
 - Université Antilles - Guyane - 9-10-11 mai 1985
- (28) SIMMONDS N.W., 1984
 The state of the art of farming systems research in Sadoscope n° 16, juin 1984
- (29) TRIOMPHE B., 1987
 Méthodes d'expérimentation en milieu paysan. Approche bibliographique
 1987/DSV n° 4, doc. interne IRAT
- (30) HUSSON O., 1991
 "Création-diffusion" of cropping systems : a french farming system approach, 1991
 Doc. interne IRAT
- (31) CHARPENTIER H., 1989
 Mise au point et adaptation d'alternatives "systèmes" régionalisées, 1989
 Doc. interne IDESSA, DCV
- (32) CHARPENTIER H., COULIBALY F., KAFAO L., 1991
 Rapport analytique campagne 1990 : expérimentation sur les terroirs villageois de
 Tcholelevogo 1991, note technique 40/90, IDESSA/DCV, juillet 1991
- (33) CHARPENTIER H., 1989
 Amélioration des systèmes de culture pour et avec des petits paysans à Madagascar,
 1989
 Doc. interne IRAT
- (34) AUTFRAY P., 1992
 Sédentarisation de l'agriculture en Côte d'Ivoire : cas de la zone de forêt, octobre
 1992
 Rapport activité IDESSA, 21 p.
- (35) MICHELLON R., 1991
 Compte rendu d'activité pour le premier semestre 1991. Amélioration des systèmes
 de cultures en zone geranium.
 Doc. interne IRAT, 1991
- (36) MICHELLON R., 1992
 Fiche d'essai n° 1 - Implantation de couvertures en association avec des cultures
 vivrières. Aspects techniques et économiques
 CIRAD-IRAT Réunion, Doc. interne
- (37) MICHELLON R., 1992
 Gestion des sols et des cultures avec couverture végétale
 Doc. interne CIRAD/IRAT Réunion

- (38) MICHELLON R., BRIDIER B., 1988
 Evolution d'un programme de recherche sur les systèmes d'exploitation des hauts de l'Ouest de la Réunion
 In Agronomie Tropicale, vol. 43, n° 4, pp. 317-325
- (39) SEBILLOTTE M., 1974
 Agronomie et agriculture. Essai d'analyse des tâches de l'agronome
 Cah. ORSTOM, sér. biol. 3, 2, 3-25
- (40) SEBILLOTTE M., 1975
 Comment aborder et suivre l'introduction dans un système de culture de nouveaux procédés de travail du sol
 N° spéc. Bull. Techn. Inform. Minist. Agric. Paris 302/303, 555-567
- (41) SEBILLOTTE M., 1978
 Itinéraire technique et évolution de la pensée agronomique
 CR Acad. Agric. Fr. 64, 906-914
- (42) SEBILLOTTE M., 1985
 Cultures (système de)
 Encyclopaedia Universalis, Corpus 5
- (43) MARTINEZ J.C., 1984
 La mise au point d'une technologie adaptée aux contraintes et aux atouts de l'agriculteur : l'approche du CIMMYT
 Doc. de travail CIMMYT, 27 p.
- (44) SEGUY L., GIGOU J., RAUNET M., 1976
 Un exemple des relations : étude du milieu physique, expérimentation agronomique, mise en valeur de la culture dans la plaine des M'Bos Ouest-Cameroun
 Agronomie Tropicale, 1976, vol. 31, n° 2, pp. 114-140
- (45) SEGUY L., 1977
 Influence et conséquences de différents modes de préparation du sol sur la culture du riz pluvial dans la plaine des M'Bos (Ouest Cameroun) de 1967 à 1974
 Journées techniques de mécanisation des exploitations individuelles des pays chauds, Paris, 1977, 03/10, SIMA-CEEMAT, 1977, pp. 197-225
- (46) SEGUY L., 1977
 La riziculture pluviale dans la plaine des M'Bos - Ouest Cameroun
 Séminaire sur la mécanisation des exploitations individuelles des pays chauds, Paris, 1977, 03/10, CEEMAT, 52 p.
- (47) ATTONATY J.M., HAUTCOLAS J.C., 1970
 Du programme linéaire au calcul automatisé du budget d'exploitation agricole
 BTI 255, p. 712-740

- (48) ARNAUD M., 1979
Missao ao estado do Maranhao 27 nov. a 11 dec. 1979
Doc. interne IRAT
- (49) FOL P., 1992
Cartographie de l'occupation des sols à l'aide d'images SPOT. Etude de faisabilité sur
la fazenda progresso
Doc. interne IRAT
- (50) BUTLER R., 1982
In soil management
Ed. Davies Eagle et Finney
- (51) KRAUSE R. et LORENZ F., 1979
Bodenbearbeitung in den tropen und subtropen
GTZ Schiftenreihe 79, 1979, 20 p.
- (52) DERPSCH R., 1983
Preparo do solo para culturas anuais
IAPAR, Londrina, 1983, 53 p.
-

LA GOUTTE D'ENCRE

34 000 MONTPELLIER FRANCE

TEL : 67. 65. 30. 96.