

MODÉLISATION ET MISE EN PRATIQUE DES SYSTÈMES DE CULTURE MÉCANISÉS EN MILIEU RÉEL, POUR, AVEC ET CHEZ LES PRODUCTEURS, EN ZONE TROPICALE HUMIDE - L'EXPÉRIENCE DE LA FAZENDA PROGRESSO, UN EXERCICE PRATIQUE, PERENNISÉ SUR 6 ANS, RICHE D'ENSEIGNEMENTS POUR LA RECHERCHE-ACTION EN MILIEU RÉEL.

Séguy L.(1), Bouzinac S.(1)

RÉSUMÉ

Une démarche de recherche-action en milieu réel, élaborée avec, pour et chez les agriculteurs, à caractère synthétique, permet de proposer aux producteurs des choix de systèmes de culture et l'organisation d'assolements diversifiés. Les systèmes de culture conçus et pratiqués en conditions d'exploitation réelles avec les acteurs, sont évalués sous tous les aspects agronomiques, techniques et économiques qui président à la prise de décision.

Dans un premier chapitre, les auteurs décrivent la méthodologie expérimentale : ses concepts, ses règles d'utilisation pour sa mise en pratique avec les acteurs du développement, ses objectifs à court, moyen et long termes, sa mise en application pratique sous forme d'unités expérimentales pérennisées de "création-diffusion" de technologies et formation, ses limites et champs d'utilisation.

Un exemple concret, à partir du système généralisé de monoculture de soja pratiqué avec des modes de gestion des sols destructeurs sur les fronts pionniers de la zone tropicale humide de l'Ouest du Brésil, sous une pluviométrie devastatrice comprise entre 2 000 et 3 000 mm annuels, illustre les possibilités de création et diffusion de systèmes de culture sur une très vaste échelle et la fiabilité de la démarche utilisée.

Mots et expressions clés : *diagnostic, modélisation, systèmes de culture, itinéraires techniques, modes de gestion des sols et des cultures, rendements, marges, capacité des équipements, corrélations, riz pluvial, soja.*

SUMMARY

MODELING AND IMPLEMENTATION OF ON-FARM MECHANIZED CROPPING SYSTEMS WITH AND FOR FARMERS OF THE HUMID TROPICS. THE EXPERIENCE OF FAZENDA PROGRESSO, A PRACTICAL EXERCISE PERENNIAL OVER 6 YEARS, WITH MANY LESSONS FOR ON-FARM RESEARCH-ACTION.

An on-farm research action and systems approach, developed with, and for farmers, allows them to choose between new cropping systems and to organize different cropping patterns. The cropping systems developed and practiced under real farming conditions with the farmers are evaluated on all agronomic, technical and economic aspects which influence decision making.

In the first part, the authors describe the experimental methods : their concepts, their guide-lines for implementation with the agents of development, their short, medium and long-term objectives, their execution in practice in the form of perennial experimental units of technology-generation, their limitations and their areas of validity testing.

A concrete example, starting from the the generalized system of soybean monoculture which is practiced with destructive soil management in the frontier regions of the humid tropics of West Brazil, under devastatingly high rainfall (2 000-3 000 mm/year), exemplifies the possibilities of generation-diffusion of very large scale cropping systems and the high dependability of the approach.

Key words and phrase : *diagnostic survey, modeling, cropping systems, technical itineraries, soil and crop management, yields, profit margin, machinery capacity, correlations, upland rice, soybean.*

(1) L. SÉGUY et S. BOUZINAC sont agronomes du CIRAD-CA basés au Brésil(*)

(*) CP 504 - a/c Tasso de Castro - Agência central -
74001-970 - Goiânia - Goiás - BRÉSIL
Tel. et Fax 62.2481591

I. INTRODUCTION: La recherche des meilleurs compromis entre produire des connaissances et donner des solutions praticables aux problèmes des agriculteurs -

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 durable d'aliments de base, rentable et, plus récemment, préservatrice de l'environnement.

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

Comment proposer aux agriculteurs, dans un milieu donné, à partir de références expérimentales éprouvées, un choix optimisé de systèmes de culture, stables et lucratifs dans des conjonctures climatique et économique le plus souvent extrêmement fluctuantes?

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 et chercheurs des pays tropicaux ont dû résolument engager dans une recherche-action pérennisée, en prise directe dans le milieu réel physique et humain, avec le plus souvent, des moyens matériels et analytiques dérisoires, voire inexistantes, 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 les plus souvent contradictoires telles que la finesse d'analyse et d'explication scientifique (produire de la connaissance) et la nécessité impérieuse et immédiate de fournir, des solutions attractives et praticables pour les agriculteurs (donner des solutions techniques au développement).

Pour aborder cette situation de compromis permanent en milieu réel, de nombreuses et diverses méthodes d'expérimentation en milieu paysan ont été élaborées par la recherche internationale, tant par l'école Française : IRAT, DSA au sein du GERDAT, puis CIRAD-SAR, GREC, INA-PG, ORSTOM, ITCF, INRA, que par les institutions internationales dont le CIMMYT, l'IRRI, le CIP et l'ICRISAT pour ne citer que les plus impliquées dans cette démarche [Bellon S. et al., 1985 (2); Simmonds W. N., 1984 (23); Husson O., 1991 (3), Triomphe B., 1987 (26)].

Mais, dans la crise sans précédent que traversent actuellement les agricultures des pays en voie de développement sur tous les continents, l'agronomie tropicale va se trouver maintenant confrontée nécessairement à des enjeux encore plus décisifs et incontrournables pour les 10 années à venir, enjeux qu'il convient d'intégrer dans ses priorités stratégiques, ses objectifs scientifiques, et sa démarche d'intervention :

- face aux perturbations anthropogéniques accélérées déjà évoquées : dégradation du capital sol due à la pression démographique croissante, 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 de plus en plus contraignantes, mais qui doivent rester accessibles aux agriculteurs.

- 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 aménage-

ments structurels et organisationnels nécessaires à ce développement :

- aménagement de l'espace rural, pour une meilleure gestion des terroirs agricoles 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 de gestion du moindre risque [Séguy L. et al., 1984 (12), 1989 (14), 1992 (20), 1994 (22)].

L'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 développements 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 le résumé d'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 plus stable, avec la participation active des acteurs⁽¹⁾.

II - MATERIEL ET METHODE

2.1 Concepts et objectifs de la recherche-action en milieu réel : répondre à la fois à l'attitude toujours "immédiatiste" des agriculteurs et construire les bases du développement durable, à plus long terme.

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

(1) Cette démarche agronomique de synthèse, dénommée "création-diffusion" de technologies en milieu réel, a fait l'objet d'un mémoire consistant, de 191 pages, en octobre 1994, auquel le lecteur pourra, si besoin, se reporter [Séguy L., Bouzinac S., Charpentier H., Michellon R., 1994 (22)].

qu'ils exploitent, doit toujours, au cours de son intervention dans le processus de fixation d'une agriculture durable, concilier les objectifs suivants :

- fournir des alternatives qui soient agronomiquement justifiées, techniquement praticables, économiquement plus stables et attractives que les systèmes actuels (flexibilité des travaux, marges) ;
- permettre à tout moment, au cours des divers scénarios de fixation de l'agriculture expérimentés: de hiérarchiser les principaux facteurs limitants dans chaque système proposé, au fur et à mesure qu'ils apparaissent, de donner des solutions techniques applicables 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 du statut de fertilité du capital sol, sous l'action des différents systèmes de culture et pouvoir la prédire, la préserver et l'améliorer à moindre coût,

- confronter les nouvelles propositions systèmes de culture à un pas de temps suffisant, pour qu'elles soient éprouvées avant 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 sur la préservation de l'espace rural. 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, en milieu réel, avec les acteurs,

- assurer une formation permanente sur place, continue et dynamique, et donc une "professionnalisation" accélérée des différents partenaires du développement : chercheurs,

vulgarisateurs, agriculteurs,

- orienter efficacement les recherches thématiques amont, au profit du progrès des systèmes techniques de culture et assolements régionaux,

- permettre, au cours de 3-4 ans de fonctionnement de ces unités pérennes expérimentales d'identifier de véritables outils d'aide à la prise de décision pour les utilisateurs : diagnostic agronomique, conseil de gestion.

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 (sommés critères de choix des chercheurs, vulgarisateurs et agriculteurs).

Le contenu du programme des 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 le plus important pour construire l'avenir des sociétés rurales à moyen et long termes, dans un environnement maîtrisé et stable.

2.2. Règles de base de l'intervention de la recherche-action sur les systèmes de culture : donner une dimension technico-économique à l'expérimentation, savoir hiérarchiser les facteurs de production au cours du temps, faire participer les agriculteurs au processus de création de l'innovation, les laisser choisir.

La recherche-système conduite en conditions réelles d'exploitation (vraie grandeur) et en milieu réel, peut être un instrument déterminant de progrès des systèmes de culture, 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 les unités expérimentales 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 géomorphopédologique et anthropique, intégrer sur le même terroir, les deux faciès le plus différenciés pour encadrer la variabilité du facteur fertilité actuelle⁽¹⁾.

- ces nouvelles alternatives doivent être analysées sous tous les critères complémentaires qui président à la prise de décision, soit les critères agronomiques, techniques et économiques, simultanément.

- la recherche-système doit être, enfin, 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 proposables, donc de créer la base expérimentale physique, d'une pluridisciplinarité effective et cohérente.

Sur le plan de la démarche d'intervention, la recherche-action 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, la faisabilité des techniques, les coûts de production, marges).

- analyser leurs performances et leurs interactions, avec celles des

(1) - Faciès le plus proche du milieu originel, naturel, et faciès le plus dégradé par la mise en culture.

systèmes actuels (conflits ou au contraire complémentarité avec calendriers des systèmes traditionnels),

- diagnostiquer les facteurs limitants au fur et à mesure qu'ils apparaissent dans le processus de fixation de l'agriculture, les hiérarchiser, donner des solutions praticables, 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 leur 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,

- une méthode rigoureuse d'étude des interactions entre les facteurs de production et les hommes qui les pratiquent avec leur 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 réducteurs 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.

Le rôle de la recherche-action en milieu réel, est donc de 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'autoconsommation, 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.

2.3 Les différentes étapes de la démarche de création-diffusion de systèmes de culture en milieu réel : un processus, continu, des étapes étroitement imbriquées.

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 [Séguy L. et Bouzinac S., 1980 (11), Séguy L. et al., 1984 (12), 1989 (14)].

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 imbriquées, la caractérisent (schémas 1 et 2) :

- un diagnostic rapide de situation,

- la création en continu de référentiels techniques évolutifs,

- la diffusion continue de technologies qui peuvent être :

- des thèmes adoptés isolément par les agriculteurs : variétés, fumures, pesticides, techniques culturales, etc...

- des itinéraires techniques complets par culture [Sebillotte M., 1974 (8), 1978 (9)].

- des systèmes de culture [Sebillotte M., 1978 (9), 1985 (10)], des modes de gestion des sols et des cultures [Séguy L., Bouzinac S. et al., 1989 (14)] et des assolements.

A) Le diagnostic initial rapide : réunir en un an, les éléments minimums relatifs au milieu physique et socio-économique, pour engager l'action.

Le diagnostic est un processus continu : au départ, comme préalable à toute création d'innovations, ensuite, pour suivre et aménager l'évolution des systèmes de cultures et de production, des terroirs, qu'engendrent la diffusion et l'adoption des innovations.

- 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 (6)], réunissant chacun des sommes de contraintes, entraves et points forts de nature agronomique, technique, socio-économique.

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 'region 1/20.000 à 1/100.000),

- à une analyse succincte de l'occupation agricole des terroirs.

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 ; 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 basse 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 de pluies, par voies d'enquêtes rapides, 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

À l'échelle de 2 unités de paysage retenues les plus différenciées : suivi du profil cultural (donc des techniques dont il est issu) et de ses relations avec :

- le processus d'érosion et la dynamique des états de surface,
- la flore adventice et sa concurrence (identification des espèces les compétitives),
- pressions parasitaires des cultures (maladies cryptogamiques,

insectes, etc...)

- production de matière sèche des différentes cultures, détection des principales déficiences, carences 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 les critères suivants :

- autoconsommation prioritaire, ou accès à l'économie de marché, au crédit, équipements,

- pouvoir acquisitif,

- capacité à absorber des 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.

À 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 statut de fertilité du sol,

- négociation entre les agriculteurs, la recherche et la 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 fond 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.

B) Le processus de création de technologies en milieu réel : différencier et gérer la diversité agrotechnique pour mieux comprendre son évolution. Modéliser les systèmes de culture avec les agriculteurs, dans leur milieu.

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.

1) La modélisation

La modélisation des systèmes se fait à partir du diagnostic initial et doit prendre en compte, simultanément (schéma 3)

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

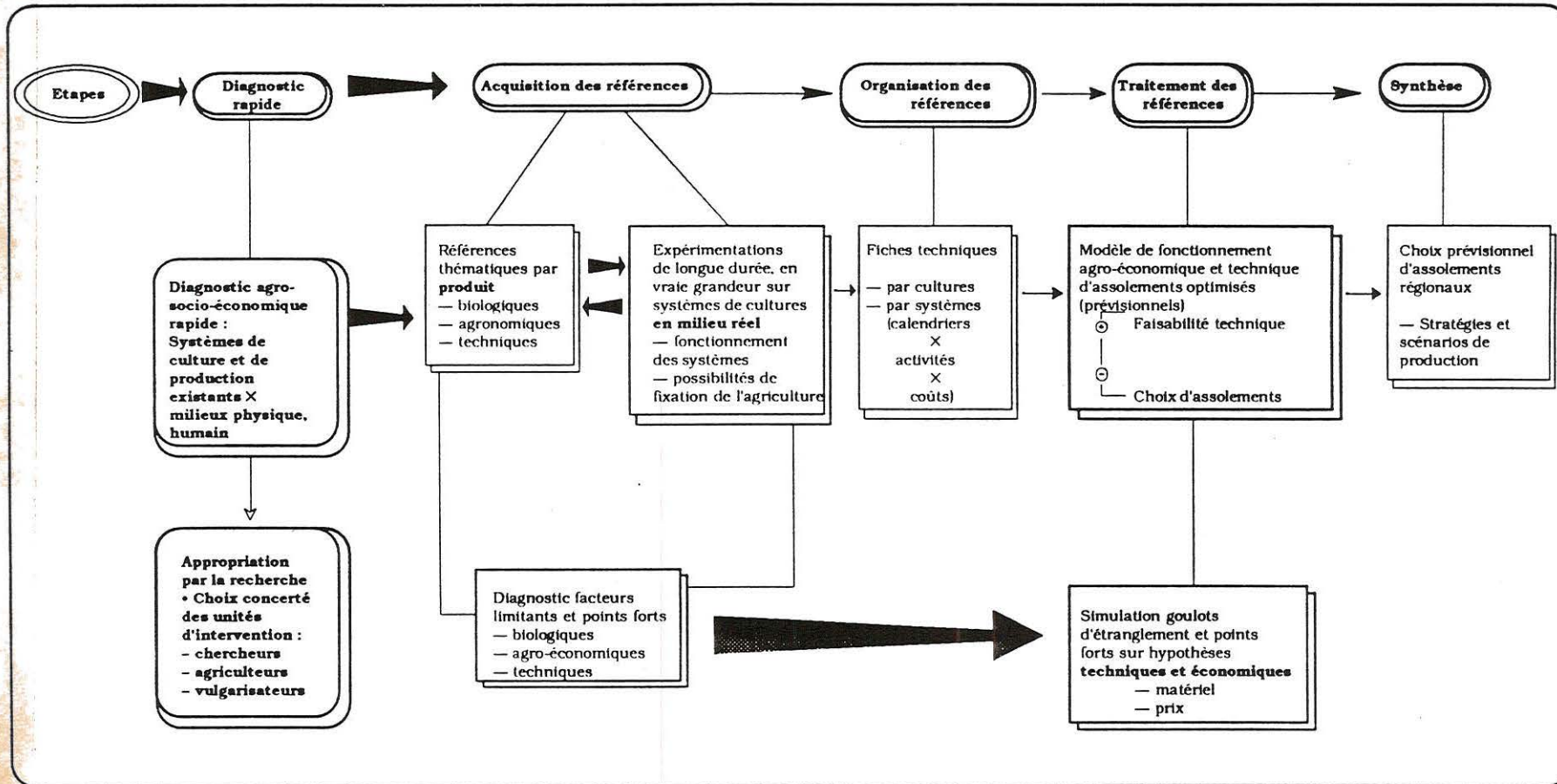


Schéma 2 : Fonctionnement global du modèle d'optimisation des systèmes de culture — CNPAF, 1989, L. Séguy, S. Bouzinac.

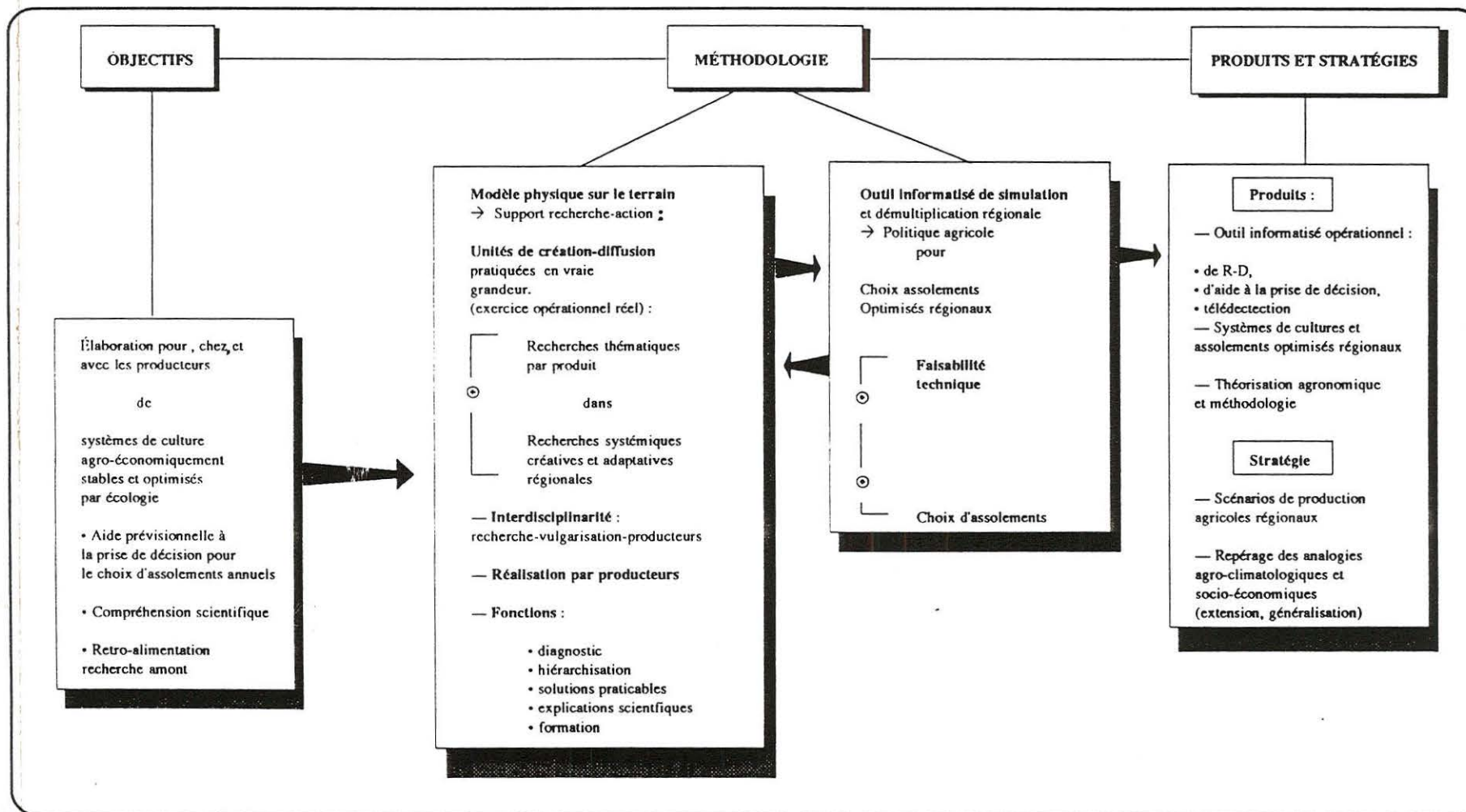
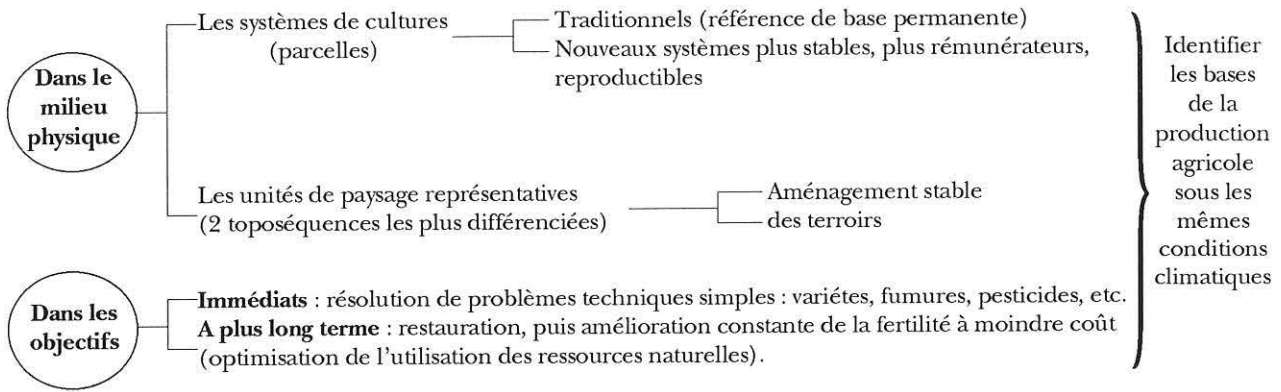
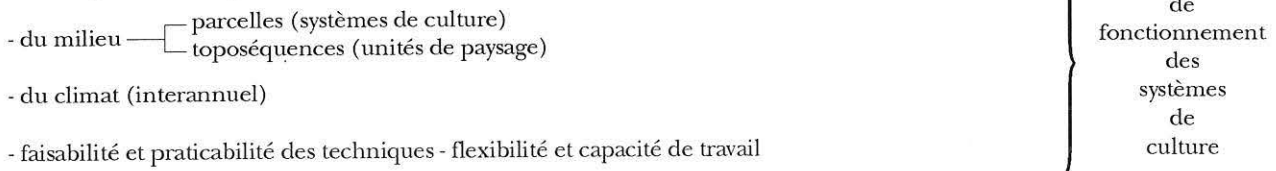


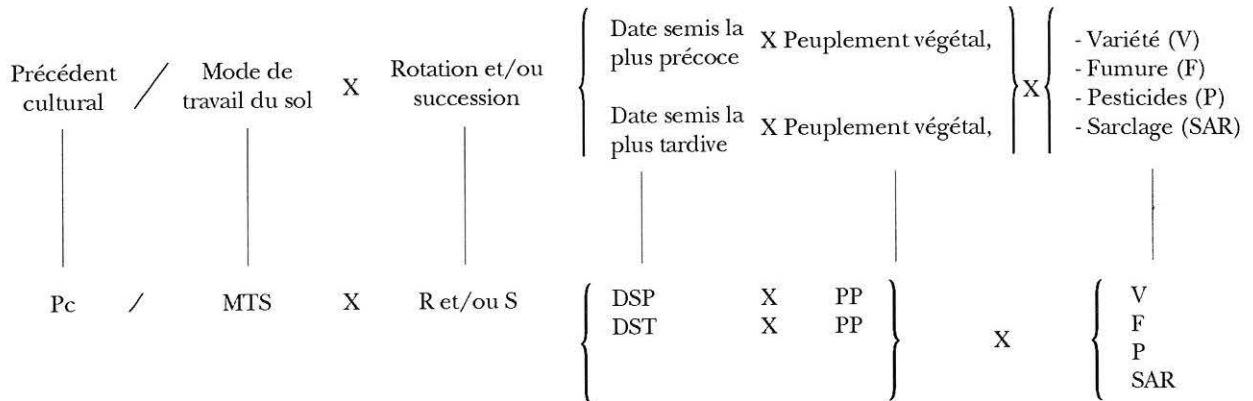
Schéma 3



Il faut également intégrer la variabilité annuelles et interannuelle :



Pour comprendre , puis prédire le fonctionnement des systèmes de culture, pouvoir comparer rigoureusement leurs performances agronomiques, techniques, économiques, sous un même séquence climatique au cours du temps, il faut agir sur leurs composantes élémentaires :



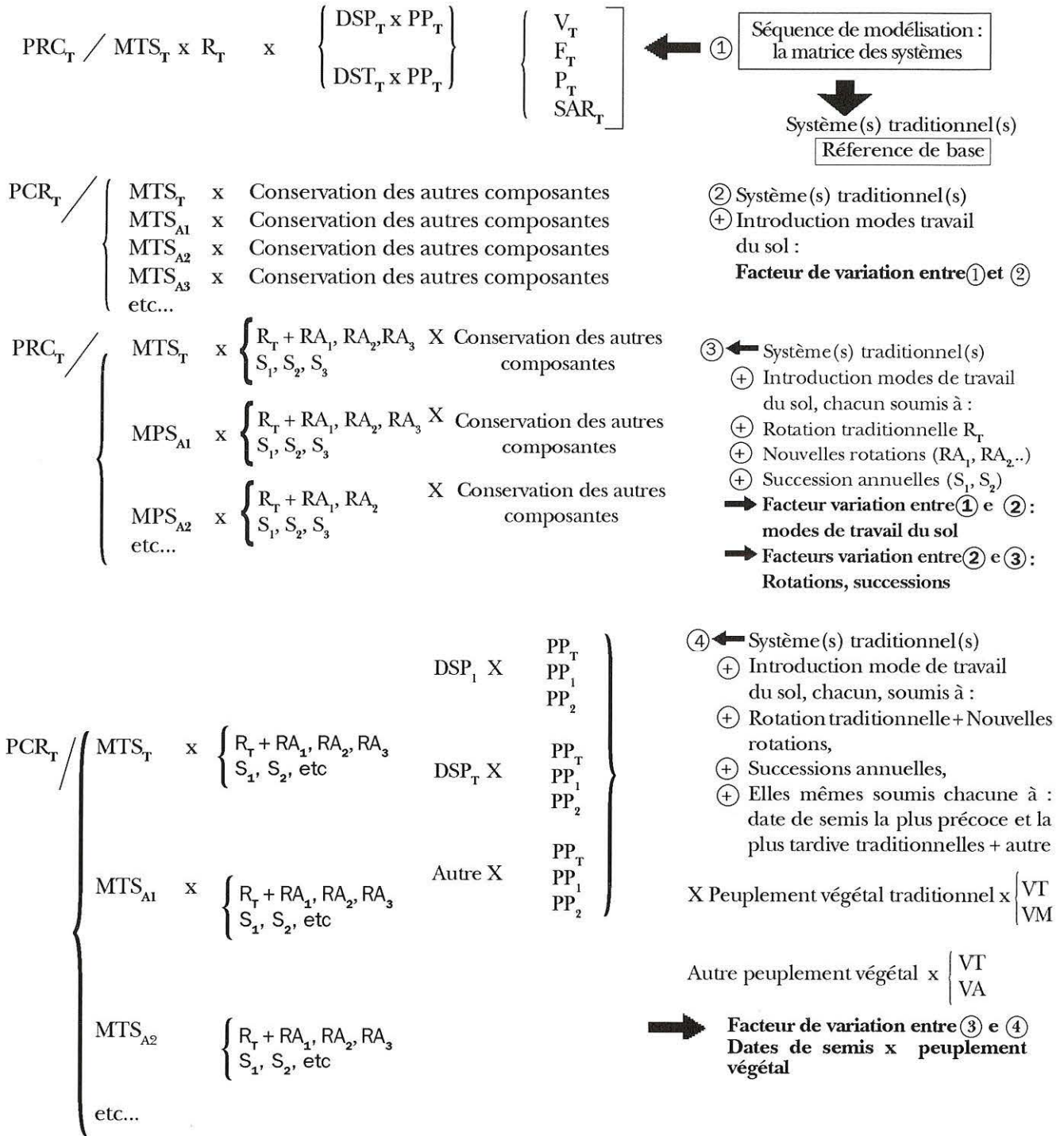
Modes de gestion des sols et des cultures

→ Discriminant principaux du comportement du profil cultural, donc des relations eau-sol-cultures

Produits simples thématiques

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 traduite sous la forme d'une matrice.

Partant des systèmes traditionnels [Sigle additionnel (T)]



↳ Analyses annuelle et pluriannuelle des composantes des systèmes de culture isolées et combinées sous les mêmes conditions climatiques
 → Bases de la production végétale
 → Modes de fonctionnement prédictifs du profil cultural et des relations eau-sol-cultures

(*) **VT** = Variété traditionnelle, **VM** = Variété améliorée
 Source : Séguy L., Bouzinac S., 1989

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 nécessaires 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 rotations "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 nécessaire et possible, sinon créés pour répondre aux spécificités locales.

Néanmoins, que, "les systèmes de culture déterminent, gèrent les thèmes et non l'inverse" [Séguy L., 1980 (11)].

C'est le dispositif expérimental véritablement pluridisciplinaire qui crée les conditions de la pluridisciplinarité de l'équipe et non l'inverse [Séguy L., 1980 (11)].

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.

- 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, économiques),

- expliquer scientifiquement les différences de fonctionnement de la large gamme de relations eau-sol-plante offerte par les différents systèmes ; en extraire, sur une analyse pluriannuelle, à partir du classement et leurs comportements agro-techniques, des modèles de fonctionnement prédictifs, des outils de diagnostic pour les utilisateurs (vulgarisateurs, producteurs),

- former les acteurs du développement et de la recherche.

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

- *L'évaluation agrotechnique et économique en grande parcelle en conditions d'exploitation réelles où l'on mesure :*

- les coefficients techniques et économiques relatifs à chaque itinéraire techniques 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...).

- *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,

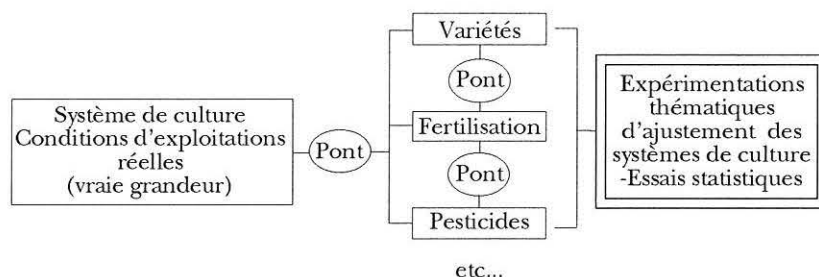
- la protection des cultures (pesticides, contrôle biologique, etc...),

- 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⁾ [Séguy L. et al., 1980 (10)] - Schéma 4.

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,

Schéma 4
Hierarchisation des facteurs de production ⁽²⁾



Pont → **Ponts communs** : même histoire parcellaire + composantes communes des itinéraires techniques.

Source : Séguy L., Bouzinac S., Arnaud M., 1979.

(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) Analyse multivariable.

car le jeu des rotations permet aux différents 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.

Enfin, la matrice devra comporter, toujours, une série de "balises ou garde-fou 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) + fumure minérale complète de fort niveau, non limitant (macro et micro-éléments),

- 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 pluri-annuel.

À l'inverse, on peut 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).

2) *Le support opérationnel de la matrice des systèmes de cultures en milieu réel : les unités de création-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 (sur critères agronomiques, techniques, économiques) de systèmes de cultures, à l'échelle des unités de paysage représentatives, aménagées pour la fixation de l'agriculture durable.

Un des objectifs principaux de l'évaluation des systèmes de cultures de la matrice, est de pouvoir les comparer simultanément aux plans : agronomique, technique et 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 (motoculteurs, 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 des réelles distorsions - en grosse motorisation, pour la grande culture industrielle dans le Centre-Ouest du Brésil, par exemple, la longueur minimum des parcelles "modes de préparation du sol" est de 300 m ; la largeur importe moins dès lors qu'elle fait au mini-

mum 15 m ; la surface minimum élémentaire par mode de travail du sol est donc de 4500 m² [Séguy L., Bouzinac S., 1989 (14)].

En systèmes de culture 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 et la récolte manuelle. La capacité moyenne journalière, pour ces opérations, correspondait sur le projet Maranhão à 250 m²/homme [Séguy L., 1980 (11), Arnaud M., 1979 (1)].

Le principe de "praticabilité" des modes de gestion des sols, en temps et en condition réelles 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.

3) *Le montage pratique des unités de création-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 dans son ensemble, 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), 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,

- au niveau des systèmes de culture : importance déterminante de 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 deux 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 différenciés agroéconomiques et techniques du potentiel du terroir), construits à partir du diagnostic initial.

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

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 précise des composantes de la matrice. Ce sont :

- la facilité d'exécution des travaux culturaux, principalement en culture motorisée ; la nécessité de pouvoir évaluer des coefficients techniques représentatifs des conditions réelles d'utilisation des équipements : temps de travaux, faisabilité ;

- 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 de l'agriculture mécanisée des cerrados, dans lequel le diagnostic initial a fait apparaître que les modes de gestion des sols et des cultures étaient 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 traitement 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 et 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).

4 - Suivi-évaluation agrotechnique et économique des unités de création-diffusion

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 plus 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 peut conditionner 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 croûte 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 [Séguy L., Bouzinac S. et al., 1989 (14)], 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 leur 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 des échelles plus fines (biologie de la rhizosphère, structure) 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.

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

- Calendriers culturaux, capa-

ité 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.

· Organisation des références (cf. schéma 6).

Cette organisation se fait sous forme de fiches techniques :

- par cultures et itinéraires techniques,
- par systèmes de culture.

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. Elles constituent les "fermes de référence" sur lesquelles sont validés, les meilleurs systèmes choisis sur l'unité principale.

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...).

· Traitement des références (Schéma 6)

Après 5 ans de fonctionnement des unités principales et 2-3 ans sur les unités périphériques multilocales, sont construits 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.

5 - Gestion des unités de création-diffusion

· 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 (monoculture), 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 écono-

mique,

- par leur choix, dans les nouveaux itinéraires techniques et systèmes de culture qui leurs 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).

· 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...), par les agriculteurs.

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 faits par les agriculteurs pour l'adoption des technologies proposées, et de suivre ensuite comment elles sont appliquées dans leurs propriétés (processus de diffusion).

· Le personnel de la recherche "thématique"

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 ori-

ente les actions de recherche en les hiérarchisant pour chaque système.

On ne fait plus ici n'importe quelle recherche en milieu paysan, sur les herbicides, engrais minéraux ou autre thème isolé, mais on fait les recherches nécessaires à la résolution des problèmes rencontrés, tant dans les systèmes traditionnels que dans les systèmes "futurs possibles", en cours de mise au point.

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 (exceptés les thèmes relatifs à l'évolution du statut de fertilité du sol sous l'action des systèmes de culture qui peuvent être programmés dès le départ, en continu).

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

- 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 des sols, des cultures, couplés à la dynamique de la réserve utile d'eau et d'éléments nutritifs dans le profil cultural),

- biologie des adventices, méthodes de lutte, effets allélopathiques x systèmes de culture, etc...

• 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.

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, en organisant :

- des visites d'équipes de vulgarisateurs,

- la formation sur la problématique régionale recherche-développement,

- la vitrine de diagnostic ouverte en permanence au public utilisateur et vivier de matériels et de technologies simples, mais aussi de systèmes de cultures, d'assolements optimisés, de systèmes d'aménagement du terroir.

- **Les coûts de fonctionnement :** 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-Amazone 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, permettent de recueillir des recettes qui couvrent entre 60 et 80% des coûts de fonctionnement.

Les ressources financières peuvent être renforcées localement par la vente de semences de base à l'occasion de la diffusion de nouvelles variétés plus performantes qui auront été créées sur le projet création-diffusion régional.

C) Diffusion des technologies et

adoption par les producteurs

1 - **La 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 :

- articles 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 diffusés 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 conséquence (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.

2. Nature des technologies diffusées-

- 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" se fait d'abord chez les leaders des sociétés rurales et des coopératives.

- Sa diffusion active est très dépendante de l'organisation concomitante 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).

- D'outils de diagnostic agronomique, *in situ*, au laboratoire.

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 l'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.

- 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.

- Évaluer les distorsions des performances des technologies utilisées entre les unités de création-diffusion et leurs applications régionales (fiabilité de la démarche utilisée) [Séguy L. et al., 1984 (12), 1990 (16), 1991 (18)].

- 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 les 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

• **Élèves des universités et écoles d'agronomie** : stages de courte durée sur l'approche globale, la démarche de création-diffusion.

• **Thésards** : ————

- sur l'approche de méthodologie systémique : problématique régionale et processus de création-diffusion de technologies et formation
- sur thématique de base :

Diverses "fenêtres" complémentaires par exemple sur la vision du fonctionnement global du profil cultural et ses conséquences sur les cultures

Caractérisation de l'évolution de la fertilité du profil cultural x systèmes de culture.
 + Activité biologique, matière organique, dynamique populations microbiennes.
 + Dynamique des cations (en particulier Al, Ca., Mg, Si).
 + Notions d'acidité et toxicité aluminique *in situ* x systèmes de culture.
 + Biologie des adventices, potentiel semencier du sol x systèmes de culture.
 + Allélopathies des couvertures mortes et vivantes x systèmes de culture.
 + Évolution micro, méso, macro-faune x systèmes de culture, conséquences sur les propriétés physiques des sols, notamment la matière organique (distribution, caractérisation en fonction de la structure, turn-over).

• **Agronomes vulgarisateurs et techniciens agricoles du développement** : formation sur :

- Le diagnostic initial régional.
- Le diagnostic continu des entraves agrotechniques et économiques dans les systèmes de cultures, leur hiérarchisation au cours du processus de fixation de l'agriculture.
- Les solutions techniques agronomiques : à court terme, à plus long terme.
- Manipulation des outils de diagnostic de caractérisation du profil cultural *in situ*.
- Interprétation des analyses de sols, plantes x systèmes de culture.
- Enquêtes pour le suivi de l'adoption des technologies.
- Réalimentation de la recherche sur les questions importantes du développement.

• **Chercheurs** + Formation de jeunes agronomes généralistes à l'approche globale de la démarche de création-diffusion. À partir d'un réseau réseaux d'unités implantés dans des conditions pédo-climatiques et socio-économiques très variées (Amérique du Sud, Afrique, Asie)*

+ Formation de thématiciens → vision de leur propre discipline, en interactions avec les autres → conséquences

- sur les méthodes :
- sur les niveaux d'échelle d'analyses (*in situ*, au laboratoire)
- sur la dualité permanente (donner des solutions au développement, produire des connaissances)

• **Formateurs** - la démarche globale régionale, outils d'aide à la prise de décision sur critères : agronomiques, techniques, économiques → gestion des systèmes de culture, des assolements optimisés, du risque économique, logiciels de pilotage régionaux, pour l'aide à la prise de décision.

* Réseau CIRAD-CA de création-diffusion

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.

D) Formation

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

III - RÉSULTATS : APPLICATION DE LA MÉTHODE DE CRÉATION-DIFFUSION DE TECHNOLOGIES, AU CAS DES FRONTS PIONNIERS HUMIDES MÉCANISÉS DE L'OUEST DU BRÉSIL - L'EXEMPLE DE LA FAZENDA PROGRESSO - CENTRE NORD MATO GROSSO - 1986-1992

3.1 Le diagnostic initial rapide

La situation de départ : la monoculture de soja, fortement déprédatrice du capital sol : une impasse économique à court terme

Les fronts pionniers ont commencé la colonisation des savanes humides du centre nord Mato Grosso, vers la fin des années 1970; les colonisateurs, en provenance des états du Sud, sont des entreprises qui diversifient leurs investissements (Olacyr de Moraes par exemple, grand entrepreneur de travaux publics) des coopératives agricoles du Sud, et des entreprises de colonisation d'expérience (des états du Paraná, São Paulo). C'est donc une colonisation privée, qui a créé des surfaces de propriétés très variables qui vont de 200 à plus de 2 000 hectares, et qui a d'abord été attirée par la spéculation sur la terre ; il est important de noter que c'est en effet l'état (Fédéral ou local) qui permet la valorisation de la terre et par conséquent assure les bénéfices des entreprises de colonisation, par l'ouverture et l'entretien des routes, la concession des titres définitifs de propriétés, l'implantation du système fédéral de crédits (Banque du Brésil entre autres), etc... [Lena, P. 1988(2)].

Les agriculteurs colonisateurs du Sud, ont apporté leur système de culture traditionnel : défrichage au câble d'acier, mise en andains de la végétation arbustive et brûlis, semis de riz pluvial avec minimum d'amendement calcaire-magnésien broyé (2,5 t/ha) et d'engrais minéral (40N-60 P₂O₅-40 K₂O/ha) les deux ou trois premières années, puis complètement d'amendement calcaire-magnésien (2,5 t/ha) à partir de la 3^{ème} ou 4^{ème} année pour rentrer dans le cycle ininterrompu de mo-

noculture de soja; une autre alternative, après 2 à 3 années de riz, consiste à établir, à moindre coût, un pâturage à *Brachiaria decumbens* (semis en mélange avec le riz pluvial), pour une exploitation extensive de 10 ans et plus ; les activités : production de grains et élevage sont totalement séparées.

La recherche pilote cette monoculture de soja au début des années 1980, par un diagnostic agronomique exclusivement chimique basé sur des recommandations de correction de l'acidité combinées à des niveaux de fumure minérale localisée sous la ligne de semis, établies à partir de seuils critiques pour la croissance du soja [Van Raij, B., 1991 (21); Souza D. M. G., 1987 (5)], par l'introduction de nouvelles variétés, de nouvelles matières actives pesticides (herbicides, insecticides).

Intervention de la recherche-action, à partir de 1986 : diagnostic des contraintes principales dans les systèmes de culture

Au cours de son diagnostic agronomique régional, basé sur le fonctionnement du profil cultural et sur ses relations avec les techniques culturales et la croissance des cultures (riz pluvial, soja), la recherche découvre un milieu physique très contraignant pour la production de grains⁽¹⁾: pluviométrie comprise entre 2 000 et 3 000 mm, répartie sur 7 mois de octobre à avril, avec des intensités pluviométriques très élevées (>100 mm/heure) à très fort pouvoir érosif, et responsables pour un drainage profond important, supérieur à 750 mm annuel [Steinmetz S. et al., 1988(7)], qui laisse augurer d'un risque de forte lixiviation annuelle en profondeur des éléments nutritifs pour les cultures (nitrates, bases : Ca, Mg, K) et donc peut constituer un handicap majeur pour la gestion, à moindre coût, de la fertilisation minérale. Les unités de paysage, sont des plateaux et collines à pentes très longues, supérieures à 1 500 m; leur déclivité faible dans les parties supérieures et médianes des interfluvés (2 à 4%), augmente rapidement en bas de pente (5-

8%), caractéristiques très favorables à une érosion superficielle très active sous cette pluviométrie. Les sols sont ferrallitiques profonds, rouge-jaune, développés sur matériau acide gréseux; de texture argileuse à argilo sableuse sur 95% des interfluvés, ils passent à une texture sableuse en bas de pente. Trois types de profil de sol caractérisent le potentiel pédologique des fronts pionniers de ces savanes humides : le sol vierge sous savane⁽²⁾, le sol sous pâturage extensif de longue durée, et le sol sous monoculture de soja, ouvert à la culture depuis au maximum 10 ans en 1986, pour les premiers pionniers.

Le tableau 1, qui réunit les principales caractéristiques chimiques de ces profils (indicateurs de fertilité exclusifs au départ) montre que les profils culturaux situés sous savanes naturelles avant mise en culture et sous pâturage extensif de longue durée (11 ans) sont des "assiettes alimentaires vides" pour les cultures : carences en Ca, Mg, K, P, fort taux de saturation de l'aluminium; par contre ils présentent une très belle structure et des teneurs en matière organique élevées dans l'horizon 0-30 cm, surtout pour le profil sous *Brachiaria decumbens*, avec des teneurs supérieures à 3%, indiquant la puissance de ce dernier comme pourvoyeur de matière organique. À l'inverse, le profil situé sous culture (3 ans de riz suivis de 7 ans de monoculture de soja) indique une bonne correction des propriétés chimiques du profil. Mais l'examen du profil cultural révèle des propriétés physiques fortement limitantes pour l'enracinement des cultures avec la présence d'une semelle d'offsets fortement compactée entre 10 et 25 cm de profondeur.

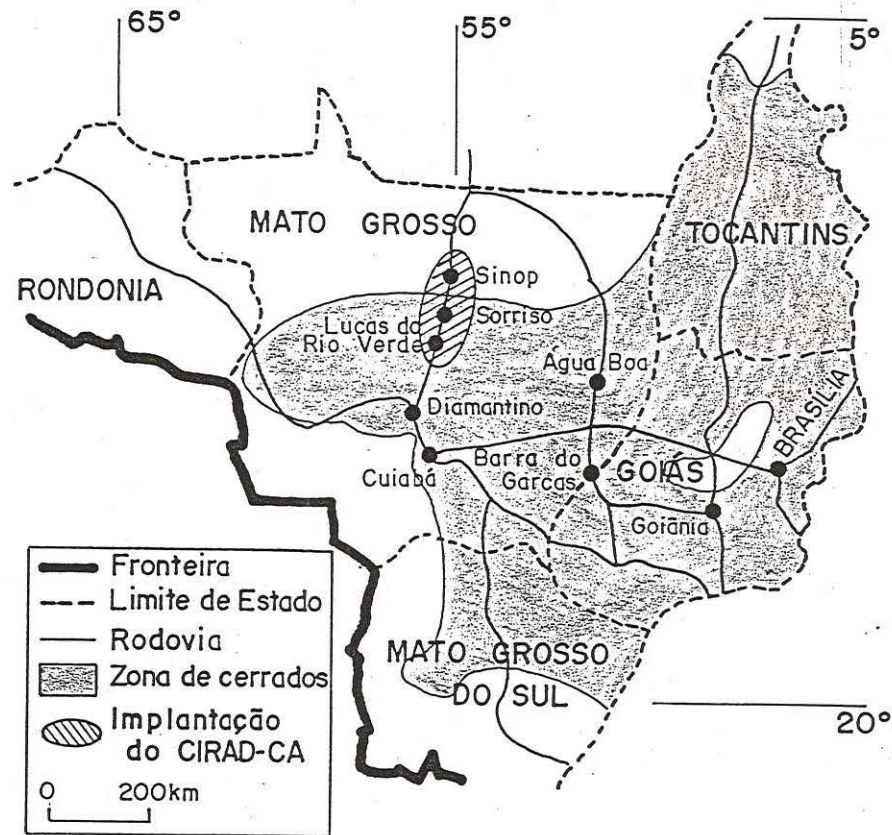
À l'instar des grandes régions mécanisées du centre ouest brésilien, les sols ferrallitiques des fronts pionniers humides de l'ouest, sont systématiquement compactés en surface, destructurés après 7 à 8 ans de mise en culture, dont les 5 derniers en monoculture de soja ; cette déstructuration du profil cultural est due à l'utilisation exclusive et

(1) Milieu traditionnellement exploité par les cultures pérennes : palmier à huile, hévéa, jusqu'au début des années 1970.

(2) Savanes appelées "cerrados" au Brésil.



● Implantação do CIRAD-CA



Os cerrados do Centro Oeste do Brasil e implantações do CIRAD-CA

Tableau 1
Caractéristiques chimiques des sols ferrallitiques rouge-jaunes des fronts pionniers en fonction de leur utilisation

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

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

inadéquates des offsets lourds et légers, en conditions trop humides: étalement de la préparation des sols sur 2 mois après les premières pluies (sous équipement), et également en sol sec⁽¹⁾: enfouissement des amendements calcomagnésiens en pleine saison sèche [Séguy L., Bouzinac S. et al. 1989(9)].

Ces profils compactés, quelque soit la nature du sol ferrallitique, limitent fortement l'enracinement profond des cultures, favorisent l'engorgement permanent sous forte pluviométrie avec développement d'un horizon réduit, asphyxiant pour la culture de soja, et, à l'inverse, exposent les cultures à des sécheresses périodiques au cours des déficits pluviométriques.

Plus grave encore pour la fixation d'une agriculture durable, ces conditions de sols compactés en surface provoquent une érosion rapide, et catastrophique des terroirs même lorsque des dispositifs anti-érosifs sont implantés [terrasses de base large - Resck, D.V.S., 1981(7)].

De plus, les outils à disques facilitent la multiplication et la germination du potentiel semencier d'adventices, induisant une forte concurrence initiale pour les cultures [Séguy L., Bouzinac S. et al., 1989(14)].

Le diagnostic initial agronomique complété par l'analyse des

conditions technico-économiques régionales de production, met également en évidence la grande sensibilité économique du système de monoculture généralisé: aux fluctuations des prix du cours mondial du soja, s'ajoutent les coûts du fret routier fixés par l'état d'un réseau routier, qui est le plus souvent très mauvais.

En définitive, à l'issue du diagnostic régional initial, fin 1985, la production agricole des fronts pionniers humides du centre nord Mato Grosso, apparaît comme une hérésie agronomique, qui n'utilise qu'une faible fraction du vaste potentiel pédoclimatique disponible, et expose les agriculteurs à des risques économiques considérables, compte tenu de l'absence d'une politique agricole qui soit réellement incitative et qui pourrait agir, à la fois sur: des prix payés pour le soja compensatoires des coûts du fret, l'entretien parfait du réseau routier, des financements à taux d'intérêt modéré tant pour le financement de la production annuelle de soja que pour sa transformation sur place.

Face à cette situation à haut risque économique, les agriculteurs adoptent une attitude le plus souvent "immédiatiste", vis à vis de la recherche, exigeant des résultats qui puissent leur procurer des bénéfices à très court

terme.

3.2 - Modélisation des systèmes de culture, pour, avec et chez les agriculteurs : création du référentiel technico-économique

La recherche installe ses quartiers sur la Fazenda Progresso⁽²⁾, la première installée dans la région (10 ans en 1986), à la demande de son propriétaire Mr. Munefumi Matsubara, avec l'ambition de créer, diffuser des systèmes de culture plus lucratifs et plus stables au niveau régional, de former les agronomes de la région à la maîtrise des innovations qui seront choisies par les agriculteurs.

Elle procède à une modélisation des systèmes de culture traduite sous forme d'une matrice systématisée (schéma 1), à partir des contraintes identifiées au cours du diagnostic initial.

a) Construction de la matrice des systèmes : répondre à la fois, à la résolution immédiate du problème de compactation des sols et ouvrir de nouvelles perspectives de gestion de la fertilité, des équipements, du moindre risque économique, à plus long terme.

Les composantes de la matrice et leur organisation (schémas 6, 6a, 6b)- Les composantes principales sont :- les modes de travail du sol, et en particulier ceux qui doivent immédiatement lever la contrainte compaction du profil cultural: le labour profond au soc à l'entrée ou à la fin de la saison des pluies, la scarification profonde à la fin du cycle des pluies, plus le semis direct sur résidus de récolte, sans travail du sol. Ces nouvelles techniques sont évaluées par rapport au mode de travail du sol traditionnel, à l'offset.

- Les rotations et successions de cultures, qui apportent de nouvelles options de gestion: du statut de matière organique du sol, de la diversification des cultures, de la capacité des équipements mécanisés, de la flexibilité de leur utilisation. Ces rotations et successions annuelles sont construites sur la culture du soja comme pivot, et évaluées par rapport au système de monoculture traditionnelle de soja.

Partant du système généralisé

(1) L'érosion éolienne est extrêmement active après pulvérisation des sols en pleine saison sèche.

(2) Localisée à Lucas do Rio Verde, 350 Km au Nord de Cuiabá (capitale du Mato Grosso) sur l'axe routier Cuiabá-Santarém.

de monoculture de soja pratiquée à l'offset qui sert de témoin de référence permanent, les nouveaux modes de gestion des sols et des cultures sont organisés à partir de 3 grandes types de systèmes de culture qui offrent des perspectives différenciées d'exploitation du potentiel pédoclimatique disponible, de la gestion des équipements et des assolements :

- des systèmes à une seule culture annuelle, avec soja comme pivot : rotations soja/riz, maïs/riz et leurs inverses,

- des systèmes alternant une seule culture annuelle avec 2 cultures en succession l'année suivante : soja, riz, maïs en rotation avec les successions : soja + sorgho, soja + maïs, riz + engrais vert (genres *Calopogonium*, *Dolichos*, *Crotalaria*),
- des systèmes à deux cultures annuelles en succession identiques aux précédentes.

- Les systèmes à une seule culture annuelle sont soumis à tous les modes de travail du sol, qui sont pour nos conditions climatiques, également possibles et praticables.

- Par contre, les successions annuelles, plus contraignantes (calendriers culturaux, capacité des équipements) ne sont pratiquées qu'avec 2 modes de travail du sol : la scarification profonde ou le semis direct sur la 1^o culture dite principale de la succession qui reçoit les intrants (engrais, herbicides, etc...), et semis direct obligatoire sur la 2^o culture (appelée "safrinha") en succession : maïs, sorgho, engrais vert qui ne reçoit pas d'intrants, à l'exception, si nécessaire d'une petite dose d'herbicide total, précédant son semis direct qui est réalisé au fur et à mesure de la récolte de la 1^o culture, en conditions de sol saturé les plus souvent. Ce sont les conditions d'accès aux parcelles qui déterminent la capacité des équipements, la qualité du travail, donc le choix des techniques raisonnablement possibles et praticables pour des objectifs de rendement élevés, les moins préjudiciables au profil cultural.

- La matrice des systèmes est installée sur une toposéquence complète, aménagée contre

l'érosion par un système d'absorption totale de l'eau, à partir de terrasses de base large [Resck, D. S. V., 1984 (7)], qui sont totalement accessibles aux semis.

- La matrice comporte, au départ, 51 parcelles systèmes de culture (schémas 6 à 6b), chacune occupant une surface de 2 hectares, avec une longueur de 600 m pour permettre de mesurer des temps de travaux représentatifs des conditions d'exploitations réelles mécanisées.

- À partir de la 2^o année, des expérimentations thématiques "satellites", sont montées dans les systèmes qui apportent les meilleures premières réponses, pour, incorporer les progrès de la recherche thématique amont : variétés nouvelles/culture, gestion de la fertilité minérale (stratégies de correction des carences des sols : progressive ou immédiate), matières actives pesticides (herbicides, insecticides sur semences, parties aériennes), aménagement du semis direct avec plantes de couverture associées aux cultures, etc...

- **Les données mesurées -**

- au niveau du profil cultural, au dessus du sol : suivi des états de surface sur l'intervalle compris entre les premières pluies utiles et la date de semis la plus tardive des agriculteurs, évaluation de leur impact sur la vitesse d'enracinement initial et l'enherbement des cultures. 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, dynamique d'avancement du front racinaire, et évolution des caractéristiques chimiques et biologiques.

- Au niveau des cultures, au dessus du sol, sont évaluées la compétition adventices-cultures, la croissance des cultures : composantes du rendement, productivité de matière sèche et leur classement interannuel.

- Des données technico-économiques en grandes parcelles : calendriers culturaux, capacité des équipements, temps et faisabilité des travaux pour chaque

opération, coûts de production, recettes, marges brutes et nettes pour chaque itinéraire technique, puis par systèmes de culture, et leur classement interannuel.

- **Échantillonnage intra parcelles pour l'enregistrement des données agronomiques** - Les données agronomiques sont mesurées à partir d'échantillons élémentaires tirés au hasard dans chaque grande parcelle, dès le semis ; le nombre de répétitions est fixé par le degré d'hétérogénéité lié au mode de gestion du sol et de la culture⁽¹⁾. Les données technico-économiques sont enregistrées sur les parcelles systèmes conduites en conditions d'exploitation réelles (vraie grandeur).

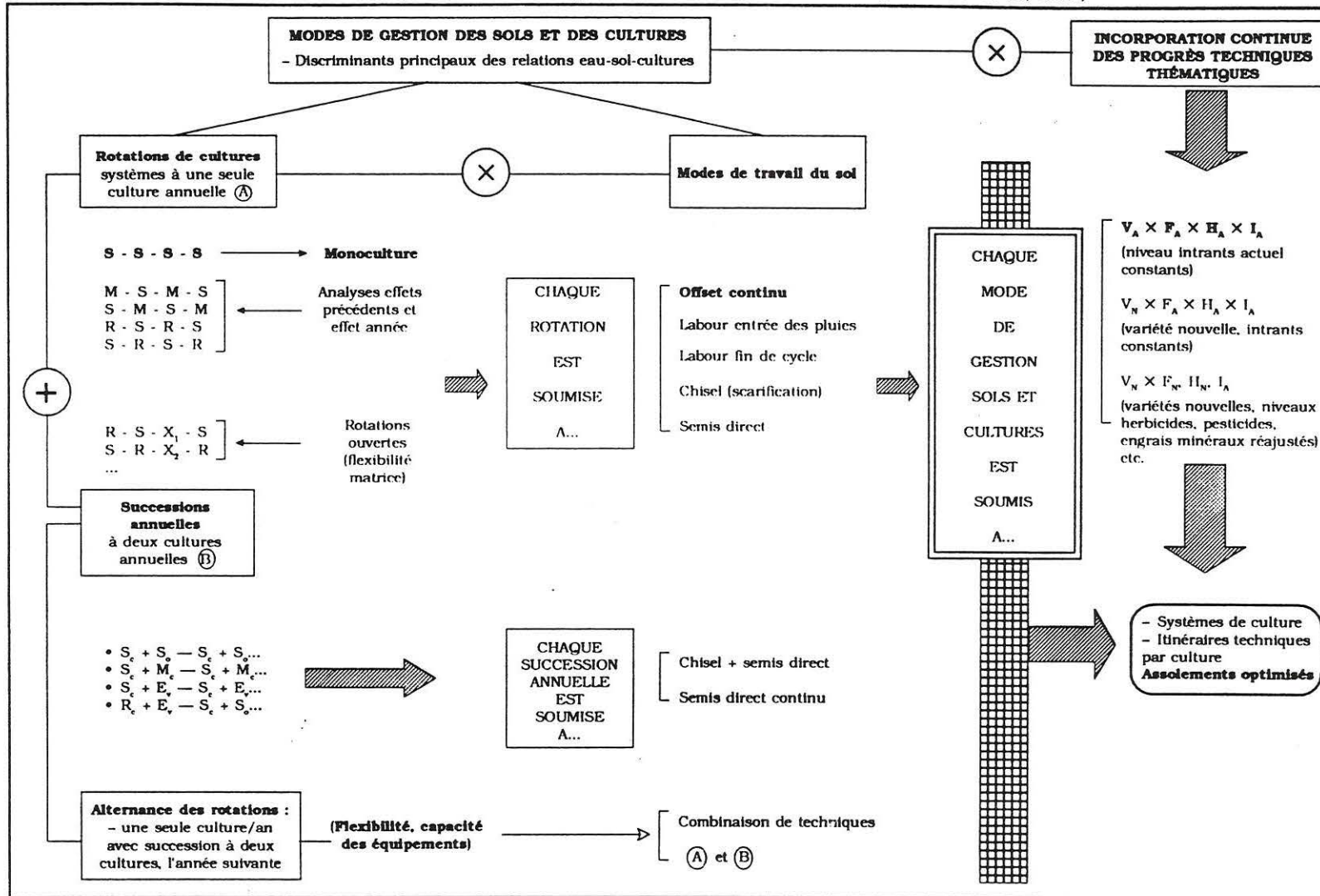
b) Préalable à l'installation de la matrice : analyse des conditions initiales d'hétérogénéité du facteur sol et de la culture de soja à l'échelle de la toposéquence.

- Les analyses de sols, réalisées à 2 profondeurs (0-20 cm, et 20-40 cm) et à trois hauteurs, sur 8 toposéquences qui couvrent le support de l'unité systèmes de culture (en haut, au milieu et en bas de pente), montrent une bonne homogénéité du facteur sol, avec toutefois, un sol légèrement mieux pourvu en matière organique sur le sommet. Les variations des variables chimiques, en fonction de la topographie, ne sont pas significatives et leur valeurs moyennes restent égales ou supérieures aux seuils de déficience communément admis pour ce type de sol, excepté pour l'élément P_2O_5 assimilable, situé en dessous du seuil de déficience (tableau 2).

- L'analyse des rendements de soja, réalisée avant installation de l'unité expérimentale, sur grande culture de soja à partir de placeaux de 10 m², 7 répétitions sur chacune des 8 toposéquences, en couvrant l'étendue de ces dernières, a montré une bonne homogénéité de la culture en grande parcelle : on ne distingue aucun effet toposéquence, ni effet hauteur sur la toposéquence, et l'écart résiduel des mesures est très faible (ETR = 110 Kg/ha, CV% = 4,6). La productivité moyenne de soja, avant installation de la matrice, est voisine de 2 400 Kg/ha.

(1) Déterminé par échantillonnages croissants, dans les grandes parcelles.

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

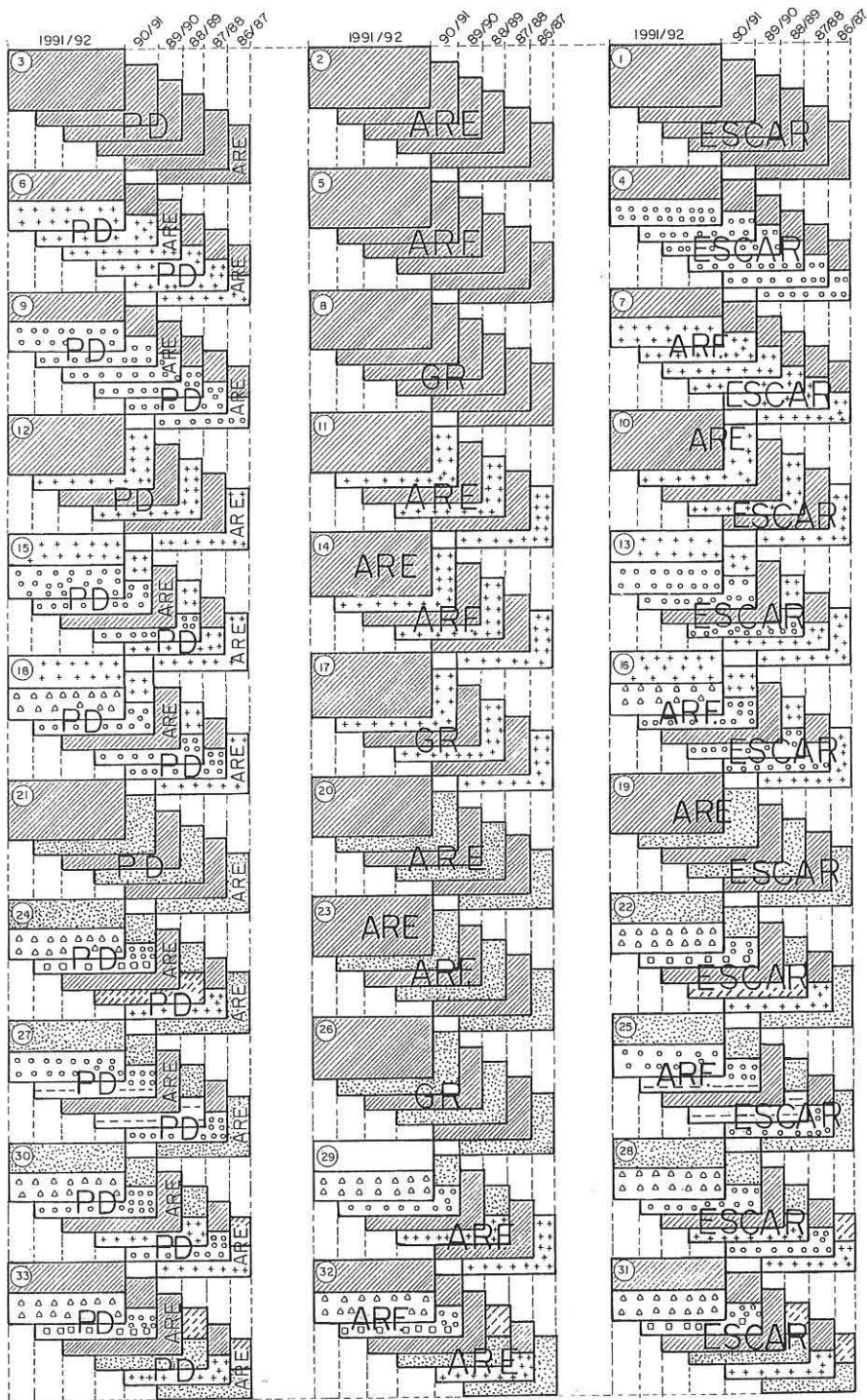



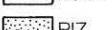
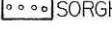
V : variété, H : herbicide, I : insecticide, A : actuel, N : nouveau, S : soja, S_c : soja cycle court, M : maïs, M_c : maïs cycle court, S_s : sorgho, R : riz, E_v : engrais vert, X₁, X₂ : autres espèces, système traditionnel.
→ Surface cultivée de la matrice, sur l'étendue de la toposéquence représentative : 180 hectares. Aménagement contre l'érosion : terrasses d'absorption totale de l'eau (bases larges). Toute la surface est semée.

Schéma 6-A

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

APRÈS 4 ANS MONOCULTURE SOJA



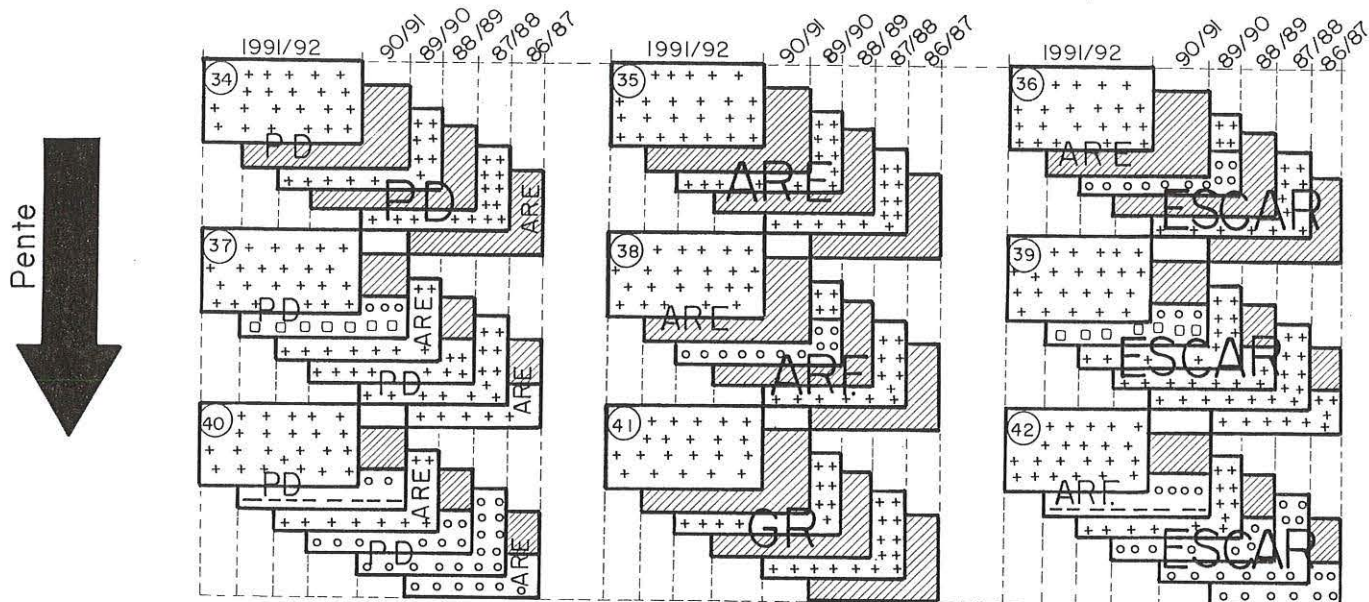
- LEGENDE →
-  SOJA
 -  CALOPOGONIUM M.
 -  1^{re} Culture } Succession annuelle de cultures
 2^e Culture }
 -  MAÏS
 -  CAJANUS C.
 -  Une seule culture annuelle
 -  RIZ
 -  DOLICHOS
 -  SORGHO
 -  MIL

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

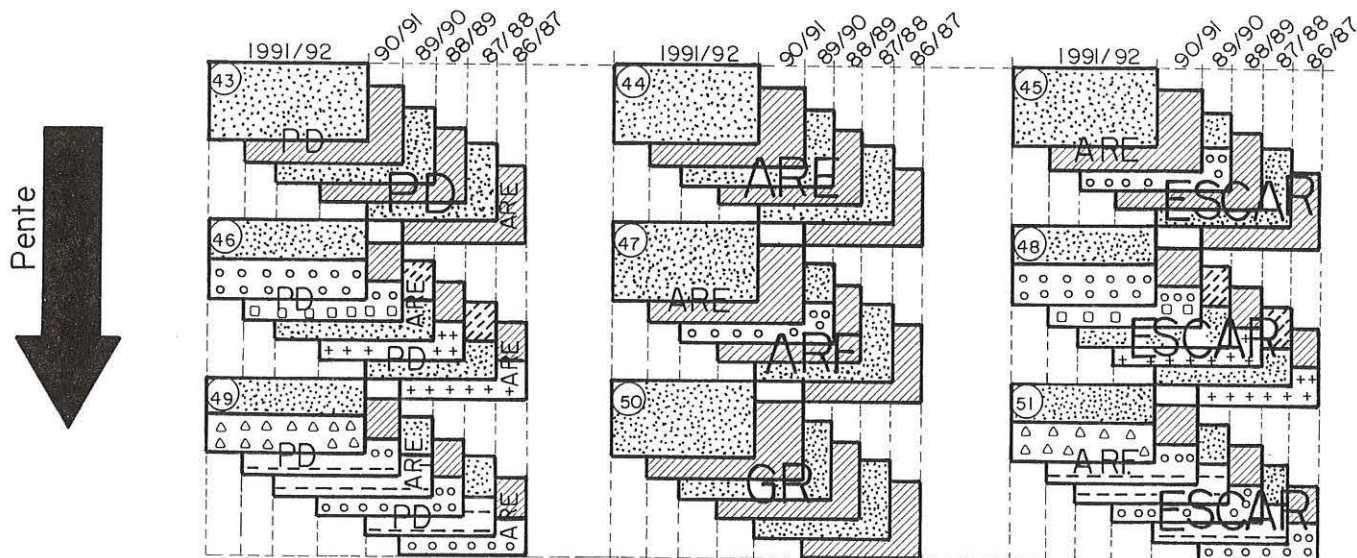
Schéma 6-B

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

APRÈS 3 ANS MONOCULTURE SOJA +1 AN MAÏS



APRÈS 3 ANS MONOCULTURE SOJA +1 AN RIZ



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

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

Tableau 2
Caractéristiques chimiques moyennes du facteur sol, sur 8 toposéquences couvrant l'étendue de l'unité expérimentale (*)

Horizons (en cm) et (CV%)	pH		P (ppm)	K (ppm)	meq./100 ml		M.O. %
	eau	CaCl ₂			Ca + Mg	Al	
0-20	5,3	4,3	3,6	33	2,5	0,45	2,01
(CV %)	(2,6)	(1,8)	(34,3)	(18,3)	(15,5)	(30,4)	(9,7)
20-40	4,7	4,1	traces	11,2	0,7	0,7	1,57
(CV %)	(1,6)	(1,6)	-	(15,9)	(25,3)	(20,4)	(13,0)

(*) 24 échantillon moyens 0-20 cm, 24 échantillons moyens 20-40 cm.
(**) Méthode Mehlich - Seuil de déficience pour sol de texture argileuse à argilosableuse = 6 ppm dans l'horizon 0-20⁽¹⁾

Du fait de la bonne homogénéité du rendement de soja et des différences non significatives observés sur les analyses de sol, on considère que l'effet terrain est négligeable au départ de l'expérimentation.

3.3. Les bases de la production de grains dans les systèmes de culture : les cultures ont des exigences différentes en matière de travail du sol et rotations.

a) Productivité moyenne des cultures sur 5-6 ans

Les figures 1 et 2, qui synthétisent les productivités moyennes des cultures de soja, riz et maïs, sur 5 à 6 ans successifs, permettent de tirer les conclusions suivantes :

- sur culture de soja, par rapport au système de monoculture traditionnelle, et en présence des mêmes niveaux d'intrants et de la même date de semis, le facteur rotation avec forte restitution de pailles (riz, maïs) est celui qui influence le plus positivement la productivité, avec des augmentations de rendements qui vont de 46 à 70%, en moyenne sur 6 ans, en fonction du mode de travail du sol (Fig. 1). Dans les mêmes conditions, le facteur mode de travail du sol procure des augmentations moyennes de productivité comprises entre 6 et 27%, en fonction de la rotation. Les meilleures modes de gestion du sol = travail du sol x rotation qui sont les traitements labour au soc et semis direct en rotation avec riz et maïs (équivalents) permettent des gains de rendements de 82 à 85%, par rapport au système traditionnel

de monoculture (Fig. 1).

Les meilleurs rendements moyens obtenus sur ces systèmes sont légèrement supérieurs à 3 000 Kg/ha contre seulement 1 674 Kg/ha pour le système de monoculture continue pratiqué à l'offset.

On note également, et systématiquement, sur ces meilleurs systèmes légumineuses-céréales en rotation, une amélioration très importante du niveau de contrôle du complexe parasitaire en général : mauvaises herbes, insectes ; à l'inverse, sur le système de monoculture x offset, la pression du complexe parasitaire est sans cesse croissante malgré l'utilisation de matières actives pesticides plus performantes : prolifération difficilement contrôlable des adventices, développement accéléré des maladies cryptogamiques telles que *Rhizoctonia solani*, de l'incidence des nématodes *Meloidogyne javanica*, *incognita* et *arenaria* [Séguy L., Bouzinac S. et al. 1991(15)].

- Sur riz pluvial, en rotation avec soja, le travail profond du sol au soc, qui est le meilleur traitement, procure des gains moyens de productivités par rapport au

traitements offsets en semis direct, respectivement de 69% et 87%. La productivité moyenne sur labour est de 3 093 Kg/ha sur 5 ans contre 1 835 Kg/ha sur offset et 1 655 Kg/ha sur semis direct (Fig. 2).

Les modes de gestion des sols et des cultures sont donc bien les facteurs déterminants de la productivité en grains des cultures de soja et riz pluvial.

- Le maïs, par contre, pratiqué en rotation avec soja, se révèle la culture la moins sensible aux modes de travail du sol (Fig. 2), car les variations moyennes de productivité sur 6 ans entre différents traitements sont inférieures à 10%.

b) Fonctionnement du profil cultural et relations sols cultures - Diagnostic agronomique, sur 4 ans.

Le fonctionnement du profil cultural et ses conséquences sur la croissance, la productivité des cultures et l'enherbement a été analysé sur 4 ans ; nous avons retenu de présenter les résultats les plus significatifs, relatifs aux deux cultures les plus sensibles à la gestion du profil cultural, et les plus intéressantes économiquement : le riz pluvial et le soja -

- L'examen du tableau 3, relatif à la pluviométrie enregistré tous les ans sur les 90 premiers jours du cycle des cultures, période de croissance maximum du système racinaire des cultures entre semis et floraison, montre de fortes fluctuations interannuelles, avec des valeurs variant de 800 mm minimum à plus de 1 800 mm en 1989/90 ; ce sont toujours des conditions de forte pluviométrie dont les conséquences peuvent être très importantes sur l'évolution rapide des états de surface, le maintien de la structure et la

Tableau 3
Pluviométrie sur les 90 premiers jours du cycle des cultures de riz et soja entre le semis et la pleine floraison - 1978-1991

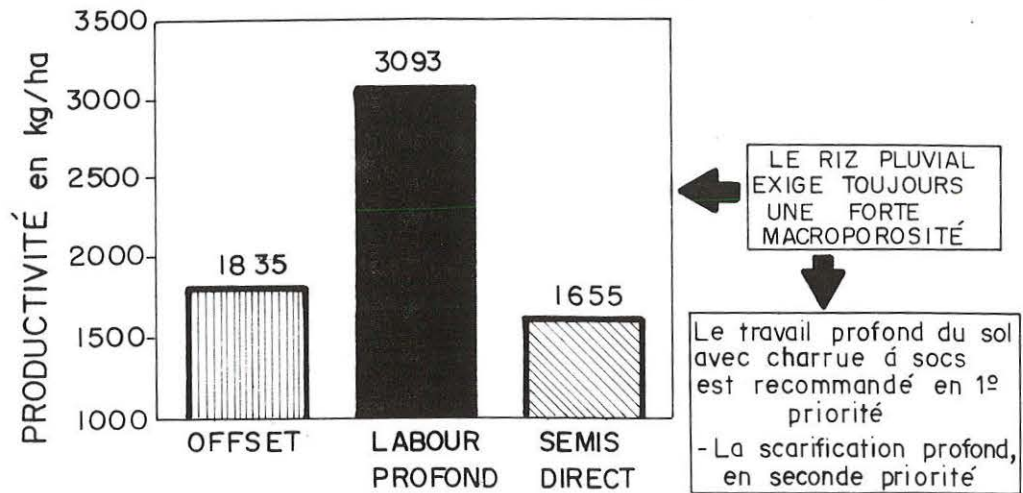
	Riz					Soja					
	O	N	D	J	Total	O	N	D	J	F	Total
1987/88	56	248	281	202	787	-	248	289	424	-	961
1988/89	124	321	270	243	958	-	321	270	290	-	881
1989/90	157	235	1041	403	1836	-	235	1041	564	-	1840
1990/91	-	195	466	440	1101	-	154	466	440	159	1219

Source : Séguy L., Bouzinac S., 1991

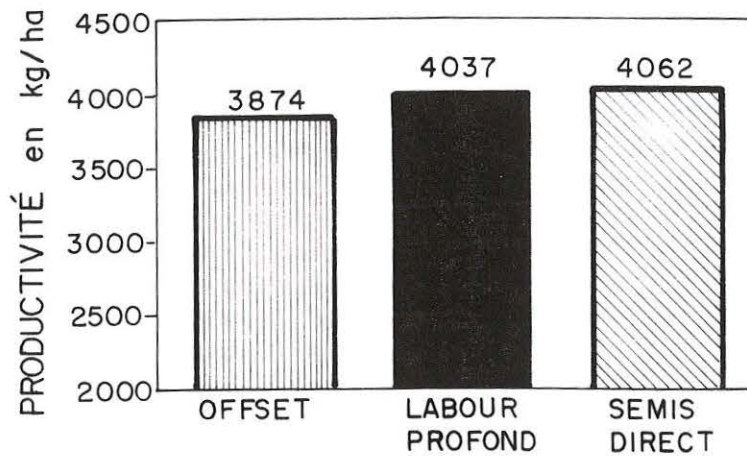
(1) Van Raj B., 1991; Lopes A. S., 1989; Souza, D. M. G. de, 1987.

fig. 1

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

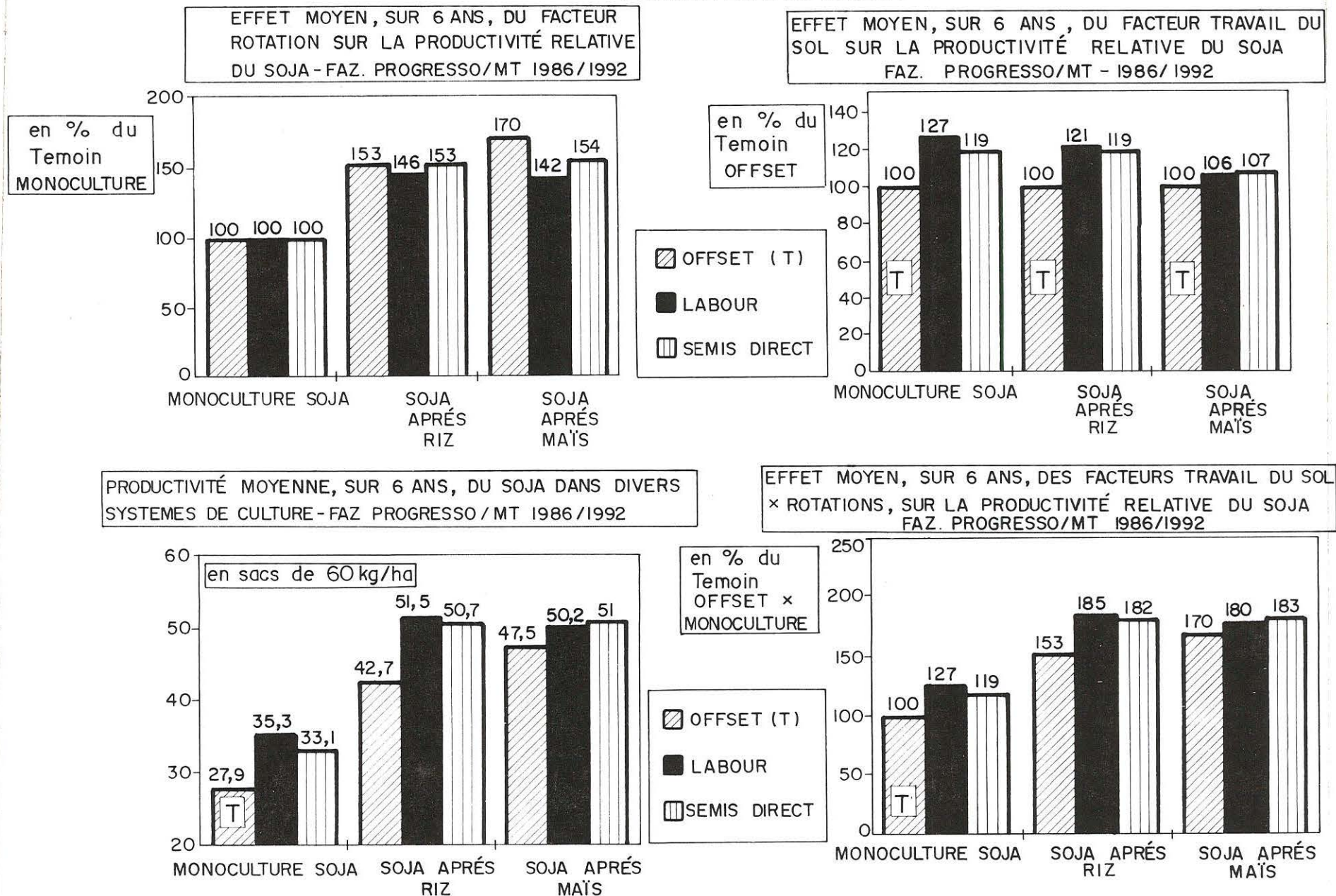


PRODUCTIVITÉ MOYENNE, SUR 6 ANS, DU MAÏS EN ROTATION AVEC SOJA, SUR 3 MODES DE PREPARATION DU SOL. FAZ. PROGRESSO-SORRISO/MT-1986/92



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

fig. 2 - 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 = 400 kg/ha 02-20-20+ Sous la ligne de semis+ correction calcaire

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

dolomitique (2 à 3t/ha) Tous les 3 ans

porosité, sur les conditions de drainage et de lixiviation des éléments nutritifs - (bases, nitrates).

· La comparaison détaillée des divers systèmes de culture, par la productivité des cultures riz et soja pendant 4 ans, est présentée dans les tableaux 4 et 5. Ils mettent en évidence :

- Tout d'abord, au plan de la rigueur expérimentale, une excellente concordance entre les productivités mesurées et calculées sur les placeaux intra parcelles et la productivité réelle enregistrée à la moissonneuse batteuse ; les écarts de productivité varient entre 1 et 11% maximum (tableau 5).

- Sur la culture de riz, la supériorité systématique du traitement labour au soc, sur les autres traitements ; le traitement scarification est toujours classé en seconde position, assez proche du labour ; le semis direct sur résidus de récolte est inférieur à l'offset en 1^{er} année, équivalent en 2^{er} année et supérieur en 3^{er} et 4^{er} années. Les gains de productivité

du labour par rapport au traitement les moins productifs vont de 63% à 300%. Dans les cas extrêmes, le labour peut quadrupler la productivité obtenue à l'offset ; ce cas extrême correspond à l'année pluviométrique très excédentaire 1989/90 où le riz a reçu plus de 1800 mm en 90 jours de cycle, dont 1040 en décembre.

- Sur la culture de soja, en monoculture, le travail profond est toujours nettement plus productif que le travail à l'offset et le semis direct ; le labour est toujours supérieur à la scarification ; de même que le semis direct est toujours supérieur à l'offset.

- Sur la culture de soja, en rotation avec le riz pluvial, le classement des deux premières années, les moins excessives au plan pluviométrique, indique la supériorité du labour, suivie de la scarification ; les deux dernières années, qui sont les plus arrosées, le semis direct devient le meilleur traitement devant le labour puis la scarification.

- Cette première analyse des rendements interannuels, montre que le riz pluvial est très exigeant en macroporosité, et à son maintien au cours du cycle ceci d'autant plus que les conditions pluviométriques sont excessives. Sur la monoculture de soja, le travail profond, toujours le plus productif peut traduire également un effet porosité, mais aussi un effet dilution des nuisances rhizosphériques. Sur soja en rotation avec riz, l'effet racinaire du précédent riz et la gestion de la paille au dessus du sol, sur le profil cultural, permettent d'atteindre progressivement les plus hautes productivités, avec semis direct qui devient supérieur aux autres traitements (tableau 5).

Les paramètres, mesurés pendant 4 ans sur le profil cultural : infiltration de l'eau, résistance mécanique à la pénétration, densités apparentes et densités racinaires correspondantes⁽¹⁾, les composantes du rendement et l'enherbement, sont exposés dans les figures 3 à 6. Ils montrent que

Tableau 4

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

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

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

Source : Séguy L., Bouzinac S., 1991

(1) Mesurés sur les mêmes échantillons non remaniés de 300 cm³ de sol [technique et cylindres Séguy L., Bouzinac S. et al., 1991 (19)].

Tableau 5

Productivités (en Kg/ha) des cultures de riz et soja

Productivité calculée (RC), productivité mesurée (RM) sur placeaux intra-parcelle⁽¹⁾ et productivité réelle en grande parcelle⁽²⁾ RG

		SOJA											
		Offset			Labour			Scarification			Semis direct		
		RG	RC	RM	RG	RC	RM	RG	RC	RM	RG	RC	RM
1987/88	Kg/ha (% RG)	2 465 (100)	2 652 (108)	2 676 (109)	3 168 (100)	3 263 (103)	3 170 (100)	2 958 (100)	3 002 (101)	2 929 (99)	2 880 (100)	3 052 (106)	2 931 (102)
1988/89	Kg/ha (% RG)	3 135 (100)	3 163 (101)	3 117 (99)	3 940 (100)	4 105 (104)	4 106 (104)	3 424 (100)	3 584 (105)	3 701 (108)	2 890 (100)	3 155 (109)	2 995 (104)
1989/90	Kg/ha (% RG)	2 635 (100)	2 731 (104)	2 716 (103)	3 720 (100)	3 886 (104)	3 927 (106)	3 460 (100)	3 476 (100)	3 529 (102)	3 740 (100)	3 805 (102)	3 788 (101)
1990/91	Kg/ha (% RG)	1 902 (100)	2 131 (112)	2 010 (106)	2 969 (100)	2 973 (100)	2 892 (100)	2 892 (100)	2 920 (101)	2 912 (101)	3 145 (100)	3 227 (103)	3 090 (98)

		RIZ PLUVIAL											
		Offset			Labour			Scarification			Semis direct		
		RG	RC	RM	RG	RC	RM	RG	RC	RM	RG	RC	RM
1987/88	Kg/ha (% RG)	2 195 (100)	2 890 (103)	2 892 (103)	3 846 (100)	4 120 (107)	3 983 (104)	3 279 (100)	3 387 (103)	3 377 (103)	2 069 (100)	2 144 (104)	2 158 (104)
1988/89	Kg/ha (% RG)	1 810 (100)	1 923 (106)	1 962 (108)	3 114 (100)	3 198 (103)	3 206 (103)	2 811 (100)	2 934 (104)	2 887 (103)	1 854 (100)	2 058 (111)	2 051 (111)
1989/90	Kg/ha (% RG)	890 (100)	987 (111)	939 (106)	3 575 (100)	3 552 (99)	3 566 (99)	3 312 (100)	3 389 (102)	3 343 (101)	1 100 (100)	1 147 (104)	1 130 (103)
1990/91	Kg/ha (% RG)	1 571 (100)	1 591 (101)	1 609 (102)	2 556 (100)	2 580 (101)	2 553 (100)	2 384 (100)	2 385 (100)	2 357 (99)	1 876 (100)	1 948 (104)	1 870 (99)

(1) - 4 répétitions/grande parcelle

(2) - 2 passages de moissonneuse batteuse/parcelle

Source : Séguy L., Bouzinac S. et al., 1991

Tableau 6

Analyse en composantes principales (ACP) des variables mesurées, sur cultures de riz et soja en 1987/88 et 1988/89

- Résultats relatifs aux deux premières composantes principales PRIN1 et PRIN2

1. Riz 1987/88

Corrélations entre variables mesurées et PRIN1, PRIN2 ⁽¹⁾

	Eigen value	Cumulative	RESIST	VITINFIL	DA10	DA20	DR10	DR20	HAUT	NGP	RDT	NAD
PRIN1	6,31729	0,63173	-0.96588 0.001	0.93208 0.0001	0.74429 0.0009	0.86656 0.0001	0.26592 0.3195	0.73491 0.0012	0.57943 0.0187	0.93209 0.0001	0.93348 0.0001	-0.72386 0.0015
PRIN2	1,81497	0,81323	0.11459 0.6726	-0.09281 0.7324	0.46599 0.0689	0.31069 0.2415	0.90865 0.0001	0.34310 0.1933	0.67138 0.0044	-0.12106 0.6552	0.19045 0.4799	0.18579 0.4909

2. Riz 1988/89

Corrélations entre variables mesurées et PRIN1, PRIN2 ⁽¹⁾

	Eigen value	Cumulative	RESIST	VITINFIL	DA10	DA20	DR10	DR20	HAUT	NGP	RDT	NAD
PRIN1	6,53394	0,65339	-0.93048 0.001	0.98651 0.0001	-0.82144 0.0011	-0.88960 0.0001	-0.13805 0.6687	0.81293 0.0013	0.48769 0.1078	0.82959 0.0008	0.91768 0.0001	-0.88356 0.0001
PRIN2	1,80399	0,83379	-0.27044 0.3952	0.07519 0.8164	0.21402 0.5042	0.29611 0.3500	0.86168 0.0003	-0.46219 0.1303	0.72618 0.0075	0.12521 0.6982	0.27944 0.3791	0.12038 0.7094

3. Soja 1987/88

Corrélations entre variables mesurées et PRIN1, PRIN2 ⁽¹⁾

	Eigen value	Cumulative	DA10	DA20	DR10	DR20	HAUT	NGP	RDT	NAD
PRIN1	4,71637	0,58955	-0.93180 0.0001	-0.83348 0.0001	0.57790 0.0190	0.82582 0.0001	0.61339 0.0115	0.66773 0.0047	0.73386 0.0012	-0.88138 0.0001
PRIN2	1,35242	0,75860	0.04653 0.8641	0.46282 0.0710	0.48028 0.0597	-0.48583 0.0564	0.49253 0.0526	0.50543 0.0458	-0.36114 0.1693	-0.20218 0.4527

4. Soja 1988/89

Corrélations entre variables mesurées et PRIN1, PRIN2 ⁽¹⁾

	Eigen value	Cumulative	DA10	DA20	DR10	DR20	HAUT	NGP	RDT	NAD
PRIN1	4,57695	0,57212	-0.81511 0.0012	-0.79881 0.0018	0.51395 0.0874	0.92645 0.0001	-0.39970 0.1980	0.62019 0.0314	0.92195 0.0001	-0.87042 0.0002
PRIN2	1,53059	0,76344	0.36923 0.02375	0.53059 0.0759	-0.76318 0.0039	0.26513 0.4049	0.63654 0.0260	0.18639 0.5619	0.13459 0.6767	-0.04421 0.8915

(1) - RESIST = Résistance mécanique à la pénétration ; VITINFIL = Vitesse d'infiltration de l'eau ; DA = Densité apparente (10, 20 cm) ; DR = Densités racinaires (10, 20 cm) ; HAUT = Hauteur plante à la récolte ; NGP = Nombre de grains/plante ; RDT = Rendement (en Kg/ha) ; NAD = Nombre adventices/m²

Source : Letourmy P., Unité de recherche biometrie et informatique - Cirad-Ca - Montpellier

le labour est la technique culturale, dans nos conditions, qui permet d'éliminer le plus rapidement la discontinuité physique créée par l'usage continu et inadéquate des offsets (semelle d'offset), et d'entretenir une forte macroporosité, qui induit toujours les densités racinaires les plus élevées sur riz pluvial en rotation avec soja. Sur culture de soja, les conditions de porosité sur précédent riz s'améliorent très rapidement sous semis direct et deviennent aussi favorables que sous le traitement labour à partir de la 3^e année.

Par contre, sur culture de riz, en rotation avec soja, les conditions de porosité demeurent limitantes, par rapport aux traitements labour et scarification pour l'obtention de hautes productivités, stables.

-L'étude des corrélations entre variables mesurées⁽¹⁾, à partir de l'analyse en composantes principales (ACP), réalisée sur 2 ans, montre que, sur culture de riz, mises à part la densité racinaire de surface (0-10 cm) et la hauteur des plants, les variables sont toutes très corrélées entre elles sur un axe principal (fig. 7 à 10 et tableau 6): le rendement est fortement corrélé positivement au nombre de grains par panicule, à la vitesse d'infiltration de l'eau et à la densité racinaire en profondeur, et, fortement corrélé, négativement, à la densité apparente, au nombre d'adventices et à la résistance mécanique à la pénétration (tableau 6).

La culture de soja obéit globalement au même mode de fonctionnement du profil cultural que pour la culture de riz, en 1988/89, et de manière moins nette en 1987/88, 1^{er} année d'application des traitements modes de gestion des sols.

- La régression du rendement sur les autres variables mesurées (régression progressive au niveau 10%, "ascendante stepwise") a été effectuée pour sélectionner les variables les plus explicatives des rendements en riz et en soja. Sur le riz pluvial, on a une très bonne explication du rendement, avec des coefficients de corrélation multiple au carré de 0,925 et 0,897 en 1987/88 et 1988/89, respectivement. Sur soja, même conclusion pour l'année 1988/

Tableau 7

Regression du rendement sur les autres variables mesurées				
Cultures	R ²	Ecart type résiduel	Variables explicatives(1)	Effet traitement résiduel
Riz 87/88	0,9249	213,9 Kg/ha	VITINFIL DR 10, RESIST	significatif
Riz 88/89	0,8969	196,1	VITINFIL, DR 10	n.s.
Soja 87/88	0,5334	157,1	DR 20	n.s.
Soja 88/89	0,9309	182,7	DR 20, DA 30	n.s.

(1) Variables dans l'ordre d'entrée dans l'équation de régression
Source : Letourmy P. - CIRAD-CA
VITINFIL = Vitesse d'infiltration de l'eau
DR = Densité racinaire (10, 20 cm)
RESIST = Résistance mécanique à la pénétration
DA = Densité apparente

89, avec un coefficient de 0,931 : par contre sur soja de 1987/88, le coefficient de corrélation au carré est plus faible = 0,533 (tableau 7).

L'identité de classement des productivités des cultures de riz et soja sur 4, puis 6 ans successifs, en fonction des modes de gestion des sols montre que les bases de la production et les meilleurs indicateurs du fonctionnement du profil cultural dans les systèmes de culture établis sur ces 2 premières années, sont parfaitement applicables (Fig. 3 à 10).

Le suivi de la dynamique de l'enracinement des cultures, jusqu'à la floraison se révèle donc comme l'outil de diagnostic le plus simple, le plus fiable et le moins coûteux ; ce suivi peut être réalisé soit par fosses pédologiques périodiques, soit par injection d'herbicides [Séguy L., Bouzinac S., 1992 (16)].

En ce qui concerne les paramètres chimiques, mesurés au départ et après 6 ans de pérennisation de l'unité expérimentale, sur les mêmes systèmes de culture, les plus contrastés, le tableau 4 montre que tous les paramètres : pH CaCl₂, Ca, Mg, Al, K, CEC, V%, P, sont au dessus des seuils de déficiences fixés par la recherche⁽¹⁾ [Van Raij, B., 1991 (21), Lopes A. S., 1984 (3), Souza D. M. G., 1987(6)], exceptées les teneurs en matière organique, qui chutent fortement après 6 ans de pratique des

traitements : labour profond, quel que soit la rotation à une seule culture annuelle (soja-riz, maïs-soja) et offset x monoculture ; les teneurs en matière organique, au départ supérieures à 2,5% en moyenne sur l'horizon 0-30 cm, tombent après 6 ans à moins de 1,4% dans le même horizon lorsque des pailles de céréales sont restituées, un an sur deux dans la rotation, et en dessous de 1% dans le cas de la monoculture de soja. Dans ce climat excessif, chaud et humide, le labour profond accélère donc fortement la minéralisation de la matière organique ; l'absence de pailles de céréales dans la rotation (cellulose, lignine) aggrave encore le résultat ; dans le cas de la monoculture x offset, la forte compaction du profil, privilégie l'érosion superficielle du profil cultural et donc de la matière organique (en nappe, et en griffes) - [Séguy L., Bouzinac S. et al. 1984 (9)]. Ces résultats sont préoccupants pour la gestion à long terme de la fertilisation, à moindre coût.

À l'inverse, les systèmes de semis direct, n'incorporant pas la paille, et offrant, tout au moins les deux premières années, des conditions de macroporosité bien inférieures à celles du labour profond, permettent de maintenir les taux de matière organique de départ, voire même de les augmenter dans l'horizon 10-30 cm, lorsque la macrofaune associée brasse et

(1) IAC - Institut agronomique de Campinas (état de São Paulo)

Fig. 3

I - ROTATION - RIZ - SOJA - 1987/88

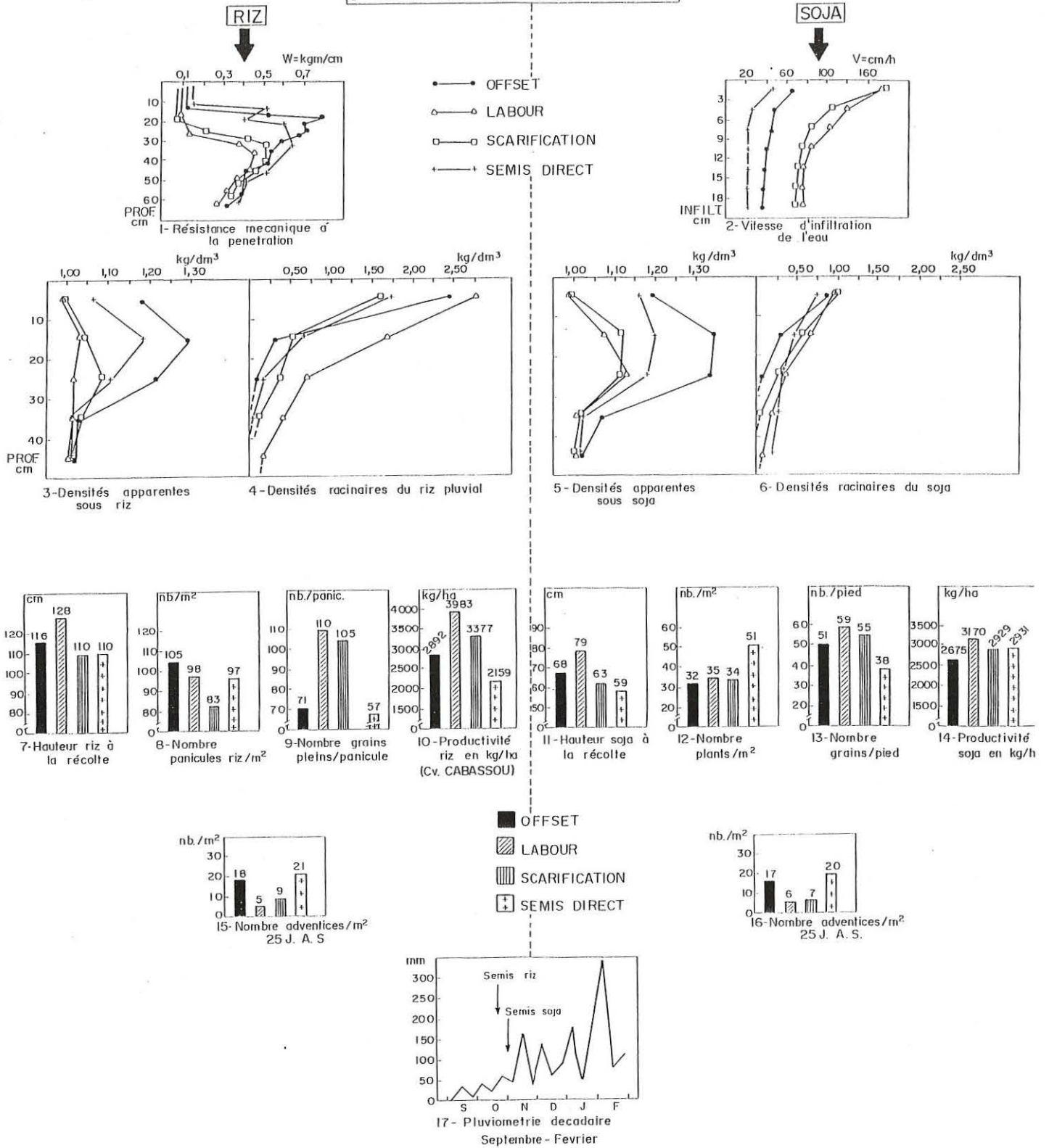


Fig. 4

II - ROTATION - RIZ-SOJA - 1988/89

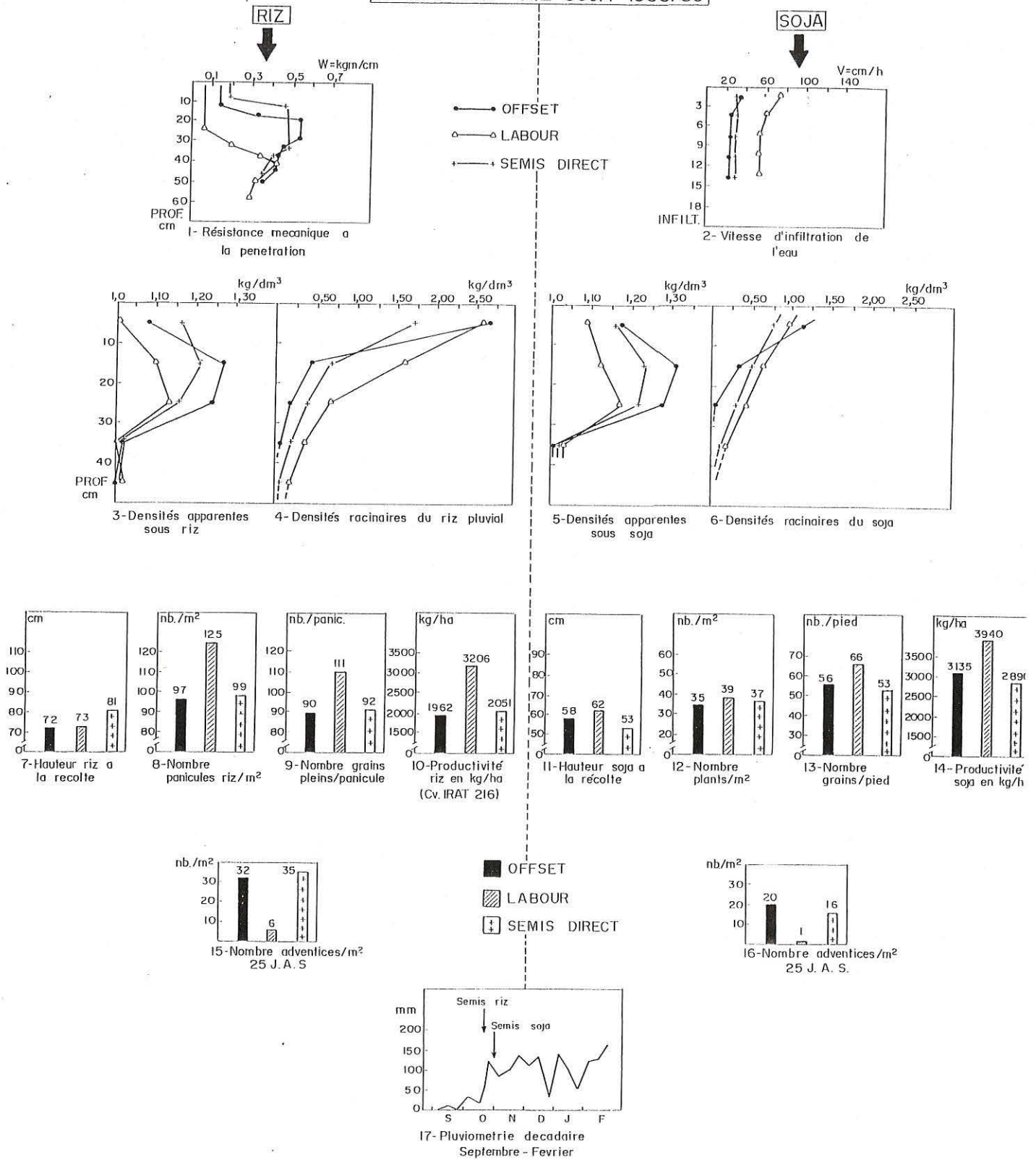


Fig. 5

III - ROTATION - RIZ - SOJA - 1989/90

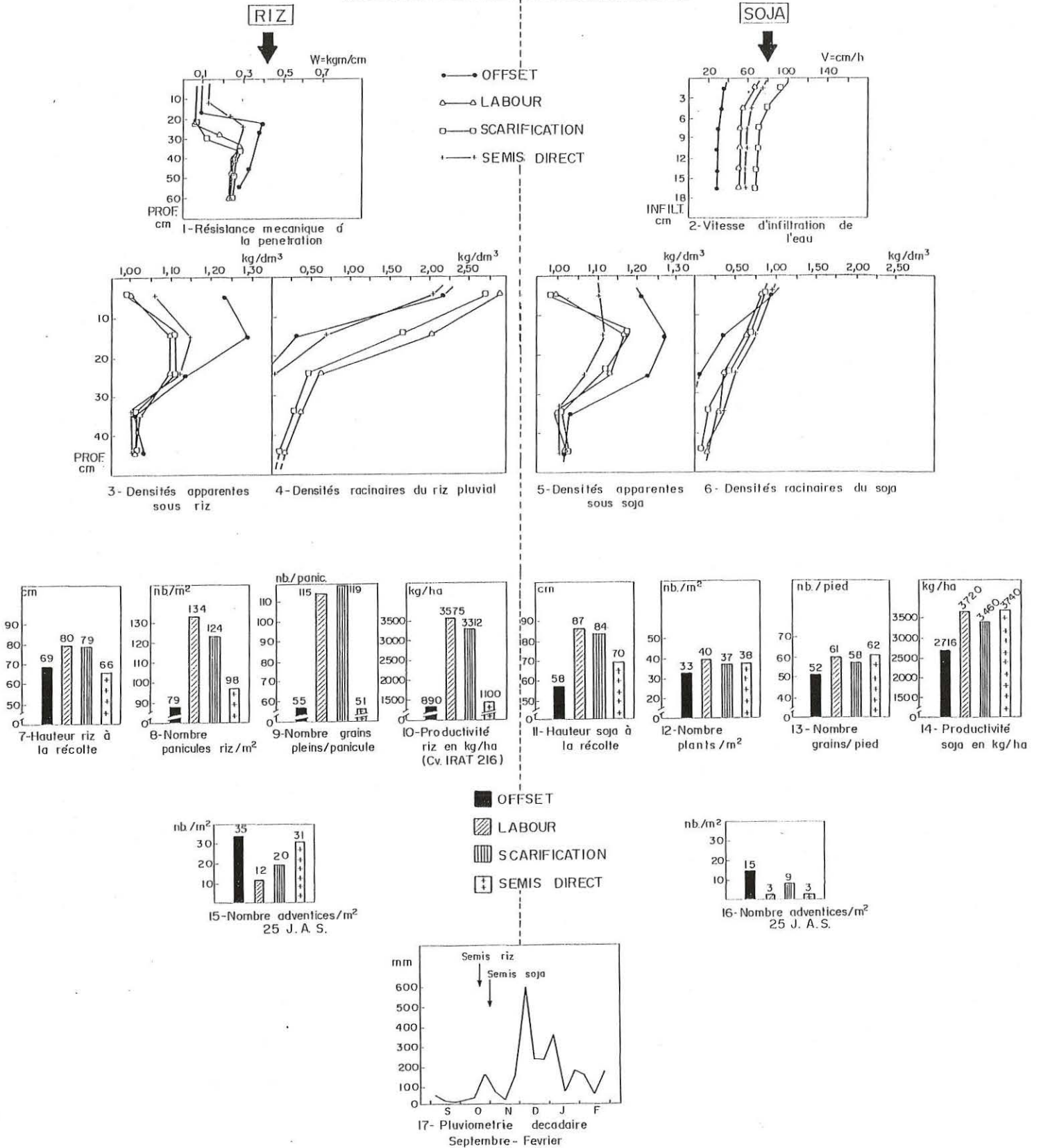


Fig. 6

IV-ROTATION - RIZ - SOJA - 1990/91

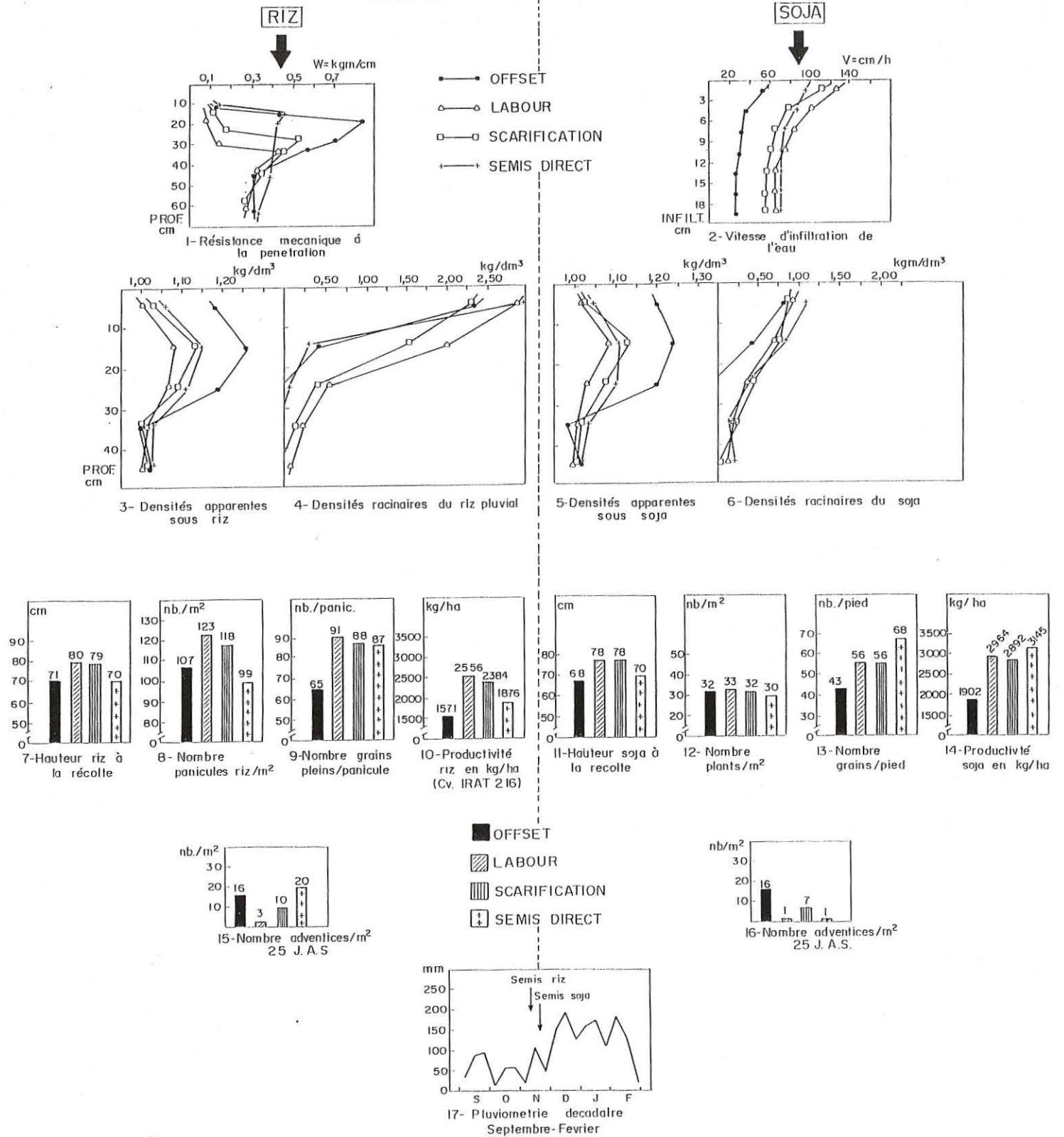


Fig. 7 - Analyse en composantes principales (ACP) des variables explicatives sur cultura de riz pluvial.
FAZENDA PROGRESSO - MT - 1987/88

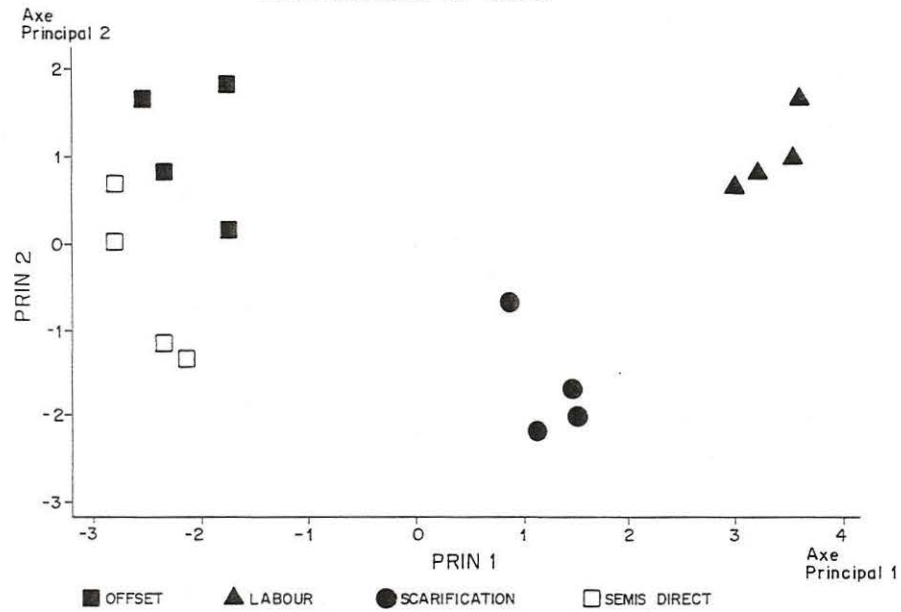


Fig. 8 - Analyse en composantes principales (ACP) des variables explicatives, sur culture de Soja
FAZENDA PROGRESSO - MT - 1987/88

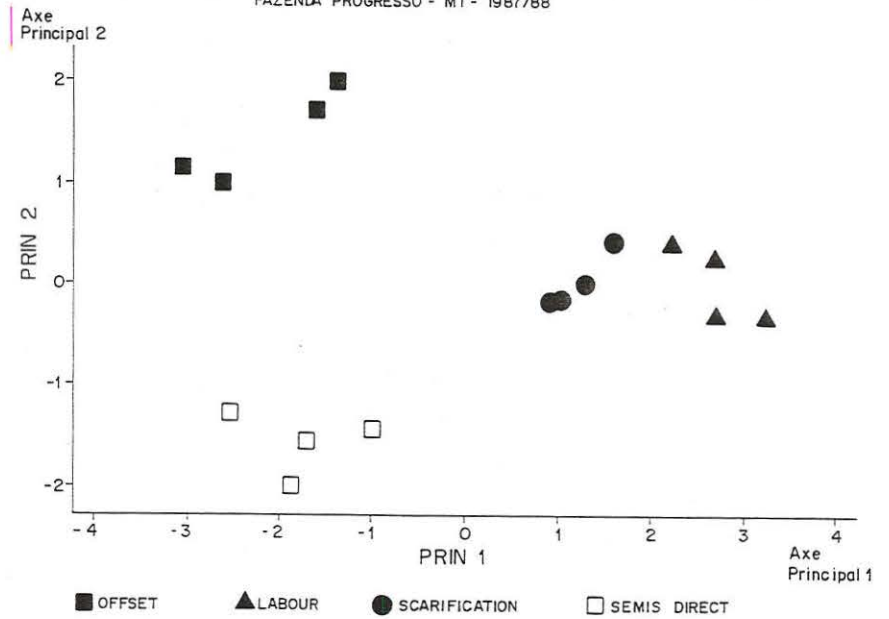


Fig. 9 - Analyse en composantes principales (ACP) des variables explicatives sur culture de riz.
FAZENDA PROGRESSO - MT - 1988/89

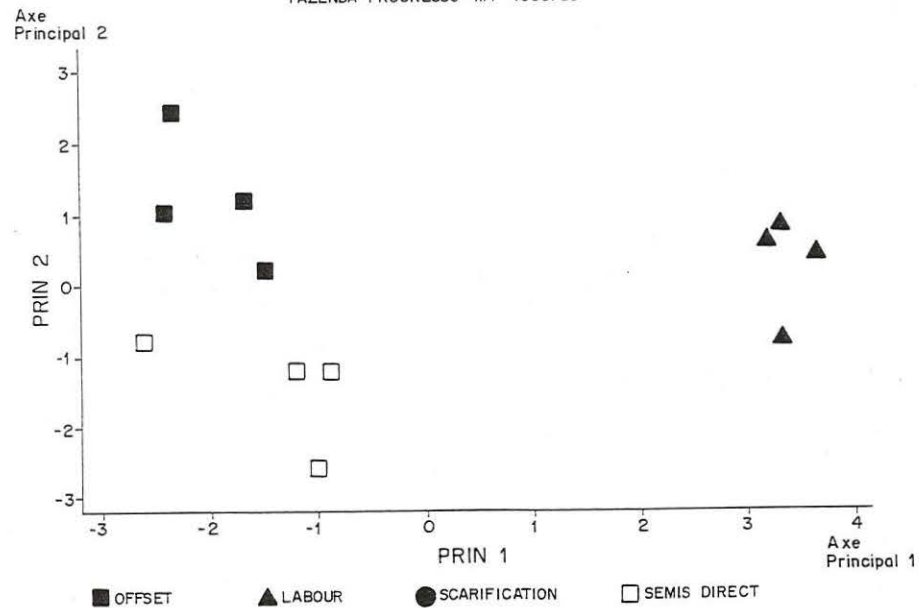


Fig. 10 - Analyse en composantes principales (ACP) des variables explicatives sur culture de Soja.
FAZENDA PROGRESSO - MT - 1988/89

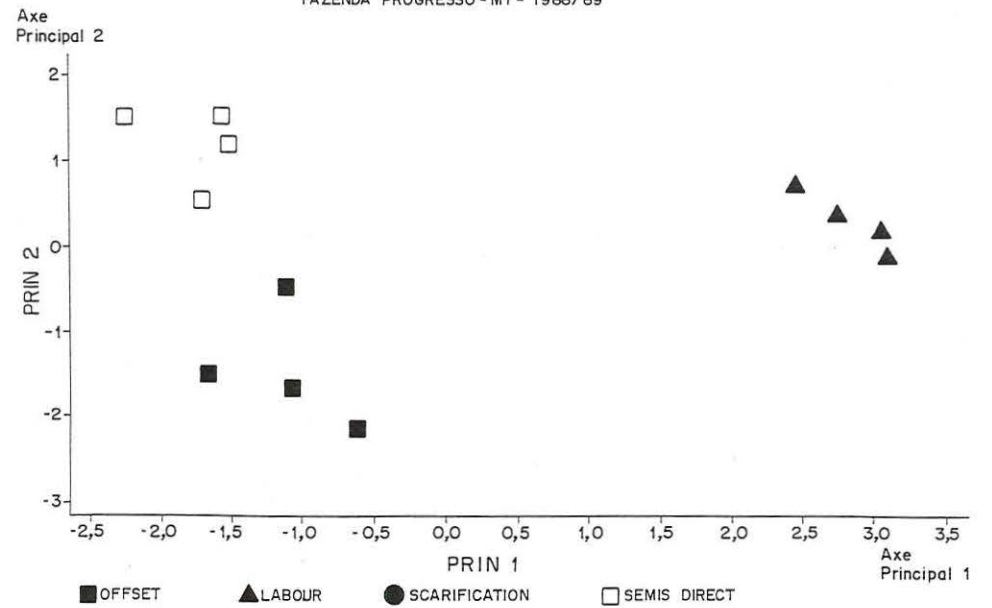


Tableau 8											
ANALYSES CHIMIQUES DU PROFIL CULTURAL APRÈS RESTAURATION DE LA FERTILITÉ - 1986-1992											
Modes de gestion des sols et des cultures	Profondeur des échantillons (cm)	pH		M.O. %	meq./100 ml						
		CaCl ₂	Eau		Ca	Mg	Al	K	CEC	V %	P (ppm)
Monoculture Soja x Offset (T) (1)	0-10	4,9	5,5	1,0	2,9	1,1	0,1	0,21	8,4	50,1	8,3
	10-20	5,0	5,6	1,0	2,0	0,8	0,1	0,12	6,3	46,2	2,6
	20-30	5,2	5,6	1,0	0,5	0,3	0,4	0,09	4,3	20,7	5,3
Monoculture Soja x Labour profond	0-10	4,5	5,1	1,1	2,7	0,9	0,1	0,17	9	42,0	2,6
	10-20	4,4	5,0	0,9	2,7	1,0	0,1	0,08	10,2	37,1	5,3
	20-30	4,5	5,1	0,7	2,5	0,8	0,1	0,10	9,8	34,7	5,3
Rotation Soja-Maïs Labour profond	0-10	5,1	5,7	1,5	1,9	0,5	0,1	0,15	5,3	47,6	3,0
	10-20	5,5	6,1	1,3	2,1	0,7	0,1	0,16	4,5	64,2	7,6
	20-30	5,0	5,6	1,3	1,8	0,8	0,1	0,14	6,4	41,0	5,0
Systèmes alternant 1 seule culture avec 2 en succession x Semis direct	0-10	4,7	5,3	2,4	2,0	0,9	0,1	0,21	7,8	39,8	6,6
	10-20	5,1	5,7	2,2	2,8	2,0	0,1	0,17	6,8	58,6	10,0
	20-30	5,2	5,8	2,0	1,2	0,9	0,1	0,12	4,8	58,5	7,6
Rotation Soja-Riz Labour 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	1,3	2,8	0,9	0,1	0,10	8,5	44,7	4,0
	20-30	5,0	5,6	1,3	2,5	0,7	0,1	0,10	6,1	53,9	7,8
Système Soja-Maïs 5 ans de semis direct (*)	0-10	4,3	4,9	2,0	3,4	0,8	0,1	0,20	10,2	43,2	9,5
	10-20	3,6	5,2	3,4	2,5	1,0	0,1	0,14	8,3	43,7	2,3
	20-30	4,9	5,5	3,8	0,8	0,4	0,1	0,12	7,1	18,6	1,2

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

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

Tableau 9									
Intervalles de recommandations pour les analyses chimiques (1) sur l'horizon 0-30 cm									
pH		M.O. %	meq./100 ml					P (ppm)	V % Saturation de bases
CaCl ₂	Eau		Ca	Mg	Al	K	CEC		
entre	entre	entre	entre	entre	entre	entre	entre	entre	entre
5,0 et 5,4	5,6 et 6,0	1,7 et 3,0	2,0 et 3,5	0,8 et 1,3	< 0,2	0,15 et 0,24	6,5 et 10	5 et 10	40 et 60

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

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

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

incorpore en profondeur la matière organique (tableau 8).

Pour atteindre des objectifs de rendements voisins de 3 000 Kg/ha pour le soja, 2 500 à 3 000 Kg/ha pour le riz pluvial, 4 500 Kg/ha pour le maïs, la fumure minérale NPK de correction progressive, appliquée sous la ligne de semis est suffisante avec l'utilisation des meilleurs modes de gestion des sols et des cultures précédemment décrits ; cette fumure NPK localisée est de : 8N-80 P₂O₅-80 K₂O/ha sur soja, 35 à 40 N - 70 P₂O₅ - 70 K₂O sur riz pluvial, 60 à 80 N - 70 P₂O₅ - 70 K₂O sur maïs.

Ces fumures annuelles doivent être complétées par l'application d'amendement calcomagnésien lorsque le taux de saturation en bases descend en dessous de 40% pour la culture la plus exigeante de la rotation qui est le soja (le riz étant la culture la plus tolérante à l'acidité) [Van Raij B., 1991 (21), Lopes, A. S., 1984(3), Séguy L., Bouzinac S. et al. 1993 (18)].

3.4. Performances économiques des systèmes de culture -

La conjoncture économique brésilienne a été extrêmement chaotique durant la période entre 1986 et 1992 au cours de laquelle plusieurs plans économiques se sont succédés. Cette situation de crise permanente est encore aggravée sur les fronts pionniers par suite de leur éloignement par rapport aux grands centres de consommation, aux ports d'exportation et surtout de leur étroite dépendance à l'axe routier, dont l'état le plus souvent précaire, pénalise fortement les recettes des agriculteurs en élevant le coût du fret à des niveaux souvent insoutenables pour la production agricole ; à titre d'exemple, en 1994, il est nécessaire de produire, avec les meilleurs systèmes de culture, 2 800 Kg/ha de soja pour équilibrer les coûts de production [Séguy L., Bouzinac S. et al, 1994(20)]; dans l'état de Goiás, déjà plus proche des grands centres de consommation, il est nécessaire de produire 2 400 Kg/ha de soja pour équilibrer les coûts de production dans des systèmes de culture similaires - [Landers J. 1994(1)]; dans les états du Sud, près des ports et des plus grandes

centres de consommation, 2 100 Kg/ha de soja suffisent à équilibrer les coûts.

Les graphiques 3 et 4, traduisent les fortes fluctuations des coûts de production et des prix payés aux producteurs pour les deux produits les plus importants dans la région en 1992 : le soja dominant et le riz pluvial, avec 300 000 hectares et 68 000 hectares respectivement.

Dans cette conjoncture défavorable, les performances économiques des systèmes les plus différenciés, sont exposées dans la figure de synthèse 13, et les figures 14 et 15, relatifs à l'optimisation de la fertilisation minérale:

Ils mettent en évidence, que les systèmes de monoculture, qui sont toujours les moins productifs, conduisent systématiquement à des pertes financières, quelque soit la culture, soja ou riz. À l'inverse, divers systèmes utilisant les rotations et successions de cultures offrent des marges brutes/ha attractives, comprises entre 100 et 370 US\$/ha, revenus qui peuvent être considérés comme très lucratifs, si l'on ne perd pas de vue que la surface minimum de l'exploitation est de 200 hectares dans la région. Ces systèmes de culture les plus lucratifs peuvent être combinés pour former des assolements annuels mieux équilibrés, assurant ainsi une meilleure gestion du risque économique (assolements "tampons" de gestion du risque - figure 9).

En réalité, ces résultats économiques calculés à partir des prix minimums garantis par le gouvernement, sont difficilement extrapolables : les prix minimums ne sont pas toujours respectés localement. La production est même parfois non commercialisée, ou a des prix bien en dessous des prix minimums garantis, ce qui entraîne des pertes financières pour les agriculteurs et des faillites fréquentes - (cas du maïs, du sorgho, du riz pluvial, de médiocre qualité de grain).

Cette réalité économique locale des fronts pionniers, nous amène à penser qu'avec la diversification des productions, il faut également nous engager sur la voie de la qualité des produits, favoriser leur transformation locale, pour, à la fois, garantir des prix payés plus

élevés au producteur et diminuer au maximum l'incidence du coût du fret routier sur les coûts de production et ses recettes - (produits transformés ou de qualité commerciale garantie, de haute valeur ajoutée).

- *au plan technique* - les meilleurs systèmes de culture alternant une seule culture annuelle (riz-soja), avec deux cultures en succession annuelle en semis direct l'année suivante, ont été organisés en assolements pour optimiser l'utilisation des équipements de la Fazenda Progresso, à partir de 1988, soit deux ans après le début de l'intervention expérimentale.

Les temps consacrés à la préparation des sols qui étaient, en 1986, dans le système traditionnel de monoculture de soja de 80 à 90 jours, passent, avec les nouveaux assolements à 220 jours ; de la même manière, les temps de récolte passent de 80 jours à 135 jours et la surface cultivée annuelle augmente de 50 à 60% sans ouverture de terre nouvelle - [Séguy L., Bouzinac S., 1989 (9), 1990(13)] (Schéma 7).

Ces résultats montrent l'augmentation très significative de la capacité du parc de machines, ainsi que l'amélioration de sa flexibilité d'utilisation sur la Fazenda Progresso.

Dans le centre ouest, 6 entreprises commencent à fabriquer des charrues à socs (Ikeda, Sans, Baldan, Lavrale, Tatu, Maschetto), et les surfaces labourées dépassent 367 000 hectares en 1989 [Séguy L., Bouzinac S. et al 1989 (10), 1990 (14)].

3.5. Diffusion des technologies

Les systèmes de culture créés, ont été très largement diffusés à travers l'organisation de journées de démonstration au champ (plus de 1 000 agriculteurs présents chaque année), la presse, la télévision, les médias en général qui ont fait la réputation de cette intervention de la recherche action (nombreux articles dans les périodiques de grande audience).

Des enquêtes⁽¹⁾ conduites, deux ans de suite, en 1989 et 1990, dans toute le centre ouest Brésil, ont permis de mesurer l'importance de cette diffusion et son impact

(1) Enquêtes conduites par l'EMBRAPA, et le CIRAD-CA [Séguy L., Bouzinac S. et al., 1990 (16), 1991 (18)].

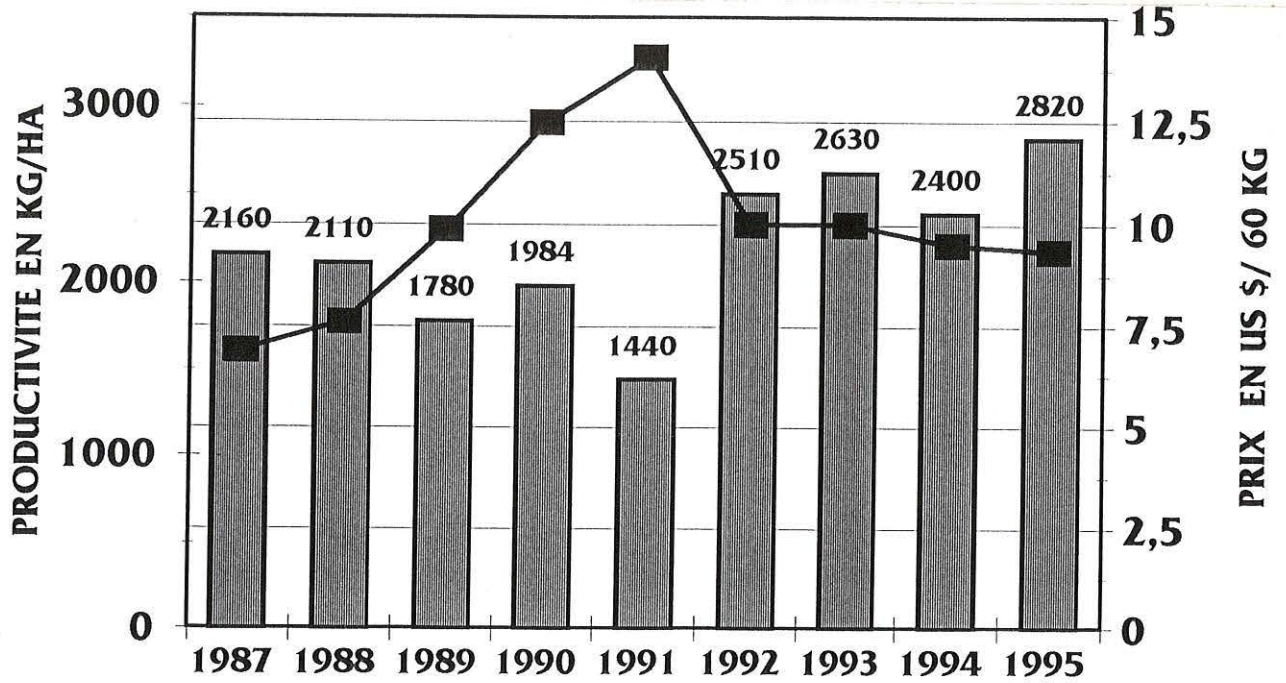


FIG.11

PRODUCTION POUR COUVRIR LES COUTS
 PRIX PAYE POUR LE RIZ

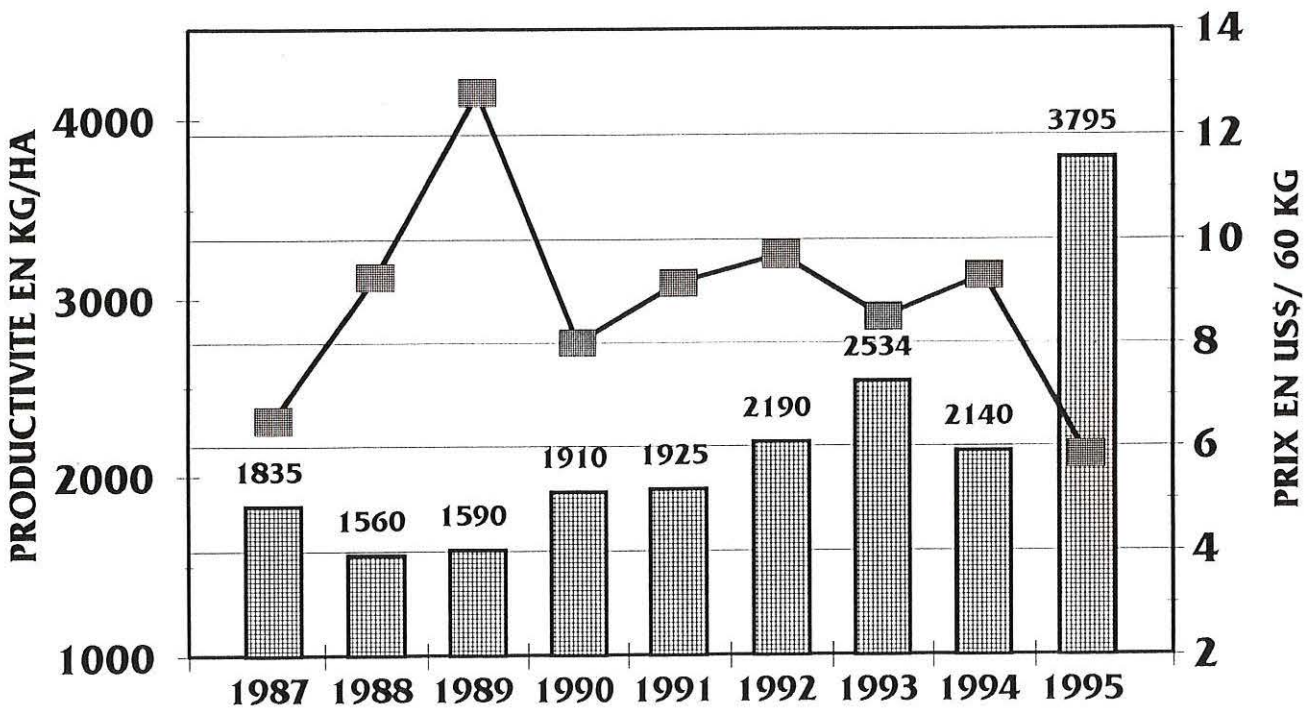
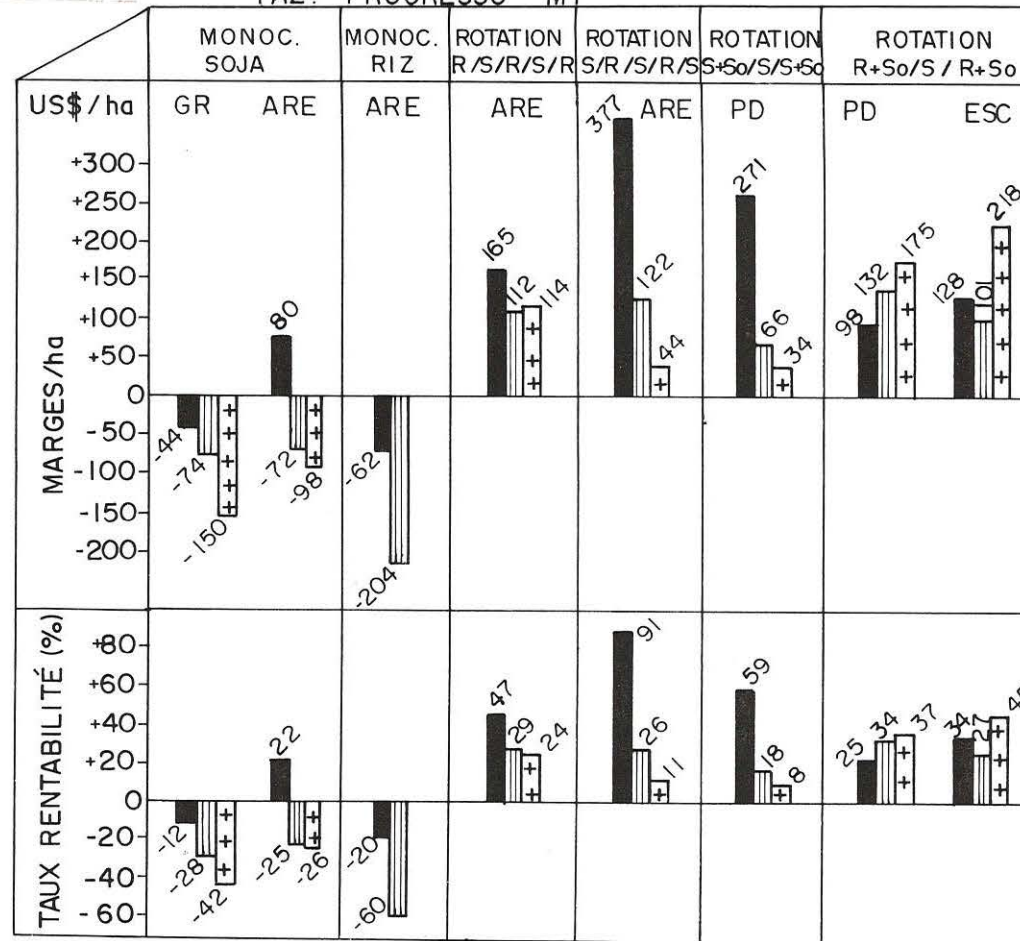


FIG.12

PRODUCTION POUR COUVRIR LES COUTS
 PRIX PAYE POUR LE SOJA

Fig. 13

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



■ 1988/89 ▨ 1989/90 + 1990/91

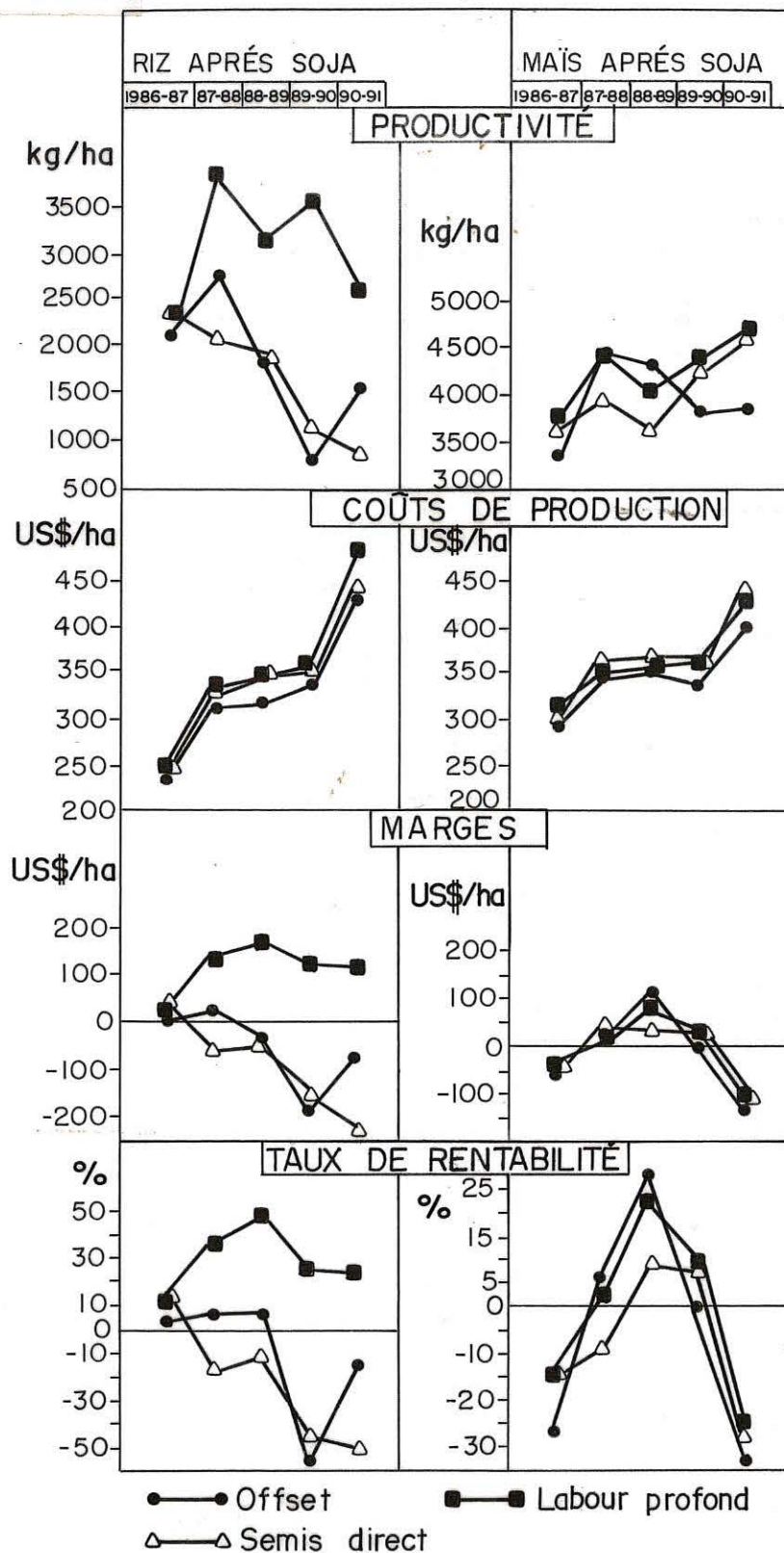
GR - Offset ESC - Scarification ARE - Labour profond au soc
 PD - Semis direct So - Sorgho S - Soja R - Riz

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

Systemes tampons de meilleure gestion du risque économique

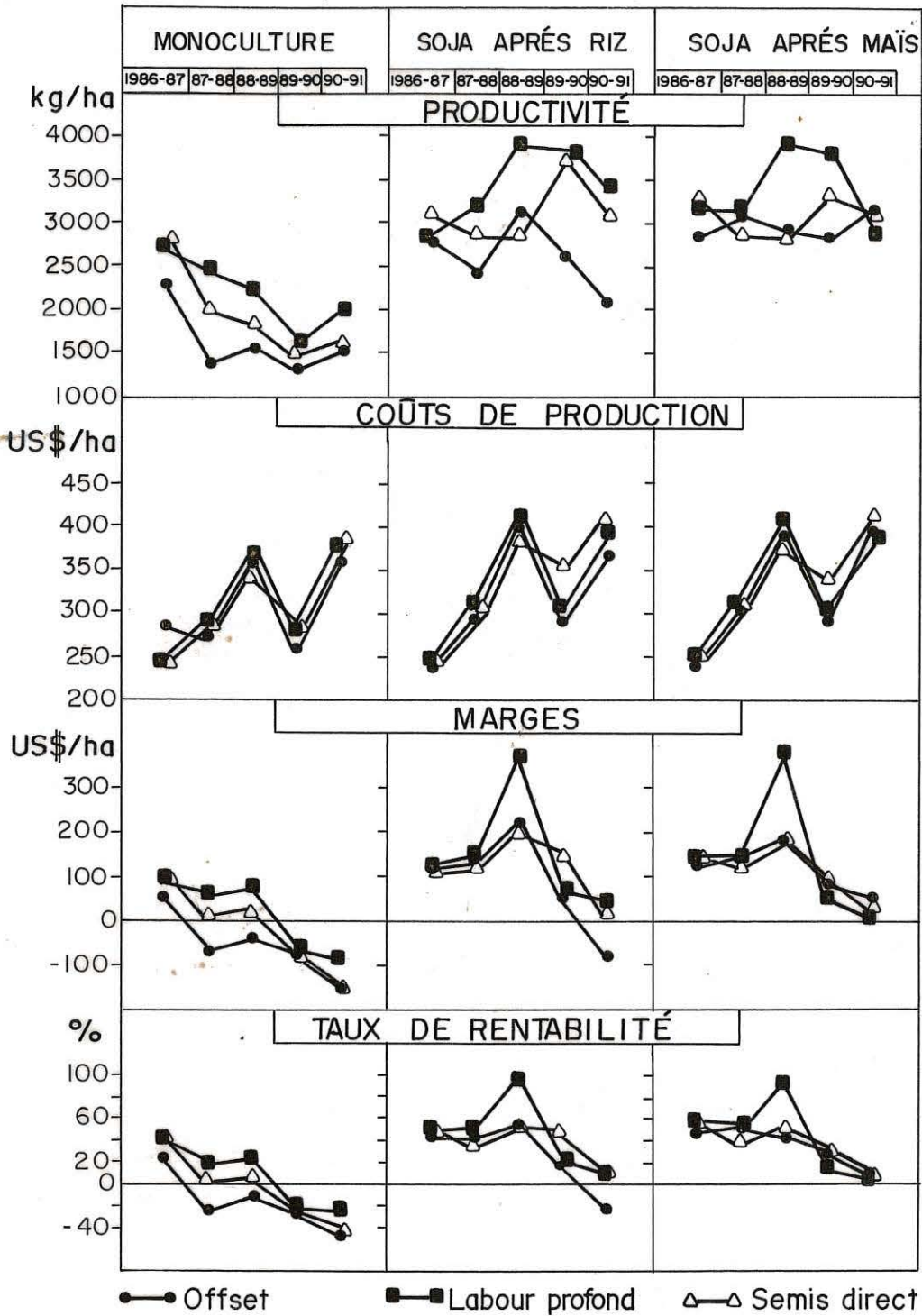
• SOURCE = CIRAD-CA (L. Seguy, S. Bouzinac.)

Fig. 14 Evolution des rendements de riz et maïs et performances économiques - FAZ PROGRESSO-1986/91-MT



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

Fig. 15 Evolution des rendements de soja et performances économiques - FAZ. PROGRESSO-1986/91- MT



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

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

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

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

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

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

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

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

sur le développement; les tableaux 10 et 11 qui résument les performances agronomiques des systèmes sur un échantillon de 42 664 hectares (116 producteurs) en 1989 et de 17 123 hectares (57 producteurs) en 1990, montrent que les performances moyennes des systèmes et leur classement sont conformes à ceux de l'unité expérimentale de la Fazenda Progresso, traduisant ainsi que ces technologies ont une portée très large dans l'agriculture mécanisée du centre ouest et que la méthode de recherche action utilisée (diagnostic puis création diffusion de systèmes en milieu réel avec les acteurs) est fiable et constitue un outil méthodologique précieux pour ce "type" de développement mécanisé, dans ce milieu.

V - CONCLUSIONS

Nous avons élaboré, au cours de plusieurs expériences successives de recherche-développement, une méthode synthétique d'intervention en milieu réel, avec, pour et chez les agriculteurs. Cette démarche s'appuie sur des références expérimentales pluriannuelles, obtenus à partir d'itinéraires techniques et systèmes de culture réellement pratiqués en conditions d'exploitation réelles, réunis et comparés dans des unités expérimentales pérennes, installées à l'échelle des unités de paysage représentatives pour prendre en compte, au delà de la gestion de la parcelle de production, les effets du ruissellement, de l'érosion. Itinéraires techniques et systèmes de culture sont évalués sous les mêmes conditions pédoclimatiques pour mesurer rigoureusement l'influence des modes de gestion des sols et des cultures sur l'évolution de la productivité des cultures, leur fluctuation interannuelle, et sur le statut de fertilité du sol au cours du temps.

La démarche générale de recherche-action utilisée en milieu réel, s'appuie d'abord sur un diagnostic rapide du milieu physique et socio-économique, à partir duquel, une matrice des systèmes de culture possibles est modélisée et mise en pratique, avec les agriculteurs, sur des critères à la fois, agronomiques,

techniques et économiques. Cette matrice des systèmes possibles dans laquelle le système traditionnel des agriculteurs sert de référence permanente, a pour fonctions prioritaires, exclusivement : - de définir avec les acteurs, dans leurs milieux, un très large choix de systèmes de culture offrant, suivant des niveaux variables de ressources financières et techniques, des possibilités de fixation de l'agriculture, dans des propositions d'aménagement préservatrices de l'espace rural, construites à l'échelle des unités de paysage représentatives, - De former les divers acteurs du développement à la gestion de ces systèmes, - de servir de vitrine et vivier des terroirs : technologies, matériel végétal, techniques et outils analytiques de diagnostic, dans lesquels les agriculteurs peuvent trouver des solutions pratiques, en permanence, les chercheurs expliquer le fonctionnement des techniques.

Les unités expérimentales pratiquées en conditions d'exploitation réelles ont donc des rôles multiples et complémentaires de création et diffusion de technologies, de formation. Le progrès constant des systèmes de culture est assuré par des expérimentations thématiques, satellites, spécifiques à chaque système de culture. - Après 2 à 3 ans de fonctionnement de ces unités, des unités secondaires de validation multilocales, appelées "fazendas de référence" qui couvrent la variabilité régionale des milieux physique et socio-économique, permettent d'apporter une couverture régionale plus large aux résultats expérimentaux. C'est à partir de cet ensemble de références obtenues sur un intervalle climatique et économique significatif (6 ans dans nos conditions) que sont établies les bases de la production végétale et que sont identifiés les outils analytiques qui permettent de les caractériser. Les systèmes réalisent les meilleures synthèses aux plans à la fois agronomique, technique et économiques, de moindre risque, sont ainsi identifiés, leurs conditions de praticabilité et de reproductibilité sont déterminées, de même que sont retenus les paramètres du profil cultural les plus explicatifs

et les plus pertinents de l'élaboration du rendement des cultures dans les systèmes, de sa stabilité.

Des jours de démonstration et formation, au champ, sont organisés pour les agriculteurs, vulgarisateurs, chercheurs. Les unités expérimentales sont ouvertes en permanences au public et structurées en conséquences. Les agriculteurs peuvent choisir librement les technologies qui les intéressent.

Cette méthode d'intervention en milieu réel a été appliquée avec succès à la fixation de l'agriculture sur les fronts pionniers de la zone tropicale humides de l'Ouest du Brésil. De nombreuses technologies et systèmes de culture ont été très largement diffusés dans le Centre-Nord du Brésil, et adoptés par les agriculteurs sur des centaines de milliers d'hectares. La concordance des performances des systèmes entre le dispositif régional de recherche et le milieu réel sur une très vaste échelle géographique, la rapidité de diffusion des technologies, montrent l'importance et la portée générale des modes de gestion des sols ferrallitiques acides pour l'agriculture mécanisée du Centre-Ouest, débordant largement du seul cadre des savanes humides, et confirment la fiabilité de l'outil de recherche en milieu réel, utilisé.

Cependant, cette démarche synthétique de recherche-action, a des limites clairement définies qui doivent être respectées pour en tirer un profit maximum : - dans l'espace : elle s'applique à une région ou des terroirs, - dans le temps : elle est pérenne et doit répondre à la fois à la levée de contraintes immédiates et à plus long terme concernant l'évolution du statut de fertilité du sol ; dans ses fonctions : rôles de vitrine et vivier technologiques, de diagnostic permanent, de formation des acteurs, de conseil de gestion dans l'aide à la prise de décision des agriculteurs, et autorités politiques. Même si cette démarche a un rôle de diffusion incontestable, elle ne saurait en aucun cas se substituer aux organismes chargés de la faire à grande échelle.

Les deux critiques les plus évidentes que l'on peut faire à

cette démarche sont sans aucun doute, sa lourdeur dans sa conduite et sa forte exigence vis à vis de la maîtrise pratiquée des propositions à construire avec les agriculteurs.

Mais c'est paradoxalement dans ces deux défauts majeurs au plan de la pratique opérationnelle, que cette méthode se révèle aussi la plus précieuse et la plus formatrice

en créant une formidable dynamique de groupe entre les différents acteurs du développement qui entraîne une professionnalisation accélérée de tous les partenaires.

Enfin, c'est surtout dans ses capacités à prendre en compte dans sa gestion interdisciplinaire à des niveaux d'échelle représentatifs : les excès pédo-

climatiques, les contraintes technico-économiques dans les mêmes conditions pédoclimatiques et à intégrer de manière permanente concepts et pratiques reproductibles et appropriables que cette démarche présente un intérêt déterminant pour réconcilier théorie et pratique, chez les agriculteurs, au profit de la fixation d'agriculture tropicales durables.

References bibliographiques

- (1) **Arnaud M., 1979.**
Missão ao estado do Maranhão - 27 nov. a 11 dez. 1979. Doc. interne IRAT - CIRAD-CA - BP 5035 - 34032 - Montpellier cedex - France.
- (2) **Bellon S., Mondain Monvalm J. F., Pillot D., 1985.**
Recherche développement et farming system research : à la quête de l'opérationnalité - GRÉT - Colloque systèmes de production agricoles caribéens et alternatives de développement - Université Antilles Guyane-9-10-11 mai 1985.
- (3) **Husson O., 1991.**
"Création-diffusion" of cropping systems : a french farming system approach. Doc. interne CIRAD-CA - BP 5035 - 34032 - Montpellier cedex - France.
- (4) **Lena P., 1988.**
Diversidade da fronteira agrícola na Amazônia. in Fronteiras Editora Universidade de Brasília, 1988 - Campus Universitário Asa Norte - 70901 - Brasília - DF - Brasil.
- (5) **Lopes A.S., 1984.**
Solos sob cerrados. Características, propriedade e manejo. 162 p. Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fósforo. CP 400 - 13400-700 - Piracicaba - SP - Brasil.
- (6) **Martínez J. C., 1984.**
La mise au point d'une technologie adaptée aux contraintes et aux atouts de l'agriculteur : l'approche du CYMMIT, Doc. de travail CYMMIT - 27 p.
- (7) **Resck D.S.V., 1981.**
Parâmetros conservacionistas dos solos dos vegetação de cerrados. EMBRAPA - CPAC - Circular técnica - 32 p.
- (8) **Sebillotte M., 1974.**
Agronomie d'analyse des tâches de l'agronome. Cahier ORSTOM, ser. biol. 3-2, 3-25.
- (9) **Sebillotte M., 1978.**
Itinéraire techniques et évolution de la pensée agronomique. C.R. Acad. Agric. Fr. 64, 906-914.
- (10) **Sebillotte M., 1985.**
Cultures (systèmes de). Encyclopedia Universalis Corpus 5.
- (11) **Séguy L., Bouzinac S., 1980.**
Une démarche expérimentale d'élaboration des systèmes de production utilisables par les petits paysans (région du Cacaïs au Maranhão - Brésil) 48 p. Doc. interne IRAT - CIRAD BP 5035 - 34032 - Montpellier cedex - France.
- (12) **Séguy et al., 1984.**
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 Cacaïs au Maranhão. Nord-Est du Brésil, état du Maranhão in Agronomie tropicale, 1982, vol. 37, m. 3, p. 233-261, c.
- (13) **Séguy L., 1984.**
Perfecting farming system models for upland rice manual cultivation in overview of upland rice research, upland rice workshop Bouaké 1982. Los Baños IRRI pp. 545-548.
- (14) **Séguy L., Bouzinac S., Pacheco A., Kluthcouski J., 1989.**
Des modes de gestion mécanisés des sols aux techniques de gestion en semis direct sans travail du sol, appliqués aux cerrados du Centre Ouest brésilien - CIRAD-IRAT Doc. interne 165 p. (traduit en portugais).
- (15) **Séguy L., Bouzinac S., Pacheco A., 1989.**
Un test simple pour évaluer la cinétique et la profondeur de l'enracinement du riz pluvial à l'usage des agronomes et des sélectionneurs. Doc. interne CIRAD-IRAT - 10 p. CIRAD-CA - BP 5035 - 34032 - Montpellier cedex - France.
- (16) **Séguy L., Bouzinac S., Baron C., Oliveira E. T., Teixeira S. M., Yokoyama L., Pacheco A., Silva I., 1990.**
Première évaluation de l'adoption par les agriculteurs du Centre-Ouest brésilien des technologies mises au point par la recherche franco-brésilienne. Doc. interne CIRAD-IRAT 55 p., CIRAD-CA - BP 5035 - 34032 - Montpellier cedex - France.
- (17) **Séguy L., Bouzinac S., 1990.**
La recherche appliquée au service du développement régional - Brésil. Doc. interne CIRAD-IRAT 148 P. CIRAD-CA - BP 5035 - 34032 - Montpellier cedex - France.
- (18) **Séguy L., Bouzinac S., Yokoyama L., 1991.**
Évaluation de l'adoption par les agriculteurs du Centre-Ouest brésilien des technologies mises au point par la recherche franco brésilienne. Seconde phase 1989-1990. Doc. interne CIRAD-IRAT 118 p. - CIRAD-CA - BP 5035 - 34032 - Montpellier cedex - France.
- (19) **Séguy L., Bouzinac S., Matsubara M., 1991.**
Gestion de sols et des cultures dans les zones de frontières agricoles des cerrados humides du Centre-Ouest Brésil. Synthèse actualisée 1986-1991 et highlights 1991. Doc. interne CIRAD-CA - 107p. CIRAD-CA - BP 5035 - 34032 - Montpellier cedex - France (traduit en portugais).
- (20) **Séguy L., Bouzinac S., Matsubara M., 1992.**
Gestion des sols et de cultures dans les zones de frontières agricoles des cerrados humides du Centre Ouest brésilien. I - Highlight 1992 et synthèse actualisée 1986-1992 (61 p.). II - Nouveaux concepts de gestion écologique du sol pour la fixation d'une agriculture stable et durable

dans les régions tropicales humides et équatoriales du Brésil (33 p. + photos). Documents internes CIRAD-CA. CIRAD-CA - BP 5035 - 34032 - Montpellier cedex - France (traduit en portugais).

(21) Séguy L., Cirad-Ca, Cooperlucas, Rhodia Agro S.A., 1993.

Systèmes de culture pour la région Centre Nord de l'état du Mato Grosso. Recommandations techniques 1993. Doc. interne CIRAD-CA58p.,+photos (traduit en portugais - Rhodia Agro - São Paulo - Brésil).

(22) Séguy L., Bouzinac S., Charpentier H., Michellon R., 1995.

Contribuição ao estudo e ao aperfeiçoamento dos sistemas de cultura em meio real :- Pequeno guia de iniciação ao enfoque "criação-difusão" de tecnologias no meio real - Resumos de alguns exemplos de aplicação significativa. Doc. IICA Procitropicos 223 p. + photos (traduction en français faite au CIRAD-CA).

(23) Simmonds N. W., 1984.

The state of the art of farming system research in Sadoscope n° 16. Juin 1984.

(24) Souza D. M. G., Miranda L. N. de, Lobato E., 1987.

Interpretações de análises de terra e recomendação de adubos fosfatados para as culturas anuais nos cerrados. EMBRAPA CPAC - Comunicado técnico 51. 7 p. Planaltina - DF - Brasil.

(25) Steinmetz S., Reyniers F. N., Forest F., 1988.

Caracterização do regime pluviométrico e do balanço hídrico do arroz de sequeiro em distintas regiões produtoras do Brasil. Vol. I. EMBRAPA CNPAF (Documentos 23). CP 179 - Goiânia - Goiás - Brasil.

(26) Triomphe B., 1987.

Méthodes d'expérimentation en milieu paysan. Approche bibliographique. 1987. DSVNR 4. Doc. interne IRAT. CIRAD-CABP 5035 - 34032 - Montpellier cedex - France.

(27) Van Raij B., 1991.

Fertilidade do solo e adubação (342 p.) Editora Agronômica Ceres. São Paulo - SP - Brasil.