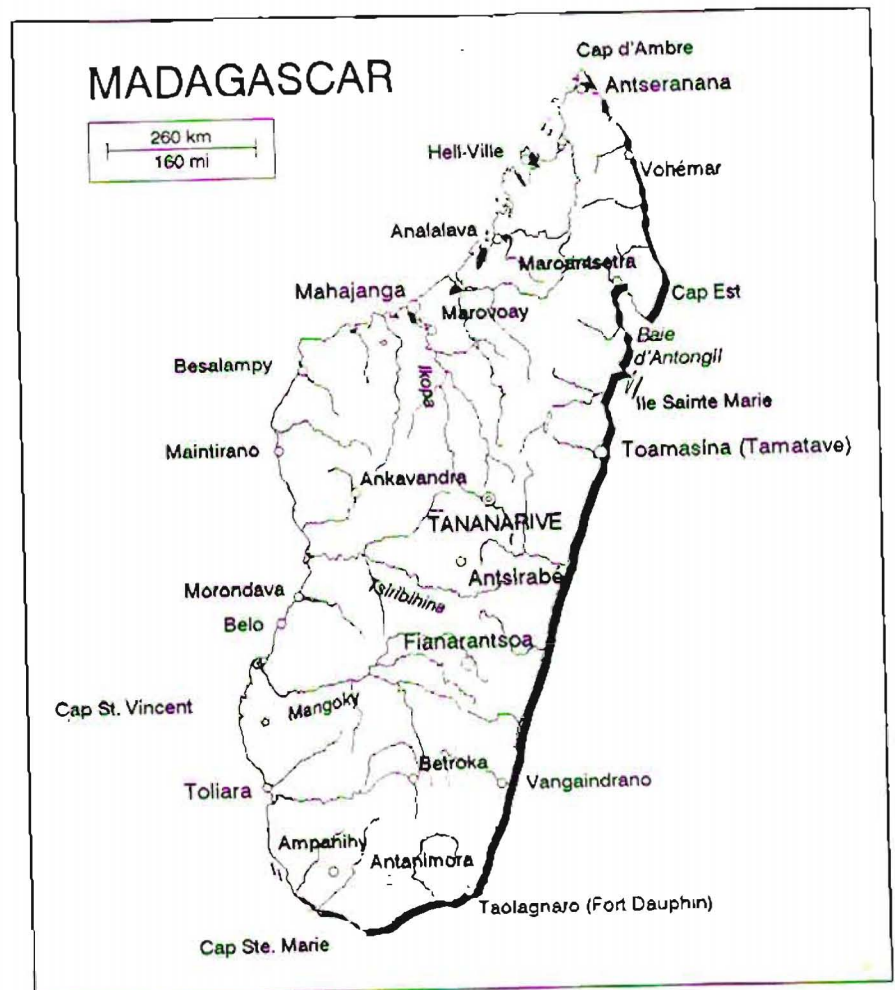


Rapport de mission à Madagascar



24 mars au 9 avril 1994

Lucien Séguy



Rapport de mission à Madagascar

24 mars au 9 avril 1994

Lucien Séguy

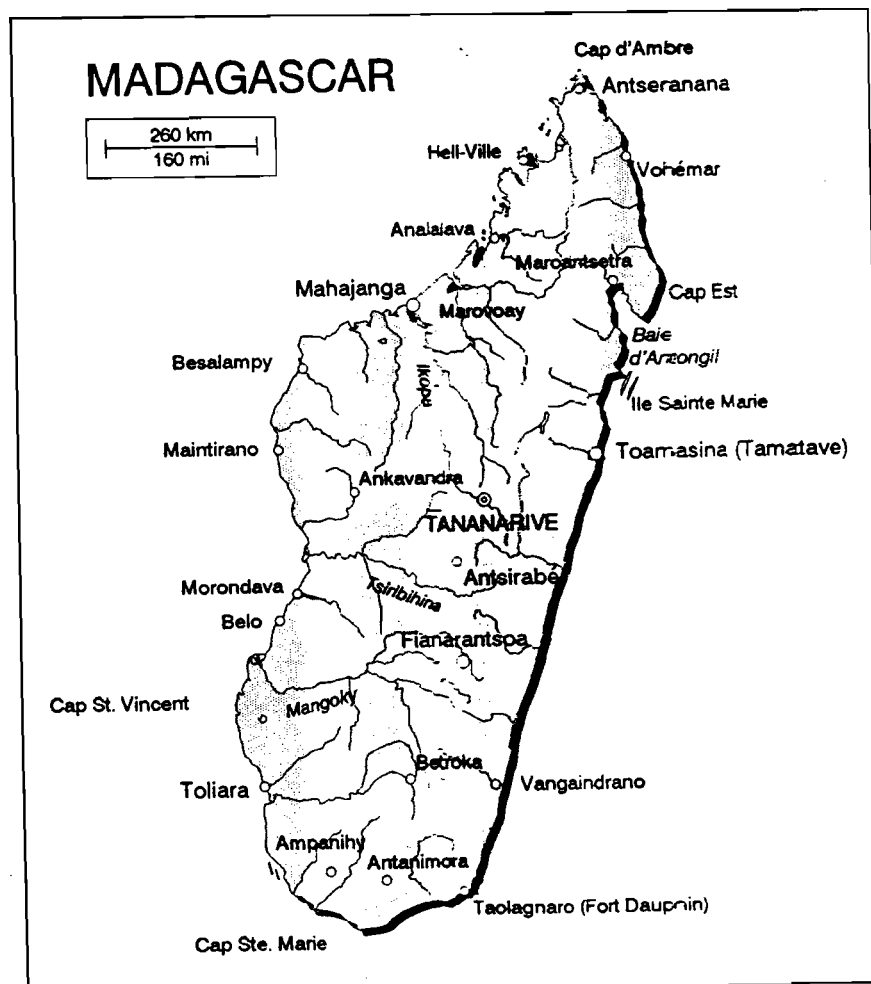


Table des matières

- 5 Avant-propos
- 6 Termes de référence de la mission
- 7 **La région des hauts plateaux**
- 9 Observations sur la campagne en cours
- 13 Les recherches à poursuivre sur les techniques de semis direct
- 23 Enrichir le germoplasme
- 24 Conclusion
- 27 **Annexe 1. La technique de l'écobuage**
- 31 **Annexe 2. Tableau récapitulatif des principaux axes de recherche-action à conduire dans le cadre de l'Institut technique des hauts-plateaux**
- 35 **Annexe 3. Fiche technique herbicide**
- 37 Herbicides « classiques »
- 38 Herbicides récents, très importants à faible dosage, peu polluants
- 39 Substance de croissance
- 41 **Annexe 4.**
 Techniques d'inoculation et d'enrobage des semences de légumineuses
 Les légumineuses de couverture
 Gestion des sols et des cultures avec des couvertures végétales
 Mise en place d'une couverture pendant un cycle de maïs
 Mise en place d'une couverture pendant un cycle de haricot
 Culture de maïs dans une couverture morte ou dans une couverture vivante de kikuyu, lotier, Desmodium
 Culture de haricot dans une couverture morte ou dans une couverture vivante de kikuyu, lotier, Desmodium
- 43 Techniques d'inoculation et d'enrobage des semences de légumineuses
- 43 Inoculation

- 45 Bibliographie
- 47 Les légumineuses de couverture
- 47 Pistache fourragère (*Arachis pintoi*, variété Amarillo)
- 47 Lotier (dattier velu, *Lotus uliginosus*, variété Maku)
- 49 Trèfle du Kenya (*Trifolium semipilosum*, variété Safari)
- 50 Gestion des sols et des cultures avec des couvertures végétales
- 50 Dispositif des recherches
- 51 Conséquences agro-économiques
- 52 Mise en place d'une couverture pendant un cycle de maïs
- 54 Mise en place d'une couverture pendant une culture de haricot
- 56 Culture du maïs dans une couverture morte ou dans une couverture vivante de kikuyu, de lotier ou de Desmodium
- 58 Culture du haricot dans une couverture morte ou dans une couverture vivante de kikuyu, de lotier ou de Desmodium
- 61 **La région du Sud-Ouest**
- 63 Observations sur la campagne en cours
- 65 Quelques résultats significatifs obtenus en saison froide 1993, sur les fermes Lakoubay et Bodala
- 65 Stratégies de recherche-action pour le projet sud-ouest
- 68 Préserver le germoplasm actuel, l'enrichir
- 70 Chronogramme de réalisation de la recherche-action
- 72 Le petit matériel agricole
- 73 En conclusion
- 75 **Annexe 1. Commentaires des analyses de sols et eaux de la ferme Lakoibay**
- 77 Caractéristiques chimiques du sol

Avant-propos

Ce rapport est un document de travail ; il réunit des propositions et cheminements techniques de recherche-action, aménageables au gré des utilisateurs, dans chaque situation pédoclimatique, conformément aux termes de référence de la mission.

Ce document est aussi l'occasion de rendre hommage à l'équipe Kobama, comme les années précédentes, qui a construit, puis consolidé un réel réseau de recherches appliquées aussi bien sur les hauts plateaux que dans la région Sud-Ouest, dans un contexte économique particulièrement difficile.

Le projet « fermes mécanisées » constitue un support extrêmement précieux pour jeter les bases d'un développement régional diversifié, préservateur de l'environnement, utilisant au mieux les ressources naturelles.

L'émergence simultanée, du projet de développement sud-ouest et de l'Institut technique des hauts plateaux, est sans aucun doute, l'occasion de valoriser ces acquis et de les faire progresser au service des communautés rurales de ces deux grandes régions de Madagascar.

Après avoir présenté brièvement les observations les plus significatives sur la campagne en cours, dans ces deux contextes pédoclimatiques, nous examinerons successivement :

- les itinéraires techniques reproductibles et leurs possibilités de pré vulgarisation ;
- les grandes lignes de recherche appliquée à poursuivre, en insistant particulièrement sur l'aspect majeur de fixation d'agricultures durables conciliables avec la restauration, puis la préservation de l'environnement.

Je tiens à remercier, tout particulièrement, toutes les personnes, les institutions publiques et privées qui ont organisé et permis l'excellent déroulement de cette mission, notamment :

- l'ONE : M. Joseph ANDRIAMAMPINANINA (DG) ;
- l'ANAE : M. Koto RABEMANANJARA (DG), M. ANDRIATAHINA RAKOTONDRALAMBO (DT) ;
- FAFIALA : Mme Marthe ANDRIAMAHENINA (DG), M. Ruedi FELBER (CT) ;
- KOBAMA : M. Ignace RAMAROSON (DG), M. Patrick JULIEN, M. Pierson RAKOTONDRALAMBO et leur équipe ;
- ODR : M. Paul BLOND, M. DELARBRE ;
- CFD : Mme Anne CLERC, M. Denis LOYER ;
- MCAC : M. Dominique ROJAT ;
- HASYMA : M. M. COSTARD ;
- FOFIFA : M. François RASOLO ;
- FIFAMANOR : M. RAKOTONDRAMANANA (DG) ;
- et diverses personnalités et autorités du MINAGRI, FOFIFA, FAO.

Termes de référence de la mission

La mission sollicitée du CIRAD s'inscrit en prolongement des interventions antérieures réalisées par l'expert Lucien SÉGUY à Madagascar, en appui aux travaux conduits pour la mise au point de techniques agronomiques de protection durable des sols.

Elle peut être organisée sur la base des termes de référence suivants :

- évaluation technique des travaux conduits sur hautes-terres et sud-ouest, sur les systèmes durables de production, et propositions pour la réorientation éventuelle de ces travaux :
 - essais thématiques,
 - modes de gestion des sols,
 - fertilités, amendements, assolements,
 - choix variétal,
 - semi-direct et travail minimal du sol sur couvertures mortes et vives,
- élaboration de propositions d'actions concrètes, s'agissant de mises au point techniques d'opérations de diffusion et de formation, ayant pour objet de structurer des systèmes durables de gestion des sols cultivés, tant sur les hautes-terres que dans la région du sud-ouest et notamment :
 - participation à l'élaboration de propositions d'actions dans le cadre du projet de développement rural du sud-ouest d'une part, et susceptibles d'être reprises en compte dans le cadre des divers projets gérés par l'ANAE d'autre part,
 - participation à la conception d'un projet spécifique susceptible d'être financé à terme par le FAC,
- participation aux actions programmées par ONE et ANAE, de formation de leurs cadres et opérateurs sur les technologies de conservation des sols.

La région des hauts-plateaux ¹

Cinq implantations au programme expérimental « systèmes de culture et itinéraires techniques mécanisés et manuels, à base de blé » :

- Ferme de M. Raymond RAKOTONIRINA à Ambalavao-Ambatolampy
- Ferme STEA-Ambatotsipihina (ancienne propriété Malto)
- Ferme MURAT-Ambohimena
- Ferme KOBAMA-Andranomanelatra
- Ferme FIFAMANOR-Antsirabé (sous la direction de M. RAKOTONDRAMANANA)

1. Se reporter, pour plus de détails, au rapport de mise en place de la campagne agricole 1993-94, Kobama, fermes mécanisées, 156 p.

Observations sur la campagne en cours

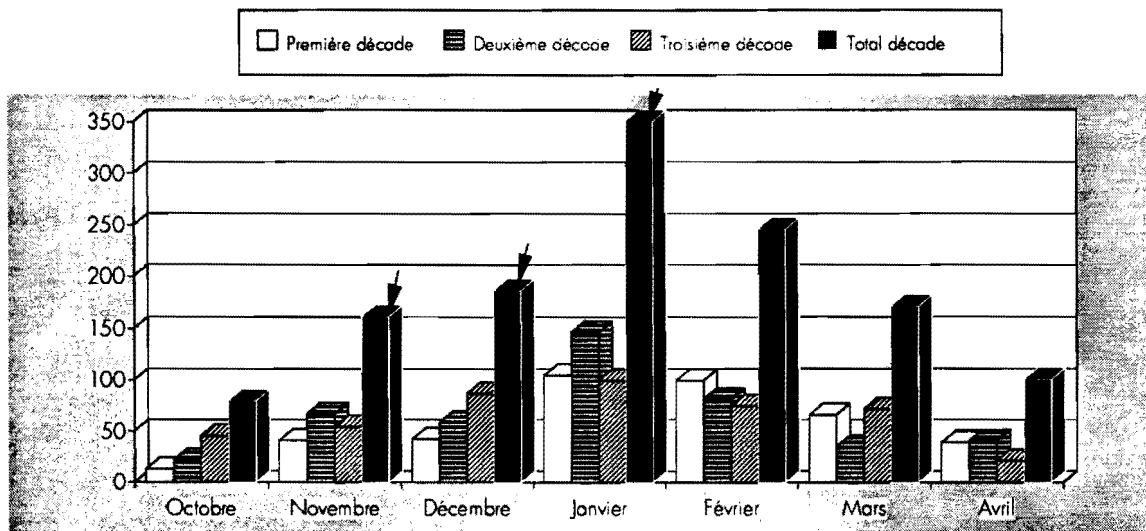
Remarques

Comme dans les années précédentes, le volume et la qualité du programme de recherches appliquées sont impressionnants, malgré de très sérieuses difficultés dans leur réalisation, à la fois :

- d'ordre climatique, avec très fort déficit hydrique en début de campagne (33 mm en novembre, contre 160 mm en moyenne sur 25 ans), suivi d'un excès pluviométrique en janvier (plus de 400 mm en 20 jours) dû aux successions cycloniques exceptionnelles de cette année ; ces conditions extrêmes ont entraîné, successivement, des manques notables à la levée, sécheresse sévère en début de cycle, puis engorgement des sols sous très faible insolation, autant de conditions climatiques limitantes pour la plupart des cultures et principalement, celles de cycle court : blé, maïs, riz, soja, etc. (cf. figure 1) ;
- d'ordre économique : difficultés de communication (cyclones), pénurie de carburant, et restrictions budgétaires (compression des dépenses de fonctionnement).

Dans ces conditions climatiques extrêmement sévères et limitantes (cf. figure 1), on retiendra, sur l'ensemble des fermes :

Figure 1. Moyenne pluviométrique décadaire des trois dernières années, Andranomanelatra, 1990-93.

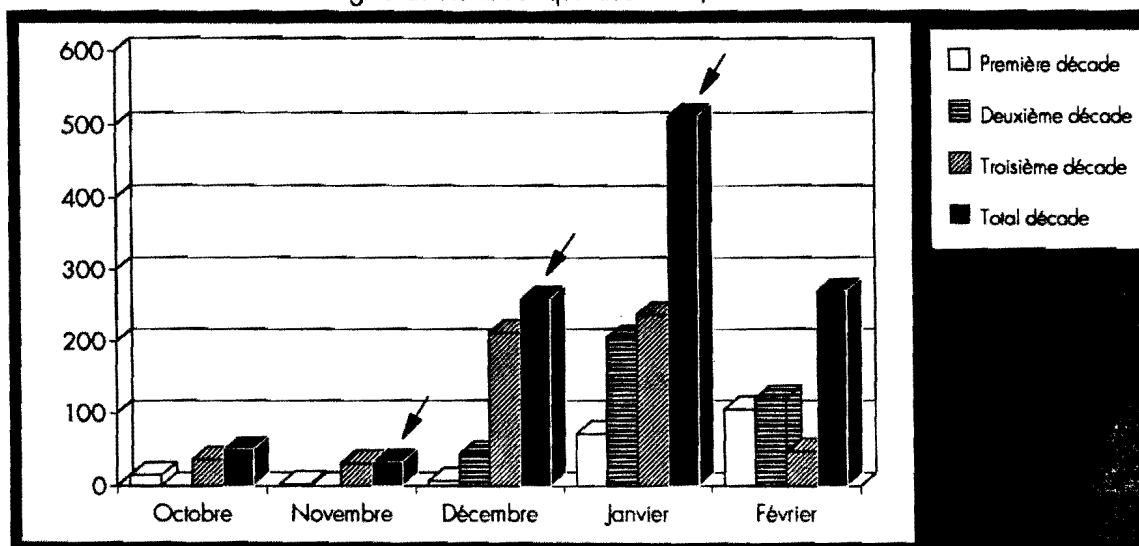


□ La supériorité constante sur les deux dernières campagnes, des itinéraires conduits en semis direct, sur ceux utilisant le labour conventionnel, aussi bien en culture mécanisée, qu'en traction animale ; cette supériorité est très nette sur le soja, le blé, tant au niveau de la productivité que du contrôle des adventices (fermes Murat, Kobama, Fifamanor).

□ L'excellent comportement des nouvelles variétés de riz pluvial (3406, surtout C8) d'altitude, aussi bien à Fifamanor, qu'à la ferme Murat, avec une espérance de rendement estimée à environ 3 t/ha confirmant bien l'importance de ce type de matériel génétique pour ces zones d'altitude supérieures à 1 400 m ; confirmation également de la nécessité de reconstituer la macroporosité pour assurer de bons niveaux de rendement de riz pluvial (constante en toute écologie). La technique de semis direct, sur résidus de récolte ou sur couverture de courte durée (trèfle, Desmodium), conduit à des rendements pratiquement nuls. Le riz est la seule culture qui nécessite un labour profond avant semis ; pour toutes les

autres (maïs, soja, blé, haricot), la technique de semis direct est la plus performante : rendements, contrôle adventices, flexibilité calendrier, vitesse d'exécution, capacité des équipements et surtout protection totale contre l'érosion.

Figure 2. Pluviométrie décadaire, 1993-94.



□ Comme les années précédentes, la variété de soja UFV1 montre ses limites : productivité limitée, verse précoce dans les meilleurs itinéraires avec semis direct ; les nouvelles variétés introduites par Fifamanor, en provenance du Brésil (écologies du Parana, Sud-Brésil, similaires aux hauts-plateaux malgaches) montrent un excellent comportement végétatif :

- port de plante, **sans verse**,
- résistance aux maladies,
- forte productivité espérée malgré une date de semis trop tardive (cf. liste cultivars dans *Rapport de mise en place de la campagne agricole, 1993-94, de la Kobama, mars 1994, 156 p.*).

□ **Excellente maîtrise générale des techniques de semis direct, sur résidus de récolte** : soja, maïs, blé → les rendements de ces cultures sur semis direct, sont maintenant supérieurs à ceux obtenus sur labour, comme le montre le tableau 1.

Tableau 1. Productivité des cultures de blé, maïs, soja, 1990-93¹.

Culture	1990-91		1992-93	
	Semis direct	Labour	Semis direct	Labour
Blé	- ²	2 227	1 659 (gel)	1 748 (gel)
Soja	1 338	1 794	1 827	1 729
Maïs	2 110	1 700	2 276	1 904
Triticale	1 030	1 265	- ²	- ²

1. En culture mécanisée.
2. Non réalisé.

□ Rapportés, aux coûts de production et seuils de rentabilité correspondants (tableau 2), les rendements obtenus au cours de ces deux dernières années, en culture mécanisée, montrent que seule la culture de **soja** est rentable, et **seulement en semis direct** ; le blé pratiqué en semis direct est très proche du seuil de rentabilité, le maïs est toujours largement déficitaire ; de manière générale, les coûts de production du semis direct, aussi bien en culture mécanisée que manuelle sont inférieurs de 20 à 40 % à ceux du labour ; le semis direct procure, par rapport au labour, une économie de main-d'oeuvre de plus de 40 hommes par jour par hectare pour les opérations de semis (cf. tableau 3).

Tableau 2. Coût de production et seuils de rentabilité des cultures de blé, soja, maïs, Kobama, 1994 (estimations) ¹.

		Itinéraires avec labour		Itinéraires en semis direct	
		mécanisés	manuels	mécanisés	manuels
Maïs	CP	1 155	976	828	794
	SR	4 277	3 600	3 066	2 940
Soja	CP	1 089	935	762	758
	SR	2 164	1 870	1 524	1 616
Blé	CP	1 408	1 220	1 105	1 071
	SR	2 470	2 140	1 938	1 878

CP : Coûts de production en milliers de FMG/ha.
SR : Seuil de rentabilité en kg/ha.

Tableau 3. Temps de travaux (homme/jour/ha) avant semis, comparés, en systèmes de culture manuels, Kobama, 1994.

	Itinéraires avec labour		Itinéraire en semis direct	
Labour + affinage	75		Ouverture lignes	40
Épandages intrants	16		Épandages intrants	16
Semis-rayonnage	20		Semis	15
Total	111			71

□ Ces quelques résultats agro-économiques comparant les deux systèmes : conventionnel avec labour, et semis direct, montrent que, dans les conditions climatiques et économiques de ces deux dernières années, avec les niveaux d'intrants utilisés, le seuil de rentabilité des cultures est rarement atteint (excepté pour le soja) ; il est à mettre en relation avec les niveaux modestes de rendement obtenus sur ces sols ferrallitiques sur roche acide, de faible fertilité ; la productivité des différentes cultures pratiquées en rotation, sur semis direct qui permet maintenant de contenir totalement le processus d'érosion (donc de valoriser totalement les engrais minéraux), peut être largement **améliorée**, en utilisant une gestion différente de la fumure minérale et notamment une forte fumure de redressement (investissement amortissable sur 5 ou 6 ans → Ca, Mg, P₂O₅, oligo).

□ En ce qui concerne les itinéraires techniques conduits en semis direct sur plantes de couverture, régénératrices de la fertilité, à noter des avancées décisives et spectaculaires sur les fermes Kobama, FIFAMANOR et centre Fafiala :

- excellente capacité de *Cassia rotundifolia*, à coloniser le Bozaka sur sol très pauvre, sans aucun intrant (plante régénératrice de la fertilité en conditions de très bonne fertilité, cf. centre Fafiala).

□ Confirmation de l'excellente adaptabilité, en conditions de basse fertilité, des espèces à Fafiala, Kobama, FIFAMANOR :

● légumineuses :

- *Lotus utiginosus* (cv Maku) ;
- *Trifolium semi-pilosum* ;
- *Desmodium uncinatum* (Silver leaf) ;

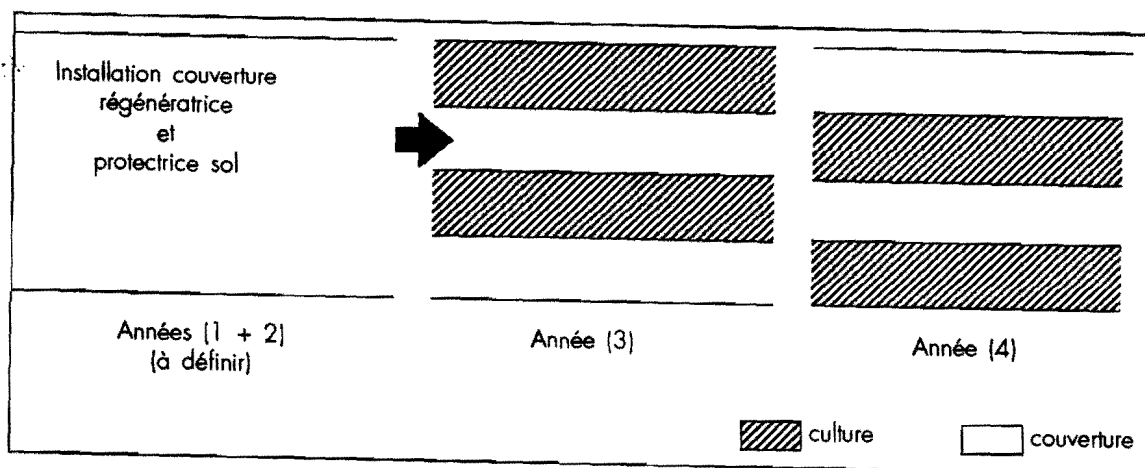
● graminées :

- *Pennisetum clandestinum* (Kikuyu) ;
- *Lolium perene* (Ray grass).

□ Ces espèces peuvent être implantées :

- par semis, genres : Lotus, Trifolium, Desmodium ;
- ou par semis bouturés, genres : Trifolium, Desmodium, Arachis, Cassia, Pennisetum (cf. travaux R. MICHELLON à la Réunion, annexe 4).

□ Pour ne pas immobiliser de surface productive sur terroir à forte densité d'occupation des sols, ces espèces peuvent être implantées dans une culture comme le maïs ; si la densité d'occupation des terres **est faible** (cas des sols ferrallitiques sur roche acide), ces espèces peuvent être implantées sur Bozaka (régénération de la fertilité) et la mise en culture se fait en bandes alternées une année sur deux, après régénération de la fertilité (temps à définir par espèce).



□ Amélioration rapide et constante du niveau de maîtrise des herbicides pour les différentes cultures sur couverture, notamment pour le blé sur trèfle, sur Desmodium (Kobama, FIFAMANOR). A noter, sur cette culture, **l'économie totale d'azote de couverture** sur ces couvertures, par rapport aux mêmes itinéraires sur labour, ou semis direct sur résidus de récolte (avoine)¹.

□ Enfin, et c'est un des objectifs essentiels du semis direct : **contrôle parfait de l'érosion**, même sur pentes très fortes (> 10-15 %).

1. A noter la possibilité d'utiliser l'herbicide Paraquat en postémoussure, entre les lignes de maïs, en cas de début de cycle sec, pour contrôler l'exubérance du Desmodium dans ces conditions et constituer ainsi un mulch protecteur très efficace.

Les recherches à poursuivre sur les techniques de semis direct

(Institut technique et FOFIFA, Fafiala)

Rappel de quelques règles de base sur les techniques de semis direct sans travail du sol, dans le contexte économique de Madagascar

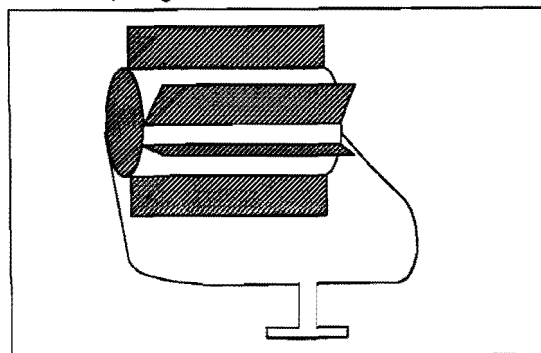
Le semis direct consiste à implanter une culture sans aucun travail du sol (outils appropriés).

Cette implantation peut se faire :

- dans les résidus de récolte du précédent cultural + repousses adventices qui sont séchées, avant semis, soit par un herbicide total de présemis, soit par passage d'un outil mécanique (manuel ou motorisé) → le rouleau à lames (landaise).

Il peut être à traction animale (cf. livre C. MONTEGAT → J.L. REBOUL) ou à traction motorisée.

Exemple : Rouleau à lames manuel (+/- 30 à 40 cm de large).



Dans ce cas, la culture est implantée sur « couverture morte ».

- Sur couverture **vive** d'une espèce régénératrice de la fertilité, qui assure :

- une couverture totale et rapide du sol (protection contre l'érosion) ;
- la maîtrise des mauvaises herbes (allélopathies: obscurités, etc.) ;
- la régénération de la fertilité (systèmes racinaires + matière organique à *turn over* rapide, fixation de l'azote atmosphérique, active le développement de la faune et de la microflore donc l'activité biologique).

Ces fonctions complémentaires devant être assurées, à moindre coût.

Comme dans le cas du semis direct sur couverture morte, le semis des cultures peut s'effectuer :

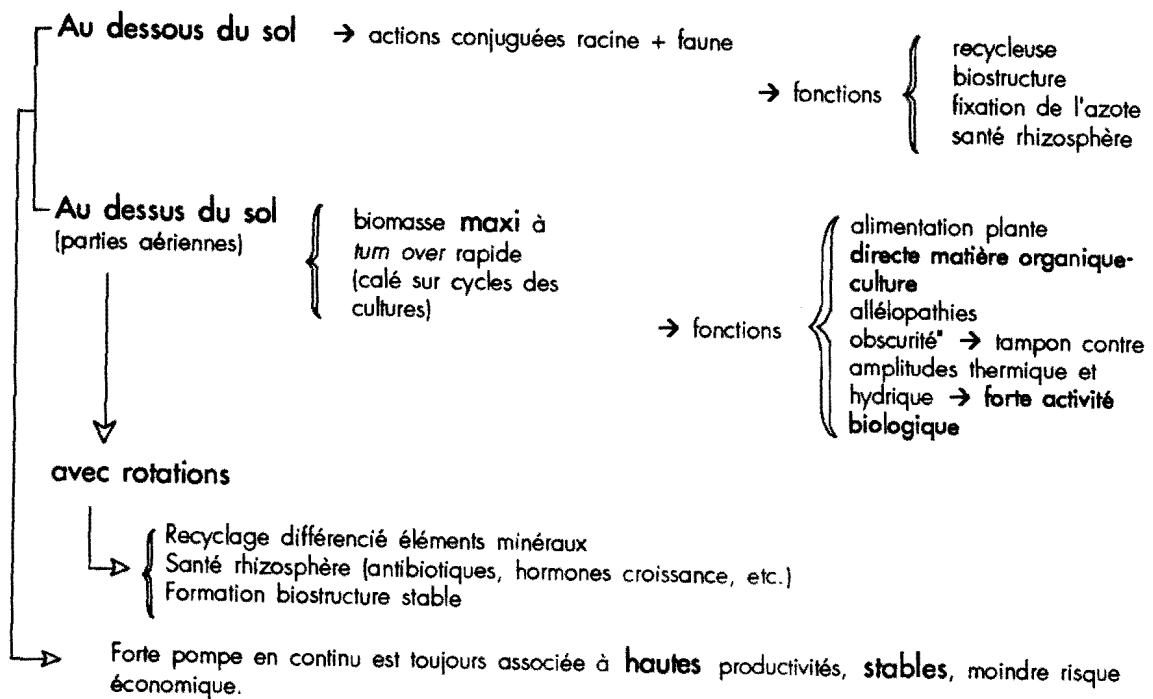
- directement sans herbicide, ni contrôle mécanique – la plante cultivée et la couverture vivant en **synergie** ou en conditions de **compétition minimale** ;
- avec herbicide de présemis, qui ne détruit pas les organes souterrains de la couverture (ou ses graines), mais qui sèche la partie aérienne pour annihiler sa compétition initiale avec la culture, le temps que cette dernière couvre le sol ;
- avec rouleau à lames, qui a le même effet de contrôle temporaire sur la couverture, que l'herbicide.

Après la récolte, la couverture repart et assure de nouveau la couverture totale du sol :

- tampons contre les variations hydriques et thermiques dans le profil cultural, facilitant le travail de la faune ;
- contrôle des adventices ;
- recyclage éléments minéraux de la profondeur vers la surface ;
- restitutions de l'azote, matière organique à *turn over* rapide.

En résumé, cette technique reproduit, à l'échelle de la culture, le fonctionnement de la forêt tropicale (cf. *Les systèmes de culture du Centre-Nord Mato Grosso, 1994. L. SÉGUY, S. BOUZINAC*).

La couverture du sol, morte ou vivante, **fonctionne comme une pompe en continu** :



Pour installer cette pompe, en continu, deux stratégies :

□ Installation rapide :

- capacité à produire maxi matière organique sur temps très court :
 - ou **avant** plante à cultiver en conditions climatiques souvent **marginales**
 - ou **après** la culture en conditions climatiques souvent **marginales**
 - ou **pendant** la culture → couverture associée à la culture (légumineuses à stolons, volubiles, graminées à stolons et rhizomes, etc.).

Pour ce faire, il faut agir immédiatement sur les principaux facteurs de fertilité, dont la fumure minérale :

- fort niveau de redressement, si nécessaire :
 - Ca, Mg, P₂O₅, oligo, S,
 - + N, K fort niveau fractionné sur céréales,
 - + K sur légumineuses.

□ Installation lente, progressive → production plus faible de matière organique à *turn over* rapide :

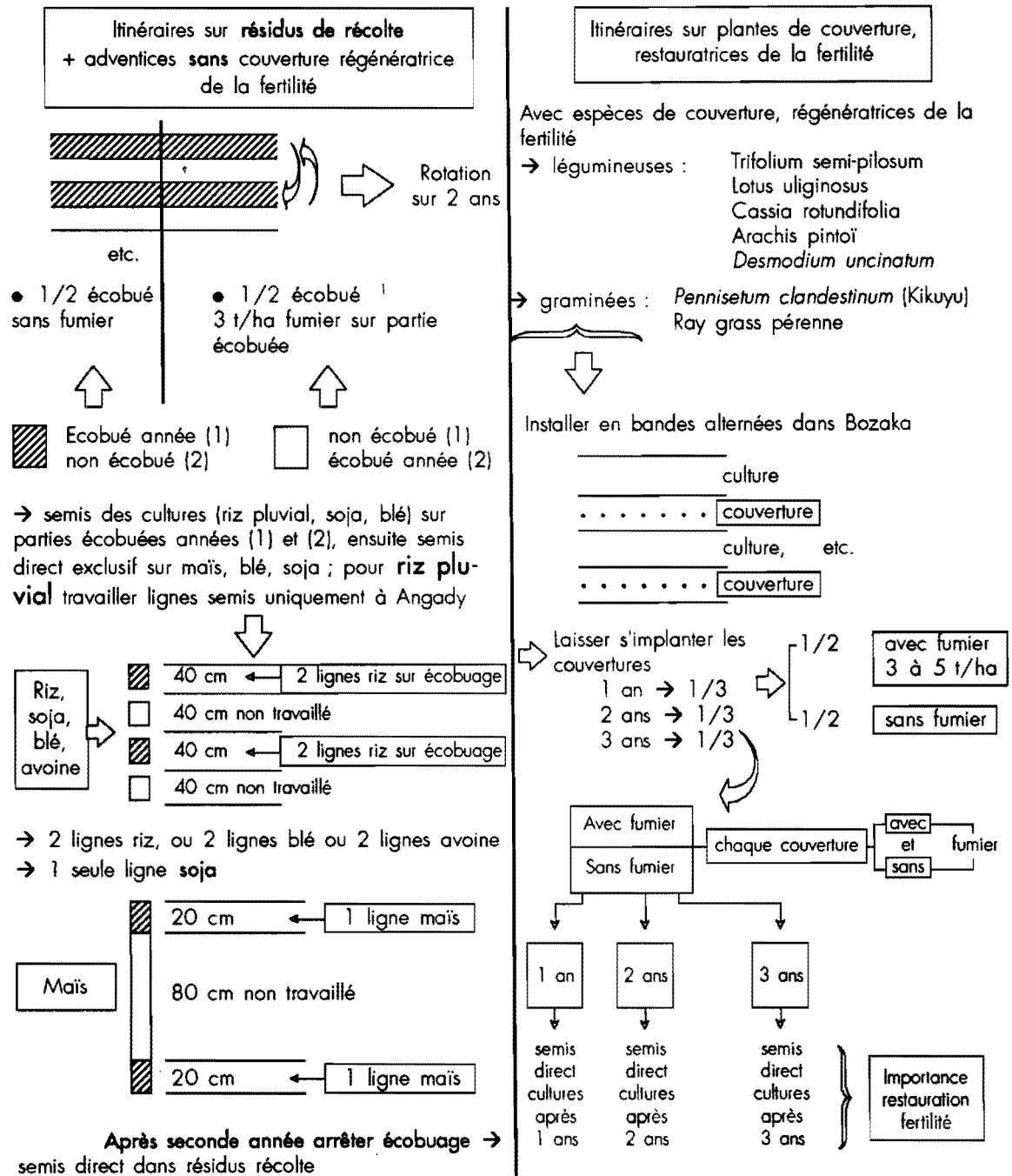
- dessous : } effets pompe **incomplets**, contrôle plus délicat ;
- dessus : } productivité plus faible des cultures, plus sensibles aux aléas climatiques
→ fort risque économique.

Dans le contexte économique de Madagascar

[consulter le livre de C. MONEGAT sur semis direct dans les Etats du Sud-Brésil, écologies similaires à celles des hauts plateaux, cf. J.L. REBOUL]

Les itinéraires techniques possibles à partir du Bozaka, en semis direct - systèmes manuels exclusivement (cheminements techniques, grandes lignes)

1. Sans engrais minéral, ni herbicide



1. Ecobuage correspond à une fumure de redressement (pH, bases, P₂O₅ ass.) cf. annexe 1 pour description technique
 2. Contrôle Bozaka entre lignes, si nécessaire avec rouleau à lames.
 * excepté riz, pour lequel les lignes de semis seront travaillées à l'Angady, tous les 40 cm (cf. schéma ci-contre).
 Contrôle couverture dans cultures, au rouleau à lames.
 Conserver un témoin toujours travaillé à Angady par culture.

**2. Avec faible niveau engrais minéraux
+ fumier → acquis actuels Kobama, FIFAMANOR, Fafiala¹**

→ Gestion adventices, dans les itinéraires soit :

- au rouleau à lames :
 - herbicides (acquis) :
- } comparer

Mêmes itinéraires techniques que 1 :

- sur résidus récolte uniquement, sans plante couverture :
 - 1/2 écobué sans fumier
 - 1/2 écobué avec fumier
- et
- sur plantes de couverture :
 - après 1 an
 - après 2 ans
 - après 3 ans

} avec et sans fumier

Comme dans le cas précédent (1), conserver pour chaque culture, un témoin, référence de travail traditionnel à l'Angady (référence de base pour évaluation agrotechnique et économique des nouveaux itinéraires en semis direct)

**3. Itinéraires techniques, en semis direct,
avec forte fumure de redressement initiale Ca, Mg, P₂O₅, K₂O + oligo-éléments
(investissement initial amortissable sur 5-6 ans)**

Une seule voie →

Semis direct dans les résidus de récolte + adventices (car la pompe fonctionne bien, en continue → plantes couvertures permanentes, non nécessaires)



Gestion adventices dans les divers itinéraires :

- au rouleau à lames
- herbicides (cf. acquis)

} comparer

Fumure redressement

Première année sur riz
(variété CB)

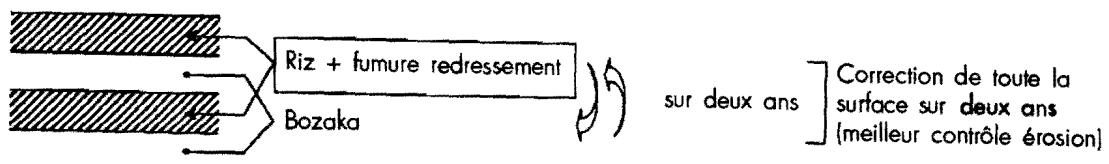
3 t/ha dolomie + 2 t/ha superphosphate + 160 kg/ha KCl +
nutramine (B, Mo, Zn)

+ 60 à 80 N couverture²

* Les années suivantes, uniquement N + K sur céréales,
K sur légumineuses

Attention →

Correction se fera en deux ans → bandes alternées → culture/Bozaka
Enfouissement de fumure fond en première année sur riz, à l'Angady



1. Voir définition niveaux fumures par culture avec fiches techniques FIFAMANOR, Komaba, Fafiala, de même pour gestion herbicide par culture dans les différents itinéraires.
2. 100 à 140 N - 60-80 K₂O sur maïs - 60 N + 60 K₂O sur riz - 12 N + 60 K₂O sur soja.

La fumure de redressement sera ainsi appliquée et **incorporée** sur toute la surface en deux ans.

Attention

- L'enfouissement de la fumure à l'Angady peut favoriser l'érosion, d'où le dispositif de bandes alternées : Bozaka/cultures pour minimiser ce phénomène.
- En outre, à la séparation entre chaque bande alternée, planter une triple ligne de *Crotalaria lacnophora* (lorsque la largeur des bandes est supérieure à 3-4 m).
- Tous les acquis actuels devront être incorporés aux divers itinéraires x niveaux d'intensification (traitements de semences, dates de semis, bouturage des espèces, herbicides/culture, etc. → cf. Kobama, Fafiala, FIFAMANOR, la Réunion).
- Pour des raisons essentiellement de **reproductibilité**, à l'échelle des unités de paysage (tanety), et de **rigueur d'interprétation** pour le suivi-évaluation des divers itinéraires techniques, il est nécessaire, simultanément :
 - que le dispositif d'étude de ces systèmes de culture (vitrine des systèmes possibles) **couvre l'étendue de la toposéquence** ;
 - compte tenu du grand nombre d'itinéraires, donc de la difficulté **pratique** de faire des répétitions, on répétera systématiquement deux systèmes de culture :
 - en haut de la toposéquence,
 - au milieu de la toposéquence,
 - en bas de la toposéquence,
 pour évaluer, si besoin est, les gradients possibles de fertilité.
- Dans le cas, où il n'est pas possible de couvrir l'étendue de la toposéquence, on travaillera sur des « lanières » en courbe de niveau, où seront évaluées les différents systèmes (exemple : Fafalia).
- Enfin, ne pas oublier le ou les « systèmes traditionnels » qui constituent la référence pour l'évaluation des nouveaux systèmes en termes agronomiques (protection antiérosive, productivité des cultures et stabilité, etc.), techniques (utilisation de la force de travail → capacité de travail, pénibilité) et économiques (autosubsistance, revenus monétaires).
- Il est urgent de commencer à construire les rouleaux à lames qui peuvent remplacer, souvent, l'usage des herbicides ; le livre de C. MONEGAT (cf. J.L. REBOUL) est un excellent support à cet égard.
- Les roues semeuses, nouvellement importées du Brésil pourront compléter utilement la panoplie du petit outillage manuel.

Les recherches à poursuivre sur les fermes Kobama et FIFAMANOR (dans le cadre du nouvel institut technique)

Première urgence

- Faire le point des connaissances et acquis (point forts, points faibles) de tous les itinéraires techniques conduits en semis direct depuis trois ans.

- **Faire le bilan synthétique :**
 - des cheminement évolutifs des itinéraires techniques ;
 - de leurs performances en : première, deuxième et troisième année ;
 - aux plans agronomique, technique et économique (dans la mesure où la filière commerciale herbicide est déjà implantée) ;
 - des points de blocage, leur nature.
- **En déduire les systèmes de culture et itinéraires techniques** déjà diffusables en milieu réel (reproductibles d'une année sur l'autre), les conditions d'installation des plantes de couverture, soit par semis, soit par bouture.
- **Des fiches techniques doivent rapidement être élaborées** (collaboration Kobama, FIFAMANOR, Fafiala).
- **En concertation avec l'ANAE**, une première phase de **pré vulgarisation** des systèmes reproductibles en semis direct, sur résidus de récolte et l'initiation au maniement et installation des plantes de couverture, peut être envisagée pour l'année 1994-95 (réseau FIFAMANOR, ANAE).

Dans les itinéraires techniques mécanisés

- **Introduire, sur partie de l'assolement, la fumure de redressement** proposée au chapitre précédent (itinéraires avec labour et semis direct sur résidus de récolte, sur riz (C8), blé, maïs, soja.
- Introduire les meilleures variétés de **soja** (nouvelles dans l'assolement → collections testées en grande culture et semis direct (après blé ou maïs) → intercaler UFV1, toutes les trois variétés à tester.
- Idem pour les nouvelles variétés de haricots et blé en provenance du Brésil (collections testées avec témoin intercalé toutes les trois variétés à tester), haricot et blé seront semés la première décade de février.
- Dans la culture de **maïs** ne pas oublier la possibilité d'utiliser le **paraquat en postémurgence** en interligne par jet dirigé pour mieux assurer le contrôle des couvertures vivantes (en particulier **Desmodium** en cas de sécheresse en début de cycle, cas où sa compétition est très forte pour la culture).
- Ne pas oublier que le semis direct s'effectue toujours mieux dans les résidus de récolte **sur pieds**, non **gyrobroyés** ; il est important de construire d'ores et déjà un **rouleau à lames** (landaise) pour éventuellement se passer d'herbicides sur certaines couvertures (Desmodium, trèfle, lotier).
- Ne pas utiliser le Puma S sur riz, en postémurgence (trop phytotoxique), utiliser Ronstar ou Stomp en préémurgence, compléter par 2-4 D amine en **post** si nécessaire, ou par Basagran (Bentazone) en **postrécolte**.
- Dans les itinéraires sur trèfle et lotier (à FIFAMANOR), étudier la réponse du blé et du maïs, à l'azote en couverture :
 - 0, 40, 80 kg/ha sur **blé** ;
 - 0, 40, 80, 160 kg/ha sur **maïs**.

● Dans les itinéraires sur résidus de récolte (Kobama, FIFAMANOR), tester les successions annuelles suivantes, en semis direct :

- radis fourrager (forte densité semis) suivi de blé, haricot
→ (récolté ou non) ¹
- avoine
→ (récoltée ou non) ¹
suivi de blé, haricot
- seigle
(non récolte)
suivi de blé, haricot
- soja cycle court
(semis précoce)
suivi de avoine

Les premières cultures, radis, avoine, seigle, seront semées en semis direct, dès la première pluie (pas de sarclage, ni herbicide sur les cultures, elles servent à **entretenir la pompe** recycleuse et protectrice du sol). Cependant, si le sol est fortement infesté d'adventices avant semis, appliquer 1,5 à 2,5 l/ha de gramoxone ou (1,5 l/ha + 1,5 l/ha à semaine d'intervalle, reste avant semis).

La décision de continuer l'excellent travail de recherche appliquée sur les autres fermes (Murat, Raymond, Stea, Chapin), devra être discutée dans le cadre du nouvel institut technique. Ces fermes mécanisées peuvent constituer un excellent support, à la fois de diffusion de technologies et de multiplication de semences.

Les recherches à conduire sur la ferme Kobama, sur les systèmes de cultures manuels (toposéquence)

La **toposéquence actuelle** pourrait s'enrichir de toute la gamme de propositions exposée au paragraphe « Dans le contexte économique de Madagascar », qui inclut à la fois les alternatives possibles sans intrants, celles avec niveaux faible et fort d'intrants → une nouvelle toposéquence **systematisée**, incorporant tous les acquis, compléterait très efficacement le dispositif actuel et lui apporterait toute la **rigueur scientifique** nécessaire ².

Pour la poursuite des recherches appliquées sur les toposéquences déjà ouvertes, les **règles à observer pour mieux maîtriser la pratique des systèmes de culture en semis direct, sur couvertures mortes et vives et assurer leur reproductibilité** sont identiques à celles de l'année antérieure, rappelons-les :

□ Sur la nature des associations en semis direct :

- les cultures de céréales seront pratiquées sur couverture de :
 - résidus de récolte + adventices ;
 - couvertures de légumineuses : *Desmodium uncinatum*, *Trifolium semi pilosum*, *Cassia rotundifolia*, *Lotus uliginosus*, *Arachis pintoi* ;

1. Si non récoltés → traiter à l'herbicide sur pied (1,5 l Roundup + 1,5 l 2-4 D amine), semis direct dans les pailles sur pied, avec semoir semis direct (Jumil, SLC, Semeato).

2. Possibilités de : formation de jeunes agronomes ; thèses sur semis direct, en conditions subtropicales d'altitude.

- les cultures de légumineuses seront conduites sur :
 - résidus de récolte + adventices ;
 - couvertures mortes de graminées : kikuyu (*Pennisetum Cl*) ; bozaka (*Cynodon D*) ; lolium pérenne (ray grass).

□ **Sur la gestion herbicide dans les itinéraires techniques en fonction de la couverture :**

● **sur kikuyu, cultures de soja, haricot :**

- traiter le kikuyu en plein avec Paraquat : deux traitements de 1,5 l/ha, à une semaine d'intervalle, immédiatement après le second traitement, semis du haricot ou du soja (resserrer un peu l'interligne : 30 à 35 cm). Ensuite, en cours de croissance, avant couverture totale du sol par la culture (+/- 25 à 30 jours après semis), appliquer, si nécessaire, Fluazifop-P-Butyl (Fusilade X2), à la dose de 0,5 l/ha + mouillant (sinon 0,8 l/ha sans mouillant), **suivi ou non**, en fonction de l'importance des dicotylédones de Fomesafen (1 l/ha) ou Bentazone (Basagran) 2 à 3 l/ha.

Attention : ne pas oublier d'ajouter un **mouillant** au Fusilade X2 pour qu'il exprime toute son efficacité (sinon aller jusqu'à 0,8 l/ha sans mouillant).

● **sur couvertures de légumineuses** : *Desmodium uncinatum*, *Trifolium semi pilosum*, *Cassia rotundifolia* :

- cultures de maïs, exclusivement avec, en présemis, traitement en **plein** avec Diquat (Reglone 1,5 l/ha) appliqué en deux fois (deux fois 1,5 l/ha) à une semaine d'intervalle ou au Paraquat (si Reglone trop cher) appliqué en deux fois (deux fois 1,5 l/ha à une semaine d'intervalle) ;

- semis du maïs, **sans herbicide post**, si culture propre jusqu'à couverture du sol, **sinon** appliquer (20-30 JAS) Simazine + Atrazine (Simalmétryne à 4 l/ha) ou Paraquat (Gramoxone) en **jet dirigé entre les lignes** (1,5 à 2 l/ha).

Autre possibilité : quelques lignes sans herbicide de présemis ni postsemis, couverture fauchée ; quelques lignes avec herbicide de présemis sans postsemis ; quelques lignes avec herbicide de présemis + postsemis.

● **sur résidus de récolte + adventices :**

- utiliser en présemis 1,5 l Roundup (glyphosate) + 1,5 l 2-4 D amine :
- une semaine après, 1,5 l/ha de Gramoxone (Paraquat) ;
- semis immédiat de la culture (riz, maïs, soja, haricot, blé...)

→ **puis première possibilité en préémergence**, appliquer :

- **sur riz** : 3 l/ha de Ronstar EC (Oxadiazon), complété en postémergence précoce par Basagran 3 l/ha si forte pression initiale des dicotylédones ; ou par 2-4 D amine (30 JAS) à 1 l/ha si forte pression dicotylédones ; ou encore par 2-4 D amine (50 JAS) à 1-1,5 l/ha si pression tardive des dicotylédones ;

- **sur maïs** : 6 l/ha Lasso GD (Alachlore + Atrazine) ou 3 l/ha Stomp (Pendimethaline) ;

- **sur haricot** : 3 l/ha Stomp, compléter ensuite par Fomesafen ;

- **sur blé** : 3 l/ha Stomp ou Pumas S en pré, compléter ensuite par 2-4 D ;

→ ou encore, **autre possibilité** : utiliser des traitements de postémergence, surtout si la couverture de résidus de récolte est très importante (ce qui réduit l'efficacité des produits de préémergence) ;

- **sur maïs** : Simalmétryne (Atrazine + Simazine), en postprécoce, 4 l/ha ou Gramoxone (Paraquat) en **jet dirigé**, 1,5 l/ha, entre les lignes ;

- **sur soja** : Fusilade X2 (Fluazifop-P-Butyl) 1 l/ha **en mélange** avec Fomesafen (1 l/ha) si forte pression dicotylédones, ou en mélange avec Basagran (3 l/ha) si forte pression dicotylédones, ou en mélange avec Classic (70 g/ha) Chlorimuron éthyl ;
- **sur haricot** : idem soja (attention ne pas appliquer le Fusilade X2 sur le haricot, l'utiliser en **jet dirigé** entre les lignes, si un mouillant est additionné au Fusilade.

□ Sur la protection insecticide des cultures

Les cultures de blé, maïs et riz seront protégées par Lindafor au semis (4 kg de matière active par hectare).

□ Test de protection des cultures par traitement des semences (insecticide associé ou non au fongicide)

- traitements sur semences riz, blé et maïs :
 - 1. Curater SK (1,5 l/100 kg semences),
 - 2. Curater SK (1,5 l/100 kg semences) + Tecto 20S (300 g/100 kg semences),
 - 3. Gaucho (Imidaclopride) voir dose Acta 1993 (produit Bayer),
 - 4. Gaucho + Tecto 20S (300 g/100 kg semences),
 - 5. Lindafor 4 kg/ha matière active (**référence**) **apporté au sol**,
 - 6. témoin non traité.
- Les traitements 5 et 6 seront intercalés tous les deux traitements à tester (**collection testée**).

□ Tests gestion herbicides sur cultures en semis direct (cf. annexe 2)

- sur cultures de riz, maïs, soja, haricot et blé, pratiquées en semis direct sur résidus de récolte + adventices ;
- sur toutes les cultures, **traitement présemis** :
 - 1,5 l Roundup + 1,5 l/ha 2-4 D amine,
 - 1,5 à 2 l/ha Gramoxone une semaine après, si nécessaire,
 puis tester herbicide en préémergence et en postémergence (cf. liste herbicides ci-dessus sur résidus de récolte en pré et postémergence. Les postémergents sont toujours **préférables** lorsque la couverture du sol est importante ; ne pas oublier également la possibilité d'utilisation du Gramoxone, en jet dirigé **entre les lignes**.

□ Collections matériel végétal

- essais riz pluvial d'altitude ¹ (programme FOFIFA-CIRAD-CA) ;
- collection testée **soja d'altitude**, intercaler UFV1 toutes les cinq variétés à tester (à conduire sur semis direct après blé ou maïs) ;
- deux répétitions de cette collection :
 - une sur fumure 1992 (NPK témoin, base 11-22-16),
 - une sur 400 kg/ha supersimple + 100 kg/ha KCl + 50 kg/ha urée au semis,
- collection testée **haricot d'altitude** sur fertilisation NPK 1992 (base 11-22-16), conduire en semis direct **après blé** ou maïs.

1. A conduire avec fertilisation phosphate NH₄ 200 kg/ha au semis + 100 kg/ha KCl sur précédent soja + protection insecticide.

□ Test Mefluidide sur kikuyu

● régulateur de croissance, substitut possible à l'herbicide, qui bloque la croissance des graminées vivaces, pour au moins **deux mois**, en conditions « **poussantes** » (état de vie physiologique ralentie → faible compétition avec la culture pour l'eau et les éléments minéraux) ;

● sur parcelle kikuyu, comparer :

- un traitement herbicide présemis (deux traitements Gramoxone à une semaine d'intervalle),
- un traitement au Mefluidide (Embak 2S ou Minarix) à la dose de 120 g/ha de matière active,
- un traitement au Mefluidide (Embak 2S ou Minarix) à la dose de 240 g/ha de matière active,
- un traitement au Mefluidide (Embak 2S ou Minarix) à la dose de 480 g/ha de matière active,
- un traitement au Fusilade X2, **0,5 l/ha + mouillant**, ou 0,8 l/ha sans mouillant,
- un traitement au Fusilade X2, **0,7 l/ha + mouillant**, ou 1 l/ha sans mouillant.

Encadrer les traitements à tester par le traitement herbicide répété de part et d'autre. Traitements herbicide et Mefluidide seront appliqués en début de saison des pluies, sur Kikuyu en reprise de croissance active (ou girobroyer, attendre une semaine et appliquer les divers traitements).

→ Semer du soja en semis **précoce** (fin octobre) → nouvelle variété brésilienne.

→ Semer du haricot en semis tardif (première décade février).

Les différents tests et essais sur les toposéquences pourront être semés à la **roue se-meuse** brésilienne, si possible.

□ Niveaux de correction minérale pour le redressement de la fertilité partant de Bozaka

1. Témoin fumier (5 t/ha) ;
2. Ecobué + fumier ;
3. Fumier + 250 kg/ha dolomie + 150 kg/ha phosphate ammoniacque + 100 kg/ha KCl + nutramine (Zn, B, Mo) ;
4. Fumier + 500 kg/ha dolomie + 300 kg/ha phosphate ammoniacque + 100 kg/ha KCl + nutramine (Zn, B, Mo) ;
5. 3 t/ha dolomie + 600 kg/ha phosphate ammoniacque + 200 kg/ha KCl + nutramine (Zn, B, Mo) ;
6. 3 t/ha dolomie + 2 t/ha superphosphate simple + 200 kg/ha KCl + nutramine (Zn, B, Mo) ;
7. Fumier + 3 t/ha dolomie + 2 t/ha superphosphate simple + 200 kg/ha KCl + nutramine (Zn, B, Mo).

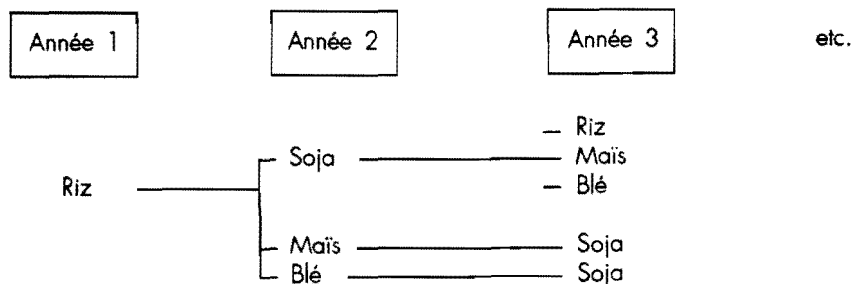
→ niveaux 1, 3 et 4 → appliquer chaque année

→ niveau 2 → écobuage en première et seconde années, fumier annuel

→ niveaux 4, 5 et 6 → appliquer pour 5 à 6 ans

→ niveau 7 → fumier annuel, fumure minérale pour 5 à 6 ans

Cet essai sera pérennisé en rotation :



Trois répétitions seront implantées au sommet de la toposéquence, trois répétitions en bas.

Les fumures N, K annuelles appliquées sur niveaux 3, 4, 5, 6 et 7 seront les suivantes (kg/ha) :

- riz : 60 à 80 N, 60 K₂O ;
- maïs : 100 à 140 N, 60-80 K₂O ;
- blé : 60 à 80 N, 60 K₂O ;
- soja : 10 à 15 N + 60 K₂O.

Cet essai pérenne sera conduit :

- en labour à l'Angady, en première année sur riz (cf. technique paragraphe « Dans le contexte économique de Madagascar ») ;
- en semis direct les années suivantes, pour les cultures de maïs, soja, blé, pour le riz appliquer la technique du paragraphe « Dans le contexte économique de Madagascar » (travail à l'Angady tous les 40 ans sous les lignes de semis).

□ Mise au point du semis direct sur riz pluvial (très important)

A partir de l'utilisation de la succession annuelle : soja de cycle court (**Cometa**) + *Crotalaria lacnophora* :

- semis précoce de soja Cometa (fin octobre, début novembre) ;
- en début de **phase de maturation**, semer la crotalaire à la volée ou récolter le soja et semer la crotalaire en lignes, légèrement enfouie (50 cm entre lignes) → **tester les deux techniques**.

Au début de la saison des pluies suivante, **herbicide de présemis, puis semis direct de riz pluvial** (nouvelle variété **C8**) + herbicide Ronstar de préémergence (compléter si nécessaire par 2-4 D amine sur dicotylédones).

→ **Autre possibilités** → installer la crotalaire dans maïs, un mois avant la maturation (semis en interligne) ; l'année suivante, idem itinéraire riz sur soja + crotalaire.

Enrichir le germoplasm

Le germoplasm actuel mérite d'être enrichi à partir de la France, pour les espèces à croissance rapide (pompes recycleuses) ; les espèces de couverture :

- collections de Vesces, Phacélie, Moutardes blanches, Radis chinois ;
- Sarrazin « harpe » ;

- les Lupins blancs, très riches en protéines ;
- collections de **Ray Grass** anglais pérennes, **Bromes** ;
- Bana Grass (la Réunion).

A partir du Brésil (écologies similaires des Etats du Sud, d'altitude) :

- collections de Vesces, Phacelie, Sesbanias, Crotalaires, Sarrazin, Ray Grass, Lathyrus, Ornithopus (variétés résistantes aux maladies, cultivées sur des milliers d'hectares au Brésil).

Des certificats d'importation sont nécessaires pour introduire ce matériel. S'il vous plaît, transmettre à Michel RAUNET, CIRAD-CA, Montpellier.

Conclusion

En conclusion, de ce premier chapitre sur la région des hauts plateaux, on retiendra :

- L'efficacité des techniques de semis direct pour le contrôle total de l'érosion.
- le bon niveau de maîtrise technique du semis direct (Kobama, FIFAMANOR) sur résidus de récolte, pour les cultures de maïs, soja blé, en cultures mécanisée et manuelle.
- Compte tenu de la très difficile conjoncture économique à Madagascar, les recherches appliquées sur ces techniques de semis direct doivent également inclure des itinéraires techniques sans engrais minéraux, sans herbicides ; à l'inverse, sur sols ferrallitiques de tanety très dégradés qui constituent un fort réservoir de terres disponibles, la fumure de redressement, qui seule peut assurer la stabilité des hautes productivités, mérite d'être étudiée et doit être considérée, non comme un coût inaccessible pour l'agriculteur, mais comme un investissement sur 5 à 6 ans, qui peut lui assurer une meilleure gestion du risque économique ; associée aux techniques de semis direct, la fumure de redressement peut représenter un coût annuel de faible niveau et doit permettre d'accroître très fortement la productivité des terres et de la force de travail, tout en préservant totalement le capital sol.
- Parmi les plantes de couverture, régénératrices de la fertilité des sols (enfin, de nouvelles alternatives qui utilisent les ressources naturelles), *Desmodium uncinatum*, *Cassia rotundifolia*, *Trifolium semi pilosum*, *Lotus uliginosus*, *Arachis pintoï* constituent, parmi les légumineuses, des options de mieux en mieux maîtrisées en association avec les cultures. Ces espèces peuvent être, tout en protégeant totalement le sol et en restaurant sa fertilité, en plus du support des cultures vivrières annuelles, des options de tout premier plan pour l'alimentation du bétail.
- Les acquis de recherche actuels sur les techniques de semis direct (Kobama, FIFAMANOR, Fafiala) méritent d'être non seulement valorisés par une première phase de pré vulgarisation en collaboration avec l'ANAE, mais rapidement améliorés dans le cadre du nouvel institut technique des hauts plateaux.
- A ce volet « semis direct » sur tanety, doit également s'ajouter un volet semis direct blé sur rizières, à mettre au point dans les diverses conditions hydro-pédologiques des terres de rizières des hauts plateaux, associé à une gestion raisonnée de la fertilisation (collaboration avec ODR et CIRVAS, cf. rapport J. ARRIVETS, *Evaluation blé*).

□ Enfin, le scoop riz pluvial d'altitude doit être exploité et constitue également un volet important d'action de l'institut technique pour valoriser les terres de tanety.

□ Le volume de travail de recherche-action à mener est, à n'en pas douter énorme, les objectifs sont ambitieux, les moyens nécessaires à leur réalisation devront être à la hauteur et notamment le choix des hommes pour les conduire surtout sur des technologies aussi peu familières que le semis direct.

□ Deux agronomes expatriés, **déjà formés à ces techniques**, sont indispensables pour conduire avec nos partenaires malgaches ce projet de recherche-développement sur les hauts plateaux ; il faut, en effet, dès maintenant :

- assurer la continuité des actions entreprises, notamment sur le sujet fondamental de fixer des agricultures paysannes conciliables avec la protection de l'environnement et une gestion à moindre coût des ressources naturelles ;
- promouvoir une diffusion rapide et concertée des technologies et systèmes de culture en milieu réel ;
- professionnaliser les différents acteurs du développement (cf. rapport Michel RAUNET).

Annexe 1

La technique de l'écobuage

Cette technique d'oxydation violente et combustion longue du profil cultural, correspondant à une fumure de redressement en :

- oxydant la matière organique et en accélérant fortement sa minéralisation (libération bases, N P, K) ;
- en libérant, en particulier, de grandes quantités de P_2O_5 assimilable lié à la matière organique ;
- en éliminant les produits toxiques, en excès, et potentiel d'adventices.

Pour la réaliser → septembre, avant la fin de la saison sèche.

→ Aux emplacements (bandes) de terrain qui seront semés (par exemple, tous les 40 cm pour le riz pluvial, tous les 80 cm pour le maïs) :

- creuser un sillon de 30 à 40 cm de large à l'Angady, en mettant la terre sur les côtés ; mettre 10 t/ha de matière sèche dans ce sillon ;
- le recouvrir avec la terre latérale, 10 à 20 cm d'épaisseur ;
- mettre le feu dans la paille sèche → la combustion doit s'effectuer lentement sur environ une journée ou plus (c'est l'épaisseur de la terre de recouvrement qui règle le tirage, donc le temps de combustion).

→ Ce sont ces bandes écobuées qui recevront :

- le fumier seul (cas de non utilisation d'engrais minéraux) ;
 - le fumier + les engrais minéraux ;
- et seront semées.

Attention

Cette technique est **à utiliser avec modération**, et seulement dans le cas où la matière organique existe en quantité importante, et a tendance à s'accumuler (et piéger les éléments minéraux, non disponibles pour les cultures), et/ou se minéralise trop lentement ; c'est généralement le cas des sols hydromorphes, des sols ferrallitiques des climats tropicaux et subtropicaux d'altitude, comportant une saison froide, et un climat humide.

Cette technique ne sert qu'à activer la matière organique et libérer les éléments minéraux les plus importants pour les cultures.

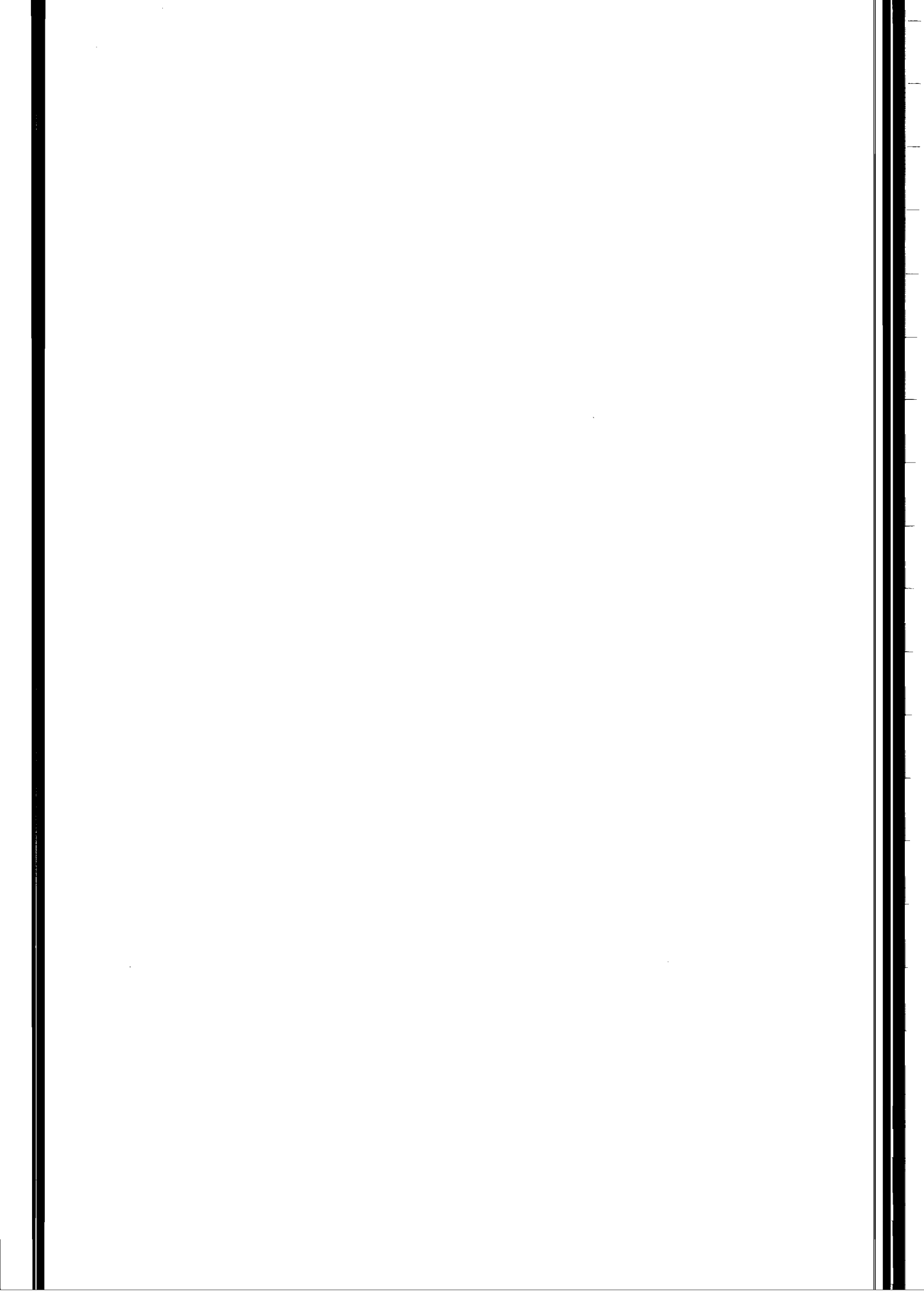
Elle peut être réalisée, une fois tous les 5 ou 6 ans, en évaluant clairement son impact sur la fertilité et son évolution, notamment sur l'évolution de la matière organique et sa minéralisation.

Annexe 2

Tableau récapitulatif des principaux axes de recherche-action, à conduire dans le cadre de l'Institut technique des hauts-plateaux ¹

1. Résumé à compléter :

- 1, 2, 3 et 4 → fermes Kobama, FIFAMANOR, Centre Fofiala
- 5 → réseaux FIFAMANOR, CIRVA, ANAE
- 6 → FIFAMANOR, Kobama
- 7, 8 et 9 → ODR, CIRVAS



I. Fixation de l'agriculture pluviale en tanety

1. Techniques de semis direct sur résidus de récolte
2. Techniques de semis direct sur plantes de couverture, régénératrices de la fertilité, **associées à l'arbre**, en courbes de niveaux
3. Techniques d'aménagement d'ensemble des **unités de paysage** (haies arbustives + semis direct)
4. Systèmes de culture conduits en semis direct, en cultures manuelle et mécanisée
5. Prévulgarisation des systèmes de culture en semis direct sur résidus de récolte, en milieu réel, chez les agriculteurs + initiation au maniement des plantes de couverture
6. Les rotations « production de grains-élevage »
7. Choix des meilleures variétés de riz pluvial dans les systèmes de culture des hauts-plateaux (avec ou sans semis direct)

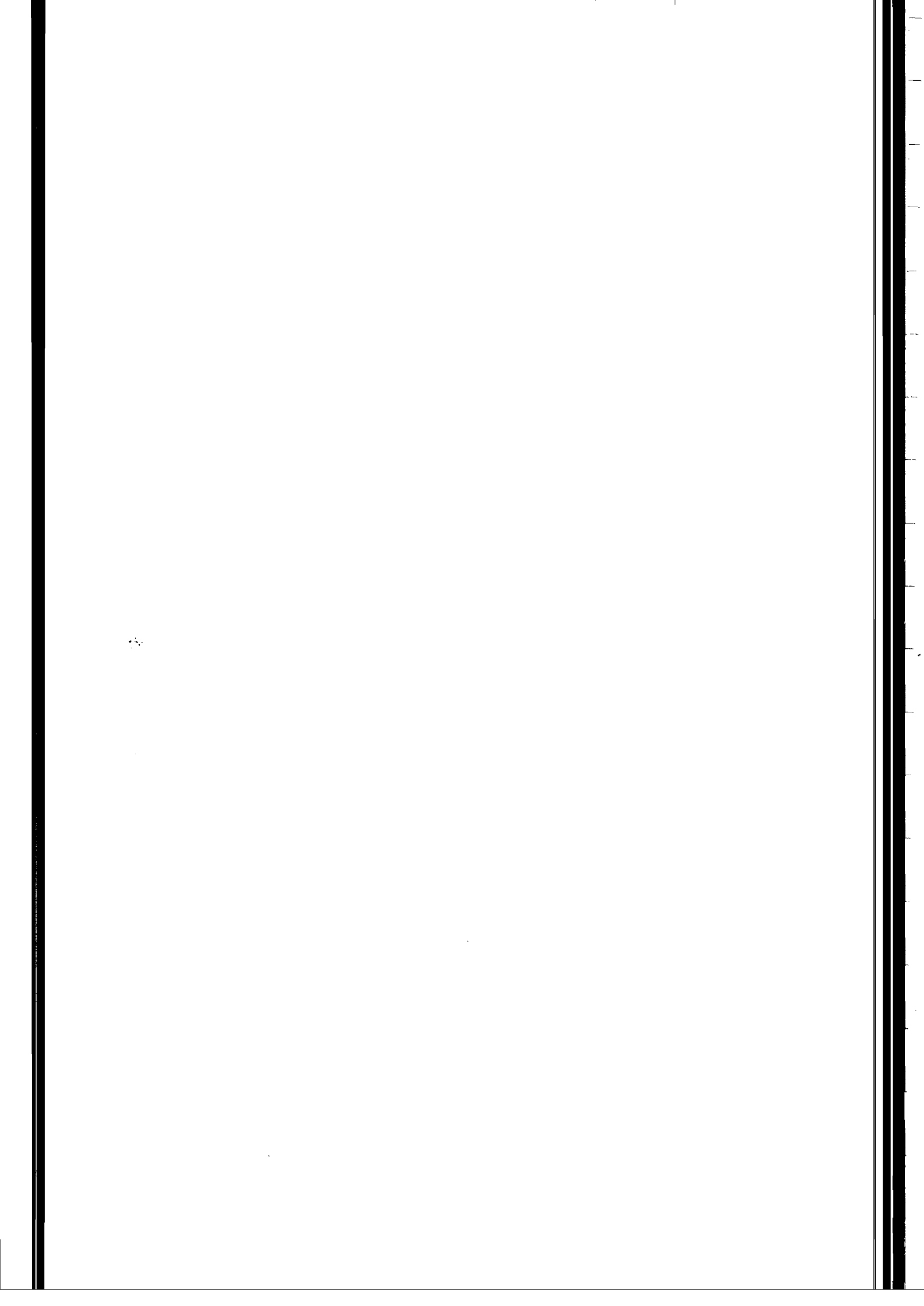
II. Les cultures de contre-saison (tanety, rizières)

8. La culture de blé de contre-saison sur rizières – techniques de semis direct ou labour, choix d'indicateurs pertinents de la fertilité et du régime hydrique
 9. La culture de la pomme de terre, les cultures maraîchères (dont **tomate**, haricot), en **semis direct** ; **impacts** sur l'incidence du mildiou et du flétrissement bactérien sur solanées, de l'antrachnose sur légumineuses.
-

Annexe 3

Fiche technique herbicide

(rappel 1991-92-93)



Herbicides « classiques »

Sur maïs

Triazines : Primextra 6 l/ha (atrazine + métolachlore) préémergent, mélange atrazine + simazine en postrécolte.

Lasso (Alachlore) en préémergence, **sélectifs du maïs + légumineuses de couverture.**

Stomp (Pendiméthaline) en préémergence, **sélectifs du maïs + légumineuses de couverture.**

Sur soja

Lasso (Alachlore) 6 l/ha en préémergence.
extra aussi sur maïs et sur l'association soja + maïs.

Sur riz

● Préémergents :

- Ronstar 4 l/ha (oxadiazon)
- Stomp 3 l/ha (pendiméthaline)

Compléter avec 1 l 2-4 D amine si nécessaire (avant tallage ou fin tallage)

● Postémergents :

- Propanil + 2-4 D en mélange (10 l + 2 l) stade 2-3 feuilles adventices : +/- 25 jours après levée.

Attention

Antagonisme avec Carbofuran et Carbofulsan, observer 25 jours d'espace entre application et levée du riz.

Satanail (propanil + thiobancarb) : stade 2-3 feuilles adventices.

Propanil + Ronstar : postémergent précoce.

Sur haricot

Présemis incorporé, Etpam (EPTC), efficace sur Cyperus, large spectre.

Stomp (pendiméthaline) en préémergence.

Fusilade X2, Basagran en postémergence.

Herbicides récents, très importants à faible dosage, peu polluants

Sur maïs

DPX E 9636 de Dupont (Sulfonylurée), postlevée (45 g ma/ha).
Nicosulfuran (Ishihara) (Sulfonylurée), postélevée (40 g ma/ha).

Sur blé

Puma-s (Fenoxaprop éthyl + Fenchlorazole éthyl), graminicide sélectif sur graminées déjà tallées, 1 à 1,5 l/ha.

Attention, sur riz, appliquer à partir de la cinquième feuille → +/- 30 JAS, compléter par Basagran (2-4 D) 1 semaine après ou 50 JAS.

Antidycot-céréales

SN 106279 (shering)
S 23121 de Sumitomo
Fluoroglycogen éthyl (COMPET'en France : 30 g ma/ha)
Fluoroglycogen éthyl (RHOM et HAAS)
Tribenuron méthyle (DUPONT : 15-30 g ma/ha)

Antidycot-soja, haricot

Fomesafen (Sopra-ICI) s'utilise en mélange avec Fusilade (Fluazifop P. Butyl - Sopra-ICI)
Basagran

Antigraminées sur soja, haricot, légumineuses

Fusilade (Sopra ICI) (X2)
Poast (Sethoxydium-basf)
Puma-s (Procida, Hoechst)

Antigraminées sur riz

Roundup (glyphosate) ICI-Sopra
Sulfosate : Stauffer
Glufosinate - Procida
Réglone (Diquat) Sopra-ICI
Gramoxone (paraquat) Sopra-ICI
Dissécanants légumineuses (couvertures mortes)

Régulateur croissance graminées

CGA 163935 (Ciba Cergy) à essayer sur Bozaka, Cynodon, Kikuyu.

Substance de croissance

AIA	Rhizopon A	Stimulant racines géranium	
Dimethipin	Harvada 25 F] Limitation croissance parties aériennes graminées	
Ethephon	Ethrel CFPI		
Chlormequat	Viva L (Pepro)		
Chlorure	Ranfor (Ciba)		
Hydrazide maléique	(+ 2-4 MCPB)	Fazor (Uniroyal) Solution L70 (CFPI)	Limitation croissance gazon
Mefluidide ¹	[Vaisoxan Limit (Aseptan) Embark 2S (CFPI ¹) la Quinoleine Minarix	□ Limitation croissance gazon (comparer avec gestion herbicide)	

¹. Le plus recommandé.

Annexe 4

- Techniques d'inoculation et d'enrobage des semences de légumineuses (pelliculisation)
- Les légumineuses de couverture
- Gestion des sols et des cultures avec des couvertures végétales
- Mise en place d'une couverture pendant un cycle de maïs
- Mise en place d'une couverture pendant un cycle de haricot
- Culture de maïs dans une couverture morte ou dans une couverture vivante de kikuyu, lotier, Desmodium
- Culture de haricot dans une couverture morte ou dans une couverture vivante de kikuyu, lotier, Desmodium

(Résultats des travaux de Roger MICHELLON à la Réunion.)

Techniques d'inoculation et d'enrobage des semences de légumineuses

Les conditions d'installation des légumineuses, et en particulier de l'établissement de la symbiose rhizobium-plantule, ont une importance primordiale sur leur mise en place, l'efficacité de leur fixation d'azote atmosphérique et leur production ultérieure.

Quelques recommandations pratiques devraient permettre de réaliser aisément cette opération et à moindre coût.

Inoculation

En général, une espèce de rhizobium donnée est spécifique d'une légumineuse donnée. Un simple test de semis au champ permet de s'assurer de la présence du rhizobium dans le sol.

L'aspect visuel de la légumineuse (bonne vigueur ou faible croissance), la couleur de ses feuilles (vertes ou jaunâtres) et la présence des nodosités sur ses racines donnent des indications très utiles, ainsi que l'observation d'une coupe de ces nodules :

- couleur blanche : inefficience ;
- rouge : présence de leghémoglobine et donc présomption d'efficacité ;
- verte : couleur pouvant être due au prélèvement trop tardif (dégénérescence de cette nodosité).

L'introduction d'une nouvelle légumineuse dans une zone est parfois conditionnée par celle de son rhizobium spécifique.

L'infestation du terrain peut être réalisée par épandage de quelques kilos d'un sol de la même zone où l'association légumineuse rhizobium est efficace. Mais cette technique doit être réalisée avec précaution car elle risque aussi de conduire à l'infestation du sol par des maladies, le rendant ainsi impropre à certaines cultures (bactéries telles que le *Pseudomonas solanacearum*, mais aussi champignons, nématodes...). Il est préférable d'utiliser des souches pures, sélectionnées pour leur efficacité, isolées localement ou dans un premier temps commercialisées dans le monde par les laboratoires spécialisés (en prenant toutes les précautions phytosanitaires nécessaires).

Le simple mélange de l'inoculum et des semences sèches, ou même humidifiées ne permet pas une bonne adhérence des rhizobia sur les graines.

Pour réaliser l'inoculation ou l'enrobage des semences, il est souhaitable **d'utiliser un adhésif** :

- dissoudre de la gomme arabique finement moulue dans de l'eau chaude, à raison de 400 g de gomme arabique par litre d'eau (réduire de moitié pour une simple inoculation) ;
- agiter à chaud jusqu'à complète dissolution et en préparer que la quantité nécessaire (moisissures possibles) ;
- laisser refroidir.

Pour l'inoculation, choisir un récipient adapté (bassine, tonneau mélangeur...) et propre.

- Mélanger les quantités d'inoculum et d'adhésif nécessaires en fonction du poids de graines et de leur taille.
- Ajouter immédiatement les semences et mélanger jusqu'à ce qu'elles paraissent toutes inoculées (sans arracher leurs téguments).

Quelques précautions doivent être prises :

- la préparation du mélange semences-inoculum adhésif doit se faire juste avant le semis dans un endroit frais et à l'abri du soleil. Ne préparer que des quantités susceptibles d'être semées dans la journée afin d'éviter la mort des rhizobiums ;
- s'assurer que les semences n'ont pas été traitées avec des substances toxiques et si des traitements phytosanitaires sont nécessaires, les adapter (utiliser le Thirame comme fongicide...);
- ne pas mélanger les semences inoculées avec des engrais acides (superphosphates...);
- semer en conditions humides : l'inoculation des semences peut conduire pour certaines espèces (soja, haricot...) à une importante fonte des semis en cas de forte sécheresse et dans ce cas, il vaudrait mieux inoculer le sol que la graine.

Enrobage des semences

Les exigences édaphiques de la légumineuse ou celle nécessaires à la survie de son rhizobium spécifique dans le sol, ainsi que celles requises momentanément lors de l'établissement de la symbiose ne sont pas toujours identiques.

L'enrobage peut alors permettre de modifier l'environnement immédiat de la semence en cours de germination de manière à permettre l'établissement définitif de la symbiose, sans recourir à un amendement onéreux de l'ensemble du terrain (chaulage...). La neutralisation ponctuelle des conditions de milieu favorise l'infection des racines par les bactéries fixatrices (rhizobiums) et permet ainsi l'établissement de la symbiose rhizobium-légumineuse.

Selon les exigences des espèces, les produits les plus couramment utilisés sont le calcaire ou le phosphate naturel. Ils doivent être finement broyés (minimum de 90 % passant au travers d'un tamis de 15 microns) et peuvent être remplacés par d'autres matériaux selon les disponibilités (dolomie...).

Pour réaliser l'enrobage, mélanger l'inoculum et l'adhésif, puis les semences comme cela a été précédemment décrit. Puis ajouter la quantité de produit recommandée pour l'enrobage en une seule fois et mélanger rapidement jusqu'à ce que les graines se séparent et paraissent toutes enrobées (2 mm environ). La poursuite du mélange conduit à durcir les granulés qui peuvent ensuite se briser. Les quantités de produit peuvent être ajustées (finesse du broyage, importance du lot de semences...) et, en particulier, elles doivent être augmentées lorsqu'une partie des semences reste collée.

Les semences sont prêtes pour être semées immédiatement, soit directement à la volée sur terrain humide herbicide, soit à une faible profondeur en conditions plus sèches.

Il est recommandé d'effectuer des tests préliminaires au champ pour ajuster les techniques et les doses en fonction des conditions locales (chaulage dans la raie de semis pour semoir à double goulotte...).

Bibliographie

BEUNARD P., 1984. Contribution à l'étude de la fixation d'azote chez les légumineuses. Mémoire IRAT, 111 p.

MEISNER C.A., GROSS D., 1980. Some guidelines for the evaluation of the need for and response to inoculation of tropical legumes. North Carolina Agric. Research Service. Techn. Bul. n° 265, 59 p.

NORRIS D.O., DATER R.A., 1976. Legume bacteriology. In Shaw N.H., Bryan W.W. Tropical pasture research. Principles and method. CAB, n° 51 Alden Press ed., Oxford, 454 p., p. 134-174.

PURTON J.C., 1979. New developments inoculating legumes. In Subba Rao N.S. Recent advances in biological nitrogen fixation. Oxford and IBH publishing Co. New Delhi, Bombay, Calcutta, p. 380-405.

SAINT MACARY H., 1981. Compte rendu de mission à la Réunion et à Madagascar. IRAT, 23 p.

Tableau : Technique d'inoculation et d'enrobage de différentes espèces de légumineuses.

- Groupe de rhizobium, spécifique ou non, commercialisé en Australie.
- Nombre de graines de chaque espèce par kilo.
- Produit conseillé pour l'enrobage par SHAW et BRYAN (1976).

Quantité d'adhésif et de produit d'enrobage selon la taille des semences, conseillé par WILLIAMS, directeur de PRIMAC SEEDS.

Adresses pour la fourniture d'inoculum : outre le laboratoire de biologie des sols de l'IRAT-CIRAD, pouvant satisfaire des besoins limités, et les producteurs de semences australiens, des inoculums peuvent être commandés à :

BIOPROX-PROTEX Télex : 630 957 F - Tél. ; 47.57.74.00 (soja)
6, rue Barbes, BP 177 - 92305 Levallois-Perret

AGRICULTURAL LABORATORIES PTY.Limited
95-99 Carlingford Street - Sefton N.S.W. 2162, Australie

QUEENSLAND INOCULANTS
P.O. Box 1052 - Toowoomba, QLD 4350, Australie

ROOT NODULE PTY.Limited
84 Rawson Road - Woy Woy 2256, Australie

Adresse pour la fourniture de semences :

PRIMAC SEEDS Télex : AA 166 142 PRIMAC
P.O. Box 943 - Murwillumbah 2484 NSW, Australie

SAUERS Télex : 146 945 YATES
P.O. Box 117 - Rockhampton QLD 4700, Australie

Espèce	Groupe du rhizobium	Nombre de grains par kilo en 10 ³	Matériau d'enrobage	Classe (10 ³ grains/kg)	Adhésif (ml/kg)	Matériau d'enrobage (g/kg)
<i>Lupinus Albus</i>	lupin	2 à 4	Phosphate	3 à 10	11	170
<i>Dolichos lablab</i>	Dolique	4 à 5	Phosphate			
<i>Arachis pentoi</i>	<i>Arachis pentoi</i>	6 à 8	Phosphate			
<i>Vigna unguiculata</i>	« Cowpea, mung bean »	7 à 15	Phosphate	10 à 20	12	180
<i>Leucaena leucocephala</i>	Leuceana	20 à 24	Chaux	20 à 50	13	190
<i>Centrosema pubescens</i>	Centrosema	40	Phosphate			
<i>Calopogonium mucunoides</i>	« Calopogonium, Siratro, pueraria... »	73	Phosphate	50 à 100	14	215
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	« Calopogonium, Siratro, pueraria... »	75	Phosphate			
<i>Vigna parkeri</i>	« Cowpea, mung bean »	75	Phosphate			
<i>Pueraria phaseoloides</i>	« Calopogonium, Siratro, pueraria... »	81	Phosphate			
<i>Neonotonia wightii</i>	« Calopogonium, Siratro, pueraria... »	120	Phosphate			
<i>Trifolium subterraneum</i>	Glycine	130 à 170	Phosphate	100 à 200	17	250
<i>Desmodium uncinatum</i>	Trèfle souterrain	150	Chaux			
<i>Cassia rotundifolia</i>	Desmodium	200 à 220	Phosphate	200 à 500	21	320
<i>Stylosanthes scabra</i>	Desmodium	200 à 470	Phosphate			
<i>Desmodium semipilosum</i>	<i>Stylosanthes scabra</i>	400 à 800	Phosphate	500 à 1 000	27	410
<i>Lotus uliginosus</i>	Desmodium	600	Phosphate			
<i>Trifolium repens</i>	Trèfle du Kenya	700 à 1 000	Chaux	1 000 à 2 000	33	500
<i>Lotononis bainesii</i>	Lotier velu	1 250	Phosphate			
	Trèfle blanc	1 500 à 1 700	Chaux	2 000 à 4 000	40	600
	Lotononis	3 300	Phosphate			

Les légumineuses de couverture

De nouvelles légumineuses fourragères ont été choisies pour leur adaptation aux conditions locales, leur production et leur intérêt comme plante de couverture, car elles sont rampantes. Ce sont la « pistache fourragère », le trèfle du Kenya et le lotier. Comme toutes les légumineuses, elles enrichissent le sol en azote, mais elles doivent pour cela être inoculées au moment du premier semis.

Pistache fourragère

(*Arachis pintoï*, variété Amarillo)

La « pistache fourragère », originaire du Brésil, a été introduite dans de nombreux pays : USA, Australie, Japon... pour servir de fourrage et de plante de couverture.

Sa rusticité lui permet de s'adapter à de nombreux types de sols (acides ou non, de fertilité faible à bonne...). De même, elle supporte de longues périodes de sécheresse ou l'excès d'eau (zones de bas de l'ouest ou de l'est) et l'ombrage.

Sa production fourragère est élevée et sa valeur nutritive réputée bonne.

Elle est également utilisée comme plante de couverture dans les vergers et les bananeraies, et paraît très intéressante dans le géranium et les cultures maraîchères (artichaut, haricot...).

Elle peut être semée, à raison de 10 à 15 kg/ha (prix actuel : 115 F/kg), soit à une distance de 60 cm sur 15 à 20 cm. Les graines doivent être enterrées entre 2 à 6 cm pour réduire les dégâts de rats.

La « pistache fourragère » se propage par ses tiges rampantes (1 à 2 mètres par an), mais n'est pas envahissante car ses graines se développent dans le sol, comme la « pistache » (arachide).

Le semis qui est très rapide à la canne planteuse, peut être remplacé par du bouturage. En cas de sécheresse, les boutures (de 15 à 20 cm) doivent être aoûtées (tiges dures) et enterrées profondément (10 cm).

Sa mise en place peut se faire très simplement en même temps qu'une autre culture, car elle supporte de nombreux herbicides :

- paraquat : de 100 g/ha, aux jeunes stades (Rbix 1 l/ha) jusqu'à 600 g/ha, sur les plantes bien installées (Rbix 6 l/ha) ;
- Bentazone (Basagran liquide) associé au haricot, pois, maïs... ;
- 2,4 D, glyphosate à faible dose...

Lotier

(dattier velu, *Lotus uliginosus*, variété Maku)

Le Lotier qui est originaire du Sud de l'Europe, existe à la Réunion depuis longtemps. Mais la variété Maku beaucoup plus agressive et très productive n'a été introduite que depuis une dizaine d'années.

Elle s'adapte bien aux **zones humides**, même mal drainées et **aux sols pauvres**. Elle supporte aussi une sécheresse temporaire. Par rapport à la « pistache fourragère », elle préfère les températures plus douces des hauts (plus de 800 m dans l'Ouest, 400 m à l'Est pour l'instant).

Sa **production fourragère** est très importante, et elle **s'associe très bien aux graminées** dont elle stimule la pousse (comme le kikuyu). **Son agressivité contre les « mauvaises herbes »** et la **facilité de sa maîtrise** en font une plante de couverture très intéressante, d'autant plus qu'elle **attire le taon** (*Crateopus*). Il épargne ainsi les cultures sensibles (plante-piège), comme le géranium, le pêcher, le pommier...

Le Lotier Maku s'installe facilement par bouturage, et peut être semé à la volée à 4 kg/ha (prix 98 F/kg). Il pousse mieux sur un terrain « sale », à l'ombre des « mauvaises herbes » tuées au paraquat (Rbix), ou au glyphosate (Roundup...) pour éliminer les plus résistantes. Il est alors préférable d'enrober les graines pour faciliter l'inoculation.

Si le sol est nu, il vaut mieux enfouir les graines, surtout en cas de risque de sécheresse.

Pour ne pas immobiliser de terrain, il peut être semé en même temps qu'une autre culture (haricot, maïs...). Il s'installe alors plus vite, sans travail, ni coût supplémentaire (protection contre les noctuelles).

Il est tolérant à certains herbicides ce qui permet de le nettoyer lors de son installation :

- Ioxynil à 375 g/ha sur jeune plante (1,5 l de Totril par hectare) jusqu'à 625 g sur Lotier installé (2,5 l de Totril par hectare), soit à la dose préconisée pour ail, oignon, poireau ;
- Propyzamide à 600 g/ha (1,5 l de Ker Flo par hectare) utilisable sur laitue, plantes ornementales et forestières ligneuses ;
- paraquat (Rbix) ou glyphosate (Roundup) en dirigé sur les tâches de mauvaises herbes.

Pour mettre en place une culture dans le lotier installé, il suffit de « marquer » les lignes avant semis, ou les trous, avant plantation, à l'aide d'herbicides de contact : paraquat (Rbix...), ou éventuellement glufosinate-ammonium (Basta F1...), diquat à 300 g/ha (Réglone 2 à 1,5 l/ha).

Pour éviter qu'il ne gêne parfois la jeune culture, un apport localisé d'engrais permet de le dessécher pendant une durée suffisante, de même que certains herbicides qui sont très actifs sur cette plante.

Comme le lotier domine dans tout le champ, les herbicides peuvent être utilisés à très faible dose :

- Bentazone à 100 g/ha (Basagran liquide 0,2 l/ha) avec haricot, pois, maïs, géranium en hiver ;
- Atrazine à 250 g/ha (Gesaprim 50 ou Callitraz 0,5 kg/ha) avec maïs, géranium en été ;
- Diuron 320 g/ha (Karmex 0,4 kg/ha)...

Trèfle du Kenya

(*Trifolium semipilosum*, variété Safari)

Ce trèfle est originaire du Kenya, où il pousse naturellement dans les montagnes, en association avec le kikuyu.

Comme le lotier, il s'adapte à de nombreux types de sols, mais il résiste mieux à la sécheresse.

Il est plus difficile à installer, par semis (4 kg/ha à 100 F/kg). Mais, il se multiplie très bien par bouturage, ainsi que par ses tiges rampantes qui s'enracinent aux noeuds. Il donne beaucoup de fleurs très mellifères et se ressème naturellement.

Il est très sensible au manque de bore dans le sol qui doit être corrigé (10 kg/ha de borate de sodium).

Il est assez sensible à la concurrence des mauvaises herbes pendant son installation, mais il peut être désherbé avec la bentazone 720 g/ha (1,5 l/ha de Basagran liquide).

Gestion des sols et des cultures avec des couvertures végétales

Les objectifs

L'intervention de la recherche agronomique dans les hauts de l'Ouest correspondant aux orientations du Plan d'aménagement des hauts, et à la politique de coopération régionale.

Les objectifs sont :

- la protection de l'environnement (défense des sols contre l'érosion et restauration de la fertilité) ;
- le développement agricole de la zone, grâce à une intensification des cultures, ou à la réduction de leur coût de production.

Suite à l'abandon de la jachère (friche d'acacia), l'agriculture des hauts s'est trouvée confrontée à des problèmes de fertilité des sols, surtout dans les zones les plus peuplées. En quelques années, la monoculture du géranium entraîne une baisse de rendement, car sans lutte contre l'érosion, les sols s'appauvrissent...

De plus, les maladies de la terre (flétrissement bactérien) et les mauvaises herbes se développent. Les temps de sarclage augmentent alors énormément.

Actuellement, la zone se diversifie et s'oriente vers la polyculture-élevage. L'apparition de l'agroforesterie et des cultures avec couverture végétale permanente du sol, permet d'accélérer ce renouveau de l'agriculture, grâce à leurs nombreux effets agronomiques favorables.

Dispositif des recherches

Les recherches sont réalisées par comparaison des cultures intensives : soit en sol nu (comme chez la plupart des agriculteurs), soit avec couverture. Nous étudions le géranium (en culture pure ou avec des intercalaires), ainsi que des productions qui entrent en rotation : maraîchères ou vivrières (haricot, tomate, maïs, pomme de terre...).

Trois situations ont d'abord été choisies pour déterminer les problèmes à résoudre en priorité (après acacia, canne détruite par le ver blanc, et monoculture du géranium).

Lors de la mise en place, les résidus de la défriche ou de la culture précédente sont conservés sur place pour obtenir une couverture morte. Cette couverture apporte de nombreux effets bénéfiques, mais elle disparaît en quelques mois. Pour les conserver, il faut la remplacer par une couverture vivante.

Maîtrise des couvertures

La maîtrise du développement de la couverture est parfois nécessaire pour éviter une concurrence avec la culture.

Elle est aisée et peu chère, car nous disposons pour chaque couverture d'herbicides ou de techniques très efficaces pour la maîtriser : apport d'engrais sur légumineuses, Fluazifop-P-Butyl (Fusilade X2) ou méfluidide (Minarix) sur kikuyu, bentazone (Basagran liquide) sur lotier. Comme la couverture domine tout le champ, les herbicides peuvent être utilisés à très faibles doses (dix fois moins que les doses conseillées).

Il faut faire très attention de ne pas détruire la couverture sous peine de perdre ses effets bénéfiques : prolifération des mauvaises herbes très agressives, telles que l'oumine (*Cyperus rotundus*), l'ail marron (*Nothoscordum inodoratum*)...

Certaines couvertures ne demandent aucun entretien, comme la « pistache fourragère ».

La mise en place des cultures peut être facilitée par un herbicide de contact (paraquat...) appliqué sur la ligne ou sur le trou de plantation, et l'utilisation de plants racinés (tomate, géranium...) et de cannes planteuses pour réduire les temps de semis.

Conséquences agro-économiques

Les modes de gestion du sol et des cultures avec couverture et embocagement des parcelles, en cours d'élaboration, permettent généralement d'accroître les rendements des cultures par rapport aux itinéraires en sol nu, et d'obtenir en outre une production fourragère non négligeable.

De plus, ils améliorent souvent la productivité du travail grâce à une réduction de la prolifération des adventices, limitant ainsi les sarclages.

L'ensemble des effets favorables induits par ces nouvelles techniques et, en particulier la protection totale du milieu vis-à-vis des accidents climatiques, devrait conduire à moyen terme à une amélioration très nette des conditions de production, à une diversification et une stabilisation des exploitations agricoles.

La poursuite de ces études devrait permettre à la généralisation de ces techniques à l'ensemble des zones de l'île.

Mise en place d'une couverture pendant un cycle de maïs

La culture du maïs est peu rentable en sol nu, car elle demande beaucoup de temps de travaux. En dehors du maïs fourrage, elle est souvent associée à une légumineuse, et en particulier au haricot.

Il est alors possible d'installer une couverture de kikuyu ou de lotier, en même temps, sans immobiliser de surface.

Les productions des cultures sont améliorées et les temps de travaux diminués.

Il faut cependant bien éliminer les mauvaises herbes les plus résistantes pour obtenir une couverture propre.

L'installation du trèfle ne pose aucun problème particulier car il peut être dés herbé à la bentazone (Basagran liquide) utilisable sur maïs ou haricot. Pour la « pistache fourragère », il est possible d'utiliser en plus le paraquat en dirigé dans l'interrang.

**IMPLANTATION D'UNE COUVERTURE DE KIKUYU OU LOTIER AVEC TRAVAIL MINIMUM
PENDANT UN CYCLE DE MAIS**

COMPARAISON DES ITINERAIRES PAR RAPPORT AU SOL NU

Stade de la culture de maïs	Opération culturale	Sol nu	Kikuyu	Lotier
Avant semis	Préparation du terrain	Glyphosate 1000 à 1500 g par ha + sulfate d'ammoniaque 2 Kg/ha ou paraquat 600 à 800 g par ha, ... (nombreuses matières actives selon la flore)	ou paraquat 600 g par ha + métolachlor + atrazine : 2000 + 1000 g par ha (synergie avec paraquat)	Reprise éventuelle du traitement herbicide sur les tâches d'adventices non tuées après une à deux semaines
Semis : période la mieux adaptée pour pouvoir conduire en Mars un cycle de contre-saison : première quinzaine d'Octobre dans les Hauts sous le vent, mais peut-être semé jusqu'en Janvier	Implantation des couvertures	-	Bouturage à environ 25.000 plants par ha (éventuellement semis direct à faible profondeur à 6 Kg/ha)	Semis à la volée de 4 à 6 Kg de semences de Lotier veu inoculées et enrobées*
	Semis du maïs	Variétés Survan 8331 ou Tocumen 7931 ou Hybride IRAT 143 Sillonage au biniout à 1 m (ou 0,7 m) d'écartement, localisation de la fumure, semis au sembot à environ 0,18 m, soit 55.000 graines par ha (ou 0,25 m)	Semis direct à la canne planteuse à 1 m d'écartement à raison de 2 à 3 graines par poquet à 0,4 m (ou à 0,7 m x 0,5 m), soit 65.000 graines/ha, avec localisation de l'engrais. (La densité optimale n'est pas déterminée mais devrait être augmentée par rapport au sol nu).	
	Fumure localisée	75-60-120 sous forme de 15-12-24 appliquée éventuellement en deux fois en cas de forte sécheresse (au semis et après la levée)	5 à 10 t/ha de fumier en compost de géranium	L'apport de matière organique ne semblerait pas aussi nécessaire qu'en sol nu
	Herbicide de post-semis	Métolachlor + atrazine : 2000 + 1000 g par ha	Pas nécessaire	
	Rodenticide	Chlorophacinone en appâts sur les pistes de rats (protection jusqu'à la récolte)		
Levée	Lutte contre les noctuelles	Appâts à raison de 50 Kg/ha (préparé avec 20 g d'endosulfan, pour 10 Kg de son, 1 Kg de sucre et 10 l d'eau)		
Entretien en cours de cycle	Apport d'azote complémentaire	50 N sous forme d'ammonitrate au stade 8 à 10 feuilles		
	Lutte contre les boreas	Application éventuelle de diazinon dans le cornet		
	Lutte contre les adventices	Paraquat 400 g par ha au glyphosate 1000 g par ha en dirigé sur les tâches d'adventices	Sarclage manuel	

* Semences de lotier inoculées avec le rhizobium spécifique du lotier veu et un adhésif. Par Kg de semences, ajouter 33 ml d'adhésif obtenu en dissolvant 400 g de gomme arabique dans un litre d'eau, puis l'inoculum. Elles sont ensuite enrobées au phosphate naturel broyé (500 g par Kg) et semées immédiatement.

Mise en place d'une couverture pendant une culture de haricot

Les problèmes qui limitent la production du haricot, en sol nu, sont le manque de fumier et de temps par l'agriculteur pour préparer le terrain et semer assez tôt.

Il est possible d'installer une couverture de kikuyu ou de lotier (ou un pâturage) sans immobiliser de terrain, en même temps qu'une culture de haricot. Sans augmentation des charges, ni apport de fumier, la production est la même qu'en sol nu (avec fumier). Les temps de travaux sont diminués surtout à la plantation (cannes planteuses...).

Il faut cependant bien éliminer les mauvaises herbes, les plus résistantes pour obtenir une couverture propre.

L'installation du trèfle ne pose aucun problème particulier, car comme le haricot, il peut être désherbé à la bentazone (Basagran liquide). Pour la « pistache fourragère », il est possible d'utiliser en plus le paraquat (Rbix), en dirigé dans l'interrang.

**IMPLANTATION D'UNE COUVERTURE DE KIKUYU OU LOTIER PENDANT UN CYCLE DE HARICOT
COMPARAISON DES ITINERAIRES PAR RAPPORT AU SOL NU**

Stade de la culture de haricot	Opération culturale	Sol nu	Kikuyu	Lotier
Avant semis	Préparation du terrain	Glyphosate 1000 à 1500 g par ha + sulfate d'ammoniaque 2 Kg/ha, ou paraquat 600 à 800 g par ha, ... (nombreuses matières actives selon la flore : bentazone sur <i>Cyperus exulenus</i> , ...)	Reprise éventuelle du traitement herbicide sur les tâches d'adventices non tuées après une à deux semaines	
Semis : période optimale pour le rendement : deuxième quinzaine de Mars dans les Hauts sous le vent	Implantation des couvertures		Bouturage à environ 25.000 plants par ha (éventuellement semis direct à faible profondeur à raison de 6 Kg/ha)	Semis à la volée de 4 à 6 Kg de semences de lotier velu inoculées et enrobées*
	Semis du haricot	Choix de semences saines, traitées si nécessaires contre l'anthracnose (bénomyl 100 g par q.), variété Pompadour Sillonage au binctout à 0,7 m d'écartement, localisation de l'insecticide et de la fumure, semis au semotout à environ 0,07 m, (200.000 graines/ha)	Semis direct à la canne planteuse à 0,7 m d'écartement à raison de 3 grains par poquet à 0,2 m (210.000 graines), avec localisation de l'engrais. (La densité optimale n'est pas déterminée mais devrait être augmentée par rapport au sol nu).	
	Insecticide localisé contre le gros genou (<i>Ophiomyia phaseoli</i>)	Carbofuran 500 g par ha ou diazinon 1000 g par ha (ou buttage des plantes en cours de végétation)		Le traitement insecticide ne paraît <u>pas nécessaire</u> en raison de la diminution des dégâts de gros genou
	Fumure localisée	40-80-80 sous forme de 10-20-20 appliqué éventuellement en deux fois en cas de risque de sécheresse (au semis et après la levée) 5 à 10 t/ha de fumier ou compost de géranium		L'apport de matière organique n'apparaît <u>pas nécessaire</u>
	Herbicide de post-semis	Dinnorbe 1250 g par ha, ou butraline 3600 g par ha,...		<u>Non nécessaire</u>
Levée	Protection phytosanitaire	Appâts contre les noctuelles (à raison de 50 Kg/ha, préparé avec 20 g d'endosulfan, pour 10 Kg de son, 1 Kg de sucre et 10 l d'eau) et molluscicide		
Floraison	Protection phytosanitaire	Contre la pyrale deux traitements espacés de 10 j à partir du début floraison à l'endosulfan 350 g par ha		
Entretien en cours de cycle	Protection phytosanitaire	Éventuellement contre la grasse : manèbe + zinèbe + cuivre, au stade 2 feuilles trifoliées et à la floraison, et contre la pourriture grise : iprodione		
	Lutte contre les adventices	Sarclage manuel et éventuellement buttage. Paraquat en dirigé 600 à 800 g par ha, ou bentazone en plein à partir du stade 2 feuilles trifoliées 1200 g par ha	Bentazone en plein à partir du stade 2 feuilles trifoliées si nécessaire 720 g par ha, ou ioxynil en dirigé 375 g par ha ou désherbage manuel	Ioxynil en dirigé 375 g par ha si nécessaire, ou désherbage manuel

* Semences de lotier inoculées avec le rhizobium spécifique du lotier velu et un adhésif. Par Kg de semences, ajouter 33 ml d'adhésif obtenu en dissolvant 400 g de sucre arabe dans un litre d'eau puis l'inoculum. Elles sont ensuite enrobées au phosphate naturel broyé (500 g par Kg) et semées immédiatement.

Culture du maïs dans une couverture morte ou dans une couverture vivante de kikuyu, de lotier ou de Desmodium

Pour obtenir une couverture morte, il suffit de laisser sur le champ les résidus de la culture précédente (pailles de canne...) en évitant les problèmes d'érosion très importants en sol nu en été.

Pour conserver les effets bénéfiques des couvertures mortes, qui disparaissent assez rapidement, il suffit de cultiver dans des couvertures vivantes qui sont simplement affaiblies pendant la culture. Les couvertures de lotier ou de Desmodium conviennent parfaitement, de même que la « pistache fourragère » qui supprime tout entretien.

Par contre, la maîtrise de la couverture de kikuyu pendant le cycle de maïs est très difficile, et de plus les racines de kikuyu libèrent dans le sol des produits qui gênent le développement du maïs.

Comparaison des itinéraires culturaux pour un maïs implanté dans une couverture morte ou une couverture vive de kikuyu, Lotier ou Desmodium

Stade de la culture de maïs	Opération culturale	Couverture morte [résidus de récolte...]	Couverture de kikuyu installée ¹	Couverture de lotier installée ¹	Couverture de Desmodium installée ¹
Avant semis	Préparation du terrain	Paraquat 600 g/ha + métalachlor + atrazine : 2 000 + 1 000 g/ha (synergie)	Fouage pour affouragement des animaux (ou pâturage)		
			Eventuellement pour marquer le rang en dirigé : Paraquat 600 g/ha	Diquat 300 g/ha	Diquat en plein en deux applications à une semaine d'intervalle 300 g puis 150 g/ha ou 200 + 1 000 g.....
Semis : période la mieux adaptée pour pouvoir conduire en maïs un cycle de contre-saison : première quinzaine d'octobre dans les hauts sous le vent, mais peut être semé jusqu'en janvier	Semis du maïs	Variétés Suwan 8331 ou Tocumen 7931 ou hybride (RAT 143, semis direct à la canne planteuse à 1 m d'écartement à raison de 2 à 3 grains par paquet à 0,4 m (ou à 0,7 m x 0,5 m) soit environ 65 000 graines/ha avec localisation de la fumure			
	Fumure localisée	75-60-120 sous forme de 15-12-24 appliqué éventuellement en deux fois en cas de forte sécheresse (au semis et après la levée)	Avec couverture vive, l'apport de matière organique ne semblerait pas aussi nécessaire		
	Radonicide	Chlorofacinone en appâts sur les pistes des rats (protection jusqu'à la récolte)			
Levée	Lutte contre les noctuelles	Appâts à raison de 50 kg/ha (préparé avec 20 g d'endosulfan pour 10 kg de son, 1 kg de sucre et 10 l d'eau			
Entretien en cours de cycle	Apport d'azote complémentaire	50 N sous forme d'ammonitrate au stade 8-10 feuilles	L'apport d'azote ne semblerait pas nécessaire		
	Lutte contre les borers	Application éventuelle de diazinon dans le cornet			
	Lutte contre les adventices	Paraquat 400 g/ha en dirigé sur l'interrang ou glyphosate 1 000 g/ha en dirigé sur l'interrang	Paraquat en dirigé 200 g/ha (à répéter éventuellement)	Eventuellement bentazone 360 g/ha en dirigé sur le rang, ou bentazone 240 g + atrazine 250 g/ha en dirigé sur le rang	

1. Attention

- culture de maïs non recommandée sur kikuyu (forte allélopathie)
- au lieu de paraquat 600 g/ha sur kikuyu, utiliser 200 g de paraquat + 100 g de diquat x 2 fois
- au lieu de 300 g puis 100 g/ha de diquat, utiliser 200 g de paraquat + 100 g de diquat x 2 fois

AS04

Culture du haricot dans une couverture morte ou dans une couverture vivante de kikuyu, de lotier ou de Desmodium

Pour obtenir une couverture morte, il suffit de laisser sur le champ les résidus de la culture précédente (pailles de canne...). Le semis direct du haricot dans ces pailles permet d'augmenter son rendement (conservation de l'humidité du sol, apport de matière organique, réduction des dégâts de gros genou...) et de diminuer les temps de travaux (moins de mauvaises herbes, semis à la canne planteuse...). Pour les traitements herbicides : faire très attention au dosage du mélange paraquat (Rbix) et bentazone (Basagran liquide) qui est beaucoup plus efficace que les produits utilisés seuls.

Les effets bénéfiques des couvertures mortes ne durent pas longtemps, car elles disparaissent assez rapidement. Pour conserver ces effets, il suffit de cultiver dans des couvertures vivantes qui sont simplement affaiblies pendant la culture tels que le lotier, le Desmodium ou le kikuyu. Attention avec le kikuyu, car le haricot apparaît sensible à l'herbicide : Fluazifop-P-Butyl, Fusilade X2, qui le fait jaunir. *Si on ajoute du moulillant*

La culture du haricot dans la « pistache fourragère » ne devrait poser aucun problème car cette couverture est beaucoup plus rampante.

Comparaison des itinéraires culturels pour un haricot implanté dans une couverture morte ou couverture vive de kikuyu, Latier ou Desmodium

Stade de la culture du haricot	Opération culturale	Couverture morte [résidus de récolte...]	Couverture de kikuyu installé ¹	Couverture de latier installé ¹	Couverture de Desmodium installé ¹
Avant semis	Préparation du terrain	Glyphosate 1 000 à 1 500 g/ha + sulfate d'ammoniaque 2 kg/ha ou paraquat 600 à 800 g/ha...	Paraquat en plein ou en dirigé (pour marquer les rangs de semis) : 400 g/ha	Fauche pour affouragement des animaux ou pâturage Diquat 300 g/ha avec reprise éventuelle avec une dose réduite de moitié après une semaine (à remplacer par paraquat si salissement par des mauvaises herbes)	
Semis : période optimale pour le rendement : deuxième quinzaine de mars dans les hauts sous le vent	Semis du haricot	Choix de semences saines, traitées si nécessaire contre l'anthracnose (bénomyl 100 g/q), variété Pompadour, Semis direct à la canne planteuse à 0,7 m d'écartement à raison de 3 graines par paquet à 0,2 m, soit 21'000 graines/ha, avec localisation de l'engrais. (Les densités optimales ne sont pas déterminées)			
	Fumure localisée	40-80-80 sous forme de 10-20-20 appliqué éventuellement en deux fois en cas de risque de sécheresse (au semis et après la levée) 5 à 10 l/ha de fumier ou compost de géranium apprêtés en couverture	L'apport de matière organique ne paraît pas nécessaire		
	Herbicides de post-semis	Si la couverture morte est insuffisante pour empêcher la levée des mauvaises herbes : dinolérbe 1 250 g/ha ou butrolène 3 600 g/ha	Non nécessaire		
Levée	Protection phytosanitaire	Appâts contre les noctuelles (à raison de 50 kg/ha, préparé avec 20 g d'endosulfan, pour 10 kg de san, 1 kg de sucre et 10 l d'eau et molluscicide. Le traitement insecticide contre le gros genou, <i>Ophiomyia phaseoli</i> , ne paraît pas nécessaire			
Floraison	Protection phytosanitaire	Contre la pyrale deux traitements espacés de 10 jours à partir du début floraison à l'endosulfan 350 g/ha			
Fertilisation en cours de cycle	Protection phytosanitaire	Éventuellement contre la grasse : manganèse + zinc + cuivre au stade 2 feuilles trifoliées et à la floraison, et contre la pourriture grise : iprodione			
	Lutte contre les adventices	Paraquat en dirigé sur l'inter-rang : 600 à 800 g/ha, ou bentazone en plein à partir du stade 2 feuilles trifoliées 1 200 g/ha, ou bentazone 75 g/ha + paraquat 50 g/ha en dirigé dans l'inter-rang ou en plein (synergie très forte mais peu phytotoxique sur haricot, la dose peut être doublée après le stade 4 feuilles)	Fluazifop-p-butyl en dirigé dans l'inter-rang : 50 g/ha	Bentazone en plein ou en dirigé sur le rang de haricot à partir du stade 2 feuilles trifoliées 120 à 240 g/ha	Éventuellement paraquat en dirigé dans l'inter-rang 400 à 600 g/ha

1. On peut également utiliser 200 g/ha de paraquat + 100 g/ha de diquat sur kikuyu et latier, et deux fois ce mélange sur desmodium à une semaine d'intervalle.

La région du sud-ouest

Deux implantations du programme expérimental « systèmes de culture et itinéraires techniques mécanisés et manuels, à base de blé » :

- Ferme de M. Bodala
- Ferme de M. Lakoubay

(cf. rapport de mise en place de la campagne agricole 1993-94, Kobama, fermes mécanisées, 156- p.)

Observations sur la campagne en cours

Le peu de temps disponible et l'état pitoyable des pistes, dans la région nord de Tuléar, n'ont pas permis que l'on puisse visiter la ferme Lakoubay où sont concentrées la plupart des innovations introduites dans le Sud-Ouest par le projet « fermes mécanisées, Kobama » (alternatives d'aménagement hydraulique, systèmes de culture, germoplasm).

Sur le périmètre irrigable d'Ankéliloako (ferme de M. BODALA)

Le type d'aménagement hydraulique, peu coûteux (cf. Brésil, Rapport L. SÉGUY, 1991, 1992 et 1993, CIRAD-CA), réalisé à la main, en courbes de niveaux, se comporte de manière remarquable, même en conditions de très forte pluviométrie d'origine cyclonique, comme au début de cette année 1994 ; dans ces conditions excessives (sur un laps de temps très court), les fonctions élémentaires du dispositif : irrigation et drainage, ont parfaitement fonctionné sur la ferme de M. BODALA.

Les variétés de riz cultivées en grande surface : 1347, 2787, 2798, Makalioka 34, par le système de semis direct (par opposition au repiquage), permettent d'espérer des rendements entre 2 500 et plus de 4 000 kg/ha (2787) ; la variété 1347 est de cycle trop long et surtout sensible à la verse (à éliminer).

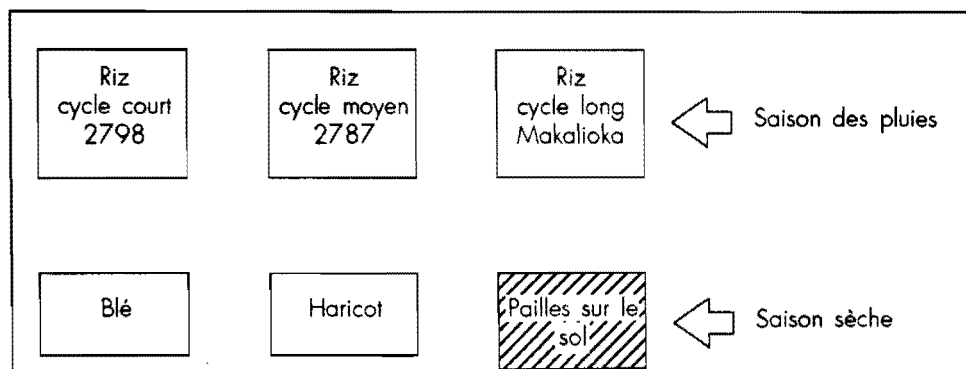
Les trois variétés : 2787, 2798 et Makalioka 34 semées simultanément, offrent un échelonnement des récoltes sur plus de 45 jours, entre la variété à cycle le plus long (+/- 135 jours).

Cet échelonnement de la récolte permet, outre une plus grande capacité de travail à la récolte :

- d'implanter une culture de blé en succession de la culture de riz en semis direct ;
- de semer, en suivant, une culture de haricot, en succession de la culture de riz de cycle moyen (2787), en semis direct.

Le type d'aménagement utilisé permettra, si nécessaire, de faire des appoints d'irrigation, par bains rapides.

En résumé : le type d'aménagement peu coûteux utilisé (+/- 300 000 FMG/ha de coûts d'aménagement), allié au semis simultané de variétés de riz à haut potentiel, de cycles différents (de 90 à 130-140 jours), offre la possibilité de construire des systèmes performants à deux cultures annuelles, avec une grande capacité de travail (surface cultivée/personne active) en semis direct.



N.B. : Il est nécessaire d'introduire, dans la liste variétale riz (FOFIFA), les variétés : IR24, IR22, IR36, IR42, IR46, IR50, IR58, 1362 + du matériel à très haut potentiel, à qualité de **grain de luxe (forte valeur ajoutée)**, et à **aptitudes pluviales et irriguées**, en provenance du Brésil (cf. nécessité certificats phytosanitaires à envoyer à L. SÉGUY).

En conditions pluviales sur les longs glacis de sables roux

Comme les années précédentes, quelle que soient les conditions climatiques (année très sèche ou au contraire très humide), toutes les cultures pratiquées sur labour, en traction animale, montrent un développement racinaire extrêmement superficiel, limité aux dix-quinze premiers centimètres de sol... **c'est une vieille histoire !**

Il y a là, à n'en pas douter, **un problème d'importance colossale à résoudre** pour la recherche appliquée¹, car il touche, de la même manière, toute la zone soudano-sahélienne qui pratique, **depuis longtemps**, une agriculture manuelle ou en traction animale, soit des conditions de travail du sol toujours superficielles (scellement de la porosité des horizons en-dessous du labour en saison des pluies, suivi de forte reprise en masse à l'état sec).

Le coton, observé sur plusieurs points expérimentaux de Hasyma, montre toujours un système racinaire limité aux dix-quinze premiers centimètres.

Par contre, sur jachère naturelle de 3 à 4 ans, adjacente aux cultures, le profil cultural n'est pas compacté et ne présente aucune discontinuité physique en profondeur, sur au moins 50 à 60 cm.

Les techniques de travail du sol mécanisées (qui utilisent de gros moyens de traction), pratiquées à la ferme **Sopagri**, qui décompactent le sol en profondeur et laissent une structure grossière en surface, sont une première **voie correcte** de travail du sol **en cultures mécanisées**, pour ouvrir aux racines des cultures, l'accès aux horizons profonds et tamponner les excès climatiques d'une année sur l'autre (cf. rapports 1991 à 1993, L. SÉGUY).

Sans moyens de traction importants, **la seconde voie à exploiter** pour favoriser l'enracinement rapide et profond des cultures (seule garantie de stabilité de production des cultures), **est biologique**, comme le montrent les profils culturaux réalisés sous jachère naturelle : reconstitution d'une forte macroporosité, sans discontinuité physique, par l'intermédiaire, à la fois **des systèmes racinaires** (fasciculés + pivotants → reflet de la jachère naturelle) et de la **faune** (voir plus loin « *Stratégie recherche-action* »)

1. Le CIRAD devrait mobiliser des moyens à la hauteur sur ce thème ; son enjeu est considérable en Afrique et à Madagascar.

Quelques résultats significatifs obtenus en saison froide 1993, sur les fermes Lakoubay et Bodala (projet Kobama « fermes mécanisées »)

La campagne de contre-saison 1993 a révélé :

- des productivités de blé, en succession du riz de saison chaude, sur périmètre aménagé (type Brésil) de 3 000 à plus de 5 400 kg/ha avec le nouveau matériel génétique brésilien (cf. Rapport de contre-saison, Kobama, 1993) ;
- des productivités de haricot, comprises entre 500 et 1 000 kg/ha, avec une résistance systématique et **totale à l'antrachnose**, pour tout le matériel d'origine brésilienne (huit variétés plantées sur des dizaines de milliers d'hectares au Brésil) ;
- excellent comportement également du germoplasme soja, guar (*Cyamopsis tetragonoloba*), sorgho ;
- le suivi des analyses de sols et de la qualité des **eaux de puits artésiens**, ont montré (cf. analyses en annexe 1) :
 - que les sols peuvent être utilisés pour la culture,
 - que l'eau des puits artésiens peut être également utilisée pour l'irrigation, pour les cultures les moins sensibles (riz) **à condition d'utiliser des techniques de gestion rationnelles des eaux et des sols** dans les aménagements peu coûteux proposés ; un énorme potentiel cultivable est à récupérer dans cette région.

Stratégies de recherche-action pour le projet sud-ouest

Il n'est pas question, ici, détailler ces stratégies, mais plutôt d'en indiquer les grandes lignes, et cheminements possibles, pour aider à orienter les choix et décisions des futurs responsables du projet sud-ouest.

Rappels des contraintes principales (résumé)

□ Sur le milieu physique

Climat : pluviométrie très fluctuante d'une année sur l'autre.

Variétés de paysage : interfluves à glacis très longs, dénudés (déboisés), pentes supérieures à 2-3 %, sur lesquels s'exerce une très forte hydrodynamique de surface (érosion en nappe, par très fort ruissellement).

Sols : plutôt bien pourvus chimiquement (excepté P_2O_5 , N) ; compactation généralisée des profils culturaux en surface, facteur limitant numéro un de la production, qui expose toutes les cultures à un très fort risque climatique (sécheresses ou au contraire asphyxies passagères).

□ Sur les systèmes de culture traditionnels ¹

- Faiblement diversifiés.

- Pratique généralisée des labours en traction animale, très superficiels → compactation progressive des horizons de surface, premier facteur limitant.

1. + Enclavement de la région, aucune politique d'intervention véritablement concertée entre les divers opérateurs.

- Pratique courante des monocultures (coton, par exemple) → pression parasitaire difficilement contrôlable à moindre coût → cette pratique est liée à la politique des divers opérateurs intervenant dans la zone.

- Point fort → beaux animaux de trait, disponibilité de fumier possible.

Les stratégies de recherche-action

➔ Quelques règles importantes

Les stratégies doivent être construites simultanément sur :

□ **L'aménagement des unités de paysage**, avec introduction d'espèces pour la production de **bois**, les **fruits** → cultures pérennes de fixation du terroir → **bocage** (cf. germoplasm).

□ Dans le bocage, la mise au point de **systèmes de culture stables**, bâtis sur trois options¹ :

- **rotations jachère naturelle-cultures** → cas où la **densité d'occupation des terres est faible** (forte disponibilité en terres) ;

- rotation jachère cultivée (**fourrages**, à haut pouvoir restructurant pour les sols) - **cultures** (même cas de situation foncière que le précédent) ;

- **production de grains continue**, sans jachère. Cas où la densité d'occupation des terres est élevée (disponibilité en terre faible à nulle).

□ Dans tous les cas, **mise au point des techniques de semis direct** :

- sur résidus de récolte, en rotation ;

- sur plantes de couverture **régénération de la fertilité** ;

- sur soles fourragères (rotations agriculture-élevage/3-4 ans).

Ces techniques sont en effet, les seules à assurer, à moindre coût :

- un contrôle total de l'érosion ;

- une activité biologique accrue (faune et microflore), capable de mobiliser les ressources naturelles au profit des cultures, de diminuer significativement les intrants (engrais minéraux, pesticides) ;

- une forte capacité de travail (animal et humain) ;

- un excellent calage des calendriers culturaux (**tampon** contre variations d'humidité et température dans le profil cultural).

Ces techniques de semis direct pourront être évaluées, en comparaison des techniques de labour, généralisées (référence de base).

1. Densités d'occupation des terres à définir par voie d'enquêtes, en première année.

Les systèmes de cultures possibles (non exhaustif)

1. Maïs } + { Dolique (Antaka à dolichos lablab)
Sorgho } { Vigna rampant local
Mil¹ } { Vigna umbellata (Rice bean)
Psophocarpus
Phaseolus
2. Maïs } + *Macroptilium atropurpureum*
Sorgho } (Siratro)
Mil¹ }
3. **Binômes** (rotation sur 2 ans)
- Maïs / Arachide } et leurs inverses
Sorgho / Soja }
Mil / Haricot }
- Coton / Soja } et leurs inverses
Maïs-sorgho }
Arachide }
- Manioc / Soja } et leurs inverses
Maïs-sorgho }
Arachide }
4. **Rotations plus complexes** (flexibilité de la matrice système-diversification)
- Coton / Arachide / Soja / Maïs / Sorgho / Coton
Mil
- etc.
- Systèmes continus

 - Semis direct
 - Sol couvert en saison sèche (développement d'une forte activité biologique : faune + racines).
- × Techniques de semis direct manuelles et/ou en comparées à techniques traditionnelles (manuelles, labour en traction animale)

Ces différents systèmes peuvent être simultanément :

- exploités en systèmes continus de production de grains ;
- en rotation avec la jachère naturelle tous les **3-4 ans** ;
- en rotation avec jachère fourragère, régénératrice de la fertilité.

Soit trois modes d'exploitation principaux, le premier de production exclusive et continue de grains, les deux autres de « production de grains-élevage ».

Le et/ou les systèmes traditionnels serviront de référence de base → aspects agronomiques, techniques et économiques.

➔ Les niveaux d'intensification

La traction animale et la culture manuelle seront les **références de base**, avec les **niveaux d'intrants traditionnels** (ce qui suppose que les systèmes traditionnels aient été au préalable clairement décrits, par voie d'enquêtes et puissent être fidèlement reproduits dans les unités expérimentales (vitrines technologiques en milieu réel), par les propres agriculteurs.

1. Maïs, sorgho, mil de qualité (alimentation humaine).

Divers niveaux d'intensification (large gamme) seront expérimentés, incluant :

- engrais minéraux ¹, herbicides, insecticides ;
- petit matériel agricole : cannes planteuses manuelles, roues semeuses et en traction animale, rouleau à lames (manuel et traction animale ²), pour contrôle, en semis direct, des adventices avant et pendant la culture, semoirs manuels centrifuge (engrais et pesticides granulés), petites batteuses à céréales et légumineuses, à poste fixe, etc.

➔ **Les vitrines technologiques → lieu de création-diffusion de technologies appropriables et formation**

Dans chaque micro-région, en fonction du **diagnostic initial** (milieux physique et humain), les composantes systèmes de culture précédemment évoquées, seront réunies à l'échelle des unités de paysage représentatives, sur l'unité expérimentale qui sera le lieu de création-diffusion de technologies, de professionnalisation des divers acteurs et outil de diagnostic micro-régional des conditions de croissance des cultures dans les systèmes de culture à niveaux d'intensification différenciés.

Ces unités ou vitrines technologiques seront installées en **milieu réel**, sur le terroir des communautés villageoises dans chaque micro-région ; les agriculteurs y interviendront avec leur force de travail, leurs outils, **leur choix**.

Dans les micro-régions où existent à la fois des terroirs en conditions pluviales et irriguées, deux unités seront montées : une sur chaque milieu.

Le diagnostic initial de la première année (par voie d'enquêtes) doit permettre de déterminer le nombre d'unités ou vitrines, pour couvrir la variabilité (physique x actions anthropiques) du projet sud-ouest.

Préserver le germoplasm actuel ³, l'enrichir

Les espèces introduites à partir du Brésil (maïs, blé, haricot, soja, Guar) ont montré leur excellente **adaptabilité**. Le germoplasm actuel est sans aucun doute une **source** exceptionnelle de **progrès**, pour alimenter l'agriculture de cette région, sa diversification.

Nous suggérons, pour compléter le germoplasm actuel (qu'il convient, à tout prix, de ne pas perdre !) :

□ **Maïs** → le composite BR106 (qui sera très bien adapté à la zone) + composite **Blanc** de l'EMBRAPA à haute teneur en protéines + quelques autres composites des régions **sèches** brésiliennes.

1. On utilisera, de préférence, les formules à base de superphosphate simple (+ KCl + N) et/ou phosphate $NH_4 + KCl$.

2. Voir l'ouvrage remarquable de C. MONEGAT, décrivant ce type de petit matériel dans les Etats du Sud-Bราซิล (cf. J.L. REBOUL).

3. Introduit à partir du Brésil par FIFAMANOR.

□ **Soja** → le Brésil est le premier pays du monde tropical, pour cette culture avec une production de plus de 20 millions de tonnes annuelles (deuxième producteur mondial) ; la recherche EMBRAPA sur l'amélioration variétale est remarquable, la meilleure actuellement du monde tropical.

● **Variétés** → EMGOPA 301, 302, 305, 306, 307, 308, 309, 312, 313, Estrela, Eureka, IAC8, Paranaíba, Parana goiana, Primavera, Savana, Doko, Doko RC, Cristalina, Siriema, Rio Balsas, Mato Grosso, Teresina, Carajas, Bays, Serido, Cariri + quelques dernières nouveautés 1994 (5-6).

□ **Guar** (*Cyamopsis tetragonoloba*) → légumineuse stratégique de Rhône Poulenc, à haute valeur ajoutée (fermeté des produits laitiers, armements, etc.), fournir des tourteaux de qualité voisine des sojas ; c'est une légumineuse très bien adaptée aux conditions climatiques du Sud-Ouest, intéressante pour la diversification + décompactation des sols (pivots puissants).

→ 20 à 30 cultivars.

□ **Haricots** → variétés Carioca, Emgopa ourao, Iapar 14, Rubi, Taruma, Paulistinha, Iapar 20, Iapar 44, Rio Negro¹.

□ **Plantes de couverture** :

– parmi les légumineuses : *Tephrosia pedicellata*, *Cassia rotundifolia*, *Stylosanthes hamata*, *Siratro* (*Macroptilium atropurpureum*), espèces bien adaptées à la région pouvant s'associer aux cultures (maïs, sorghos, mils), fortement régénératrices de la fertilité (fixation N, activité biologique) et très résistantes à la sécheresse. *Siratro*, *Cassia R.* et *Stylosanthes* sont d'excellentes plantes fourragères ;

– parmi les graminées : *Pensacola* (*Paspalum notatum*).

□ **Graminées fourragères** : genres *Cenchrus* (*ciliaris*), *Chloris*, *Botriochloa*, mils

□ **Variétés de riz**, à qualité de grain exceptionnelle, à aptitudes pluviales et irriguées :

– Numéros : 100, 200, 300, 19, 14, 20, 24, 18, Ciwini blanc, n° 141, MN1, BSL, 285, 291, 183, IRAT 216, Super IRAT plus quelques sélections CIRAD-CA (Brésil) récentes → +/- 30 variétés (tout ce matériel génétique peut être cultivé en conditions pluviales, et ne nécessite pas d'irrigation permanente → très intéressant pour le type d'aménagement proposé, en courbes de niveau → cf. Ferme Lakoubay).

□ **Introductions à partir du CIRAD-CA**

– **Sorghos** à belle qualité de grains, haut potentiel, aptitudes multiples (alimentation humaine, du bétail, alcool, bière, etc.)

→ numéros 321, 322, 323... 326, 206, 202, 204, 9, 150 ;

– **Mils** (alimentation humaine, du bétail) +/- 10-20 cultivars.

Ces espèces, au-delà de leur adaptation à la sécheresse, sont très importantes pour l'implantation des techniques de semis direct (fortement recycleuses, pourvoyeuses de matières organiques en temps très court et en conditions climatiques marginales).

1. Le Brésil constitue, pour cette espèce, également une source précieuse de matériel diversifié et performant.

□ Introduction d'espèces arbustives et fourragères à croissance rapide (CTFT)

Acacia auriculiformis
 Albizia falcatana
 Albizia lebbecx
 Sesbania grandiflora
Leucaena leucocephala
 Acacis mangium siamea
Calliandra callothyrsus
 Dalbergia sissoo
 Schizolobium sp.
 quelques *Proposis (juliflora)*
 Tectonia sp.
 Gmelina sp.



Constitution de l'embocagement
 des unités de paysage

□ Introduction d'espèces fruitières

Mangues de qualité
 Cajou nain (anacardier nain)

Chronogramme de réalisation de la recherche-action

Le volume des travaux de recherches, pour couvrir efficacement le projet sud-ouest est énorme.

Toute le volet « systèmes de culture x types d'aménagement des terroirs », qui me semble à l'évidence le plus important pour fixer des **agricultures diversifiées, lucratives, dans un environnement stable**, devait être traité sur ce projet, par une voie de financement du FAC, dans le cadre du PAE (jumelage d'actions entre projet sud-ouest et hauts-plateaux).

Ce volet capital n'a pas été financé. Les moyens restants, actuellement, disponibles dans le projet sud-ouest (un agronome + moyens de fonctionnement) sont à l'évidence très sous-estimés et nettement insuffisants. Si l'on veut aborder ce projet de développement avec des chances sérieuses de succès. Il est, en effet, impensable d'imaginer fixer une agriculture stable et diversifiée dans ce type de milieu, sans prendre en compte, **prioritairement** :

- **l'aménagement des unités de paysage sur lesquelles s'exercent** une très forte dégradation actuelle (déboisement, érosion en nappe, etc.) → embocagement par espèces arbustives à croissance rapide (vocations : fourragère, bois de chauffe, fruits → cf. liste introductions) ;
- **le développement simultané des techniques de semis direct**, qui seules peuvent permettre une protection totale contre l'érosion à moindre coût, régénérer la fertilité (plantes de couverture) et augmenter considérablement la capacité de travail des agriculteurs, dans des conditions de pénibilité nettement diminuées ; ces techniques de semis direct avec contrôle des adventices et couvertures mortes ou vivantes, par voie mécanique et/ou chimique, permettra en outre, de libérer la force de travail en traction animale, et de caler parfaitement les cycles culturaux.

Il semble donc, important, à mon sens ¹, de réaménager ce volet agronomie des systèmes de production :

- en y incorporant un spécialiste de ces questions ², **déjà familiarisé avec les techniques de semis direct** ; M. Patrick JULIEN, qui a ouvert la voie des innovations dans le Sud-Ouest, me paraît le candidat le plus qualifié : les moyens de fonctionnement correspondants pourraient être pris, **tout au moins dans un premier temps**, avant démonstration sur les volets :

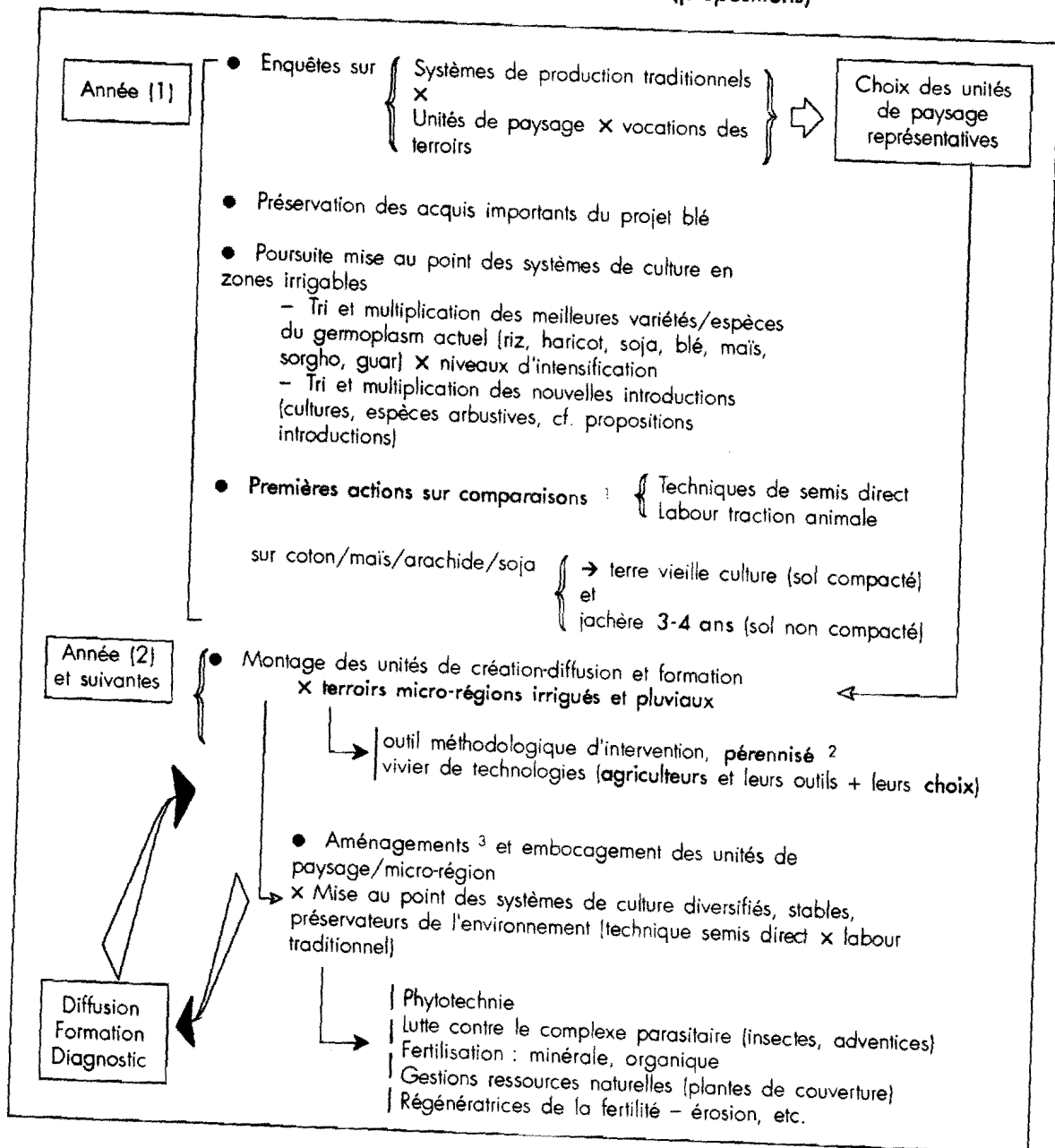
- fabrication charrues,
- jeunes agriculteurs français.

- en réaménageant le chronogramme des recherches-actions sur les deux premières années, dans un développement plus logique (cf. propositions de chronogramme, ci-après).

1. On peut également aborder ce volet agronomique sous d'autres formes que nos propositions, c'est une question de choix.

2. Il est difficile d'improviser en la matière → une solide expérience pratique de ces questions est absolument indispensable.

Chronogramme de recherche-action (propositions)



Le petit matériel agricole

Dans une perspective de développement (hautement souhaitable), des techniques de semis direct, il est urgent d'importer quelques exemplaires de :

- cannes planteuses brésiliennes (semences + engrais localisé) → modèles 13A, plantadeira
KRUPP Industria metalurgica LTDA, adresse :
Rua José de Oliveira Neto, 407. CP 145
Ararica - Sapiranga - Rio Grande do sul. Tél. (0512) 99.1399
→ 10 à 20 exemplaires.

1. Très important, avant d'engager la fabrication de charrues à grande échelle.
2. Cf. méthode de création-diffusion de technologies et formation (L. SÉGUY, 1993, CIRAD-CA).
3. Terrasses de bise large, plantées de cultures pérennes (cf. Brésil).

- **roues semeuses** (semences + engrais) ou manuelles, ou en traction animale, pour semis direct sur couvertures mortes et vivantes (+/- 200 US\$/unité)

M. Bernard VAN ARAGON, adresse :

ARCO Industria LTDA

Estrada Castrolanda, Km 4, Rua sem nº

Castro, Parana, Brésil. Fax : 1955422-329296

- **Semoirs manuels centrifuges** → modèle 1C1, cyclone (+/- 280 F l'unité), adresse :

SAELEN SA, rue Pic au vent

CRT BP 359, 59813 LESQUIN Cedex

Tél. : 20.87.55.21, Fax : 20.87.83.75

- **Batteuses céréales et légumineuses à poste fixe** (voir avec CIRAD-SAR → CEE/MAT).

En conclusion

Le projet Sud-Ouest peut et doit bénéficier des solides acquis du projet blé :

- types d'aménagement hydraulique peu coûteux en zones irrigables ;
- systèmes de culture irrigués ;
- espèces de diversification, introduites du Brésil (germoplasm extrêmement **précieux** pour cette région).

Il serait souhaitable qu'il réincorpore le volet **décisif** de « lutte contre l'érosion, aménagements des unités de paysage x systèmes de culture avec semis direct » qui conditionne sans aucun doute la fixation d'une agriculture stable et diversifiée.

Toutefois, le maniement des **techniques de semis direct** ne s'improvise pas et la présence d'un spécialiste **est hautement souhaitable** : M. Patrick JULIEN, qui a déjà largement contribué au développement de cette région est sans aucun doute un candidat de tout premier choix pour compléter l'équipe du volet agronomie ; l'incorporation de cet agronome supplémentaire, à mon sens encore une fois indispensable pour traiter ces questions fondamentales, requiert un réaménagement des crédits de fonctionnement disponibles (cf. rapport de M. Michel RAUNET).

Annexe 1

Commentaires des analyses de sols et eaux de la ferme Lakoubay

(projet Kobama, fermes mécanisées)
Pascal de GUIDICI, 1994 (LRI, Antananarivo)

Caractéristiques chimiques du sol

Matière organique

La teneur en surface est faible mais non critique. Le rapport C/N est élevé (décomposition limitée). L'horizon humifère est peu épais.

pH

Sol nettement basique, présence de calcaire actif (effervescence à l'acide très nette en surface).

Capacité d'échange

Elevée en surface, plus modeste en profondeur. Le complexe absorbant est saturé.

Bases échangeables

Très riche en calcium, un peu faible en magnésium, nettement déficient en potassium.

Phosphore

Carence nette en phosphore assimilable et bas niveau de phosphore total.

Causes possibles des problèmes de croissance végétale (malgré la fertilisation minérale)

Salure

La mesure de conductivité de l'extrait de la pâte saturée indique une valeur nettement inférieure au seuil de nuisance (2 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Il en est de même pour l'importance du sodium sur le complexe adsorbant ($\text{Na}/\text{T} = 3\%$, alors que le seuil est de 15 %).

Par contre, la conductivité de l'eau de la nappe approche la valeur critique pour les espèces sensibles (750 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Présence de calcaire et alcalinité

Le pH du sol dépasse l'optimum de fonctionnement microbiologique. De plus, le calcaire en abondance peut constituer un manchon autour des particules organiques et bloquer un manchon autour des particules organiques et bloquer leur dégradation (explication du C/N haut). Une minéralisation ainsi ralentie diminue l'efficacité des engrais minéraux.

De hautes valeurs de pH et de fortes teneurs en calcaire actif peuvent réduire fortement l'assimilabilité de certains oligo-éléments, fer surtout, mais aussi zinc, manganèse et cuivre. Des espèces telles que soja, lupin et haricot sont très sensibles à la chlorose ferrique. Ces carences peuvent être vérifiées par analyses des plantes ou mieux par observation de l'effet d'apport de ces éléments en pulvérisations foliaires.

L'incorporation de matières organiques décomposées (fumier ou composte) et la culture et l'enfouissement d'engrais verts sont les méthodes les plus employées pour réduire les effets

de l'alcalinité. Il est recommandé d'employer les engrais considérés comme acidifiants, tels que les sols d'ammoniaque.

Analyse de sol, ferme Lakoubay

		602 0-20 cm	603 20-40 cm
Granulométrie			
	Argile	%	
	Limon fin	%	
	Limon grossier	%	
	Sable fin	%	
	Sable grossier	%	
Matière organique			
	MO totale	%	2,85
	CO total	%	1,66
	N total	%	1,21
	C/N		14
pH (1/2,5)			
	H ₂ O		8,15
	KCl		7,65
	+ NaF		8
			6,85
Complexe adsorbant (cobalthexamine)			
	Ca	meq/100 g	8,22
	Mg	meq/100 g	0,88
	K	meq/100 g	0,09
	Na	meq/100 g	0,16
	Al	meq/100 g	n.d.
	T	meq/100 g	9,27
	S/T		100
			82
Phosphore			
	Assimilable (Olsen)	ppmP	2,4
	Total (HClO ₃)	ppmP	233
			2,3
			253
	Conductivité μ S/cm	420	
	extrait « pâte saturée »		

Analyse de l'eau

Date	Référence échantillon	Conductivité (minéralisation équivalente)	pH	Ca (ppm)	MG (ppm)	K (ppm)	Na (ppm)
05.07.93	Nappe	700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (501 Mg/l)	8,60	61,05	13,50	8,80	86,75
05.07.93	Source	340 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (243 Mg/l)	8,02	53,85	9,05	2,90	10,60
30.07.93	P ₃	430 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (307 Mg/l)	6,85	67,50	12,20	3,05	17,10
30.07.93	P ₁₁	590 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (422 Mg/l)	7,20	92,50	16,75	4,05	28,50
30.07.93	P ₁₇	595 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (425 Mg/l)	5,63	85,00	14,20	6,75	41,65
30.07.93	P ₁₉	505 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (361 Mg/l)	7,40	81,23	15,10	2,40	23,60

LA GOUTTE D'ENCRE

34 000 MONTPELLIER FRANCE

TEL : 67. 65. 30. 96.