

Rapport de Formation

Frank Enjalric
CIRAD/CP, programme Hevea

Systemes de culture sur couverture végétale

Madagascar 19/03 – 07/04/2003

1. Introduction

Cette formation s'inscrit dans le cadre d'un plan de développement pluriannuel (PDP) entamé par Frank Enjalric. L'objectif principal de ce PDP est d'acquérir les compétences théoriques et pratiques nécessaires à la mise au point et au pilotage de systèmes de culture basés sur une approche agro-écologique dans le cadre de l'amélioration, de l'élaboration et la diffusion de systèmes de production à base d'hévéas.

De par son intérêt d'associer les cultures pérennes à l'approche agro-écologique et ses travaux sur les systèmes de culture sur couverture végétale, le programme GEC du CIRAD-CA est partie prenante de cette formation et a assuré cette première étape d'apprentissage à la démarche Création-Diffusion-Formation des systèmes de culture sur couverture végétale. L'accompagnement d'une mission à Madagascar de Lucien Séguy, chercheur expérimentateur du programme GEC et initiateur du semis direct dans de nombreux pays dans le monde, est un des moyens retenus pour aborder la méthodologie de conception et d'expérimentation de systèmes de cultures adaptés aux conditions paysannes.

Cette mission d'appui en agronomie de Lucien Séguy s'inscrit dans le cadre du projet d'«appui à la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar» et s'est déroulée sur les terrains du réseau CA-GEC / TAFA / FOFIFA / ANAE / FIFAMANOR, BRL et PSO/Maison des Paysans. Il était prévu que l'expert intervienne auprès du GSDM qui regroupe les acteurs en matière de semis direct sur couverture végétale à Madagascar et en particulier auprès de l'équipe technique de l'ONG TAFA qui assure le volet « Dispositif d'appui technique » du projet et auprès des partenaires de recherche, formation et développement. Cette mission est le prolongement logique de celles déjà réalisées les années précédentes, depuis 1991. Elle poursuit les analyses et diagnostics de l'évolution des travaux entrepris dans le cadre des différents projets en matière d'agro-écologie, et complète les conseils agronomiques et méthodologiques nécessaires aux différents acteurs, en particulier à l'équipe technique de TAFA.

2. Objectifs et programme de la mission

Le cadre général de la mission de Lucien Séguy couvre les programmes en cours réalisés par le projet dans les différentes régions de Madagascar : i) les Hauts plateaux : Antsirabe, ii) le Sud-Est : Manakara-Mananjary ; iii) le Sud-Ouest : Tuléar-Morondava ; iv) le Lac Alaotra.

La mission porte sur :

- les systèmes de production, la recherche d'accompagnement et les essais thématiques,
- les systèmes de culture sur couverture permanente des sols (bas-fonds et tanety)
- les itinéraires techniques de semis direct
- la fertilité des sols,
- l'amélioration et la production de matériel végétal et agricole,

et elle devrait aboutir à des propositions pour :

- l'orientation de la diffusion
- l'approche terroir
- une concertation élargie avec tous les partenaires au sein du GSDM pour l'organisation de la formation et de la diffusion de ces techniques et approches au niveau national,
- La réorganisation et l'orientation d'un programme de travail, en particulier sur le plan technique pour l'équipe TAFE.

Programme de la mission :

Mission effectuée avec l'équipe SCV de Madagascar, MM. Hubert Charpentier, Roger Michellon affectés à l'appui technique de TAFE et Olivier Husson affecté au GSDM. L'accueil de nos collègues a été chaleureux et l'organisation efficace. La mission s'est très bien déroulée. Qu'ils en soient remerciés.

Mercredi 19 mars Arrivée à Antananarivo à 22H55
 Jeudi 20 mars : Antananarivo, rencontres avec partenaires GSDM et derniers préparatifs
 Vendredi 21 mars : Antananarivo – Tuléar : 7H45 – 8H50. Visites autour de Tuléar
 Samedi 22 mars : Visites autour de Tuléar
 Dimanche 23 mars : Tuléar-Morondava : 10H30 – 12H20. Visites autour de Morondava
 Lundi 24 mars : Visites autour de Morondava
 Mardi 25 mars : déplacement Morondava-Antananarivo : 8H45 – 10H10
 A-M : déplacement Antananarivo- Antsirabe
 Mercredi 26 mars : Visites autour Antsirabe
 Jeudi 27 mars : Visites autour Antsirabe
 Vendredi 28 mars : Visites autour Antsirabe
 Samedi 29 mars : Rédaction rapport. AM : déplacement Antsirabe-Antananarivo
 Dimanche 30 mars : Antananarivo- Manakara : 06H30- 08H35. Visites autour de Manakara
 Lundi 31 mars : Visites autour de Manakara
 Mardi 1 avril: Déplacement Manakara - Mananjary, avec visites de sites le long de la route. Mananjary – Antananarivo
 Mercredi 02 avril: Vol Antananarivo- Ambatondrazaka : 08H00 – 08H40. Visites autour du Lac Alaotra
 Jeudi 03 avril : Visites autour du lac Alaotra
 Vendredi 04 avril : Visites autour du lac Alaotra
 Samedi 05 avril : Ambatondrazaka–Antananarivo.A-M, Débriefing avec AFD et partenaires.
 Dimanche 06 avril : Antananarivo. Rédaction rapport et débriefing interne. Départ dans la nuit, le 07 avril à 00H50.

Personnes rencontrées :

Ignace Ramaroson, Pdt TAFE, Pierson Rakotondralambo Dir.TAFE
 Philippe Grandjean, Cirad-TERA, projet BV-Lac
 Michel Partiot, Délégué CIRAD
 Mr Rakotondramanana (Fifamanor)
 Philippe Dierickx, Chef agence AFD
 Claude Chabaud, Dominique Olivier (BRL)
 Cécile Claryss (VSF)
 Laurent Claryss (Inter-aide)

3. Objectifs et cadre de la formation

L'objectif principal du déplacement était de se familiariser, sur un terrain expérimental ou d'expertise du programme CA-GEC, aux méthodes et techniques mises en œuvre pour évaluer le milieu et les systèmes de production, et pour élaborer des systèmes de culture performants pour, chez et avec les paysans. L'objectif central de la formation à terme est de cerner l'intérêt et les possibilités d'adapter aux cultures pérennes et notamment à l'hévéa, les modes de gestion agro-écologique à base de SCV créés et utilisés sur les cultures annuelles.

On peut rappeler que dans le contexte économique actuel, les projets de développement hévéicole restent essentiellement orientés sur les petits planteurs en milieu villageois avec très souvent une nécessaire diversification des productions agricoles. La pression foncière étant fréquente, cette diversification agricole nécessite une approche intégrée avec des associations culturales et une bonne gestion du potentiel de fertilité des sols. Dans ce sens, la maîtrise de systèmes de culture agro-forestiers basés sur l'agro-écologie permet d'envisager une agriculture durable et respectueuse des ressources naturelles. En effet, la gestion de l'interligne, avec la ressource sol, la fertilité, les relations entre plantes,... constitue un enjeu important pour la filière hévéa tant au niveau des associations culturales que dans la maîtrise des contraintes (financières, force de travail, longueur de la période immature, etc...) liées à l'entretien des jeunes plantations. Il s'agit donc, entre autres, de répondre au problème de la gestion de l'interligne dans un environnement souvent difficile et de réduire les contraintes liées à la période improductive de l'Hevea.

Les résultats attendus de mes visites des terrains CA/GEC et ses partenaires portent à la fois sur la découverte de la **méthodologie d'approche et de conception** des systèmes de culture sur couverture végétale, et sur une meilleure compréhension des bases expérimentales de ses systèmes de culture afin de répondre aux questions suivantes :

- . Quels sont les moyens d'identification et d'investigation des principales caractéristiques des systèmes de culture traditionnels ? Comment identifier leurs contraintes agronomiques, économiques, sociales ?
- . Sur quelles bases installe t'on de nouveaux systèmes de culture, et quels sont les critères de conception susceptibles de permettre un éventail des propositions le plus large et le plus adapté que possible ?
- . Comment modéliser des systèmes de culture différents adaptés à différentes contraintes agro-économiques ?
- . Peut on disposer d'indicateurs fiables et accessibles pour caractériser les itinéraires techniques SCV ?
- . Ces éventuels indicateurs sont-ils transposables à d'autres écologies, à d'autres espèces ? et peut-on s'inspirer des réalisations pour d'éventuels développements sur des systèmes de culture à base d'hévéas ?

Dans ce sens, les activités du programme GEC à Madagascar s'appuient sur un réseau de recherches sur les SCV construit depuis de nombreuses années avec des partenaires malgaches, réseau dans lequel la modélisation conceptuelle et la maîtrise des systèmes de culture constituent un objet de recherches.

Ces activités menées à Madagascar ont l'avantage de pouvoir profiter de :

- une grande diversité des écologies des différents sites expérimentaux et de diffusion, des zones sèches aux zones humides sous différentes latitudes et altitudes, (Cf. cartes de pluviométrie en page de garde et altitude ci-après). Cette diversité implique nécessairement une palette de références techniques pour s'adapter aux variations de milieu,

- une grande diversité des systèmes de culture pratiqués et en cours d'expérimentation,
- un milieu essentiellement paysan ; il s'agit bien là d'agriculture villageoise avec de fortes contraintes socio-économiques, notamment au niveau des infrastructures,
- une forte diversité de population tant au niveau densité (Cf. carte) que culturelle, donnant toute la mesure des nécessités d'adaptation, de diffusion et d'appropriation.

Il apparaît important de caractériser les systèmes de culture et les systèmes de production malgaches par rapport à :

- l'altitude (température, longueur de cycle, accumulation ou minéralisation de la matière organique),
- la pluviométrie du très humide au très sec (nombre de cycles par an, production de biomasse, problèmes phytosanitaires),
- mais aussi selon les origines ethniques, la densité de population (surface par exploitation, surface par personne et autosuffisance alimentaire, infrastructures, relation agriculture et élevage...). A ce niveau il est également nécessaire de prendre en compte le riz et le zébu dont l'importance peuvent être nettement plus grande que la place qu'ils ont dans les revenus ou dans l'alimentation.

Il s'agissait également pour moi de saisir l'opportunité de suivre sur le terrain les chercheurs expérimentateurs capables de concevoir, d'illustrer et d'expliquer ces systèmes de cultures SCV.

4. Principes et méthodes

4.1. Rappels principes

Le Semis direct sous-entend l'absence de travail du sol hormis l'ouverture du sol pour semer. Si historiquement son origine remonte à l'usage du bâton fousseur avec l'agriculture itinérante sur brûlis, le développement du semis direct débute aux USA et Canada dans les années 60 avec l'utilisation du « Paraquat » en réaction aux manifestations de «dust blow» qui concrétisaient les ravages de l'érosion éolienne. Le semis direct sur résidus de récolte se développe considérablement au Brésil et en Argentine dans les années 70 et 80 dans une écologie tempérée ou sub-tropicale.

Le passage du semis direct en milieu tropical humide se fit sous l'impulsion de L. Séguy par l'utilisation de plantes relais entre les cultures commerciales. Ces plantes recycleuses, de couvertures, de renfort permettent de compenser la minéralisation trop rapide des résidus de récolte et de reproduire le modèle de la forêt équatoriale, qui elle, fonctionne en cycle fermé, comme une pompe, en recyclant les nutriments, la matière organique et l'eau. Ainsi la gestion de la matière organique (M.O.), renouvelable chaque année et au moindre coût, est au cœur de la construction et de la durabilité agronomique des systèmes de culture en semis direct sur couverture végétale (SCV), chez lesquels les outils biologiques ont remplacé les outils mécaniques.

En zone tropicale humide (ZTH), où les conditions de minéralisation de la M.O sont plus élevées que partout ailleurs sur la planète, l'introduction et la maîtrise de production de biomasses "de renfort", ou "pompes biologiques", comme inter cultures dans les rotations et successions annuelles, se sont avérées capitales pour bâtir une agriculture durable performante et diversifiée en semis direct continu sur couverture permanente du sol. Ces systèmes maintiennent une vie biologique équilibrée, favorisent les processus de recyclage (eau, CO₂, nutriments, ...), et protègent le sol notamment en ralentissant l'eau de pluie et en favorisant son infiltration. Cette capacité d'infiltration est liée à la grande porosité du sol assurée par les systèmes racinaires et l'activité de la faune tellurique.

Ces systèmes, basés sur l'utilisation de plantes de couvertures ou « recycleuses », choisies pour leurs capacités de croissance en périodes marginales et leur enracinement profond, assurent le concept de pompe biologique avec le renouvellement de la biomasse et plusieurs fonctions tant au-dessus du sol qu'en dessous.

- Au-dessus :

- Anti-érosion avec une couverture permanente du sol, même dans les conditions les plus propices à la minéralisation active de la matière organique.
- Fonction d'alimentation de la culture principale selon le rapport C/N et la teneur en lignine des parties aériennes et racinaires.
- Fonction d'alimentation pour les animaux avec intégration de l'élevage (vocation fourragère des biomasses).
- Contrôle des adventices par effets d'ombrage et/ou allélopathiques.
- Effet tampon des variations climatiques (dessèchement, température du sol, etc...)

- Au-dessous :

- Restructuration du sol. Le système racinaire favorise par sa trame de bonnes propriétés physiques et biologiques du sol. On observe des effets structurants très forts pour le mil, le sorgho, le *Bracharia* et surtout *Eleusine coracana*.
- Recyclage des nutriments lixiviés en profondeur qui sont remontés en surface grâce aux systèmes racinaires des biomasses "pompes biologiques" très puissants à la fois dans leur capacité de développement en profondeur et dans leur fort pouvoir d'interception des nutriments et molécules organiques.
- Utilisation de l'eau profonde du sol en saison sèche, sous la zone de pompage des cultures commerciales à l'image de l'écosystème forestier. Cela permet d'utiliser la réserve d'eau profonde et de produire de la biomasse verte en saison sèche.
- Développement d'une forte activité biologique propice à la minéralisation, à la structuration du sol (polysaccharides, acides humiques,...)
- Mobiliser de la « fertilité » par la minéralisation de la biomasse produite, ce qui permet d'entretenir une activité biologique et de réintroduire régulièrement de la matière organique dans le profil cultural.

L'utilisation de plantes de couverture et des techniques d'agro-écologie est une voie, non exclusive, pour mettre au point des systèmes de culture performants et reproductibles qui ont toute leur place dans le cadre d'une hévéaculture villageoise appelée à favoriser la diversification agricole. C'est une approche similaire à l'agroforesterie, axée sur une gestion optimisée dans l'espace et le temps des associations espèces annuelles et pérennes pour optimiser le potentiel de production d'une parcelle.

Ainsi, la mise au point de systèmes de culture capables d'optimiser les ressources naturelles en créant de la biomasse susceptible d'assurer un certain nombre de fonctions (photographies n° 3 et 4) de protection des sols, recyclage nutriments, amélioration structure du sol..., et qui répondent aux besoins des agriculteurs est un élément de réponse, de réussite pour les projets de développement rural. Ces systèmes de culture qui produisent des biomasses de renfort multi fonctionnelles (*critères agronomiques et technico-économiques*) garantissent, à l'image de l'écosystème forestier, la capacité et la stabilité de production du système "sol-plantes" au travers un certain nombre de conditions :

- Laisser le sol toujours protégé sous une couverture végétale permanente (*milieu tamponné, biologiquement actif*) ;
- La possibilité d'une productivité primaire très importante de phytomasse, même sur des sols chimiquement pauvres et très acides ;

- La capacité à retenir la majeure partie du stock des éléments nutritifs non pas dans le sol mais dans la phytomasse (*minimiser les pertes en nutriments, fermer le cycle du système Sol-Plante*);
- Créer un horizon de surface 0-5 cm, protégé, siège d'une activité biologique intense, qui, comme sous la forêt, assure l'essentiel du prélèvement des éléments nutritifs par les racines des cultures, les mycorhizes et la biomasse microbienne;
- Faire en sorte que ce recyclage biologique affecte comme sous la forêt, non seulement les éléments nutritifs tels que Ca, Mg et K dont le sol est quasiment dépourvu, mais aussi les minéraux (tels que Si) qui jouent un rôle déterminant dans l'évolution de la composition minérale du sol.

Les grands objectifs des systèmes de culture sur couverture végétale sont donc d'incorporer du carbone dans le sol, de produire de la biomasse et par conséquent de la matière organique capable de restructurer le sol et de re-dynamiser le fonctionnement biologique du sol, de fabriquer de la porosité, de restructurer le sol, et de remonter la fertilité. Les résultats très positifs de ces systèmes de culture reposent sur l'enclenchement de cycles vertueux de production de MO et de biomasse, sur le contrôle des flux d'eau et d'azote, sur le recyclage des éléments minéraux, sur le contrôle de l'érosion, sur l'amélioration des propriétés physiques et biologiques des sols... et il est nécessaire de maîtriser le départ, l'amorce de ces cycles.

Plusieurs voies sont envisageables pour récupérer des jachères, relancer la fertilité et installer les cycles de production. Leur choix dépendra évidemment d'une part des conditions pédo-climatiques et d'autre part de l'environnement socio-économique. La construction de systèmes de culture basés sur le semis direct est généralement basée sur un principe de création diffusion articulé sur un dispositif prospectif matriciel permettant de croiser divers itinéraires techniques avec différents niveaux d'intrants (travail, écobuage et fertilisants).

4.2. Aspects méthodologiques

La méthode de création-diffusion (Séguy, L., Bouzinac, S., Trentini, A., et Cortes, N.A. 1996) est une démarche de recherche-action qui s'appuie sur des unités expérimentales. Ces unités expérimentales, qui constituent des dispositifs prospectifs, s'inspirent des pratiques paysannes observées localement et sont installées chez les paysans après un diagnostic régional.

Ce diagnostic s'appuie sur des informations climatiques et statistiques régionales, agronomiques et socio-économiques et aboutit généralement à l'établissement d'une typologie des exploitations.

Les dispositifs expérimentaux prospectifs qui donnent la priorité à l'approche système de culture (par rapport à l'itinéraire technique cultural ou l'essai thématique) permettent la création de référentiels techniques évolutifs avec plusieurs niveaux d'expression du potentiel de production. Les dispositifs sont construits sous forme matricielle permettant de croiser différents itinéraires techniques, différents systèmes de culture, plusieurs assolements, différents niveaux d'intrants, ...

Cette « matrice » répond à la fois à des objectifs à court et long termes. Les objectifs à court terme sont la décompaction des sols, la réduction de la pression parasitaire et des adventices, l'introduction de rotations. Les objectifs à long terme portent sur la gestion durable de la fertilité, la valorisation du patrimoine foncier, la stabilité de l'exploitation...

On peut retenir trois particularités essentielles :

- L'expérimentation est conduite en milieu paysan et avec le paysan pour assurer une maîtrise du système de culture, essentielle à une démonstration correcte, et en conditions contrôlées pour s'assurer du déroulement des opérations et du poids des différents paramètres étudiés.

- Expérimentation sur les systèmes de culture et itinéraires techniques est basée sur les systèmes traditionnels. Il y a évolution du référentiel technique. Cela peut permettre un glissement progressif vers la diffusion selon des niveaux de performances et de précision des systèmes de culture.
- Les agriculteurs participent au choix des systèmes de culture et du niveau de risque pouvant être envisagé.

Le choix et la mise au point des diverses techniques sont liés aux paramètres agro-socio-économiques de la zone. Ainsi la construction du semis direct en milieu paysan suit un diagnostic préalable. La mise en place d'un tel dispositif sur des bases agronomiques et en prenant en compte des facteurs socio-économiques constitue un atout essentiel pour aborder les points de force de travail du marché et de la diversification agricole, de l'intégration de l'élevage, de l'évaluation des coûts de production, marges et revenus.

Concernant Madagascar, les travaux de l'équipe SCV se sont articulés sur différentes zones écologiques présentant des caractéristiques différenciées en terme de sols, de climat, d'environnement socio-économique, de pratiques agricoles. C'est un réseau expérimental important bâti sur une longue expérience des systèmes de culture et une profonde connaissance du milieu et de l'agronomie.

Ces différences de milieu induisent des challenges tout aussi variés comme la récupération de terres dégradées, le recyclage de terres incultes, l'utilisation et la colonisation d'espaces vides, la protection des bassins versants... en sus des préoccupations habituelles d'amélioration des productions agricoles.

Les dispositifs installés permettent l'élaboration de systèmes de culture performants et reproductibles tout en identifiant les paramètres déterminants par effet soustractif ou additif.

Une approche terroir est maintenant préconisée pour assurer l'apprentissage et la diffusion des SCV à plus grande échelle. Divers scénarios SCV installés dans des unités de paysages représentatives, peuvent servir de cadre pour apprendre aux agriculteurs à produire un maximum de biomasse dans leurs parcelles (* L. Séguy, rapports de missions octobre 2002 et avril 2003).

 Séguy, L., Bouzinac, S., Trentini, A., et Cortes, N.A.. Agriculture et Développement n°12, 2-38, 1996.
 L. Séguy, Rapport de mission Octobre 2002, Rapport de mission Avril 2003.

4.3. Aspects techniques

On peut rappeler un certain nombre d'objectifs complémentaires mais qui concourent tous à l'établissement de systèmes de culture performants, reproductibles, et économiquement viables :

- Il s'agit de créer, à travers la mise au point de systèmes de culture intégrant plantes de couverture, fourragères et «recycleuses», un système performant et durable imitant le système fermé et équilibré de la forêt. On peut raisonnablement penser pouvoir assurer, sur la base des besoins différents des plantes, de leurs différentes capacités d'exploration, d'extraction des nutriments et de leurs capacités d'échanges, un transfert des ressources au sein de la parcelle.

- Installer des séquences culturales associant céréales et légumineuses susceptibles de couvrir la diversité climatique et capable de créer de la biomasse afin de recharger le sol en MO et Carbone. Les conditions nécessaires sont de semer la première culture le plus tôt possible, puis dès que cette culture est assurée, de semer en intercalaire d'autres cultures qui pourront profiter de la fin de la saison des pluies et assurer une production de biomasse salubre pour la protection du sol, le contrôle des adventices et l'amorce du recyclage des éléments minéraux. Cette précocité d'installation et cet enchaînement permettent aux cultures intercalaires d'installer leur système racinaire dans la réserve en eau profonde et de produire de la biomasse en saison sèche. Cette biomasse est, nous l'avons vu, importante pour amorcer les cycles de recyclage/minéralisation mais aussi pour l'alimentation du bétail.

- Assurer une association céréale à forte capacité de recyclage (maïs, sorgho, mil) avec une légumineuse pour les capacités de fixation d'azote (niébé, vigna, stylosanthes, dolique considérée comme résistante à la sécheresse, etc...), est une règle de base que ce soit en alternance ou mieux au cours du même cycle de culture. Ces associations céréales/légumineuses répondent au modèle de forte production de biomasse dans la parcelle.

- Mettre en place des associations culturales en fonction des conditions climatiques, des besoins des agriculteurs et choisir les variétés en fonction de leurs cycles et encombrement spatial (accès à la lumière). On peut citer les cultures intercalaires de mil, sorgho, eleusine, vesce, dans une première culture en semis direct de maïs, haricot, soja, riz... Ces associations doivent être gérées selon leurs cycles de croissance de préférence décalés. Maïs + un vigna à cycle long qui produira sa biomasse après le maïs. Un Vigna à cycle court serait en compétition avec le maïs. De même l'association Riz + *Brachiaria* est possible si le riz est à cycle court.

- Une entrée possible dans les SCV peut également être effectuée à travers l'élevage avec la production « annexe » de biomasse utilisable par l'agriculteur pour ses bêtes ou par l'installation de pâturages. Ces pâturages sont susceptibles de répondre aux besoins des paysans en termes de consolidations de l'exploitation et ils constituent également une excellente préparation des sols à la mise en œuvre du semis direct. En effet, les espèces fourragères (*Brachiaria brizantha*, *Brachiaria ruziziensis*, *Stylosanthes guianensis*) ont des systèmes racinaires puissants et restructurants et les déjections des animaux favorisent le recyclage.

Les principales méthodes de démarrage sont articulées autour de la relance de la fertilité et sont rappelées ci-après :

- ➔ Le contrôle de la jachère et mise en place d'associations culturales (couverture et vivrières) avec fertilisation de départ. Dans certains cas, un labour peut être nécessaire pour « entrer » dans des sols compactés. Il est essentiel de protéger le sol par du paillage et de produire le plus vite possible de la biomasse qui sera utilisée ultérieurement.
- ➔ L'apport de fumier, s'il est possible, est généralement suffisant pour installer des associations graminée/légumineuse qui seront le pivot des systèmes de culture installés.
- ➔ Le paillage du sol à partir de la végétation de jachère sur place ou environnante et semis direct des différentes plantes vivrières et de couvertures.
- ➔ En absence de biomasse disponible, on envisage de semer des plantes de couverture comme *Brachiaria* ou *Stylosantes* pour installer de la biomasse et produire de la MO.
 - Installation de plantes fourragères. On peut en effet récupérer une jachère en y implantant du *Brachiaria* avec ou sans engrais afin de permettre le pâturage et démarrer le semis direct sur des surfaces partielles. Cette colonisation de jachère est une tactique pour préparer l'installation de parcelles futures avec l'implantation de *Brachiaria*, de *Stylosanthes*, d'*Arachis pintoï* (boutures pralinées).
 - On peut également semer une culture légumineuse pour fixer de l'azote. Ainsi dans un milieu à faible fertilité, la séquence : labour – haricot + paillage – semis d'avoine après récolte du haricot pour faire de la biomasse et du grain susceptibles de soutenir de l'élevage, fait remonter la fertilité et permet de produire une biomasse bien supérieure au maïs traditionnellement mis en place. Ce modèle peut être répété ou laisser la place à l'installation du riz.
- ➔ La technique d'écobuage peut être une solution pour disposer d'un niveau de fertilité suffisant pour enclencher cette production de biomasse à partir d'un niveau minimal de MO du sol dans des situations où les disponibilités en intrants sont faibles.

Au cours des visites des différents sites (Cf. §6 : carnet de route), j'ai pu constater que les performances observées sur les systèmes de culture sur semis direct sont remarquablement et régulièrement supérieures aux parcelles témoins. Les différences de niveaux de biomasse, de production de grain sont systématiquement à l'avantage des systèmes basés sur les SCV. Cette régularité de supériorité sur tous les sites est remarquable, elle illustre la solidité et les capacités d'adaptation de ces systèmes aux différents environnements et pratiques paysannes. Le contraste de résultats entre les SCV pratiques traditionnelles peut même apparaître parfois choquant, surtout en zone semi-aride où la pluviométrie est particulièrement irrégulière ! Choquant de voir des amas de matière végétale verte et en production à proximité de parcelles témoins dégarnies capables au mieux d'assurer des moyens de subsistance. Il y a bien une possibilité constante de production agricole dans une large gamme de conditions pédo-climatiques.

Les résultats sont généralement enregistrés sous forme de rendements, de quantité de travail et l'avantage est régulièrement en faveur des techniques de semis direct sur couverture végétale par rapport aux pratiques traditionnelles sur labour.

- Globalement l'amélioration est de 30 à 50 % pour le maïs avec des rendements de l'ordre de 2,7 à 5,2 t/ha sur les bons sols et du simple au double voire au triple dans des conditions plus difficiles.
- Pour le soja ou d'autres légumineuses, l'amélioration est communément du simple au double mais atteint souvent un ordre de 4 ou 5 fois plus.
- L'introduction de nouvelles variétés, notamment de maïs, de soja et de riz, capables de valoriser les conditions de culture des SCV a été suggérée pour aller au delà des rendements actuels.
- Au niveau temps de travaux, le semis direct réduit considérablement les travaux d'entretien. Ainsi, malgré des temps de semis plus long (opération importante sur couverture végétale) et des récoltes plus importantes, les bilans des temps de travaux en jours / ha des différentes cultures sur SCV sont plus faibles que sur labour.
Par exemple : pour le maïs, 83 – 130 j < 127 – 215 jours, pour le haricot 84 – 108 < 137 – 153 jours, pour le riz 97 – 106 < 167 – 180 jours.
- Les résultats économiques sont également bien supérieurs sur toutes les techniques SCV que sur labour. Les intrants sont généralement rentabilisés sur labour bien menés. Ils apparaissent moins indispensables avec SCV.

Ces résultats peuvent être repris dans les différents rapports des équipes CIRAD / TAFA de Madagascar notamment sur les sites d'Antsirabé et Ambatodrazaka. Devant l'importance de production de biomasse par les différents dispositifs SCV

R. Michellon, C. Razanamparany, N. Moussa, R. Razakamanantoanina, L. Rakotovahaza, S. Randrianaivo, Rapports de campagne 2000-2001 », «Amélioration de la fertilité par écobuage», 2001-1 et 2, 2001-2.

Toujours au niveau technique, nous avons recensé ci-après un certain nombre de recommandations et réflexions :

✓ Contrôler couvert végétal avec installation d'une espèce plus facile à contrôler que les espèces naturelles présentes

→ Fauche, roulage, herbicide (3 à 5 l/ha), feu en fin de saison sèche s'il le faut. La disponibilité en herbicide doit être envisagée, prévue et programmée selon l'importance des surfaces et des moyens disponibles. Les aspects résidus de pesticides doivent être globalement considérés même si l'innocuité du glyphosate a été vérifiée (étude importante). En absence d'herbicides, on peut contrôler les cultures annuelles en les

roulant lorsqu'elles sortent leur panicule. Les tiges se cassent et la matière couchée étouffe le dessous.

➔ Installation de *Brachiaria sp.*, *Cenchrus*, Bana grass, *Stylosanthes*,... par semis ou bouturage.

✓ Prévoir d'effectuer analyses de sol (granulométrie, C, N, CEC, biologie du sol) au départ et en cours de route pour évaluer les modifications du milieu.

✓ Pour ajuster les systèmes de culture au milieu on peut jouer sur les niveaux de fertilisation, sur les associations de plantes, sur la densité des plants... En effet, tester différentes densités (bandes de double densité) au départ permet d'évaluer le potentiel de fertilité de la parcelle, de plus différentes dates de semis peuvent diminuer les risques liés aux aléas climatiques.

✓ On peut rappeler que les techniques SCV ne peuvent se dispenser de suivre les règles élémentaires d'agronomie comme le respect des dates de semis, la rigueur d'utilisation des intrants, ...

✓ Pour la diffusion, les systèmes de culture sur couverture végétale n'échappent pas aux mesures nécessaires mises en œuvre habituellement dans les projets de développement pour assurer la diffusion de nouvelles techniques même s'ils elles répondent à de nombreuses contraintes essentielles des paysans. Il faut faire connaître ces techniques, multiplier les semences, proposer des variétés performantes, assurer la disponibilité des intrants, vérifier l'adéquation des produits au contexte social, etc...

Il est donc nécessaire de prévoir des démonstrations avec et chez les paysans sur un nombre de sites adapté d'une part aux moyens humains disponibles pour assurer cette diffusion et, d'autre part à la diversité du milieu et des agriculteurs.

Ces sites représentatifs des terroirs peuvent devenir des lieux de formation pour des équipes d'encadreurs.

Une bonne diffusion reste très dépendante de l'organisation simultanée du crédit, de l'approvisionnement en intrants, de la qualité et structure d'un éventuel encadrement agricole, des circuits de commercialisation et de transformation locale des produits, etc... autrement dit de la politique agricole régionale.

Evaluer l'impact des techniques et assurer le suivi, la diffusion et l'appropriation reste un challenge important mais qui n'est pas spécifique aux techniques SCV. Cela n'exclut pas qu'une réflexion est engagée sur toutes les méthodes et possibilités de diffusion et vulgarisation des techniques de semis direct.

5. Analogie avec les systèmes agro-forestiers et application aux systèmes de culture à base d'hévéas

Les systèmes de culture sur couverture végétale impliquent des associations et des séquences culturales pour une utilisation optimale des ressources du milieu. La parcelle comporte plusieurs espèces simultanément et présente, au même titre que la parcelle agroforestière, un certain nombre d'intérêts agronomiques et scientifiques.

- Au niveau agronomique avec une meilleure utilisation des surfaces et la possibilité d'une diversification des productions agricoles. Cette diversification agricole est favorable à la fois à la stabilisation des revenus de l'agriculteur et à l'établissement de relations positives entre les cultures (effets facilitateurs), une valorisation du travail de l'agriculteur (déplacements, contrôles simultanés des cultures...) et un meilleur entretien des cultures.

- Au niveau écologique, de meilleurs équilibres biologiques deviennent possibles par la multiplicité des espèces, des hôtes... Il y a bien une préservation de biodiversité.
- Toujours au niveau agronomique, nous avons vu que les SCV reproduisent le fonctionnement de la forêt même s'il n'y a pas autant de strates. Le système agroforestier se rapproche également d'un système fermé par la juxtaposition d'espèces complémentaires sur une même parcelle.
- Au niveau scientifique, l'étude des interactions entre plantes tant dans l'espace (éventuelles compétitions ou synergies pour l'eau, les nutriments, la lumière, ...) que dans le temps est un champ d'investigation important impliquant une approche multi et interdisciplinaire.

La durée de vie d'une parcelle Hevea peut varier de 25 à 35 ans et comporte une phase de croissance dite « immature » sans production. La durée de cette période improductive est une contrainte économique pour le développement d'une culture pérenne en milieu villageois même si cette culture peut constituer le pivot d'un développement rural régional.

Cette phase improductive peut être de durée variable selon les techniques culturales, les conditions environnementales et les variétés cultivées. En milieu paysan, par opposition aux plantations industrielles, cette période est généralement mise en valeur par l'agriculteur à des degrés d'intensité et d'efficacité très variés. Cette valorisation qui est un élément essentiel dans l'acceptation de la culture pérenne passe par la mise en place de systèmes de culture de type agroforestier qui associent des espèces pérennes et annuelles.

Ces systèmes de culture agro-forestiers présentent des aspects positifs et essentiels de diversification des productions agricoles et de sécurisation des revenus. Au même titre qu'une attention particulière doit être portée à l'environnement socio-économique et aux processus de décision des agriculteurs, il est capital et essentiel de maîtriser le potentiel de production de l'interligne des hévéas pour assurer la pérennisation de fonctionnement des dits systèmes de culture.

La gestion actuelle de l'interligne avec le contrôle de l'enherbement et dans les meilleurs cas l'utilisation de pueraria en couverture n'est pas optimale car la restitution au profit de l'Hevea est réduite et souvent tardive, à la fermeture de la canopée. A ce niveau, les techniques SCV peuvent apporter une réponse pour élaborer des systèmes de culture performants, économiquement viables et capables d'assurer un développement respectueux et durable. Leur intérêt est particulièrement évident durant cette période immature dans la gestion de la fertilité de l'interligne occupé par des cultures associées mais aussi au delà par l'amélioration vraisemblable de la croissance et fonctionnement des hévéas dans un milieu la fertilité est entretenue et améliorée. En effet, si une bonne gestion de la fertilité des interlignes par la mise en place et l'entretien de biomasse est favorable aux productions agricoles, on peut raisonnablement penser que cette amélioration des conditions de croissances des cultures associées seront également favorables à l'Hevea ou autre culture pérennes.

On sait déjà que les associations culturales ont un effet positifs sur la croissance de l'Hevea. Du fait de la mise en route de cycles de production – minéralisation - recyclage, les effets positifs d'une gestion agro-écologique de la fertilité devrait d'une part s'étendre à la parcelle entière et d'autre part se poursuivre au delà de cette période improductive de l'Hevea. En effet, l'enclenchement des cycles vertueux évoqués précédemment doit pouvoir bénéficier à l'Hevea en terme de croissance, de vigueur et de fonctionnement physiologique tout au long des différentes stades d'évolution de la parcelle. Des espèces fourragères adaptées doivent pouvoir succéder aux cultures vivrières lors de la fermeture progressive de la canopée et continuer à assurer une production supplémentaire de biomasse favorable à l'alimentation des arbres.

Les analogies entre les approches agro-écologique et agro-forestières sont nombreuses et importantes ne serait-ce que par leurs capacités de protection de l'environnement et leurs modes de fonctionnement :

- Au niveau de l'environnement, les enjeux sont de montrer que l'on peut (i) stopper l'érosion, (ii) restaurer la fertilité des sols même les plus dégradés, tout en pratiquant une agriculture durable avec un minimum d'intrants, (iii) reconstruire de la biodiversité, (iv) concilier agriculture vivrière, cultures de rente et élevage, (v) améliorer le développement des espèces utilisant un même espace commun de partage des ressources, et (vi) participer à l'aménagement des terroirs en permettant des associations culturales. Ces associations permettent de réintroduire l'arbre dans les paysages, surtout pour la production de bois de chauffe qui constitue un motif de déforestation.
- Au niveau fonctionnement, les deux approches sont basées sur la valorisation du potentiel de production d'une surface donnée et sur le partage dans le temps et dans l'espace des ressources du milieu par différentes espèces associées.

Les thèmes de recherche sont également comparables, les objectifs sont forcément ambitieux pour prévoir, anticiper, proposer des scénarios d'agricultures durables et diversifiées. Une meilleure connaissance et compréhension de systèmes de culture agro-forestiers existants devrait permettre une extrapolation raisonnée à d'autres écologies et la construction, avec les agriculteurs, de solutions pratiques et appropriables pour fixer progressivement les agricultures tropicales.

Il apparaît donc tout à fait cohérent de transposer, d'adapter des systèmes de culture intégrant l'Hevea basés sur la production et le recyclage de biomasse végétale. Ces systèmes de culture à base d'hévéas seraient susceptibles de répondre à de nombreux enjeux de développement rural, et même de valorisation de zones pédo-climatiques marginales.

6. Carnet de route, sites visités et observations particulières

Les techniques SCV ont été mises en œuvre par des organisations engagées dans le développement rural comme TAFE, ANAE, etc... dans différents sites représentant des conditions pédo-climatiques très variables (Milieu / systèmes de culture traditionnels / systèmes expérimentaux).

6.1. Tuléar

☞ Projet PSO qui a pour objectif d'améliorer les productions agricoles avec l'aide de « la maison des paysans » et des groupements d'agriculteurs.

Présentation des réalisations de différents adoptants des techniques SCV.

Des systèmes de culture Maïs / vigna et manioc en parallèle, Manioc + dolique qui mettent en évidence :

- La nécessité de maîtriser les couvertures végétales et les adventices. Il faut donc s'assurer d'une bonne disponibilité et utilisation des herbicides.
- L'intérêt des associations céréales/légumineuses d'une part pour améliorer les capacités de production de biomasse et d'autre part pour diminuer la pression parasitaire notamment avec les sauterelles.

☒ Observations : Maïs/vigna est un système adapté aux sols fatigués. En cas d'attaque de sauterelles, on observe une concentration des dégâts sur le maïs, le vigna est épargné.

Pour mémoire, lutte anti-dicotylédones 0,6 l / ha 2-4 D au stade 3/4 feuilles, jusqu'à 1,5 l/ha si plus développé ou présence d'euphorbes. Il est conseillé de passer l'herbicide en 2 passages perpendiculaires.

☞ Terroir Andranovory. (22/03/03)

Agriculture basée sur maïs, vigna, manioc, riz. Le riz est cependant risqué vu les fortes variations inter annuelles des précipitations.

L'agriculteur rencontré est passé en 2 ans de 3 à 30 ha de riz sur défriche de jachère. Le riz présente des attaques de borers et sauterelles. (Les borers pourront être contrôlés lors de la prochaine campagne par des traitements au « Summithion » lors de la présence de petits papillons).

☞ Site Tafa 94

Collection de sorgho

Dispositif avec témoin monoculture avec labour et systèmes de culture sur couverture croisés avec 2 niveaux de fumure.

Quelques systèmes se distinguent par leur croissance, leur potentiel de production, leur bonne couverture :

- Maïs + *Brachiaria* + *Cajanus cajan* (variété annuelle «Bonamigo») produit une forte biomasse et constitue un très bon précédent pour le riz ou toute autre culture car permet un enrichissement en azote, une bonne macro porosité et du fait des passages des racines des cajanus une bonne perméabilité hydrique.
- Coton sur *Brachiaria*. Potentiel de 3 t/ha
- Maïs + arachide sur la ligne + poids de terre dans l'interligne. Utilisation maximale de l'espace.
- Maïs + dolique (Antaka à Madagascar) ou maïs + vigna

☞ Site Anakara

Maïs / vigna pendant 8 ans avec de forts niveaux de rendement. Ce site devrait faire l'objet de nouvelles analyses de sol pour évaluer l'effet des systèmes de culture sur le milieu.

Maïs / Dolique ou Sorgho / Vigna permettent une amélioration progressive et significative de la biomasse produite tant au niveau du grain que des résidus de récolte (jusqu'à 10 t/ha) ainsi que la matière organique qui est essentielle sur ces sols sableux (80-90 % de sable).

De nombreux agriculteurs adoptent le système Maïs + vigna ou Maïs + dolique. Le maïs étant la culture principale, cette association en semis direct est justifiée par une augmentation régulière des rendements du maïs sur 3 ans malgré un intérêt limité pour le Vigna (marché réduit).

La densité du maïs est traditionnellement de 10 à 15.000 plts/ha et au vu des résultats il peut être envisagé d'augmenter cette densité (3 densités pendant 3 ans pour évaluer la meilleure selon des conditions climatiques forcément différentes sur 3 ans dans cette zone).

6.2 Monrondava

☞ 24/03/03 Mahabo

Deux séquences différentes au cours de 4 années consécutives sur 3 niveaux de fertilisation menées en parallèle en semis direct et avec travail du sol :

Année 1	Arachide	↓	Riz
Année 2	Maïs + Niébé (<i>Vigna unguiculata</i>)		Sorgho + <i>Vigna umbellata</i>
Année 3	Arachide		Riz
Année 4	Maïs + Niébé		Sorgho + <i>Vigna umbellata</i>

Photos du couvert arachide en semis direct, forte coloration noire des premiers cm et forte concentration de faune sous la litière.

Sur les parcelles témoins, en sus d'un développement plus faible des plantes, on observe une différence d'état sanitaire. La cercosporiose est plus importante.

☒ Quelques précédents défavorables pour le riz : riz et sorgho

☞ Zone de 63 ha

Association paysanne « Pierre angulaire » souhaite encadrement AFDI pour mise en valeur agricole et élevage selon techniques agro-écologiques sans compétences particulières.

Conseils : Croiser différents modes de défriche (fauche, feu, herbicide en fonction des moyens consacrés) sur différentes parties de la topo séquence et planter quelques espèces pour évaluer leur comportement comme le maïs, ou vigna, ou riz, ou dolique. Sur maïs, implanter du stylosanthes ou brachiaria 1 mois après semis afin de créer de la biomasse et de préparer une bonne implantation du riz.

Possibilité en contre saison, pour valoriser l'humidité du sol en fin de saison, planter du sorgho ou du mil afin de faire de la biomasse en saison sèche pour les animaux.

☞ 25/03/03 Belo & Marofandilia. Action sur un terroir.

Plusieurs écotypes sont identifiés et repérés dans une zone géographique à l'est de Monrondava. Cette zone se caractérise par une faible pluviométrie de 600 à 900 mm / an pouvant présenter de fortes variations (400 mm en 4 jours) sur des sols sableux bruns « Monkas ».

Cultures traditionnelles :

- Maïs pendant 2-3 ans exclusivement après défriche de forêt, parfois suivis d'arachide.
- Riz en plaine, 2 cycles si maîtrise de l'eau, sinon 1 cycle. Rien en contre saison.

Le dispositif mis en place par TAFA s'installe sur savane, jachère courte, jachère longue, et sur rizière où l'irrigation est mal contrôlée.

Différentes situations de départ :

Forêt / Maïs 2-3 ans / Arachide 2 ans / jachère 2 ans. Si la culture d'arachide est répétée une jachère de 2 ans est bien insuffisante pour permettre un couvert.

Conversion de riz irrigué en riz pluvial partout où l'irrigation n'est pas maîtrisée. On aboutit à un cycle de riz suivi d'une culture de *Vigna umbellata* en contre saison. Le sorgho est généralement moyen comme précédent du riz.

☒ Règle : le précédent du riz sera d'autant plus efficace qu'il assure une fourniture en azote et de la micro porosité. Dans ce sens on observe un intérêt particulier pour la dolique (*Dolichos lablab*) capable de masquer l'effet fertilisation azotée ultérieure.

☒ Observations :

- En parallèle aux croisements habituels des traitements séquences culturales et niveaux de fertilisation, il peut être souhaitable de tester différentes dates de semis notamment dans ces zones qui présentent fréquemment des aléas climatiques.

- Dans les essais de comportement variétaux, les riz résistants aux maladies (et accessoirement aux attaques des oiseaux) sont souvent riches en silices avec des feuilles dures, poilues (les doigts ne descendent pas à rebrousse poil) et les feuilles paniculaires sont dressées et pointues.

Dispositif mis en place. Les séquences culturales sont en alternance sur 2 parcelles contiguës.

Ecobuage	Riz ⇔ Maïs/Niébé	Arachide ⇔ Sorgho / vigna
Semis direct	Riz ⇔ Maïs/Niébé	Arachide ⇔ Sorgho / vigna
Labour	Riz ⇔ Maïs/Niébé	Arachide ⇔ Sorgho / vigna

et généralement sur différents niveaux de fertilisation :

- F0 = 0
- F1 = fertilisation minérale NPK (environ 60/60/40 u/ha)
- F2 = pelletisation des graines + 5 t/ha de fumier
- F3 = F2 + NPK

Ces sols sableux rouges valorisent très rapidement la matière organique.

6.3. Antsirabe

☞ Mandoto, zone de Vakinankaratra, parcelles de démonstration de TAFa et FERT.

30 fois 5 ares chez des coopérateurs avec un système maïs + vigna en alternance avec le riz mené en parallèle sur semis direct et labour croisé avec 2 niveaux de fertilisation. Malgré les bons résultats du semis direct, certaines conditions jugées nécessaires pour une bonne démonstration de diffusion ont été rappelées, notamment des dates de semis précoces ou au moins comparables à celles des agriculteurs.

☞ Ivory (Ankazomiriotra). Dispositif anti Striga avec de nombreux systèmes de culture en cours d'évaluation sur sols ferrallitiques sur basaltes :

Riz sur résidus de *Brachiaria ruziziensis*, Maïs sur *Arachis pintoi*, Maïs sur résidus de *Brachiaria*, Soja sur *Cynodon dactylon* (var. *typhon*), Riz (B22) sur *Arachis repens*, Maïs sur *Arachis repens*, Riz + *Brachiaria*, comparés au Maïs et au Riz sur labour.

Les paysans voisins ont mis en place le système Maïs + *Mucuna pruriens* sur paillage (disponible dans l'environnement) pour implanter du riz ou pour continuer le système maïs/mucuna. Dans ce sens, il est conseillé d'alterner les lignes, et de toujours décaler le semis du *Mucuna* d'environ 30 jours après semis du maïs (50 cm de haut).

Ce site sur sols bruns, profonds, formés sur socle basaltique a été choisi pour son infestation par le Striga. Il correspond à une zone d'anciens volcans moins élevée que les hauts plateaux (altitude de 1000 m), moins froide où la culture du riz pluvial peut se développer considérablement vu l'importance de la migration et de l'accroissement des populations.

☒ Tous les systèmes permettant de remonter le niveau de MO du sol contribuent au contrôle du *Striga asiatica* (fleurs rouges). Le Striga n'est vraiment présent que sur les parcelles labourées. Le contrôle de la multiplication par la remontée du taux de MO est une hypothèse envisagée. Ceci pourrait être corrélé à la constatation de la stimulation de la germination du Striga par le Sorgho, le mil et les légumineuses (et *Cajanus*) qui sont considérés comme de faux hôtes car cette germination n'aboutit pas à sa fixation parasite sur les racines. Des études sont en cours sur les rôles relatifs de l'ombrage, des exudats racinaires...

☞ Betafo, pentes d'ancien volcan avec une couche de cendres fines humifiées très fertile posée sur des couches superposées de projections plus grossières et stériles. L'érosion est le problème principal de la zone car une fois enlevée la couche superficielle, les couches sous-jacentes de type pouzzolane sont inaptes à la culture.

Les systèmes de culture sur couverture mis en place sur cette zone ont des rendements très supérieurs à la moyenne ! jusqu'à 8-10 t/ha pour le maïs, 3 t/ha pour le soja... (Cf. photo n°1).

☞ Ampandrotarana, parcelles de collection de plantes de couverture et fourrage gérées par une association paysanne

Parmi les systèmes de culture, pomme de terre (PdT) avec paillage suivi de riz. Ecobuage est fortement valorisé par la PdT. Cette méthode permet de minéraliser la MO piégée dans ces sols comportant des allophanes et de nourrir ainsi la première culture, amorce de production de biomasse.

☞ Ibity, dispositif multidisciplinaire. Approches thématiques conjointes sur l'entomologie, l'amélioration, la phytopathologie et l'écophysiologie.

L'étude du fonctionnement des peuplements et une meilleure connaissance du comportement des plantes en rapport avec les composantes du rendement doivent permettre de sélectionner les variétés en fonction des milieux. Il peut être intéressant de tester le potentiel de

différentes variétés sur différents systèmes de culture qui soient capables d'offrir des conditions différentes de milieu et de développement.

☒ Des problèmes de stérilité du riz peuvent être liés à des carences en oligo-éléments notamment en bore. En effet, les mécanismes de solubilisation des éléments minéraux peuvent être perturbés sur ces sols riches en allophanes. Certaines plantes sensibles aux carences comme le blé peuvent être utilisées comme indicateurs.

☒ Fortes attaques de pyriculariose ; on observe des panicules grises, recourbées, souvent vides en même temps que des feuilles paniculaires relativement vertes car elles récupèrent les assimilats qui ne peuvent plus aller dans les grains.

Systèmes Avoine / haricot intéressant pour lancer la production de biomasse. Nous avons également vu Maïs + arachis p., Maïs + desmodium.

Les rizières où la maîtrise de l'eau est difficile peuvent être recyclées avec l'implantation de riz pluvial (cycle plus court) et des cultures de contre saison comme l'avoine + vesce. Cela permet deux productions, d'augmenter l'azote du sol, de diminuer les temps de travaux (pas de labour) par rapport aux parcelles traditionnelles.

☞ Fifamanor : Parcelle encadrée par le Fifamanor à proximité de laquelle un paysan a commencé à adopter les techniques SCV de manière conséquentes. Le paillage est la première technique pratiquée avec de bons résultats de production et de fortes économies en main d'œuvre.

☒ On observe de grosses différences de production entre les systèmes de culture sur couverture et le labour.

☞ Antsapanimahazo, zone de 20 paysans engagés dans SCV où TAFE a mis en place 3 parcelles de démonstration de méthodes de production de biomasse.

Le système de culture le plus fréquent est basé sur le Maïs en rotation avec la pomme de terre : la PdT rentabilise l'apport important de fumure (Fumier + NPK) et le maïs en profite.

Différents systèmes intègrent le maïs, le riz (passage de plus en plus fréquent du riz irrigué au riz pluvial avec des rendements supérieurs et une diminution conséquente des temps de travaux), le soja sur paillage,...

☒ Les paysans installent des canaux de drainage autour de leurs parcelles pour évacuer les excès pluviométriques. Ces drains qui pourraient être enherbés (*Paspalum notatum*, *Pennisetum clandestinum* = kikuyu) afin d'éviter l'érosion et faciliter l'entretien, permettent une oxygénation et oxydation des sols.

☞ Exploitation de M. Rakoto qui intègre un dispositif de démonstration comparant les pratiques traditionnelles avec labour au semis direct sous différents niveaux de fumure. Les différents systèmes de culture s'étagent le long de la pente et sont croisés avec les différents niveaux de fumure. On peut noter Haricot / avoine, Haricot / maïs, le maïs pouvant être associé au desmodium, à l'*Arachis pintoï*, au trèfle.

☒ On observe que tous les systèmes de culture sur semis direct sont largement supérieurs au labour en terme de production de grains, de biomasse, de protection des sols, et qu'ils valorisent les apports d'engrais (photographie n° 2). Le paysan souhaitant augmenter ses surfaces en semis direct, un consensus a été trouvé pour maintenir des parcelles témoin sur labour (où « la terre pleure »). Ce paysan prélève régulièrement du fourrage (arachis, desmodium) jusqu'à 25 kg/jour. A production de biomasse importante, prélèvement important.

☞ Terroir du versant opposé, où les adoptions sont suivies et où TAFE apporte un appui technique selon les sollicitations des paysans.

Les adoptions spontanées portent sur le paillage et l'implantation de plantes fourragères. Ayant visité ce site lors de l'atelier 2001, ai pu observer une augmentation considérable des surfaces cultivées selon les techniques SCV.

Afin d'utiliser la période fraîche, le système de culture Riz / Haricot + vesce ou ray grass est proposé. A la récolte du haricot, le ray gras continue de pousser en utilisant l'eau profonde, il protège le sol et produit de la biomasse favorable au riz en suite de rotation.

Les parcelles fourragères sont en cours d'extension et sont exploitées pour faire du fourrage (cut & carry). Il est proposé de les consolider i) en laissant certaines parcelles arriver « à graines » pour effectuer un re-semis naturel, ii) d'effectuer sur certaines parcelles ou partie de parcelles une fertilisation susceptible d'augmenter considérablement la production de fourrage et de compenser les exportations non négligeables à long terme, iii) de faire entrer les bêtes sur le terrain pour favoriser une certaine restitution. Cette exploitation de la ressource doit être programmée (1 semaine de pâturage – 3 à 4 semaines de repos).

☒ Les pentes sont aménagées avec des cordons anti érosif plantés de Bana grass (hybride stérile entre *Pennisetum purpureum* et *Pennisetum typhoides*). Le système racinaire profond tient les sols et favorise l'infiltration de l'eau.

Toujours sur le terroir, la conversion des rizières inondées en riz pluvial est estimée et l'avantage est une nouvelle fois en faveur du riz pluvial en semis direct (3,3 t/ha > 0,9 t/ha)

Cette approche terroir pourrait être complétée par l'organisation de la production de semences, la mise en place de magasins d'intrants basés sur du micro crédit. L'enregistrement et l'étude des achats et d'utilisation des intrants pourraient être riches d'enseignements sur les techniques mises en place, les stratégies des agriculteurs et leur niveau d'adoption des différentes techniques.

☞ Ferme d'Andranomanelatra

Systèmes de culture installés sur un dispositif matriciel croisant la pente avec les niveaux de fertilisation.

Collection de plantes de couverture.

Essai variétal de soja, de riz.

Différents systèmes de culture dont Blé + haricot / riz

Haricot sur *Cynodon dactylon* (chiendent). Le cynodon est contrôlé au départ par 2 l/ha de gramoxone ou de round up (plus sur et moins cher).

Cet arrêt de croissance est mis à profit par le haricot qui est largement au dessus 45 j.a.s en début de floraison. A la récolte en juin donc en début d'hiver les sols seront protégés par la couverture du cynodon qui aura repoussé.

☒ Au niveau résistance des riz à la pyriculariose, le Fofifa 152 confirme sa forte sensibilité et le 154 montre également une forte sensibilité alors qu'il est a priori résistant. Les apports de N minéral peuvent déséquilibrer la croissance de la plante et favoriser les attaques de pyriculariose. Un système de culture qui privilégie la constitution de réserve d'azote organique permet de tamponner les accidents de nutrition. De tels systèmes apparaissent moins attaqués. La disponibilité en azote minéral soluble semble favoriser la sensibilité à la maladie. La variété Fofifa 159 montre une résistance nette à la maladie.

6. 4. Manakara – Mananjary (30/03- 01/04), Côte est, région humide, 2000 mm/an

☞ Périmètre irrigué d'Ambila

Sols acides, présence de fougères, mélastoma, d'éricacées. Visite collection de riz en rizière irriguée à proximité d'une vieille plantation de palmiers.

Mauvais état physiologique. Symptômes de toxicité en fer et Mn (tâches brunes) et importants mélanges de variétés.

☞ Site de Mahatsara, groupements de paysans répartis sur un terroir comportant de petites collines et bas fonds à proximité d'un périmètre irrigué plus ou moins maîtrisé. Les parcelles cultivées se répartissent sur une alternance de bourrelets de sols ferrallitiques (sols rouges, affleurements de latérite) et de sols sableux.

☒ On observe d'anciennes caféières, des arbres fruitiers, et des cultures vivrières sur les bourrelets sols ferrallitiques. Agriculture organisée en jardin de case avec Banane, Canne à sucre, manioc, piment, ananas, maïs, pois de terre (*Voandzeia subterranea*), arachide, Niébé. Une majeure partie de ces surfaces sont gérées par les paysans en semis direct sur paillage ou sous couverture végétale de légumineuses sous l'impulsion de groupements paysans qui bénéficient d'un appui de techniciens de BRL.

Parmi les systèmes observés :

. Riz pluvial très développé après mucuna sur d'anciennes « planches » de maraîchage.
. Arachide sur paillage de cyperus prélevés dans les marais voisins, les rendements sur paillage sont bien supérieurs au labour (4 kapoakas > 1 kapoaka / plant, unité de mesure correspondant à une boîte de lait concentré).

. Manioc associé à brachiaria.

. Utilisation importante de compost pour assurer un apport en matière organique régulier et conséquent sur les parcelles. Les compostières sont généralement réalisées sous abri avec une alternance de couches de résidus végétaux et de fumier paillé. Des feuilles de banane sont utilisées pour isoler le système et lancer la fermentation.

Il pourrait être intéressant d'introduire des légumineuses comme le *Stylosanthes guianensis*, le *Cajanus cajan* (Var. annuelle) dans le couvert de Brachiaria en cours d'installation dans de nombreuses parcelles vivrières (manioc notamment). Le sésame pourrait être une culture intéressante dans cette écologie.

Des essais d'installation de riz et de haricot ont été réalisés avec succès sur couverture naturelle de Panicum desséchée à l'herbicide (2 fois 1,5 l / ha de round up + 2-4D).

☞ Sites Ankepaka et Sakoana, ONG Tafa

Valorisation d'espaces dégradés, envahis par *aristida*, *imperata*, et *pennisetum* (quand le niveau de fertilité remonte). Les sols sont acides avec des plantes indicatrices comme les fougères aigle *Pteridium aquilinum* ou *Dichranopteris linearis*.

Sur ce site, parcelles de riz et d'arachide sur couverture avec deux niveaux de fertilisation F0 = O, et F1 fumure minérale avec ou sans écobuage. Rdm F0 = 0, F1 = 2 t/ha, F0 + écob = 2,5 t/ha, F1 + écob = 3 t/ha (photo). Ces sols ingrats valorisent la fertilisation minérale et l'écobuage permet réellement de commencer un cycle de production de biomasse et de produits agricoles sans intrants. On constate cependant que les intrants peuvent être valorisés.

Essai de récupération de jachères dégradées avec *Brachiaria humidicola* qui permet de restaurer de la fertilité par des fauches successives.

Un autre dispositif permet d'évaluer les capacités et comportement de différentes plantes de couvertures et fourragères. On observe *Brachiaria humidicola* qui assure une très bonne couverture et fournit une biomasse importante. Des méthodes de valorisation de ses capacités de pâturage sont discutées. La parcelle de *Pueraria* présente également une biomasse impressionnante. Entre autres espèces, il apparaît que *Arachis pintoii* et *Arachis repens* se développent très bien dans cette écologie sur sols ferrallitiques formés sur basalte (moins acides que les sols formés sur granite) et peuvent constituer un bon précédent pour une culture de riz sur pentes en association avec du niébé ou de la dolique de cycle long.

Un essai intéressant porte sur la préparation d'une parcelle avec du mucuna installée après un défrichage sans brûlis. Cette espèce doit permettre de maintenir le capital fertilité de la forêt en évitant les pertes par érosion et une minéralisation excessive, de contrôler le recru et d'apporter un peu d'azote (des analyses de sol pourraient être envisagées avant et après y compris des mesures de MWD (agrégats)).

☞ Vohimary, ONG Inter aide

Village de 50 familles dont 5 mettent en œuvre leurs cultures en semis direct pour mettre en valeur un espace de vieilles caféières et des cultures de bananiers et tubercules. Si le principe de protection des sols et contrôle des adventices est assuré, le choix des espèces et leur place dans les rotations ne sont pas adaptés au milieu. Par exemple, le pois du cap n'est pas dans son écologie et il faut adapter les précédents susceptibles de favoriser la culture choisie (riz, tubercules, ou autre) notamment pour l'enrichissement en azote et l'amélioration de la macro porosité.

Le riz a été sévèrement attaqué par des borers et des poux du riz (*Rhopalosiphum rufiabdominalis*) et la variété d'arachide est inadaptée car trop sensible à la cercosporiose.

☞ Fandova et Malazamasy, ONG VSF

Essais d'installation de différentes cultures sur jachères *Lantana camara*, *Imperata cylindrica*, ou après cultures de manioc et arachide. Les espèces ou variétés choisies apparaissent inadaptées ou pas forcément bien installées. Il est rappelé au cours des discussions que toute diffusion doit être précédée d'une maîtrise certaine des systèmes de culture proposés et de leur adéquation aux besoins des paysans.

Il est vrai que les différentes structures agricoles agissent sous la pression grandissante des agriculteurs qui utilisent de plus en plus les pentes des collines (Tanety) vu les faibles rendements du riz irrigué dans les bas fonds où la maîtrise de l'eau est loin d'être satisfaisante (trop d'eau).

☞ Site TAFA de Faraony, route Mananjary.

Zone de collines pelées, couvertes de « Bozaka », *Aristida pingens*, et des bas fonds avec *Ravena* (arbre du voyageur). Ces sols sont pauvres et dégradés, même l'*Acacia auriculiformis* et *Acacia crassicarpa* ont du mal à démarrer.

Essai d'installation à moindre coût de plantes fourragères comme *Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria humidicola* par bouture après fauche de l'*Aristida* pour restaurer la fertilité.

Système de culture mis en place = Riz + Vigna en rotation avec une autre légumineuse avec ou sans fertilisation avec ou sans écobuage.

Encore une fois l'écobuage permet de démarrer le riz avec des bons rendements bien supérieurs à ceux sur labour ou même ceux observés en rizières irriguées dans les bas fonds.

☞ Site TAFA d'Ambalapaiso, même dispositif sur des collines

Site de récupération de jachère à *Aristida*.

Riz en semis direct sur mulch de *Brachiaria* en rotation avec légumineuse

☞ Site TAFA d'Ambatofotsy sur colline mais avec un support basaltique et des sols plus fertiles mais tout autant sensibles à l'érosion.

Riz en premier cycle en rotation avec *Mucuna*, ou *Vigna unguiculata*, *Vigna umbellata*, Dolique, *Phaseolus mungo*. La fin du 2^{ème} cycle correspond à la fin de la saison sèche, on récolte les grains et on dispose d'une forte biomasse qui sera valorisée par le riz. Cette production de grain en contre saison (1 t/ha) est bien valorisée (2000 FMG/kg).

6.5. Lac Alaotra – ville d’Ambatodrazaka (02-05/04) – rives est et ouest du lac.

Visites de parcelles de démonstration ou d’adoptants du semis direct encadrés par TAFA, ou BRL. On observe une augmentation du nombre des adoptants du semis direct dans les zones où les agriculteurs sont obligés de monter sur les pentes des collines, de cultiver les tanety devant les mauvais résultats obtenus en rizières plus ou moins irriguées de la rive droite de la rivière Harave qui est sortie de son lit. L’irrigation est mieux maîtrisée sur la rive gauche et permet une production moyenne de 4 t/ha de riz. Le périmètre irrigué est passé de 70 000 à 30 000 ha du fait de la détérioration des infrastructures. Cette détérioration qui s’ajoute aux problèmes de sécheresse est essentiellement liée à une érosion qui s’intensifie proportionnellement aux surfaces de tanety mises en culture. Le semis direct répond directement à ces préoccupations et les paysans ont très vite adopté le paillage et les cultures fourragères...

☞ Manakambahiny

Système de culture basé sur Riz et Maïs mis en rotation ou en association avec des légumineuses (Cf. dispositif en annexe). Du brachiaria est en association avec du maïs et permet de produire de la biomasse dès que la production de maïs est assurée, biomasse utilisée en fourrage ou pour préparer les cycles suivants.

☒ Il faut être vigilant pour la production de cette biomasse avec les Brachiaria qui ne doit pas se faire au détriment de la culture principale (calage des cycles, utilisation d’herbicide,...) ni de la ressource sol. En effet, ces plantes sont capables de pousser et de produire de la biomasse là où les autres n’y arrivent plus (pH acides, peu de bases,...) car elles exploitent des horizons plus profonds et possèdent des systèmes racinaires et mycorhizes plus performants. Il faut donc veiller à une certaine restitution par fertilisation, par pâturage, par association de légumineuses afin d’éviter un appauvrissement plus complet des sols.

☞ Site de BRL et ANAE : Les paysans choisissent les systèmes qui leur permettent de diminuer les travaux de sarclage et de valoriser les quelques apports de fertilisants (fumier, NPK).

- Conversion d’une rizière mal irriguée avec un système de culture riz pluvial / légumineuse de plus en plus adopté par les paysans. La première installation du riz se fait sur un labour paillé.
- Différentes parcelles d’adoptants du semis direct selon différents modèles : riz pluvial après maraîchage, maïs + vigna sur flanc de colline décapé (avec un paillage pour démarrer, 25 kg/ha de NPK mis en poquet avec le maïs), maïs + mucuna installé 30 jas, maïs + vigna (avec fumier), maïs + dolique, maïs + paillage, soja sur paille de riz en rotation avec riz.

☒ Concernant l’association Maïs + mucuna, il faut veiller à maintenir une bonne densité de maïs d’une part pour maintenir une bonne production, et d’autre part pour faire un peu d’ombre permettant de contrôler en partie la croissance du mucuna. Il y a un équilibre à maintenir entre association et compétition.

Il peut être conseillé de semer avant la récolte du soja, de la vesce + avoine, ou du sorgho afin de produire de la biomasse avant le cycle de riz suivant. Utiliser au maximum le potentiel de production de la parcelle en terme d’espace et de séquences culturales est la stratégie de base du semis direct.

☒ Une école a également été insérée dans les tactiques de diffusion comme moyen de sensibilisation et d’explication des différents problèmes et moyens liés à la production agricole.

☞ Marololo (04/04). (tanety = pentes, baiboho = bas de pente à alluvions et rizières)

Sites de démonstration de TAFA situés sur tanety. Dispositif complet avec différentes associations et rotations permettant d'explorer tout le potentiel des différentes cultures selon les systèmes de culture (traditionnel sur labour et semis direct avec ou sans écobuage et fertilisation). Le maïs varie de 0,1 à 6 t/ha, le riz de 0,6 à 4 t/ha. Le sorgho IRAT 203 présente une vigueur certaine et une bonne production (biomasse et grains).

☒ Des problèmes d'érosion se manifestent à proximité du dispositif alors qu'il n'y en pas dans le dispositif. Il a été rappelé la nécessité d'agir en amont et sur place le plus rapidement possible afin d'éviter l'élargissement des rigoles. En effet, une fois atteint le niveau induré sous la partie meuble du sol, la zone d'érosion s'élargit en nappe.

☞ Sites de multiplication de semences.

Les sites visités ne remplissent pas leur rôle de multiplication de semences de qualité. Les mélanges de variétés sont importants et les cultures ne semblent pas suffisamment suivies. Cela met en évidence les soins nécessaires et l'attention particulière qu'il faut porter à cet aspect capital pour la diffusion des techniques de culture agro-écologique.

7. Aide mémoire

7.1. Espèces indicatrices du milieu :

- *Pennisetum polystachyon*, zone relativement fertile avec bonnes propriétés physiques du sol (enracinement profond)
- *Heteropogon contortus*, inflorescence terminée par une pointe noire. Sols peu fertiles, substrat en cours de compaction. Forte possibilité d'érosion en nappe. Ainsi sur de longues topo séquences, on observe *Heteropogon* plus ou moins en touffes sur les pentes avec un glacis entre les touffes, et *Hyparrhenia rufia* sur les replats où il y a accumulation des éléments fins.
- *Dactyloctenium* (ressemble à l'Eleusine mais bien plus petite et inflorescence à 4 épis en diagonale).
- Pour le riz, une baisse de fertilité des épillets peut être due à une carence en bore. Carences provoquées par des régimes hydriques forts créant des conditions de réduction.
- *Striga asiatica* (fleurs rouges) indique une baisse importante de fertilité (faible taux de MO). Le Striga de Pleiku (à fleurs roses) serait *Striga hermonthica*.
- Deux espèces de graminées typiques des milieux humides sont très fréquentes en couverture des sols dans la région de Manakara. *Paspalum conjugatum* (racème en T et feuilles pointues) et *Stenotaphrum* (feuilles aux bouts arrondis). ☒ Ces graminées colonisent les bas côtés, les pelouses, les vergers avec une certaine aptitude à se développer à l'ombre.
- *Sida macrantha*, et *Sida acuta* sont des malvacées indicatrices de sols compactés comme *Urena lobata*. Cette malvacée à fibres était utilisée pour faire des cordages.
- *Stachytarpheta augustifolia* (pluviométrie importante)
- *Cenchrus echinatus* (Cram-Cram, inflorescences piquantes)
- *Dactyloctenium*, indicatrice de sols sableux.

7.2. Plantes de couverture :

La production est l'élément essentiel à toute expérimentation et processus de diffusion des techniques SCV. Il faut prévoir dès le départ des parcelles de production de semences à la fois en milieu contrôlé et dans différents villages.

- *Brachiaria ruziziensis* est poilu, apprécié par les bêtes (moins que *brizantha*) se contrôle plus facilement que *B. brizantha* avec 3 l de glyphosate /ha. *B. humidicola* est adapté aux terrains lourds et résiste aux inondations. Il est nécessaire de récolter les graines relativement tôt quand la plante est encore verte, dès que les graines se détachent quand on frappe la panicule dans la main, après c'est trop tard.
- *Brachiaria mutica* capable de pousser dans des parcelles inondées, les bas fonds au même titre que *B. humidicola* mais plus pérennes et plus solide.
- Essai d'implantation directe de *Brachiaria* dans la graminée spontanée de jachère, le bozaka = *Aristida pingens* avec un semis en poquet 50 x 50 cm après fauche afin de revaloriser un pâturage et préparer un précédent pour systèmes de culture en SD. Ce type d'implantation pourrait être envisagé à grande échelle avec un mélange d'espèces après fauche ou brûlis pour valoriser des surfaces généralement conséquentes.
- *Eleusine coracana*, capable de produire en 70 j 10 à 15 t de MS / ha et 3 à 5 t en souterrain. Le système racinaire est extrêmement développé avec la formation d'un manchon de terre autour de racines, manchon formé d'agrégats de terre et exudats racinaires (polysaccharides). Cette plante fixe l'azote atmosphérique, favorise la macro porosité du sol (très bon pour le riz à condition de l'enlever avant fructification). La rhizosphère est très active grâce à une mycorhize
- *Paspalum notatum*, résiste au froid et au sec, à la compaction et il est tout a fait indiqué pour stabiliser les talus, les pistes. C'est un bon fourrage (surtout pour les chevaux) même s'il est moins apprécié que les *Brachiaria* ou les mils.
- *Stylosanthes amata*, très dense
- *Stylosanthes guianensis*, produit une forte biomasse, permet de remonter le niveau des oligo-éléments, difficile à contrôler sauf si fauche à ras en saison sèche.
- *Chloris indiana*
- *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria juncea* (port érigé), *Crotalaria ochroleuca* (port ramassé)
- *Arachis pintoi*, capable de fixer 80 à 120 Kg d'azote /ha, de piéger les punaises, de couvrir et protéger le sol. S'installe plus facilement sur roches basiques que sur sols acides.
- *Arachis repens*, un peu plus ras, vert plus foncé, plus dense, feuilles plus petites et fleurs rares. Cette plante aime l'eau et peut être compétitive en milieu sec. Elle vient d'Amazonie (application à l'Hevea ?)
- *Chamaecrista rotundifolia* peut être contrôlé avec du gramoxone.
- *Setaria splendida* produit une biomasse plus importante que *B. brizantha*
- *Cynodon dactylon*, (chiendent), très résistant à la sécheresse et à l'érosion, résiste au gramoxone, nécessite 2 l/ha de round up pour permettre un semis direct.
- Bana grass = *Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*
- *Canavalia ensiformis*, bonne couverture bien supérieure à *Canavalia maritima*.
- *Cenchrus americana*, *Cenchrus ciliaris*.

7.3. Variétés cultivées :

- . *Sorgho bicolor* type "*muskuwaari*", très performant pour fabriquer de la biomasse en fin de saison des pluies.
- . Sorgho IRAT 103, grain vitreux et dur, résistant au charançon, riche en protéine (15%)
- . Maïs BR 106,
- . Niébé = *Vigna unguiculata*
- . Riz, le secret de la réussite du riz pluvial est basé sur la macro porosité du sol et une bonne disponibilité en azote, donc un précédent légumineuse + maïs est favorable. En cas

d'envahissement du riz par des adventices (graminées, cypéracées...) traiter avec 0,5 l/ha de 2-4 D une fois que le riz a tallé.

. Exemples de comportements différents du riz selon la variété ET le mode de conduite. La variété FOFIFA 154 est plus intéressante que la 152 notamment pour ses capacités de résistance à la pyriculariose. Cependant, certaines parcelles s'avèrent sévèrement attaquées.

A partir de ces exemples où le comportement des variétés apparaît différent selon les conditions de cultures on peut envisager de provoquer des variations du milieu permettant de discriminer les variétés. Ces variations du milieu peuvent être induites par des variations de densité des plantes, du profil cultural, du précédent cultural, de la fertilisation,...

7.4. Illustrations (éliminées pour diminuer taille du fichier)