

**Suivi-évaluation et propositions de
recherche-action pour l'avancée du semis
direct sur couverture végétale au Laos dans
la province de Xieng Khouang et au
Cambodge dans la province de Kompong
Cham**

CIRAD/NAFRI

Mission du 27 septembre au 05 octobre 2004

Lucien Seguy

novembre 2004

Sommaire

PREAMBULE	3
LE PROJET PRONAE NAFRI/CIRAD AU LAOS	4
1. Les grands enjeux et défis du PRONAE dans la province de Xieng Khouang	10
1.1. les grands ensembles morpho-pédologiques « vides » de toute agriculture : une identité remarquable avec les mêmes ensembles sur les hauts plateaux et la côte est Malgaches.	10
1.2. La riziculture de la pénélaine des Jarres : aménager ou non ?	14
1.3. Les sols à fortes potentialités sur colluvions karstiques : un patrimoine fertile, souvent surexploité. Comment restaurer, puis conserver ce potentiel ?	15
1.4. L'agriculture de « montagne », défriche-brûlis : les systèmes riz pluvial-élevage → Préparer la couverture totale des pentes un an avant la mise en culture :	16
2. Recommandations aux équipes NAFRI/CIRAD pour assurer la progression des SCV en milieu contrôlé et réel	17
2.1. Site de POUHOUM – sols acides sur schistes	17
2.2. Site de XOY NAFA	19
2.3. Site de BAN PAKE – sols sur colluvions de Karst et Schistes	21
2.4. Site de BAN LE – sols argileux dégradés sur grès (+ 600 m)	22
2.5. Propositions pour la zone de SAYABOURI	23
2.6. Site de SUON MONE – systèmes Riz pluvial-élevage en zone montagneuse	23
2.7. Recommandations générales	26
Posters des résultats de recherche sur les SCV au Laos	28
Rapport Ecobuage Amélioration de la fertilité par ecobuage de R. Michellon	44
LE VOLET DIVERSIFICATION DES CULTURES DU PROJET	
HEVEACULTURE FAMILIALE AU CAMBODGE	68
1. Quelques données de base utiles à la compréhension du milieu et des principales productions dans la zone d'intervention du projet	70
2. Les grands enjeux et défis de la composante diversification des cultures du projet hévéaculture familiale	76
2.1. l'hévéaculture avec intercalaires vivriers	76
2.2. Transformation des systèmes rizicoles actuels (lowland rainfed rice) traditionnels, en systèmes riz-élevage pratiqués en semis direct sur couverture végétale permanente du sol	77
3. Recommandations pour assurer la progression des SCV en milieu contrôlé et réel	82
3.1. Intercalaires d'hévéa et systèmes vivriers hors maille hévéa	82
3.2. optimisation et analyse des SCV intercalaires d'hévéaculture	85
3.3. Les SCV « riz-pâturages » sur terrasses hautes	87
4. Conclusions	88
CARACTERISATION SOMMAIRE DU FONCTIONNEMENT AGRONOMIQUE DES SCV ET DE L'IMPORTANCE ECONOMIQUE DU SOL SOUS SCV	94
ANNEXES	96

Préambule

Ce rapport de mission sera volontairement court compte tenu du manque de temps pour sa rédaction entre 2 missions et du fait que les programmes de recherche-action (*qui seront résumés ici*) ont été très largement discutés et débattus sur place avec les divers acteurs de la recherche-développement.

Deux grands chapitres principaux seront consacrés à chacun des projets agroécologie¹ :

- Le projet PRONAE, NAFRI/CIRAD au Laos,
- Le volet : diversification des cultures du projet hévéaculture familiale au Cambodge.

Un troisième chapitre très bref traitera de propositions visant la caractérisation scientifique du fonctionnement agronomique des systèmes de culture et des grandes thématiques mises en évidence par la création de l'innovation engagée pour avec et chez les agriculteurs dans les grandes régions écologiques du réseau tropical SCV (*UR 1*).

Je profite de l'opportunité pour adresser (*avec fierté*) toutes mes félicitations et rendre hommage aux équipes de recherche-action des 2 projets pour l'énorme travail accompli en si peu de temps, aussi bien en matière de conception, maîtrise et reproductibilité des systèmes de culture conservatoires de la ressources sol (*SCV*) que de production² de connaissances scientifiques, de pré-diffusion des techniques SCV, et de formation.

Que soient ici très chaleureusement remerciées, les autorités locales des 2 pays et tous les intervenants et acteurs des 2 équipes qui ont assuré l'excellent déroulement et cette mission.

¹ Soutenus financièrement par l'AFD et le CIRAD.
² Cf. posters en annexe et publications Laos.

LE PROJET PRONAE NAFRI/CIRAD AU LAOS

Le rapport porte essentiellement sur la province de Xieng Khouang (*au Nord*), la seule visitée compte tenu du temps disponible.

Mission d'appui
Agriculture de conservation tropicale et rizicultures intensives
Termes de référence

Contexte

Dans le cadre de la formulation du Programme de Capitalisation en Appui à la Politique de Développement Rural (PCADR), l'Agence Française de Développement (AFD), le Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM) et le Ministère de l'Agriculture et des Forêts (MAF), ont défini un appui institutionnel au NAFRI intitulé *Composante Agroécologie*. La cellule d'exécution de cette composante, située au sein de cet institut, correspond au prolongement des activités initiées lors de la phase transitoire du Programme National Agroécologie.

Les produits scientifiques et de développement attendus à 4 ans par cette composante peuvent être décomposés comme suit¹ :

Pour les petites agricultures familiales

- Préservation du capital sol à partir de systèmes sur couvert végétal, diversifié, productif (optimisation des relations sol-plante : meilleure valorisation de l'eau et des nutriments), répondant aux exigences d'autoconsommation et de rentabilité de ces agricultures. L'accent est mis sur le développement du processus de création et d'adaptation par les agriculteurs. Il s'agira de mettre en place une démarche itérative visant à l'amélioration progressive des systèmes conventionnels à partir de démonstrations conduites chez et par les agriculteurs.
- Elargissement de l'offre technologique (ressource fourragère, diversification culturelle, cultures pérennes, mécanisation agricole) en se basant sur la diversité des situations pédoclimatiques, socio-économiques et ethniques ;
- Proposition et/ou création de matériel génétique qui valorise les performances et les fonctions agronomiques des systèmes sur couvert végétal : variétés de riz, de légumineuses, de plantes de couverture, de plantes fourragères... ;
- Accès à la formation et à l'information à partir de la production de supports techniques et didactiques.

Pour le développement

- Formation des agents du développement sur la conception et la maîtrise des systèmes sur couvert végétal ;
- Optimisation du transfert de technologies de la recherche vers le développement ;
- Capitalisation des connaissances ;
- Cadre formalisé entre la recherche et le développement favorisant les échanges de connaissances et leurs utilisations ;
- Proposition d'expertises pour les partenaires du développement.

Pour la recherche

- Réflexion et étude à mener sur le montage organisationnel visant à favoriser l'émergence « d'institut technique » en agriculture de conservation. L'objectif étant de générer un programme ressource, propre au NAFRI, susceptible de décentraliser

¹ Ces produits font référence, pour partie, à la note de synthèse rédigée par Séguy et Chabanne (2004) relative à la conception de l'unité de recherche en partenariat intitulée « Agriculture de conservation tropicale et rizicultures alternatives ».

- cette offre de services à travers les structures en charge du développement au niveau local (structures nationales, projets de développement) ;
- Amélioration des performances agronomiques et technico-économiques des systèmes sur couvert végétal à l'échelle des ensembles pédoclimatiques et socioéconomiques ;
- Mise au point de systèmes sur couvert végétal géré au plus près du biologique ;
- Caractérisation des mécanismes de fonctionnement des systèmes sur couvert végétal identifiés comme les plus importants pour les faire progresser et pour assurer leur reproductibilité (augmentation de la matière organique, gestion intégrée des adventices et des pestes, restructuration des sols, vie biologique) ;
- Contribution à la formation des acteurs sur la conception, la maîtrise et l'optimisation continue des SCV.

Ces différents produits font référence à trois champs d'activités principaux qui peuvent être représentés comme suit :

- Biophysique et socioéconomie ;
- Formation, information et capitalisation ;
- Institutionnel et relations entre acteurs (recherche - développement - agriculteurs et secteurs privés).

Objectifs

En référence aux précédents appuis réalisés dans le cadre de la composante recherche agronomique du PRODESSA et au cours de la phase transitoire du PRONAE, les objectifs de ces missions d'appui sont les suivants :

- Suivi et évaluation des actions du programme ;
- Appui à l'amélioration des performances agronomiques et technico-économiques des systèmes sur couvert végétal à l'échelle des ensembles pédoclimatiques et socioéconomiques ;
- Appui à la caractérisation des mécanismes de fonctionnement des systèmes sur couvert végétal ;
- Appui à la mise au point de systèmes gérés au plus près du biologique ;
- Appui pour la création de variétés de riz mixtes gluantes et ordinaires.

Produits attendus à 4 ans

A partir de ces missions annuelles, les produits attendus pour les quatre prochaines années sont :

- L'obtention de variétés de riz mixte pouvant s'adapter à des conditions d'alimentation en eau contrastées : du pluvial au bas fond. Ce travail de sélection sera basé sur des croisements entre des variétés locales gluantes (pluvial et irrigué) et des variétés de riz mixtes conçues par Séguy, Bouzinac et Taillebois². Il faut souligner que des

² Séguy et Bouzinac : équipe du CIRAD en charge de la création, de la maîtrise et de l'optimisation continue des systèmes sur couvert végétal au Brésil. Cette équipe crée également de nombreuses variétés de riz mixtes qui présentent une plasticité remarquable. Taillebois : sélectionneur riz, spécialiste des variétés hybrides de riz pluvial, Brésil.

variétés mixtes issues de leurs programmes de sélection sont testées aujourd'hui sur les différents ensembles pédoclimatiques du sud de la province de Sayaboury et de Xieng Khouang :

L'amélioration des performances agronomiques (choix des couvertures végétales, des rotations et successions) et technico-économiques des systèmes sur couvert végétal ;

La mise au point de systèmes sur couvert végétal, diversifié, productif, répondant aux exigences d'autoconsommation et de rentabilité des agricultures familiales des provinces de Sayaboury et de Xieng Khouang. A titre d'exemple, deux situations distinctes peuvent être citées :

- Le plateau d'altitude de la plaine des jarres, caractérisé par des savanes herbacées à pins est un domaine de choix pour évaluer des modes de gestion des sols visant à récupérer, pour l'agriculture et l'élevage, ces vastes unités sous exploitées,
- Le sud de la province de Sayaboury où il convient de transformer les systèmes miniers actuels en des systèmes préservateurs de la ressource sol, diversifiés et rentables pour répondre aux schémas de commercialisation actuels.

La mise au point de systèmes sur couvert végétal gérés au plus près du biologique. L'objectif est de construire des systèmes où les pesticides de synthèse seront progressivement substitués par des produits biologiques dans une optique de production de qualité indemne de tout résidu agrottoxique. Ces systèmes seront conçus en milieu contrôlé :

Contribution à la formation sur la conception, la maîtrise et l'optimisation continue des SCV par les équipes techniques.

Programmation

Conformément à la mission d'évaluation conduite par l'AFD, l'IRAM et le Ministère de l'Agriculture et des Forêts (aide mémoire, mars 2003) dans le cadre global du PCADR, une mission d'appui annuelle a été programmée.

Le PRONAE souhaiterait bénéficier de l'appui de M. Lucien Séguy (CIRAD-CA) pour une durée totale de 7 jours de mission. Cette étude se déroulera entre le 15 et le 22 octobre 2004.

Une programmation détaillée sera fournie par le PRONAE chaque année avant le démarrage de ces missions.

Cadre juridique et institutionnel

Le consultant externe devra avoir souscrit une couverture sociale et une assurance rapatriement avant le début de la mission. Le consultant sera mis à disposition par le CIRAD pour une durée de 7 jours conformément au plan de financement présenté ci-après.

Rapport de mission

Un rapport de mission sera rédigé par le consultant du CIRAD en français et sera transmis au PRONAE en 2 exemplaires originaux qui seront traduits en langue lao. Parallèlement, un rapport de mission en Lao sera rédigé par le consultant du NAFRI.

Le PRONAE aura à charge d'assurer la diffusion de ces documents auprès du Ministère de l'Agriculture et des Forêts, du Ministère des Affaires Etrangères, de la direction générale du NAFRI, de la cellule de coordination du PCADR, des Départements de l'Agriculture et des Forêts des provinces de Xieng Khouang et de Sayaboury, des districts concernés par cette étude et de l'Agence Française de Développement.

Conditions de paiement

Le CIRAD présentera à la direction du PRONAE pour avance une facture d'un montant équivalent à 50 % du total des montants inscrits au budget prévu pour cet appui, à la commande de l'étude et après approbation des termes de référence, soit un montant de 2575.00 EUR. Le solde sera payé après approbation du rapport définitif par la direction du PRONAE. La direction du PRONAE aura à charge de transmettre ces prestations à l'unité centrale du PCADR pour paiement. Parallèlement, le consultant du NAFRI recevra une avance équivalente à 50 % du total des montants inscrits au budget prévu pour cet appui après approbation des termes de référence. Le solde sera payé après approbation du rapport définitif par la direction du PRONAE.

Budget prévisionnel

Des moyens logistiques seront mis à la disposition du consultant pour la durée de la mission.

Libellé	Nbre	CU	Montant	Justification	Gestion
Déplacement international Paris-Vientiane A/R	1.0	1300	1300	forfait	CIRAD
Déplacement local (agents NAFRI et CIRAD) Vientiane - Xieng Khouang - Sayaboury A/R	2.0	165	330	frais réel	PRONAE
Consultant CIRAD-CA Honoraire et Perdiem	7.0	500	3500	forfait	CIRAD
Honoraire rédaction rapport de mission	1.0	250	250	forfait	
Consultant MAF/NAFRI Honoraire / Perdiem	7.0	75	525	forfait	PRONAE
Frais d'édition du rapport					
Edition France	1.0	100	100	forfait	CIRAD
Edition Laos	1.0	95	95	forfait	PRONAE
Total (EUR)			6100		

Personnes rencontrées au cours de la mission

M. Bouasone : Directeur du Département de l'Agriculture et des Forêts, Province de Xieng Khouang

M. Sompheing SIPHONGSAY : Directeur Adjoint du Département de l'Agriculture et des Forêts (PAFO), Province de Xieng Khouang et responsable pour le PAFO du Programme National Agroécologie

M. Bouapha : Agent du PAFO de la province de Xieng Khouang, détaché auprès du PRONAE

M. Phouangparisack PRAVONGVIENKHAM : Directeur de cabinet du Ministre de l'Agriculture et des Forêts

M. Soulivanthong KINGKEO : Directeur Adjoint de l'Institut national de Recherche Agronomique et Forestière

M. Khamkéo PANYASIRI : Directeur National du PRONAE

Mme. Bounsay CHANTHARATH : agronome NAFRI en charge du suivi technique des activités du PRONAE

M. Thammakham SOSOMPHOU : Agronome NAFRI, responsable des activités du PRONAE pour la province de Xieng Khouang

N. Sengphanh SAYPHOUMMIE : Animateur-formateur au sein du PRONAE pour la province de Xieng Khouang

M. Chanthasone KHAMXAYKHAY : Agronome NAFRI, responsable des activités pour la province de Xayabury

M. Chanthaly KEODOUANGSY : Animateur-formateur au sein du PRONAE pour la province de Xayabury

M. Pascal LIEHNARD, Hoà TRAN QUOC, assistants techniques CIRAD, respectivement, pour la province de Xieng Khouang et Xayabury.

M. Etienne WOITELLIER (directeur agence AFD Vientiane) et Mlle Emilie DUROCHAT (chargée de mission à l'AFD)

1. Les grands enjeux et défis du PRONAE dans la province de Xieng Khouang

(Cf. termes de référence de la mission d'appui ci-avant)

1.1. les grands ensembles morpho-pédologiques « vides » de toute agriculture : une identité remarquable avec les mêmes ensembles sur les hauts plateaux et la côte est Malgaches.

• Comme à Madagascar, les grandes unités de sols ferrallitiques sur roche acide (*grès, schistes*), sont « vides » de toute agriculture : la tradition n'a rien trouvé pour les mettre en valeur et la recherche a longtemps proposé des solutions irréalisables, en particulier des niveaux de fertilisation minérale exorbitants (*quantité, coûts*) pour le redressement non durable de leur fertilité, associés au travail du sol continu, vecteur important de leur dégradation organo-biologique. Il est bon de rappeler, en effet, que sur ces mêmes unités de sols sur les hauts plateaux malgaches, la capacité de production du sol devient voisine de zéro après 7-8 ans de labour continu et malgré l'utilisation de forts niveaux de fertilisation minérale (*site d'Ibity*).

L'incapacité à fixer les agricultures sur ces vastes ensembles vides, conduit à surexploiter les unités de sols les plus fertiles entraînant, avec la pratique continue des techniques de travail du sol, leur dégradation inexorable et la destruction de nouvelles ressources naturelles.

Les sites d'intervention expérimentale de **Pouhoun** et de **Xoy nafa** appartiennent à cet énorme « ensemble vide » dans la province de Xieng Khouang : collines à très fortes pentes couvertes de graminées : *Themeda triandra* dominant avec quelques andropogonées sporadiques.

• A l'inverse de Madagascar où les textures sont souvent à dominance sableuse en surface (*Ibity*), les sols jaune orangé de Pouhoun et Xoy Nafa sont argileux (>40% d'argile sur schistes) et présentent une structure grumeleuse remarquable en surface, extrêmement stable ; cette différence majeure avec Madagascar explique probablement l'absence ici de « lavakas » et griffes d'érosion. La profondeur des sols excède 2m sur l'ensemble de la toposéquence et l'existence d'horizons tâchetés en dessous de 1m de profondeur (*pseudogley*) indique la présence marquante de l'eau en saison des pluies, un potentiel hydrique exploitable très important qui doit permettre de maintenir des pâturages en saison sèche (*soit séquestrer du carbone, restructurer les sols en profondeur et recycler efficacement les nutriments lessivés en profondeur en saison des pluies*), au lieu du brûlis traditionnel. (*cf. photo*).

• Cet énorme réservoir de sols, constitue, à Xieng Khouang comme à Madagascar, un défi important à relever pour leur mise en valeur durable, rentable et au moindre coût, qui doit permettre d'éviter la destruction de nouvelles ressources naturelles. Les résultats cumulés, depuis maintenant 7 à 8 ans à Madagascar dans ce type de milieu physique réputé « inculte », impropre à toute activité agricole, montrent, en substance, que l'on sait aujourd'hui contourner l'écueil du redressement trop coûteux de la fertilité chimique (*P, Ca, Mg, K, oligos*) :

en pratiquant la technique de l'écobuage³, seulement en première année de culture pour « libérer » une forte fertilité sans autre investissement que la main d'œuvre, en utilisant, les années suivantes, des rotations de culture (*intégration agriculture-élevage, espèces fixatrices de N et qui favorisent les endo-mycorhizes*), pratiquées en semis direct continu (SCV), avec un minimum de fertilisation organique et/ou minérale pour compenser les exportations de nutriments par les graines, ou en implantant en **première année** des espèces fourragères qui sont capables de produire de la matière sèche là où les cultures de graines, fibres ne poussent pas ; ces espèces fourragères (*genres Brachiaria, Stylosanthes, Andropogon, ...*) sont capables de tirer leurs nutriments directement des minéraux primaires et sont insensibles aux pH très bas et à la présence dominante d'aluminium sur le complexe absorbant (>60% de la saturation par Al) : **ces espèces fourragères qui ouvrent d'entrée une perspective d'élevage immédiate**, en produisant de grosses quantités de matières sèches (*au dessus et dans le profil cultural*), **mobilisent, libèrent de la fertilité** : les nutriments, avant inaccessibles directement aux cultures, sont maintenant à leur portée par minéralisation de leur matière sèche sous SCV. La productivité de ces espèces fourragères est cependant fonction du niveau d'engrais minéral (NPK + oligos) employé, excepté pour les espèces les plus tolérantes : exemple *Brachiaria humidicola, Stylosanthes guyanensis, Cassia rotundifolia*, etc... qui répondent peu⁴ aux divers niveaux de redressement de la fertilité chimique (P, K, Ca, Mg, S et oligos).

• En résumé, 2 voies permettent de mettre en valeur ces sols :

- **l'option écobuage⁵ en année 1**, suivie de rotations diversifiées en SCV + fumure compensant les exportations par grains ; cette option permet de produire des grains dès la 1^{ère} année et une agriculture durable de bon niveau ensuite,
- **l'option espèces fourragères restauratrices de la fertilité en année 1**, suivies de cultures (*grains, fibres*) les années suivantes en SCV + fumure compensant les exportations.

• Ces 2 voies en SCV permettent, simultanément :

- de restaurer immédiatement la capacité de production de ce « potentiel dormant », au moindre coût, en l'ouvrant, soit par la production vivrière (*écobuage*), soit par l'élevage (*espèces restauratrices*),
- de contrôler totalement les externalités,
- de redresser progressivement leur capacité de production (*séquestration de C, augmentation corrélative de N orga., système sol-plantes sans pertes, en circuit fermé*),
- de contrôler efficacement les adventices (*couverture du sol, effets allélopathiques*),
- de minimiser, contenir au moindre coût, l'incidence des insectes ravageurs et des maladies cryptogamiques.

³ Cuisson modérée du sol superficiel (0-30 cm) qui équivaut à une fumure forte de redressement chimique : cf travaux R. Michellon à Madagascar 1998-2004.

⁴ Il faut bien sûr veiller à restituer les exportations en minéraux de ces espèces « mobilisatrices de la fertilité », en cas d'exportation des fourrages, sinon ces espèces tireront la fertilité du sol encore plus bas qu'au départ.

⁵ Cf. document Ecobuage en annexe.

- C'est la voie « espèces fourragères restauratrices » qui a été retenue sur les sites de Pohnoum et Xoy Nafa du PRONAE ; l'ouverture directe par les cultures (*riz, soja*) montre en première année, une très faible expression du potentiel, malgré des niveaux de fumure minérale de très fort niveau, lorsque l'écobuage n'est pas utilisé. (*cf. recommandation au chapitre 2*).
- Notre expérience de plus de 15 ans à Madagascar dans ce type de milieu (*Ibity, Manakara*), prouve que le succès de la mise en culture, peut se faire par ces voies différentes et complémentaires. Mais, si l'on veut produire beaucoup et tout de suite, l'option couverture par l'écobuage + fumure de faible niveau (*minérale et/ou organique*) constitue la voie la moins onéreuse, la plus accessible aux petites agricultures familiales déshéritées.
- Dans tous les cas, si l'on envisage une production durable de fort niveau à court et moyen termes (*intégration agriculture-élevage*), une fumure élevée de redressement (*P, K, Ca, Mg, oligos*) peut-être envisagée sans risque, associée ou non à l'écobuage ou aux espèces fourragères restauratrices, car elle « booste » les fonctions agronomiques des SCV et durablement, avec une excellente contention des externalités et des pertes de nutriments dans le système sols-cultures (*L. Seguy, S. Bouzinac, 2001 ; 2003*) ; c'est donc en réalité une « avance » faite aux cultures, amortissable.
- La fumure minérale devrait faire l'objet de subventions contre la pauvreté et de préservation des ressources naturelles. En effet, des subventions lourdes, sont encore aujourd'hui consenties à des aménagements anti-érosifs fort coûteux (*cf. Tunisie, Cameroun, etc...*), beaucoup moins efficaces⁶ que les SCV. Il est aujourd'hui fondamental de provoquer cette prise de conscience au plus haut niveau (*préservation dans la démonstration de l'efficacité incontournable des SCV pour la restauration de la fertilité des sols du Sud, au moindre coût*) pour que des exemples d'application à très grande échelle voient rapidement le jour.
- Les justifications majeures en faveur des SCV par rapport à l'agriculture avec travail du sol, peuvent être schématiquement représentées par les figures ci-après, sur sol dégradé en milieu tropical :

⁶ Aménagements qui, même s'ils freinent l'érosion et les externalités, ne permettent en aucun cas de les supprimer et encore moins de restaurer et au moindre coût la fertilité des sols, compatible avec l'exercice d'une agriculture durable, diversifiée et lucrative.

EVOLUTION DE LA FERTILITE

Fig. 1 Travail du sol x engrais

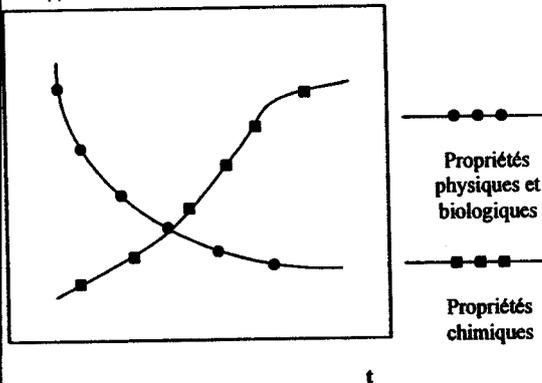
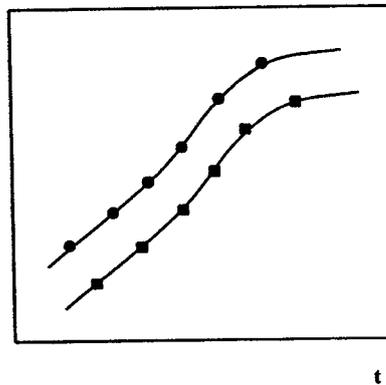


Fig. 2 SCV x engrais



RELATION COÛTS x PRODUCTIVITE (cultures, main d'œuvre)

Fig. 3 Travail du sol

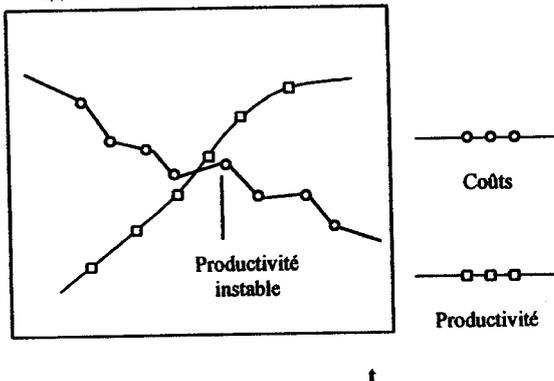
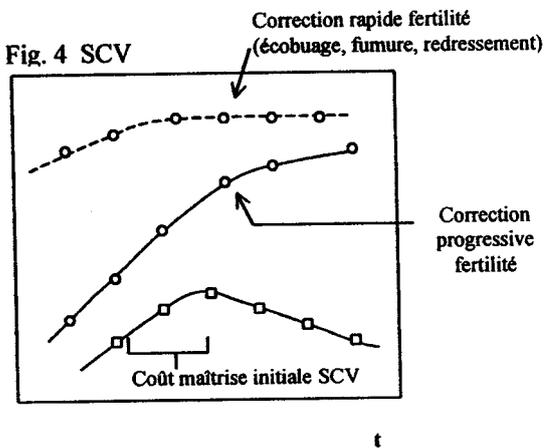


Fig. 4 SCV



L'avantage global des SCV par rapport à tout autre mode de gestion des sols et des cultures (*productivité et stabilité, impacts environnementaux, qualité et coûts de revient des productions*) ne peut que s'accroître dans les années à venir : le CIRAD et ses partenaires du Sud ont en effet engagé des travaux de recherches qui visent la substitution progressive des molécules chimiques minérales par des molécules organiques ; les premiers résultats obtenus au Brésil sont prometteurs : après celle du sol, la gestion des cultures au plus près du biologique qui doit conduire les agriculteurs du Sud vers une véritable agriculture biologique dans un environnement protégé (*ce qui n'est pas le cas de l'agriculture dite « biologique » d'aujourd'hui avec sol travaillé, donc exposé à l'érosion, aux fortes externalités, à la perte de matière organique qui nécessite des apports exogènes coûteux et limités*).

1.2. La riziculture de la pénéplaine des Jarres : aménager ou non ?

- La riziculture asiatique est un modèle millénaire de gestion rationnelle de l'eau et du sol, même lorsque aucun intrant n'est utilisé ; c'est une « culture » puissante, précise et fine, esthétique, qui met toujours le sol parfaitement à plat et gère harmonieusement l'eau en fonction du rythme physiologique du riz.
- Les SCV et les riz poly-aptitudes ont apporté ces dernières années de nouvelles alternatives à cette riziculture ancestrale : plus économes en eau, en main-d'œuvre, elles peuvent s'adapter à toutes les situations de sols, avec ou sans maîtrise de l'eau et se montrent également très productives puisqu'elles intègrent, outre la culture du riz, des cultures fourragères diversifiées et puissantes (*pompes biologiques recycleuses et restructurantes des SCV*) qui permettent de fournir des excédents fourragers importants pour les animaux en saison sèche (*pâturage direct en sol sec, ou fourrage exporté*).
- Outre leur avantage de diversification, leurs économies d'eau et de main-d'œuvre, ces alternatives rizicoles SCV, offrent surtout la possibilité d'utiliser la ressource sol en l'état, sans nécessité de l'aménager, le riz étant cultivé en conditions pluviales ; cet avantage comparatif décisif permet ainsi, grâce à ces alternatives SCV d'envisager une production rizicole de haut niveau même dans les périmètres où les aménagements hydrauliques ont été sérieusement endommagés, voire condamnés, évitant ainsi les réhabilitations forts coûteuses.
- La pénéplaine des Jarres offre un potentiel de plus de 100 000 hectares : faut-il ou non l'aménager ?
Cette pénéplaine est en réalité une mosaïque de surfaces aux formes variées et au relief accentué qui nécessiterait, en cas d'aménagement, des travaux coûteux ; de plus, les sols issus de matériaux d'origine ferrallitique souffrent des mêmes déficiences – carences chimiques, que les sols pluviaux des collines environnantes (*P, K, Ca, Mg, oligos*) et sont naturellement peu fertiles ; la première mise à plat de la rizière, sans séparer au préalable l'horizon organique, entraîne toujours un « troncage » du profil de sol très préjudiciable à la production : les rendements sont compris entre 800 et 1200 kg/ha, malgré un patrimoine exceptionnel de variétés locales très rustiques et souvent aussi bien adaptées à la culture pluviale qu'irriguée.
- Notre objectif est de montrer, le plus rapidement possible, que les alternatives SCV pluviales, sans aménagements, constituent le meilleur choix, le mieux adapté aux ressources financières du Laos. Les travaux de recherche conduits sur les SCV en sols ferrallitiques environnants vont alimenter efficacement ces alternatives SCV rizicoles à l'aval. Plusieurs sites ont été déjà ouverts par le PRONAE, sur couverture végétale naturelle à *Andropogon chinensis*, *Hyparrhenia sp*, *Cymbopogon nardus*, *Imperata sp.*, sur lesquels les performances de la riziculture traditionnelle et des alternatives SCV pluviales, sont comparées dans et hors aménagement traditionnel.

- L'altitude de cette pénélaine des Jarres se situe aux environs de 1000 m, ce qui ouvre des perspectives très intéressantes de diversification, intégrées dans les alternatives SCV :

avoine, avoine + vesce velue, haricot, sarrazin, blé, tournesol et ressources fourragères (*Brachiaria*, *Echinochloa*, *Amaranthus*, *Stylosanthe*, *radis fourrager*), peuvent être cultivés en semis direct, en saison froide, sur l'eau résiduelle des rizières, ou sur l'eau profonde des unités de sols pluviales, non aménagées.

(cf. les recommandations dans le chapitre 2)

1.3. Les sols à fortes potentialités sur colluvions karstiques : un patrimoine fertile, souvent surexploité. Comment restaurer, puis conserver ce potentiel ?

Ces sols situés sur pentes souvent très fortes sont le domaine quasi exclusif de la production de maïs.

Les recrûs forestiers y sont puissants, envahis par les pestes végétales : *Chromolaena odorata*, *Imperata sp.*, *Tithonia diversifolia*, *Borreria alata*, des adventices annuelles très concurrentielles des cultures en fin de cycle : *Bidens pilosa*, *Ageratum conizoides*, *Galinsoga parviflora*, et des graminées pérennes caractéristiques d'un climat humide telle que *Paspalum conjugatum*.

L'altitude de 1100 m (*site de Ban Pakae*), permet d'envisager aussi, tout en maintenant le maïs, culture d'élection des agriculteurs, une très forte diversification des cultures :

avoine, vesce, blé, triticales, tournesol, cultures implantées entre 45 et 60 jours avant la fin des pluies, en intercalaires de maïs, ou en succession de soja

(cf. mes recommandations chapitre 2).

La première priorité, sur ces sols à fortes potentialités, est d'éliminer la très forte pression des adventices et pestes végétales qui peuvent limiter fortement la production des SCV.

Ensuite, la pratique des rotations de cultures, intégrant les espèces fourragères (*genres Brachiaria, Stylosanthes, Panicum, Desmodium, Eleusine coracana*) va permettre de restaurer rapidement le capital matière organique (*souvent dégradé par des années de monoculture de maïs avec travail du sol*) et la vie biologique des sols ; toujours couvertes en SCV, ces unités de sols peuvent produire avec des niveaux de fumure modestes :

- 6 à 9 t/ha de maïs + 1 à 1,5 t/ha d'avoine grain ou de blé, triticales, tournesol, ou encore 0,8 à 1 t/ha de sarrazin, ou 1,2 t de haricot ;
- 4 à 6 t/ha de riz pluvial (*Sebota poly-aptitudes*) ;
- 3 t/ha de soja + 1t/ha *Eleusine coracana* en succession ou 1,5t/ha d'avoine ou blé, triticales ;
- 2 t/ha de haricot avec les mêmes successions ;
- plus, des ressources fourragères diversifiées.

Comme sur les collines acides de Pouhoun et Xoy nafa, des espèces arbustives de rente (*fruitiers : goyaviers, avocats, manguiers, kakis, fruits tempérés*) peuvent et doivent être introduites et implantées sous forme de haies fruitières, qui vont constituer avec les SCV diversifiés agriculture-élevage, de véritables jardins tropicaux (*agriculture fixée, stable et rémunératrice*).

1.4. L'agriculture de « montagne », défriche-brûlis : les systèmes riz pluvial-élevage → Préparer la couverture totale des pentes un an avant la mise en culture :

- Préserver le patrimoine sol originel hérité de la forêt et la biodiversité en général, fixer l'agriculture et briser ainsi le cycle destructeur de défriche-brûlis (*objectifs prioritaires*). Là encore, une identité remarquable avec les riz de tavy sur la côte Est de Madagascar ; le site retenu par le Pronae de Suon Mone est très représentatif de ce type d'agriculture itinérante : 2 à 3 ans de riz après défriche de recrûs ou forêt, puis abandon à la jachère pour une période de 3 à 12 ans, fonction de la densité d'occupation. Les pentes sont très fortes, vertigineuses, très longues (*cf. photos*).
- Le principe de fixation de l'agriculture de montagne repose en premier lieu sur une opération essentielle, préventive, qui vise à couvrir le sol un an avant sa mise en culture par des espèces puissantes qui le recouvrent en totalité (*indice de couverture de 100%*), le courent pour éviter son érosion ; ensuite, la couverture permanente du sol doit être assurée par le jeu des rotations de culture construites sur des associations entre cultures de grains et cultures fourragères fixatrices et régénératrices du sol (*genre Brachiaria, Stylosanthes, Pueraria, Mucuna, etc...*) ; comme sur colluvions de karst, des cultures arbustives de rente (*fruits, autres*) peuvent être implantées dès la 2^{ème} année, grossièrement en courbes de niveau (*jardins tropicaux à ambiance forestière*).
(*cf. mes recommandation au chapitre 2*)
- Comme les « grands ensembles vides » de sols acides, cette agriculture de montagne durable constitue un défi qui dépasse très largement le cadre du seul Laos : Madagascar où nous avons déjà une solide expérience, mais aussi le Vietnam, la Chine... Il faut tout faire pour construire **jusqu'au bout**, des agricultures durables dans ces écologies et disposer ainsi d'un référentiel transférable et adaptable rapidement ailleurs (*niveaux d'échelle convaincants, formation à la hauteur*).
- Dans tous les milieux écologiques, la reconstruction de la fertilité au moindre coût compatible avec la pratique durable d'une agriculture propre dans un environnement protégé est au cœur de nos travaux de recherche sur les SCV : contrôle des externalités, fertilité, résilience, état sanitaire, soit la qualité biologique des sols mais aussi celles des productions et des eaux, sont des thématiques prioritaires depuis déjà 20 ans de l'équipe d'agronomes SCV sur tous les continents et qui doivent rester les bases de la recherche-action de l'UPR1 (*capitaliser, potentialiser les acquis*).

2. Recommandations aux équipes NAFRI/CIRAD pour assurer la progression des SCV en milieux contrôlé et réel

A consulter :

Documents : *Programme technique Pronae 01/01 au 31/12/2004, provinces de Xayaboury et Xieng Khouang – NAFRI/CIRAD – 90 pages + annexes.*

Ces recommandations techniques très largement discutées sur place avec les acteurs sont présentées ci-après de manière très synthétique ; elles doivent permettre de répondre aux enjeux et défis présentés au chapitre 1, dans chaque grand milieu écologique.

2.1. Site de POUHOUM – sols acides sur schistes

a) Terrasse haute de bas fond

- Supprimer Fo (ou laisser une bande de très faible surface → témoin).
- Niveau de fumure minérale :
 - F₁ reconduire en 2005 + oligos éléments (Zn, Mn, Cu, B sur graminées, idem + Mo, Co sur légumineuse)
 - F₂, devient en 2005 : 90N + 60P₂O₅ + 60K₂O (fumure entretien) + oligos
- Dispositif expérimental 2004/2005 :
 - Sur riz → pâturages : *Stylosanthes, Brachiaria, Brachiaria + Cajanus, ...*
 - Sur *Eleusine* et sorgho + légumineuses → Riz pluvial + associations en fin de cycle (45 à 60 jours avant la fin des pluies)
 - - Avoine
 - Avoine + vesce
 - Haricot
 - Blé
 - Sarrazin
 - Radis fourrager
 - *Amaranthe*
 - *Echinochloa*
 - *Brachiaria ruzizensis*.
 - *Brachiaria ruzizensis* + *Cajanus*

Sur chaque niveau de fumure, une collection testée riz complète (inclure les variétés B22, J 951, J 953, S 147, S 182, Primavera, Fofifa 152, 154), avec traitements de semences, herbicide et protection insecticide totale :

Ouvrir une parcelle écobuage (grande si possible : 5000 m²), + F₀, F₁, F₂ → collections testées riz : un par niveau de fumure minérale (cf. annexe « écobuage », fin de rapport).

- **Collection espèces fourragères :**
 - Evaluation de la productivité de matière sèche (*m.s.*) des parties aériennes et racinaires (*floraison*).
 - Il est préférable de faire pâturer qu'exporter les fourrages ; si exportation du fourrage : mesurer les exportations de nutriments dans *m.s.* aérienne (*bilans*)
 - **Coloniser toute la toposéquence, avec des espèces fourragères (plusieurs ha)**
 - F₀, F₁, sur les espèces les moins exigeantes (*Brachiaria*, *Humidicola*, *Stylosanthe guyanensis*).
 - F₁, F₂, sur espèces les plus exigeantes (*Brachiaria ruziziensis*, *B. Brizantha*, *P. maximum*, « *Mulato* », ...).
- Ces espèces fourragères seront installées en bandes (F₀, F₁) dans le sens de la pente, couvrant toute la toposéquence.
- En 2006, en perpendiculaire à ces bandes, et en courbes de niveaux x ⇒ cultures pérennes de pente installées après écobuage x F₁ ou F₂ :
- **Parc à bois :** *acacias mangium*, *auriculiformis* et l'hybride entre ces 2 espèces, *Calliandra C.*, *Acacia heterophylla*, *Gliricidia*, ...
 - **Cultures de pente :** Hévée, café arabica, ...
 - **Cultures fruitières :** manguier, avocatier, kaki, fruitiers tempérés (*pommes*, *pêches*).

- **Sur une partie de cette nouvelle toposéquence :**

Évaluer les associations :

$$\left[\begin{array}{l} \text{Manioc} \\ \text{Ananas} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{Ruzi.} \\ \text{Stylo.} \end{array} \right] \times \text{F}_1, \text{F}_2, \text{F}_0, (\text{écobuage})$$

- Il faut montrer le **potentiel du matériel génétique** en SCV en fonction de chaque niveau de fumure.
- Faire absolument, **une parcelle écobuée (nouvelle parcelle)** en appliquant le savoir faire de l'annexe « écobuage » en fin de rapport : utiliser 2 à 3 variétés type Fofifa 154, S 1141, etc... x F₀, F₁, F₂.

b) Rizières aménagées

- Dès maintenant en saison sèche, construire le support des SCV 2005, en :
 - Réalisant un petit drain au pied des diguettes,
 - En implantant, en semis direct, des cultures de saison sèche et froide : avoine, avoine + vesce, blé. (*Faire un paillage de la surface → paille de riz*).
- En 2005 :
 - Comparer itinéraires traditionnels et SCV sur couverture morte, en installant sur chaque niveau de fumure F₁, F₂, une collection testée complète (*avec témoins locaux intercalés → 2 à 3 variétés locales*), avec semences traitées, herbicide et protection totale contre les insectes ravageurs (*varier les matières actives tous les 15 jours*).
 - Exprimer le potentiel possible SCV x riz poly-aptitudes.

c) Collines

- Les niveaux de fumure deviennent en 2005 :

F₁ : idem 2004 + oligos éléments

F₂ : 90N + 60P₂O₅ + 60K₂O + oligos

F₃ : 90N + 30P₂O₅ + 30K₂O + oligos

F₀ : réduire au minimum la surface de ce traitement.

- Le système « BARREIRAO » devient, en 2005 :

1/3

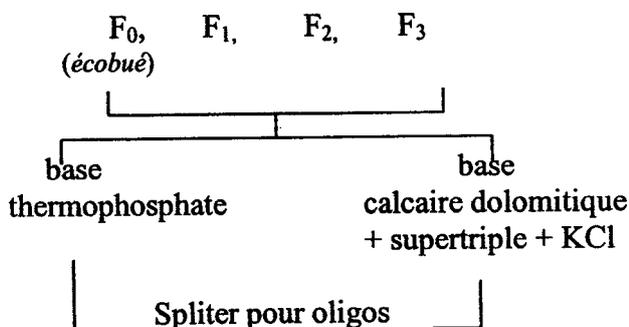
riz
soja
maïs

 → dessécher un mois avant semis, appliquer NK au dessèchement et N fort (20-30 N/ha) au semis direct du riz, maïs soja inoculé.

1/3 Pâturage continu → sera mis en culture après 2 ans.

1/3 Pâturage continu → sera mis en culture après 3 ans.

- Ouvrir une nouvelle thématique « fertilisation minérale », pour élargir les choix possibles (*décideurs, agriculteurs*) aux plans efficacité et économie.



Conduire cette nouvelle thématique sur la rotation suivante :

Année 1

½ *Stylosanthe guyanensis*

½ *P. maximum*



Année 2

Riz pluvial

+ (avoine + vesce) en fin de cycle des pluies (45 à 60 jours avant la fin des pluies)

2.2. Site de XOY NAFA

- Au plan pédologique, cette unité de sol est la même que celle de Pouhoum ; il n'est donc pas nécessaire (*pour comprendre, expliquer*) de reproduire l'ensemble des opérations et actions de recherches de Pouhoum.

- Ce site devrait être plutôt consacré à :

- Faire des démonstrations sur les meilleurs SCV de Pouhoum,
- Multiplier des semences,
- Faire de la formation sur la reproductibilité des SCV entre Pouhoum et Xoy nafa.

- Le système « BARREIRAÔ », après 1 an de *Brachiaria ruziziensis*, devient :

Collections testée

Riz	x	F ₁ , F ₂
Soja		
Maïs		

→ Ouvrir une parcelle écobuage sur F₀ : collection testée riz x F₁, F₂, F₃

- Dans les rizières :**

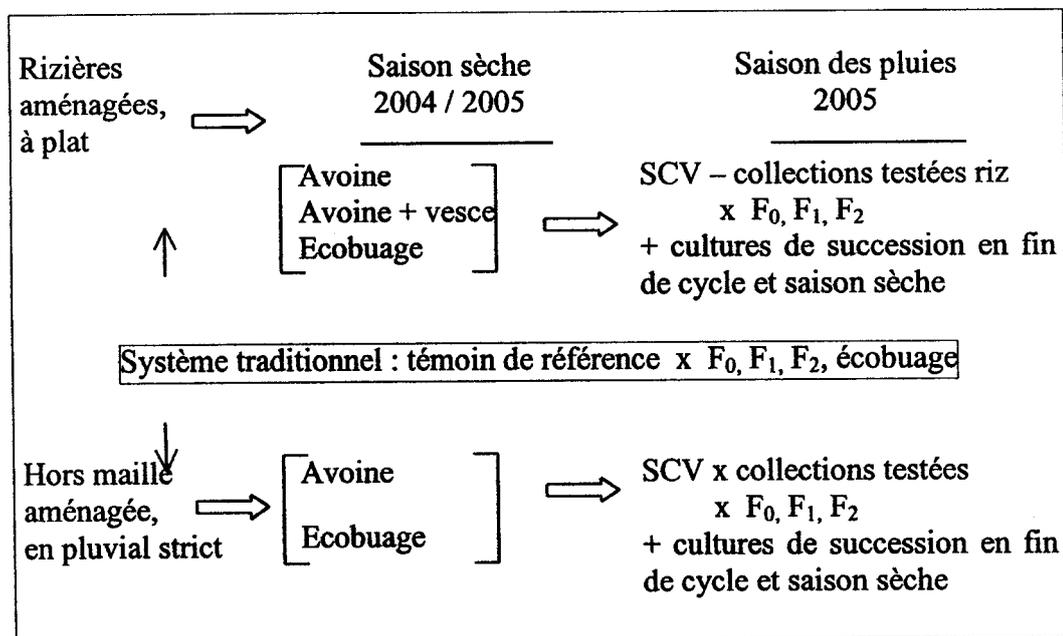
- Comparer les itinéraires riz des agriculteurs (*repiquage, conduite de l'eau, niveau intrants, etc...*) avec les SCV, dans les parcelles aménagées par les agriculteurs et hors maille aménagées, en pluvial strict.

- Pour installer des SCV performants en 2005, installer dès maintenant, dans les rizières, des couvertures d'avoine, avoine + vesce (*cf. Pouhoum*).

- Installer également, en 2005, 2 parcelles écobuées :

- une dans l'aménagement paysan,
- une hors maille aménagée, en pluvial strict ; sur ces parcelles écobuées x F₀, F₁, F₂, installer des collections testées Riz, qui recevront des intercalaires (*pluvial*) ou des successions de culture 45 à 60 jours avant la fin des pluies (*utilisation des réserves d'eau profonde du sol → exploiter plus efficacement toute l'offre hydrique disponible et accessible aux SCV*).

En résumé, l'ensemble des actions de recherche est exposé dans le tableau ci-après.



2.3. Site de BAN PAKE – sols sur colluvions de Karst et Schistes

- Priorités :
 - supprimer la pression forte des adventices + pestes végétales (*Karst*)
 - redresser la fertilité sur schistes (*MO, structure, chimie*)
- Systèmes SCV (*avec maïs comme culture principale traditionnelle*)

	Année 1		Année 2	
1	<p>Association 25-30 JAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maïs + <i>Brach. Ruzi.</i> <i>Brach. Ruzi.</i> + <i>Cajanus</i> interligne alterné 	→	<p>Herbicides</p> <p>Implantation semis direct :</p> <p>Glyphosate + 2-4 D + gramoxone séquentiel + herbicide pré . Atrazine + métalachlore . Atrazine + pendiméthaline ou herbicide post-précoce . Atrazine + simazine</p>	<p>Association en Fin de cycle des pluies (45 à 60 jours avant la fin des pluies)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maïs → + Avoine Avoine + vesce Blé Sarrazin ou / et <i>Brach. Ruzi.</i> <i>Brach. Ruzi.</i> + <i>Cajanus</i> ↓ 25-30 JAS (idem année 1) • Riz + Avoine Avoine + vesce <i>Centrosema pascuorum</i> → 45 à jours avant fin de pluie
2	<ul style="list-style-type: none"> • Maïs + <i>Stylo. g.</i> (semis simultané) 	+	<p>Implantation : Idem 1)</p> <p>herbicide Pré : Alachlore</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Maïs ou • Riz <p>sur couverture morte <i>Stylo.</i></p>
3	<ul style="list-style-type: none"> • Maïs sur couverture vivante <ul style="list-style-type: none"> - <i>Centrosema P.</i> - <i>Desmodium i.</i> - <i>Arachis p.</i> 	→	<p>Semis simultané Idem 2)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Maïs → <p>continu</p> <p>Gestion couverture vive (<i>fluroxipyr, postprécoce</i> ou <i>paraquat + atrazine</i>)</p>

Dans ces systèmes SCV, l'objectif est de supprimer la compétition des adventices dans les 30 premiers jours de culture, en première année, et/ou, installer en fin de cycle des pluies

(entre 45 et 60 jours avant la fin des pluies), des cultures intercalaires (*inter-rang maïs*) qui vont substituer les adventices actuelles de fin de cycle (*Bidens, Ageratum, Galinsoga*) ; la date d'implantation de ces cultures intercalaires (*pompes biologiques de fin de cycle et saison sèche*) est déterminée par l'émergence de ces adventices lorsque la lumière pénètre de nouveau jusqu'au sol (*indicateur précieux pour déclencher le semis des intercalaires*).

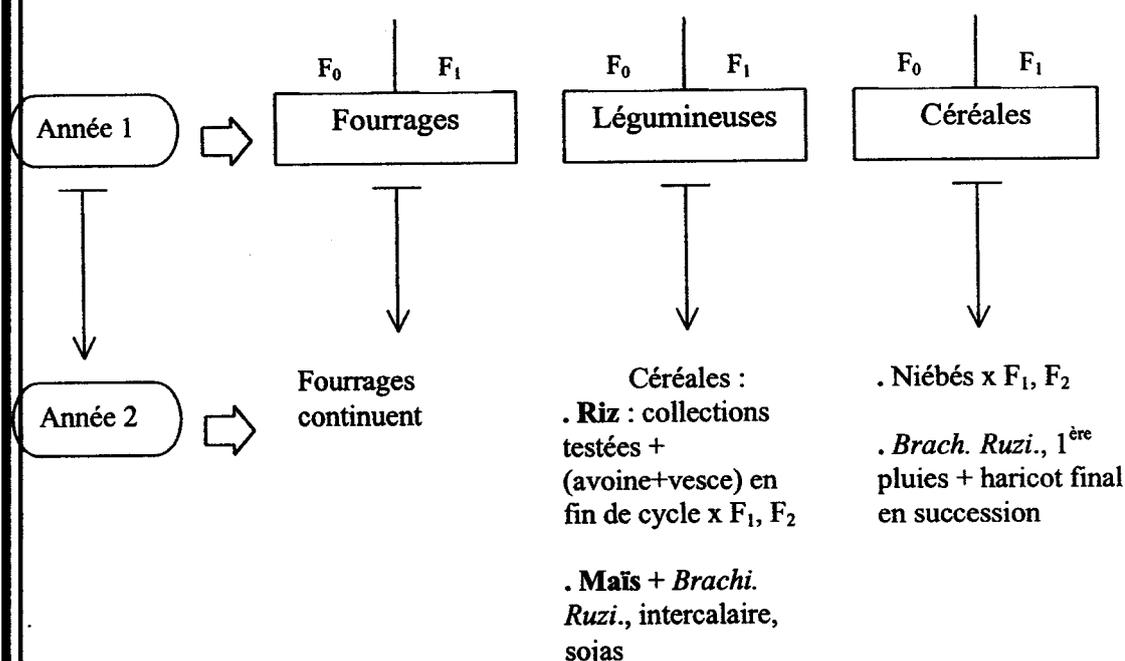
Il est important d'introduire, pour les SCV de ces zones d'altitude : le *Kikuyu whittet*, les 2 espèces de *Desmodium*, la luzerne super 7, du catalogue de « héritage seeds » (Australie).

- Sur les sols très dégradés sur schistes, qui nécessitent une reconstruction de leur fertilité (*MO, activité biologique*) utiliser les recommandations faites pour les sites de Pouhoum et Xoy Nafa.

2.4. Site de BAN LE – sols argileux dégradés sur grès (+ 600 m)

S'inspirer des recommandations faites pour les sites de Pouhoum et Xoy Nafa.

Le plan des rotations en SCV devient :



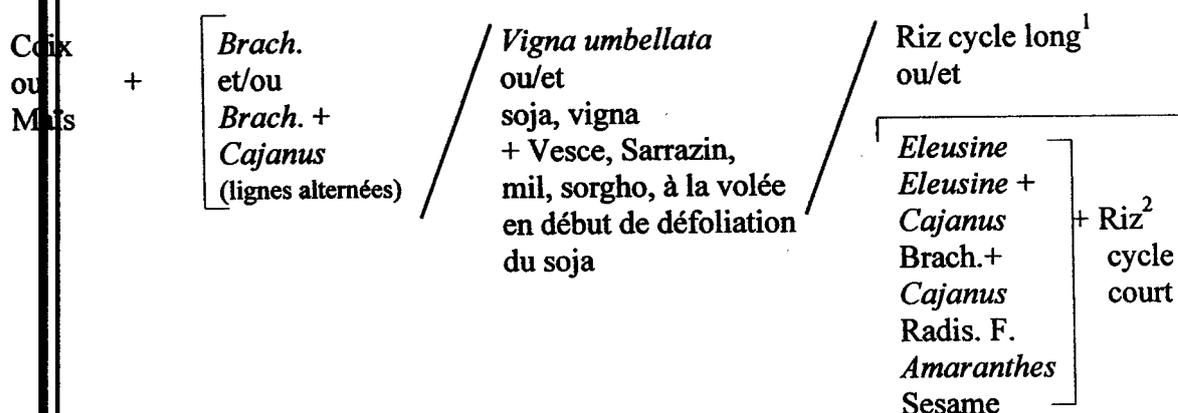
- Ouvrir de nouvelles parcelles : maïs et riz x écobuage x F₁, F₂, F₃.

- Collection testée Riz x F₁, F₂, F₃ + [Avoine + vesce (15/08)
Haricot (15-20/08)
- Maïs + [*Brachiaria Ruziziensis*
Brachiaria Ruziziensis + *Cajanus* (Alternés)] x F₀, F₁, F₂

Utiliser les herbicides → expression du potentiel.

2.5. Propositions pour la zone de SAYABOURI

- Actuellement, les travaux de recherches sur les SCV et leur pré-diffusion en milieu réel, portent sur la rotation triennale : COIX / Vigna umbellata / RIZ
- Notre proposition consiste à étoffer cette rotation par un choix raisonné des plantes de couverture de renfort qui doivent booster la productivité du système SCV, minimiser ses impacts sur la ressource sol.
- Le nouveau système SCV renforcé à comparer au système SCV original, est le suivant :



1. *Sebota* 265 et locaux, *Lajeado*.

2. *Sebota* 68, 69, 70, B22, *Primavera*, *Fofifa* 152, 154, J951, J953.

2.6. Site de SUON MONE – systèmes Riz pluvial-élevage en zone montagneuse

- Dans la région Nord de la province, en zone de forêts et recrûs forestiers, les sols ferrallitiques sur schistes et grès sur très fortes et très longues pentes sont les plus exposés à l'érosion ; le système de production est celui, bien connu sur tous les continents, de défriche-brûlis, très fort consommateur de ressources naturelles et de biodiversité.
- Comme nous l'avons déjà abordé à Madagascar, pour les riz de tavy de la côte est, la fixation possible d'une agriculture durable et diversifiée passe par :

- 1) La protection totale de la ressource sol par des plantes de couverture appropriées (*effets écran en surface, sol cousu et fonctions régénératrices M.O. et structure*), 1 an avant la mise en culture de riz, en SCV.
- 2) Ensuite, la mise en culture continue est subordonnée à l'implantation de biomasses fourragères en fin de cycle des pluies (ou au début : cas de *Centrosema pascuorum*, *Stylosanthes guyanensis*) qui permettent :
 - De prendre le relais de couverture du sol pendant la saison sèche,

- D'offrir simultanément des ressources fourragères de valeur en saison sèche, qui peuvent être pâturées (*ou laissées sur place → Régénération rapide de la fertilité*) sans risque d'impact négatif sur les propriétés physiques du sol (*sol sec*).
- Ces espèces fourragères fixatrices du sol et régénératrices de sa fertilité, sont laissées ensuite 1 an pour exercer leur fonctions de régénération et protection du sol, le contrôle naturel des adventices ; la moitié de la surface est alors cultivée en riz (*ou maïs, soja lorsque le niveau de fertilité remonte*) tous les ans, mais doit offrir une forte productivité, supérieure à celle de la surface totale d'aujourd'hui dans les systèmes traditionnels. Cf. schéma ci-après.

SITE SUON MONE (Riz de montagne)

(*) 2-3 ans Riz après recrûs, puis abandon à la jachère (3-12 ans)

3 SCENARIOS PRINCIPAUX

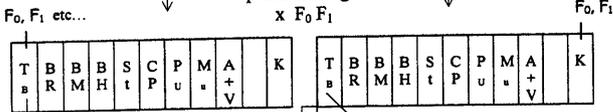
I Principe de précaution :

Préservation anticipée ressource sol,
Régénération fertilité,
Contrôle externalités, adventices

Recrû, jachère
Année qui précède culture riz

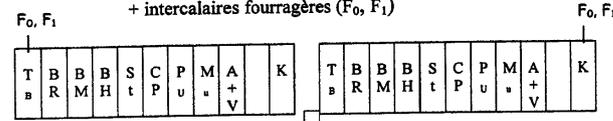
Brûlis Débroussaillage

Espèces fourragères
x F₀ F₁



Année 2 :

. Riz + intercalaire sur couverture morte + T (Témoin)
. Lég. sur Kikuyu (couv. vive) : Soja (15/07) haricot (15/08)
. Itinéraire Riz avec herbicides
Riz + V. locales
Collection *Sebota*
+ intercalaires fourragères (F₀, F₁)



Année 3 :

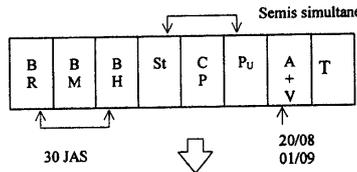
Chaque parcelle fourragère (F₀, F₁) est subdivisée en 2

½ riz + fourragère Fourragère

Année 4 : Inverser, etc...

II Riz de première année, paysan, scénario paysan en marche, après brûlis jachère

Année 1 : Riz + intercalaire



Année 2 :

Chaque parcelle fourragère (F₀, F₁) est subdivisée en 2

½ Riz + Fourragère intercalaire ½ Fourragère 1 an

→ (exceptée A+V → continue)

Année 3 :

(inverser)

Fourragère 1 an Riz + Fourragère

Etc...

(exceptée A+V → continue)

(*) Possibilité incorporer maïs, soja année 3 + cultures fruitières (goyave, avocat, kaki,...)
→ JARDINS TROPICAUX

III Scénario abandon à la jachère

Année 1
Abandon Manioc

Manioc + *Brachiaria Ruzi.*
Mulato
Humidicola

Manioc + *Stylosanthes guyanensis*

Année 2 :

½ Riz + Fourragère intercalaire ½ Fourragère

½ Riz + Fourragère intercalaire ½ Fourragère

Année 3 :

Fourragère Riz + Fourragère

Fourragère Riz + Fourragère

Année 4 :

Riz + Fourragère Fourragère

Riz + Fourragère Fourragère

Légende : BR : *Brachiaria ruziensis* ; BH : *Brachiaria humidicola* ; BM : *Mulato* ; St : *Stylosanthes guyanensis* ; P_u : *Puéraria* ; M_u : *Mucuna* ; CP : *Centro. Pasc.* ; K :

2.7. *Recommandations générales*

- L'exercice rigoureux de notre métier d'agronome, exige que l'on soit capable à la fois : de créer l'innovation SCV, de la maîtriser avec les acteurs, d'expliquer, comprendre ses impacts agronomiques et socio-économiques, de former les acteurs par l'exemple et la démonstration reproductible.
- Dès que l'on a compris comment fonctionnent les SCV (*multifonctions*) leur pratiques s'apparente à un jeu de « legos » qui permet d'enrichir considérablement et rapidement l'offre technologique, mais aussi de compliquer la maîtrise de l'offre, sa reproductibilité.
- Compte tenu du nombre de scénarii en croissance rapide, il est fondamental de préserver un espace permanent et conséquent sur tous les sites expérimentaux (*de 5000 m² à 1 ha*) pour travailler cette diversification, l'ajuster : c'est l'espace « cuisine » où s'élabore les recettes et leur reproductibilité ; une fois cet ajustement réalisé (*calage de cycles culturaux en culture pure, en associations, tests de matières actives, etc...*), les itinéraires et systèmes SCV peuvent passer à une échelle d'application et de démonstration supérieures : ce sont les composantes de la matrice de « l'offre technologique » SCV, élaborée pour, avec et chez les agriculteurs.
- Il est très important, pour toujours comprendre, analyser, hiérarchiser le poids des composantes des systèmes (*sols, cultures, ...*), au fur et à mesure du processus de fixation de l'agriculture, de ménager dans les grandes parcelles « systèmes de culture », une surface où tous les facteurs sont totalement contrôlés (*notre compétence*) ; par exemple, les scénarii contrôle des adventices doivent passer par les techniques « sarclages manuels x herbicides », celui des insectes ravageurs par « protection totale x sans protection » ; ce sont ces modes de gestion techniques différenciés, qui permettent d'évaluer, hiérarchiser le poids des ennemis des cultures, et de former, convaincre les acteurs.
- Dans les matrices « systèmes SCV x traditionnels » il est donc nécessaire de toujours maintenir une partie significative (*en surface*) où tous les facteurs sont rigoureusement contrôlés dans l'état actuel de nos connaissances et de notre niveau de maîtrise (*la moitié par exemple de la surface de chaque système SCV doit donc comporter : traitement de semences, herbicides, insecticides, ...*).
- L'exercice de « séduction » et de conviction des acteurs, passe d'abord par la construction de systèmes les plus performants possibles au plan de la productivité sans limitation d'intrants et ensuite, consiste à retirer de ce potentiel montré et reproduit, les intrants les moins limitants : tenter de conserver le potentiel exprimé, au coût le plus bas possible.

L'évaluation et l'analyse du fonctionnement agronomique comparé des systèmes de culture, de leurs impacts sur les sols, les productions, les eaux, est au cœur de notre exercice de recherche-action : le chapitre 2 de ce rapport, aborde de manière très synthétique les méthodes, outils et indicateurs existants ou/et à développer pour perfectionner notre démarche scientifique.

Enfin, à noter, la production de documents de base scientifiques qui illustre les méthodes de travail relatives au continuum « diagnostic-crédation/diffusion-formation » et les principaux résultats obtenus sur 4 ans au Laos :

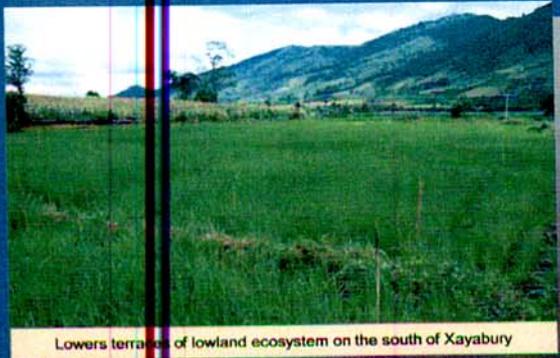
- 1) Diagnostic agro-socio-économique de la zone d'intervention du projet Pronae-Province de Xieng Khouang. 15/09/2004 – 121p. + annexes.
- 2) Caractérisation des systèmes de production dans 4 villages des 3 districts du sud de la Province de Sayabouri-Pronae. Octobre 2004 – 26p. + annexes.
- 3) Document programme technique Pronae. 01/01 au 31/12/2004, Provinces de Savabouri et de Xieng Khouang – NAFRI/CIRAD – 90p. + annexes.
- 4) 8 posters et 4 articles scientifiques – 2004.

Posters des résultats de recherches sur les SCV au Laos

Comparison of conventional and direct seeding techniques on lowland ecosystem

Southern Xayabury – Lao PDR

Tivet, F.; Tran Quoc, H.;
Senephansiri, S.; Phonekhampheng, C.;
Khamxaykay, C.; Chantharath, B.;
Panyasiri, K.; Julien, P.; Séguy L.



Lower terrace of lowland ecosystem on the south of Xayabury

Context

Local glutinous rice cultivars for the rainfed lowland ecosystem have been recently replaced by improved cultivars from Thailand (RD6, RD 10) and Laos (NRRP, NAFRI-ARC/IRRI¹, cv. TDK 1, TDK 3). These varieties are photoperiodic non sensitive with medium crop duration (150 days) and higher yields. However, because of the lack or erratic rainfall in June and July, large uppers terraces areas can not be used as usual, the lack of water not allowing rice transplanting.

Objective

The present study, conducted during the rainy season 2002, analyses agro-economic components of conventional transplanting and direct seeded rice on lowland ecosystem (lower and upper terrace). Direct seeded rice varieties, on weeds and rice residues, have been tested on uppers terraces where no conventional rice system could be performed.

Methods

The experiments involved genetically contrasting cultivars : BSL 2000 and 8 FA 281-2, indica* japonica crosses, growing in irrigated, lowland and upland ecosystems, selected by Séguy and Bouzinac (CIRAD and Agronorte, Brazil)² ; TDK 1 and TSN 1 grown in irrigated and lowland ecosystems selected at the ARC and a traditional cultivar, photoperiod sensitive, Khao Deng from Kenthao district adapted to lowland ecosystem. In the lowers terraces, TDK 1, TSN 1 and Khao Deng were transplanted on 26 of June, after 30 days in nursery, in a randomised block design with four replicates of 50 m² large. BSL 2000 and 8FA 281-2 were sown later (31th of July) on uppers terraces after pre-sowing herbicide application (3l.ha⁻¹ of glyphosate + 1.5l.ha⁻¹ of 2.4-D) on four randomised plots of 96 m² each. After sowing 100 kg.ha⁻¹ of urea was widespread on each plot.

Agro-economic results on conventional and direct seeded rice on lowland ecosystem

Operations	U.C. (USD)	Qty (kg or l.ha ⁻¹)	Direct seeding on upper terrace		Conventional transplanting on lower terrace		
			BSL 2000	8 FA 281-2	TSN 1	TDK 1	Khao deng
1. Inputs							
1.1. Paddy field preparation nursery, lower terrace herbicide	75	1	21	21	75	75	75
1.2. Seeds	0.20	80	16	16	16	16	16
1.3. Fertiliser 45-00-00	0.23	100	23	23			
Total inputs (USD)			60	60	91	91	91
2. Labor (day.ha⁻¹)							
herbicide application		4	4	4			
nursery establishment		8			8	8	8
sowing		30	30	30			
withdrawing and transplanting		54			54	54	54
weeding and sowing			30	30	16	16	16
harvesting			14	21	22	18	23
treshing			16	22	25	23	21
Total Labor (day.ha⁻¹)			94	107	125	119	122
3. Yield (kg/ha)							
			2420	3460	4630	4780	3860
4. Gross income (USD)							
			199	310	404	418	322
5. Income per day (USD)							
			2.1	2.9	3.2	3.5	2.6

On uppers terraces where no rice system can be performed this season, BSL 2000 and 8 FA 281-2 showed good yields and incomes per day. Previous data and evaluation indicated that these cultivars can exhibit considerable phenotypic plasticity in different environments.

Inputs and labor of direct seeding techniques are reduced and improvements could be performed. It will be suitable to introduce, before rice harvesting, some cover crops (legumes or cereal) to feed animals and to reduce weeds pressure. Use of hand seeder on vegetal cover will reduce consequently sowing labor.



¹NRRP : National Rice Research Program ; NAFRI-ARC / IRRI : National Agriculture and Forestry Research Center - Agriculture Research Center / International Rice Research Institute ; ² CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

National Program of Agroecology

PO Box 811, MAF-NAFRI, PDR Lao. Emails: naep@yahoo.com, ciradca@laotel.com. Tel: 021.77.00.93

Validation of alternatives cropping systems based on no-tillage and crop residues management

Southern Xayabury. Lao PDR

Tivet, F; Tran Quoc, H; Khamxaykhai, C; Chounlamounry, T; Chanthaphoumy, B; Chaykhouang, S; Khonethong, K; Phaypadith, K; Phonekhanpeng, C; Sathavanh, B; Senephansiri, S



Erosion and weed pressure after ploughing of a maize crop

Context and objectives

In relation with high production costs of the conventional land preparation (ploughing), soil fertility regular decreasing and yield drops, farmers are shifting from ploughing to herbicide use, sprayed before or after crops emergence.

Crop residues and mulch of weeds are usually burned before ploughing or herbicide application, increasing mineral elements losses and soil erosion.

Farmers groups, including a total of 53 families and 22 ha, were associated on 8 different landscape units of Kenthao, Paklay and Botene districts in order to validate technical alternatives to limit rainfed areas degradation. Direct seeding systems on former crop residues are carried out for maize, Job's tears (*Coix lacryma Jobi*) and rice-bean (*Vigna umbellata*) crops.

Materials and Methods

At the beginning of the raining season, systemic herbicides (3 L/ha of glyphosate + 1.5 L/ha of 2,4-D, solution pH of 3) are applied to control existing weeds. Ten days after spraying, crops are sown using a hand-jab planter.

Some cash crops, as Job's tears or rice-bean crops, are really interesting since they assure a good cover of the soil (during their crop cycle), produce a high biomass and compete fiercely with weeds.

Agro-economical data (as labour requirements, work painfulness, yields, production costs) are followed. The table below presents average results based on 5 elementary plots of 1000 m² for each treatment (ploughing, DMC F0 and DMC F1). This validation step was conducted in Paklay district on clay soils.

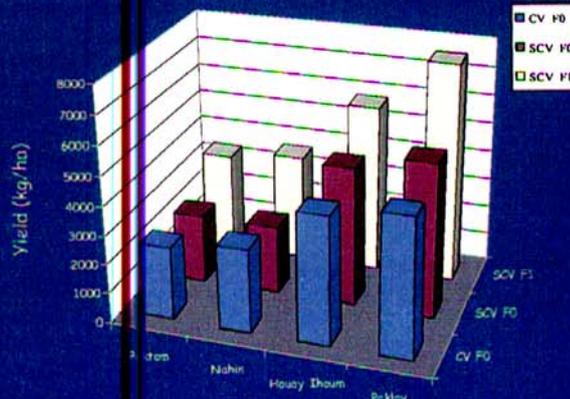


Results

Without mineral fertilisation, yields are significantly higher with direct-seeding on crop residues system. Net income and work productivity are also increased. The same kind of results were found in all the different situations tested in Paklay district. In average, without mineral fertilisation, work productivity increases of 93%.

Paklay district	DMC F0	DMC F1	CV F0
Labour (md/ha)	67	70	89
Dry grain yield (kg/ha)	5315	7600	4746
Production costs (USD/ha)	88	191	124
Net income (USD/ha)	241	279	169
Work productivity (USD/md)	3.6	4.0	1.9

F0 = no fertilizer - F1 = 400 kg/ha of 16-20-0
DMC = Direct-seeding Mulch based Cropping systems
CV = Conventional system



Grain yields variations for maize crop are important according to landscape and soil units. Such differences reflect the different levels of environment degradation.

In the South of Paklay district and along the Nam Heuang river (Houay Ithoum), which are recent areas of maize production, yields usually reach 5 t/ha without mineral fertilisation. In these areas, yields are generally higher when crop residues are preserved. Mineral fertilizers can also be valorised by the use of hybrid F1 varieties.

On the opposite side, and independently of land preparation, yield drops occur in the most degraded areas (Paktom, Nahin). Yields levels associated to high production costs do not allow the use of hybrid F1 varieties.



National Program of Agroecology

PO Box 811, MAF-NAFRI, PDR Lao. Emails: naep@yahoo.com, ciradca@laotel.com. Tel: 021.77.00.93

Implementing direct seeding techniques for the rainfed upland rice

Southern Xayabury – Lao PDR

Tivet, F; Tran Quoc, H;
Khamxaykhay, C; Chantharath, B;
Panyasiri, K; Julien, P; Seguy L



Slash and burn preparation for upland rice system

Main characteristics of upland rice system on the south of Xayabury

Upland ecosystem accounted for about 35% of the area (12 000 ha) and 21% of the production (19 500 t); lowland and irrigated ecosystems accounted for a further 65% and 79% of the area and production, respectively¹ (22 000 ha, 75 000 t).

Sowing occurred from mid of May to end of June using traditional cultivars, photoperiod sensitive and highly weed competitive (large leaves and high tillering ability).

Land preparation is mainly based on slash and burn, pre-sowing herbicide application after burning and in some cases ploughing on steep slope. Increasing weeds pressure, decreasing soil fertility and erratic rainfall are the main constraints of the upland rice systems where no particular crop rotation is followed.

Objective

Implementing direct seeding techniques and rotations with cash crops for the upland rice system. Two systems of direct-seeded rice were conducted : i) on former crop residues, ii) on former crop residues and cover crop (*Brachiaria ruziziensis*).

Methods

In 2002, direct seeded rice was conducted on three former crops and one cover crop (*Brachiaria ruziziensis*).

During the wet season 2001, *B. ruziziensis* (cv. ruzi) was broadcasted (15 kg.ha⁻¹) before weeding on Job's tears and maize crops. An association of maize and rice-bean (*Vigna umbellata*) provided the third system.

At the beginning of the wet season 2002, *B. ruziziensis* has been controlled by pre-sowing herbicide (3l.ha⁻¹ of glyphosate + 1.5l.ha⁻¹ of 2.4-D). Khao Pee Savanh, a traditional local cultivar was sown on 14 of June two weeks after herbicide application; each plot was 350 m² large.



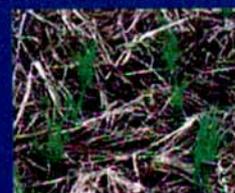
Plot with Job's tears straws and *Brachiaria ruziziensis* (cover crop) before herbicide application

Results of direct seeding upland rice

Operations	Rice system - Wet season 2002			
	2001 Former crop Cover crop	Maize and rice-bean	Job's tears <i>B. ruziziensis</i>	Maize <i>B. ruziziensis</i>
1. Inputs				
1.1. Field preparation herbicide		22	22	22
1.2. Seeds		12	12	12
Total inputs (USD)		34	34	34
2. Labor (day/ha)				
herbicide application		4	4	4
sowing		27	36	42
weeding		29	30	39
harvesting		15	17	10
treshing		16	15	11
Total Labor (day/ha)		91	105	106
3. Yield (kg/ha)		2250	2625	1500
4. Gross income (USD)		207	247	127
5. Income per ha (USD)		2.3	2.4	1.2

Higher yield and income per day of rice crop are obtained with Job's tears + ruzi and maize + rice-bean mulch.

These differences can be interpreted as a cause of apparent systems differences in soil structure, fertility and weeds control.



Direct seeded rice on ruzi mulch

Previous studies showed that higher yields of cash crops (peanut and sesame) were obtained with Job's tears former crop.

Triennial crop sequence with, Job's tears, rice-bean and upland rice, must be evaluated. Root system of Job's tears can replace mechanical ploughing by biological improvement of soil structure. On the other hand, former rice-bean crop improved soil fertility and weeds control for upland rice production.

Lao National Park Research Program and Lao-IRRI Project, 1999 Research highlights



National Program of Agroecology

PO Box 811, MAF-NAFRI, PDR Lao. Emails: naep@yahoo.com, ciradca@laotel.com. Tel: 021.77.00.93

Methodological approach for agro-socio-economic diagnosis realisation

Experience of the National Program of Agroecology
Xiang Khouang Province - North Laos

P. Lienhard, G. Dangé, M.P. Talon, T. Sosomphou,
S. Syphanravong, S. Sayphoummie, T. Yindalath

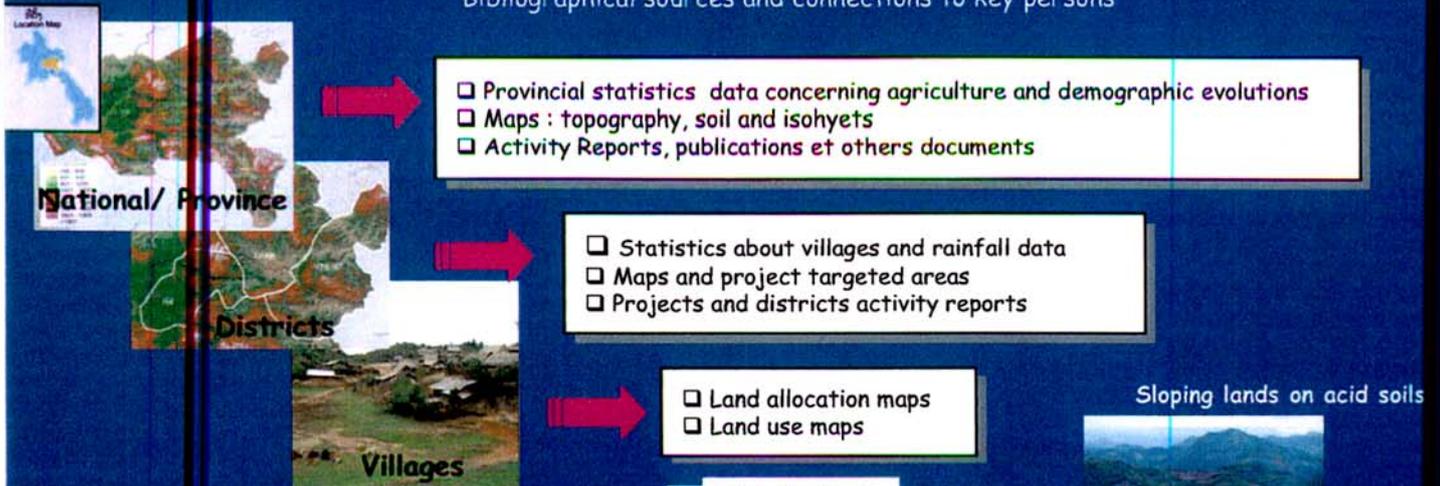
PRONAE Xleng-Khouang, PO Box 1181/A,
Phonsavanh, PDR Lao

Numerous past experiments have shown that the success of technical innovations adoption by farmers strongly depends on the diagnosis quality. However, mountainous areas are characterized by a rapid change, in few kilometres, of all ecological, social and economical parameters. Therefore, a high diversity of land use strategies can be observed. These strategies are usually complex and not so easy to understand...

The 4 stages carried out by the project...

✓ 1- Collecting data: how to valorise existing knowledge?

Bibliographical sources and connections to key persons

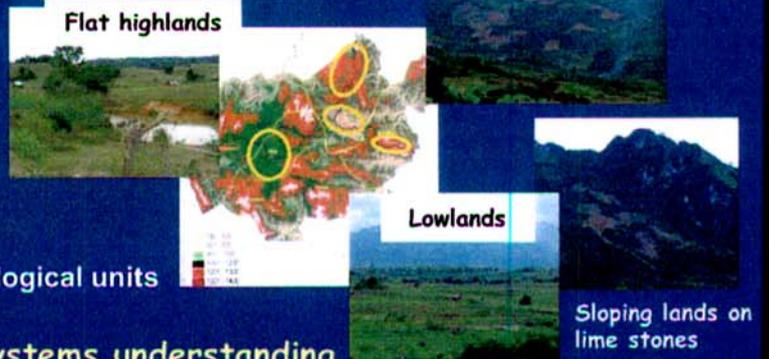


✓ 2- Observing environment diversity

Landscape units identification and description through topographic cross-sections realisations

- Landscape, soils and land use diversity
- Villages accessibility

4 different agro-ecological units



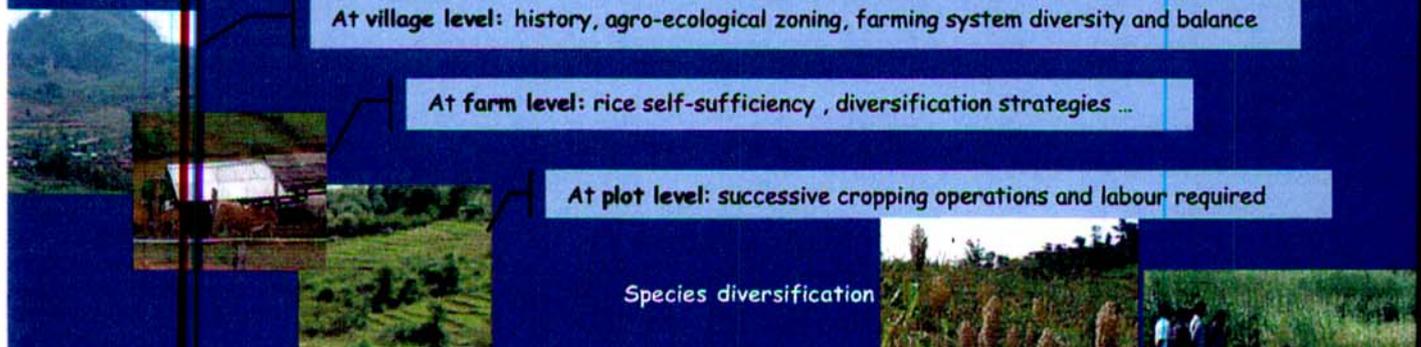
✓ 3- Knowledge Deepening / Farming systems understanding

Quantitative and qualitative surveys are realised on targeted farmers groups sampled with project partners (district agricultural services, village council) and based on hypothesis related to the 2 first stages analysis.

At village level: history, agro-ecological zoning, farming system diversity and balance

At farm level: rice self-sufficiency , diversification strategies ...

At plot level: successive cropping operations and labour required



✓ 4- Implementing Trials to complete the diagnosis

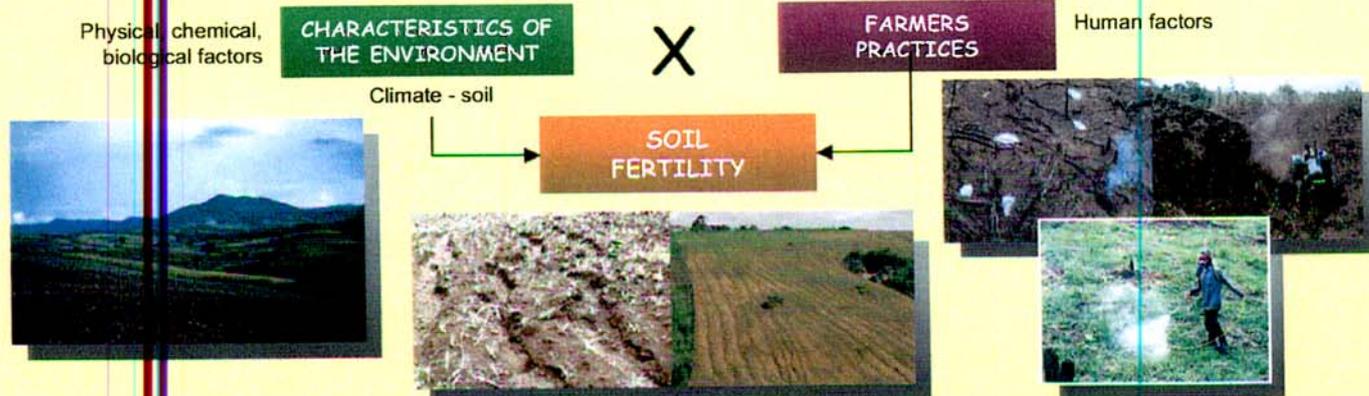
Simple trials are implemented with farmers and on farmers fields in order to evaluate soil and species potentialities and discuss about their main cropping constraints.



Crop residues management : a way to reduce mineral elements losses ...and to save money

Tran Quoc, H; Lienhard, P;
Tivet, F; Khamxaykay, C;
Sosomphou, T; Chantharath, B;
Panyasiri, K; Julien, P

• NOTION OF FERTILITY



• WHAT IS EXPORTED WHEN HARVESTING?

Kg/ton of harvested dry seeds		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Seed	maize	18 to 21	6 to 8	5 to 6
	upland rice	17	4	5
	Vigna	37	4	22
Straw	maize	8 to 17	4 to 5	10 to 20
	upland rice	20	3	27
	Vigna	65	5	71
Seed + straw	maize	26 to 38	10 to 13	15 to 26
	upland rice	37	7	32
	Vigna	102	9	93

Source : "Les grandes productions vegetales", SOLTNER, 1999
"Seja o colar do seu arroz", FAGERIA et al., 1995

• WHAT IS LOST WHEN BURNING CROP RESIDUES?

Mineral elements contained in cereal straws represent in average 2/5 of the total biomass produced above the soil for nitrogen and phosphorus, and more than 4/5 for potassium.

• HOW MUCH DO EXPORTATIONS COST?

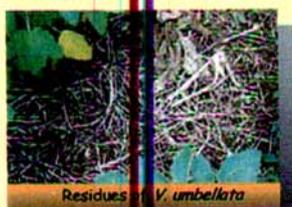
Maize crop: Data corresponding to a yield of 4 tons of dry seeds/ha

Elements	N (kg)	P ₂ O ₅ (kg)	K ₂ O (kg)
Seed	72	24	20
Straw	32	20	40
Seed + Straw	104	44	60

Mineral fertilization is supposed to balance mineral elements losses related to seeds exportation and straws burning. Burning cost is estimated to 50 USD/ha in term of fertilizer loss for a yield of 4 tons/ha. Calculated data do not consider restitution from burning (ashes production) and neither animal restitutions related to free grazing during the dry season and animal dejections.

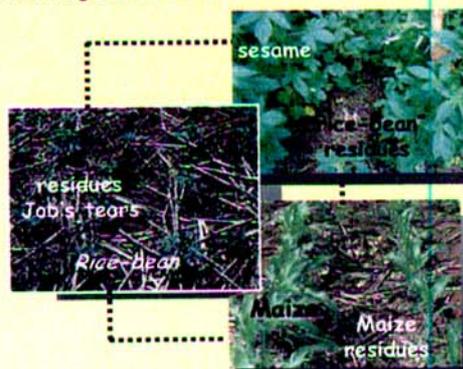
• HOW TO MAINTAIN SOIL FERTILITY ?

- By creating a friendly environment for crops, integrating :
 - improvement of soil biological life ;
 - accumulations of organic matter in order to improve soil structure and mineral reserves ;
 - reduction of soil erosion ;
 - a better management of water resources.
- By providing nutritious elements for crops in order to maintain a positive mineral balance in the soil :
 - to reduce nutritious elements losses (erosion, lixiviation) ;
 - to optimize the providing of mineral and organic fertilizers.



• MANAGEMENT OF CROP RESIDUES THROUGH DIRECT SEEDING PRACTICES

In the South of Xayabury province, Job's tears (*Coix lacryma Jobi*) and rice-bean (*Vigna umbellata*) are interesting former crops. Indeed biomasses of their residues are high, respectively 6 to 12 t DM/ha and 3 to 6 t DM/ha. Moreover, the degradation of these residues is relatively slow, due to a high rate of lignin in the straw allowing soil protection, reduction of both evaporation and weeds pressure.



National Program of Agroecology

PO Box 811, MAF-NAFRI, PDR Lao. Emails: naep@yahoo.com, ciradca@laotel.com. Tel: 021.77.00.93

Agro-ecology approach in southern Xayabury – Lao PDR

Direct seeding on vegetal cover

Tivet, F; Tran Quoc, H;
Khamxaykhay, C; Chantharath, B;
Panyasiri, K; Julien, P; Seguy, L



Landscape unit on the south of Sayaboury

Some physical, economic and agriculture aspects of the south of Xayabury

Average rainfall is 1200 mm.year⁻¹. A short dry season occurred from end of June to beginning of August

Intensive agricultural development depends on local market accessibility and financial capacities of the local enterprises

Main dryland crops are : maize, rice-bean, job's tears, peanut, rice and sesame

Land allocation has started since 1996. Cropping system is largely opportunistic, no particular crop rotation is followed and usually no fallow period can be observed.

Environmental costs of present agriculture development

Land preparation is mainly based on ploughing on steep slope and pre-sowing herbicide application. Land erosion, roads and paddy fields destruction, pollution by chemicals and loss of agricultural land are common.

Implementing direct seeding systems on vegetal cover



Ploughing on steep slope and land erosion



Sesame crop on rice-bean mulch

A first way is based on direct seeded grain crops on former crop residues (rice-bean or job's tears straws). This system allows :

- to decrease weeds pressure and soil erosion ;
- to increase soil fertility and biological activity ;
- to decrease pollution by trapping chemicals on the vegetal cover.

A second way is based on cropping system and livestock production integration. Two mains systems can be performed :

- rotations with direct-seeded grain crops (maize, Job's tears) followed by forage production for grazing (2-3 years). The forage can be sowed on the main crop ;
- grain production system based on two crop sequences. A main crop (peanut, sesame) followed by a crop for small animal feeding (sorghum, finger millet).



Brachiaria ruziziensis sown 30 days after Job's tears emergence



Cattle grazing on *B. ruziziensis* pasture



Sorghum production for small animal feeding



National Program of Agroecology

PO Box 811, MAF-NAFRI, PDR Lao. Email: naep@yahoo.com, ciradca@laotel.com. Tel: 021.77.00.93

Improved fallows implementation in southern Xayabury

Towards a better use of waste lands

Tran Quoc, H; Lienhard, P; Tivet, F;
 Sosomphou, T; Khamxaykhay, C;
 Chantharath, B; Panyasiri, K;
 Julien, P; Séguy, L



When a field is too infested by the so known Imperata grass (*Imperata cylindrica*), farmers have usually no other choice than let it return into fallow. Indeed, Imperata emergence and infestation is closely linked with soil fertility reduction. Moreover, labour required for weeding Imperata land is very high.

Furthermore, fallows infested by Imperata grass offer only few interests for animal husbandry since this weed is not appreciated by cattle.

Therefore, biological control of this vegetal pest which covers nowadays large areas in the South of Xayabury province is of main importance.

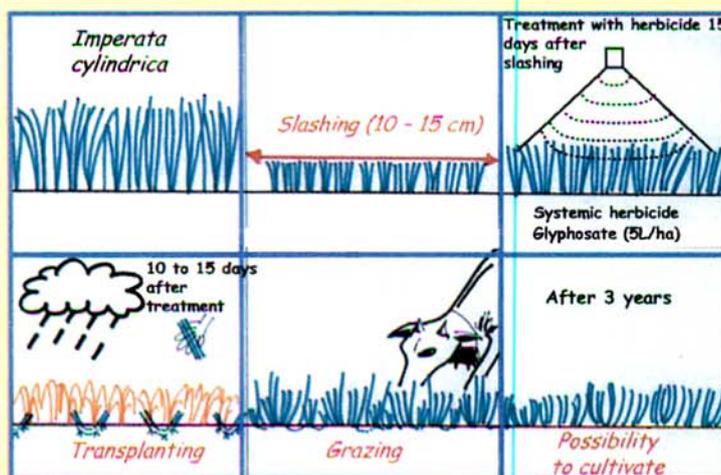
OBJECTIVES

- To develop technical alternatives based on biological control of Imperata grass (principle of competition between species) ;
- To improve fodder resources quality ;
- To test the possibility and the different ways to restart cropping activities after 3 years of improved fallow (restitution of fertility by recycling liquidated minerals from deep soil layers).

MATERIALS and METHODS

- Trials are conducted in order to substitute *Imperata cylindrica* by fodder species.
- Demonstration plots are implemented in different ecological units .
- 6 species are tested : *B. ruziziensis*, *B. humidicola*, *B. decumbens*, *Panicum maximum*, *Andropogon gayanus*, *Stylosanthes guianensis* (using seeds or stem/root cutting according to species)

ANALYSIS OF SPECIES POTENTIALITIES



Succession cropping operations realized in the South of Xayabury province in order to substitute *Imperata cylindrica* by different fodder species



Species	<i>Imperata</i> control (after 1 year)	Recovery capacity	Adaptation to the environment	Implementation
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	+++	+++	++	Transplanting or sowing
<i>Brachiaria decumbens</i>	+++	++	++	Transplanting
<i>Brachiaria humidicola</i>	++	++	+++	Transplanting
<i>Panicum maximum</i>	+++	+++	++	Transplanting or sowing
<i>Andropogon gayanus</i>	+	+	+	Transplanting
<i>Stylosanthes guianensis</i>	++	+	++	Transplanting or sowing



National Program of Agroecology

PO Box 811, MAF-NAFRI, PDR Lao. Emails: naep@yahoo.com, ciradca@laotel.com. Tel: 021.77.00.93

Fodder Species Adaptability and Potentialities

Southern Xayabury – Lao PDR

Tivet, F; Tran Quoc, H; Phanthanivong, I;
Soukhalivong, K; Phonekhampheng, C;
Konthong, K; Khamxaykhai, C;
Chantharath, B; Panyasiri, K;
Lienhard, P; Julien, P, Lecomte, P



Cattle breeding is presently extending...

Cattle fodder systems in the south of Xayabury can be characterised by limited management costs and low capital investment. Natural pasture lands provide the main fodder resources to the animals. Rice straws are also used to complete cattle consumption.

Genetic race improvement is frequently done by crossing local cows (identified as belonging to "Asian yellow" race) with Brahman genitors imported from Thailand.

A progressive deterioration of natural pasture lands can be observed: compacted soils related to overgrazing, qualitative and quantitative decreasing of fodder resources (generalisation of *Chrysopogon aciculatus* and/or *Imperata cylindrica* cover).

Confronted to such situation, an increasing number of farmers express their wish to improve fodder resources. Initiative of implementing pasture areas are steadily raising.

OBJECTIVES

- To analyse fodder species adaptability according to the various landscape and soil units.
- To define and propose to farmers solutions for pasture lands management in order to improve both qualitatively et quantitatively fodder resources.

MATERIALS and METHODS

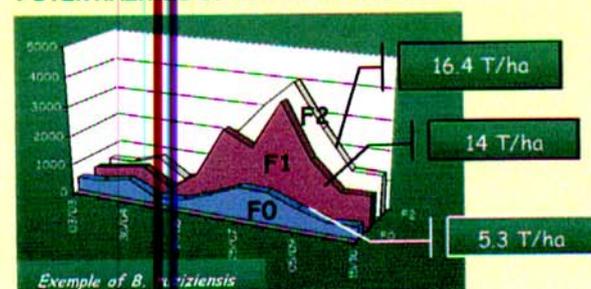
Five fodder species collections from 0.3 to 0.8 ha have been implemented. The following species were tested: *B. ruziziensis*, *B. humidicola*, *B. decumbens*, *B. brizantha*, *B. dictyoneura*, *Panicum maximum*, *Andropogon gayanus*, *Paspalum atratum*, *Centrosema pascuorum* and *Stylosanthes guianensis*. (coming from Thailand, NAFRI-CIAT/FSLP projects, Southedge Seeds...).

The various species were conducted under 3 different levels of mineral fertilisation (F0, F1 and F2) with 3 replicates of 4 m² for each elementary plot (specie x fertilisation level). Every 21 days, biomasses were slashed, weight and then exported.

In parallel, a network of 50 pilot farms was created to analyse new fodder systems introduction with and on-farmers fields situation.



POTENTIALITIES OF TESTED SPECIES



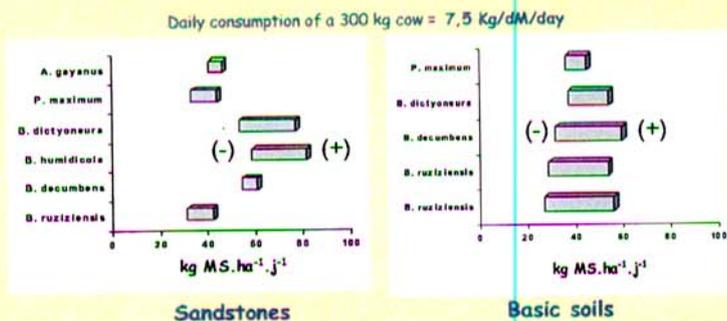
Dry biomass evolution on granite rocks

F0 : no fertilisation - F1 : 300 kg/ha of 9-24-24 + 50 Kg N.
F2 : 600 kg/ha of 9-24-24 + 70 kg N

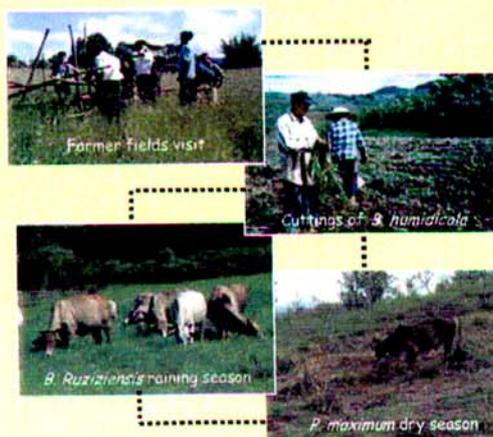
TECHNICAL ASSISTANCE TO FARMERS NETWORKS FOR FODDER IMPLEMENTATION AND MANAGEMENT

• Assistance to farmers for fodder seeds provision, overgrazed pasture lands regeneration and management in the south of Xayabury

• 4 species presently adopted by farmers : *B. ruziziensis*, *B. humidicola*, *Panicum maximum* and *Stylosanthes guianensis* (implementation by seeds or root cuttings according to species)



Daily growth in between March and October 2002 (kg DM/ha/d) with (+) and without fertiliser (-)



National Program of Agroecology

PO Box 811, MAF-NAFRI, PDR Lao. Emails: naep@yahoo.com, ciradca@laotel.com. Tel: 021.77.00.93

Quelques illustrations

Les ensembles « vides de toute agriculture »

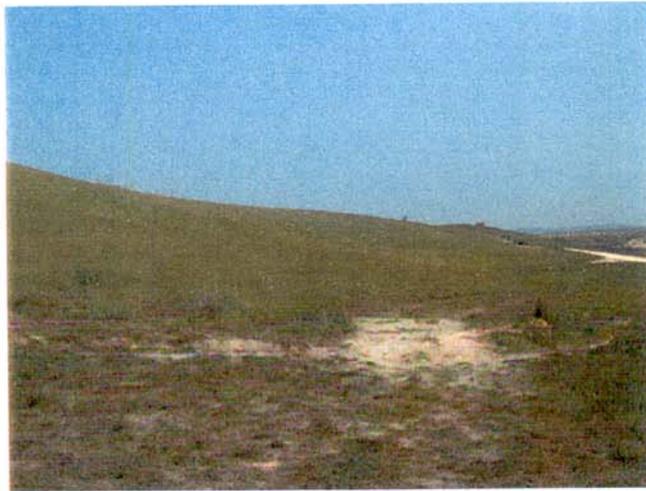


Photo 1



Photo 2



Photo 3

Des propriétés physiques remarquables



Photo 4



Photo 5

Profils de sols avec présence d'eau en profondeur



Photo 6

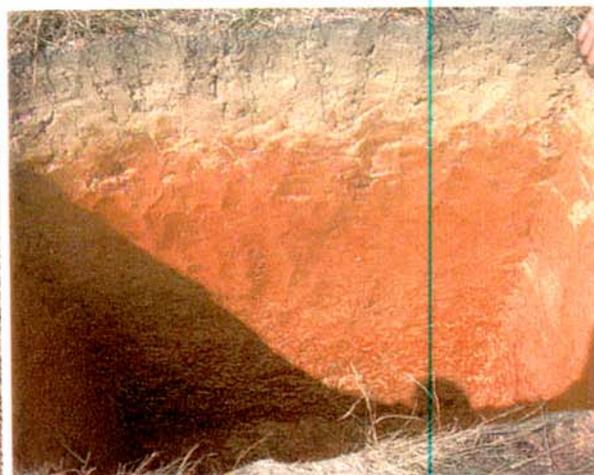


Photo 7



Photo 8

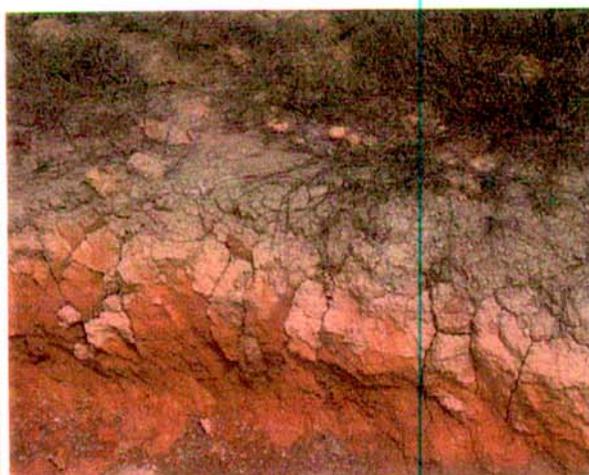


Photo 9

Des productions importantes de fourrages en SCV dès la première année



Photo 10



Photo 11



Photo 12

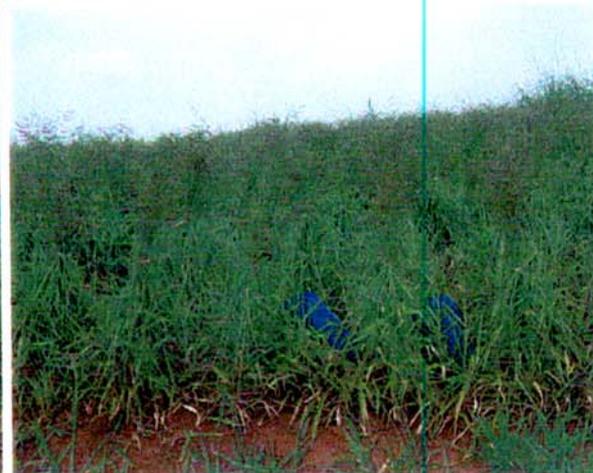


Photo 13

Riz de montagne dans le système de défriche-brûlis



Photo 14



Photo 15



Photo 16

Un même riz local gluant aromatique en conditions pluviales (sur Karst) et inondées



Photo 17



Photo 18

Rapport Écobuage
Amélioration de la fertilité par écobuage

Annexes et résultats

Extraits des travaux de

R. Michellon et collègues Malgaches

(Madagascar)

II.5 Amélioration de la fertilité par écobuage

II.5.1 But

De par leur nature essentiellement ferrallitique, les sols des collines des Hautes Terres malgaches sont peu fertiles et fragiles. De plus, sous l'effet des basses températures, la matière organique évolue lentement et piège des éléments utiles pour les plantes. La saturation des bas-fonds rizières et la forte pression démographique accélèrent la mise en culture des collines. Le sol soumis aux feux de brousse et aux labours successifs, subit une érosion intense qui ensable les rizières et détruit les aménagements.

Les techniques de semis direct sur couverture végétale (SCV) aux intérêts multiples, contrôlent l'érosion, tout en améliorant la fertilité. Cependant la progression des rendements reste faible quand les agriculteurs utilisent très peu de fumure. Dans ces systèmes les rendements des cultures exigeantes stagnent.

Pour y remédier deux voies sont proposées :

- l'utilisation de plantes améliorantes, principalement fourragères, véritables pompes biologiques qui s'installent sans coûts supplémentaires en association avec les cultures et l'écobuage dans les SCV.

Plutôt que de brûler la jachère *d'Aristida sp.* pour nettoyer le terrain, elle est conservée pour le paillage et enfouie dans des tranchées où elle assure une combustion lente qualifiée d'écobuage. Aux combustibles disponibles dans la jachère : herbes desséchées, *Aristida sp.*, et branches *d'Acacia mearnsii*, s'ajoutent les pailles d'orge en zone volcanique, les balles de riz en milieu périurbain ...

A Madagascar, l'utilisation du feu est fréquente dans les systèmes de culture et d'élevage. Elle prend différentes formes selon les conditions pédoclimatiques, l'état de la végétation et la densité de population :

- culture sur brûlis ou tavy :

Ce défrichement de forêt consiste à abattre une parcelle, brûler le bois une fois sec, épandre les cendres et cultiver quelques années avant de l'abandonner en jachère.

- feu de brousse :

L'usage de cette technique est courant dans toute l'île : pour favoriser la repousse du fourrage pour le bétail, le ruissellement sur les "tanety" ou collines, pour le repiquage du riz, pour nettoyer le terrain, ... Cette technique disparaît sur les Hautes Terres avec la régression de l'élevage extensif de zébus au profit de celui des vaches laitières, beaucoup plus exigeantes sur le plan alimentaire.

- feu fertilisant :

Les cendres utilisées sur les pépinières rizières, les rizières ou pour les cultures exigeantes (pomme de terre, carottes ...) sont obtenues selon les plusieurs techniques :

- en brûlant la biomasse composée des branches de « mimosa » (*Acacia mearnsii*), pin (*Pinus patula*) ... directement sur la parcelle et en enfouissant la cendre par le labour
- dans des fours traditionnels (creusés dans le sol et garnis de pierres) ou les branches de mimosa, *Acacia mearnsii*, sont incinérées et donnent une cendre ou « laro » (utilisée aussi pour la fabrication du savon artisanal, ou mêlée au tabac en poudre)
- en récupérant les résidus de la combustion de tas de plaques de gazon et d'adventices arrachées avec leurs racines
- ou ramassées par des ménages défavorisés, juste après le passage d'un feu de brousse.

- écobuage ou "voly otrik'afo"

L'écobuage est une pratique culturale plus complexe, totalement différente des autres techniques utilisant le feu. Abandonné en Europe au XIX^{ème} siècle, il est pratiqué dans de nombreux pays tropicaux avec des variantes qui dépendent des conditions locales et de l'esprit d'adaptation des agriculteurs qui l'utilisent.

Le plus souvent, les combustibles disponibles sur place sont séchés, rassemblés en andains et recouverts d'une couche de terre raclée à la surface du sol (5 à 10 cm d'épaisseur). Le feu est mis dans le billon en fin de saison sèche, à des emplacements aménagés, et le brûlage va durer plusieurs jours. La terre consommée, d'aspect rougeâtre, est soit épandue à la surface du sol, soit conservée en billons. Ils sont destinés à la production des plantes à tubercules (pomme de terre, taro, igname, patate douce ...), légumes divers et cultures exigeantes (maïs, ...). Elles trouvent dans les billons les éléments nécessaires à leur croissance. Les espèces qui supportent des conditions moins favorables (arachides, ...) sont semées dans les espaces situés entre les billons.

A Madagascar, l'écobuage est parfois pratiqué sur les Hautes Terres en zone volcanique, à forte pression démographique. Certains agriculteurs utilisent le mimosa, *Acacia mearnsii*, avec lequel ils garnissent les anciens fossés creusés entre des billons déjà cultivés et les recouvrent de plaques de gazon prélevés sur la butte adjacente et simplement retournées. Après combustion, le billon est déplacé sur la tranchée écobuée.

D'autres récupèrent simplement la terre qui a recouvert les tas de briques pendant leur cuisson.

Pour proposer des systèmes avec un minimum d'intrants aux agriculteurs cultivant des sols pauvres (en majorité ferrallitiques fortement désaturés), l'écobuage a été expérimenté sur tous les sites de TAFE (SEGUY, 1996). Cette technique a, dans un premier temps, été mise en œuvre dans des itinéraires associant le maïs à des légumineuses pérennes : trèfle du Kenya, *Trifolium semipilosum*, ou *Desmodium uncinatum*, ou *Cassia rotundifolia*.

Dans ces systèmes de culture qui améliorent le statut organique du sol, les résultats sont spectaculaires et durables (MICHELLON et al, 2003). Ils ont conduit à de nombreuses adoptions de cette technique avec des références locales insuffisantes pour les partenaires de la diffusion.

Des expérimentations ont alors été réalisées pour mieux caractériser les effets des modalités de cette technique (fréquence et intensité) et comparer les combustibles disponibles en fonction des types de sols.

II.5.2. Matériel et méthode

L'équipe de recherche développement TAFE-CIRAD-FOFIFA a mis en place des études dans des systèmes avec des cultures vivrières seules, afin d'évaluer selon le type de sol (ferrallitique ou volcanique) :

- les effets directs et résiduels de cette pratique en fonction de son intensité (quantité de pailles brûlées) et de sa fréquence. Les résultats obtenus au cours des six dernières années d'expérimentation permettent de comparer les traitements réalisés avec 2 doses de bozaka, *Aristida sp.* (20 et 60 t/ha) :
 - écobuage tous les 2 ans (1997, 1999 et 2001)
 - écobuage tous les 4 ans (1997 et 2001)
 - écobuage une seule fois (1997), non renouvelé
 - absence d'écobuage.

- la comparaison de combustibles disponibles dans les différentes régions : bozaka, *Aristida sp.*, mimosa, *Acacia mearnsii*, paille de céréale (parfois seule biomasse en zone volcanique surpeuplée ou zone périurbaine), balle de riz (abondante au Lac Alaotra ...).

Depuis 1998, ces matériaux associés au SCV sont comparés dans une expérimentation pluriannuelle. Le témoin est conduit en sol nu, après un labour avant le semis. Un autre traitement, comparable au témoin labouré, est réalisé avec apport initial de cendre de 4 t/ha provenant de la combustion en plein air de la même quantité d'*Aristida* que pour l'écobuage.

Le brûlage est possible en hiver, lorsque les matériaux sont secs (90% de matière sèche) en les recouvrant d'*Aristida*. Les rameaux d'*Acacia*, d'un an au moins, nécessitent des tranchées de largeur suffisante (30 cm avec un écartement de 50 cm). Le choix d'un volume de combustible constant pour chaque traitement a fixé leur dose :

- 60 t/ha de bozaka, d'*Aristida sp*
- 45 t/ha de mimosa, *Acacia mearnsii* + 10 t/ha de bozaka
- 55 t/ha de balle de riz + 20 t/ha de bozaka
- 20 t/ha de paille d'orge + 20 t/ha de bozaka

L'effet de l'écobuage est évalué par rapport à 4 fumures modulées selon le type de sol et la culture (tableau : 16)

- F0 : sans fumure
- F1 : fumier seul
- F2 : fumier + fumure minérale conseillée
- F3 : fumier + fumure minérale forte (non limitante)

Tableau 16 : Apports de fumier ou d'éléments fertilisants, en kg.ha⁻¹

Traitement	Fumure de base au semis		Complément sur riz et maïs (semis, 25 ou 60 jours après)
	Sol volcanique	Sol ferrallitique	
F0 : sans fumure	Rien		-
F1 : fumier seul	Fumier de bovin : 5 000		-
F2 : fumier + fumure minérale	F1 + 20 N – 50 P ₂ O ₅ – 30 K ₂ O – 180 CaO	F1 + 30 N – 70 P ₂ O ₅ – 50 K ₂ O – 180 CaO	50 N
F3 : fumier + fumure minérale forte	F1 + 40 N – 90 P ₂ O ₅ – 100 K ₂ O + 720 CaO tous les 3 ans	F1 + 50 N – 140 P ₂ O ₅ – 100 K ₂ O + 720 CaO tous les 3 ans	Riz : 90 N ou Maïs : 140 N

Ces fumures sont apportées sous forme d'urée, de phosphate d'ammoniaque, de KCl et de dolomie sur soja, riz et maïs. Sur pomme de terre les apports, sous forme d'engrais ternaire NPK 11.22.16, sont augmentés de moitié.

Deux types de rotations sont pratiquées :

- riz/soja
- maïs + crotalaire / pomme de terre – avoine.

Les variétés utilisées sont :

- riz : FOFIFA 152
- maïs : Tombotsoa (FOFIFA 383 jaune)
- soja : FT10
- pomme de terre : Lava (en 1998), Meva (2000) et Pota (2002).

Trois types de sols ont été choisis pour représenter les conditions très différenciées de fertilité sur les Hautes Terres :

- sol volcanique récent, à Betafo

- sol ferrallitique sur dépôt fluviolacustre à Andranomanelatra (Bemasoandro)
- sol ferrallitique sur socle cristallin, à Ibity.

II.5.3. Caractéristiques des combustibles et de la combustion

En fin de saison froide, les combustibles utilisés pour l'écobuage sont très secs (tableau 17)

Combustibles ou résidu	Pourcentage de matière sèche (MS)	Éléments minéraux en g par kg de M.S.						
		Cendres	N	P	K	Ca	Mg	Si
BOZAKA	90,5	62,8	6,1	0,4	3,5	0,8	0,2	24,1
CENDRE (bozaka)	80,8	941,0	1,2	1,4	13,7	3,5	1,6	10,4
MIMOSA	89,3	20,5	12,2	0,4	4,1	3,3	0,9	<0,13
BALLE DE RIZ	89,6	253,0	3,7	0,4	3,4	0,7	0,4	39,4
PAILLE D'ORGE	89,5	93,4	4,9	0,6	13,4	3,6	1,5	24,2
COPEAUX DE PIN	88,9	2,5	0,5	0,1	0,5	0,7	0,1	<0,13
FUMIER DE BOVIN	-	569,8	10,1	1,2	12,9	1,6	1,9	168,0
PAILLE DE RIZ	-	89,2	8,3	0,4	9,1	2,3	1,1	30,3
TIGES ET GOUSSES DE SOJA	-	33,0	5,6	0,3	10,3	3,2	2,6	0,0

Tableau 17 : Résultats d'analyses minérales des combustibles, de la cendre, du fumier et des résidus de récolte (M.S. à 105 °C, teneurs en carbone du fumier 189, de la paille de riz : 433 et des résidus de soja : 464 g/kg)

Les compositions chimiques sont très différentes selon les espèces :

- mimosa, *Acacia mearnsii*, riche en azote et en calcium
- bozaka *d'Aristida* sp., riche en silice, comme la paille d'orge qui est cultivée en sol volcanique et présente des teneurs élevées en potassium et calcium
- la balle de riz : très riche en silicium et en cendres.

Lors de l'écobuage, la combustion de la balle de riz est plus longue (2 jours), supérieure à celles des graminées : paille d'orge (1,5 jours) et bozaka (1 jour). Les combustibles très lignifiés : mimosa et copeaux de pin, brûlent beaucoup plus vite (0,5 jours).

Nous pouvons estimer les quantités d'éléments fertilisants apportés par chaque combustible utilisé pour l'écobuage, ainsi que ceux correspondants à un apport de cendre ou à un paillage (tableau 18).

Nous constatons qu'il existe une grande différence entre les estimations des quantités d'éléments fertilisants apportées par le bozaka (60 t/ha) et de la cendre de bozaka (4 t/ha de cendre provenant de la combustion au bord du champ de 60 t de bozaka).

Technique utilisée	Traitement	Quantité de matériaux en t/ha	Quantités d'éléments fertilisants correspondant en kg/ha					
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂
Écobuage	BOZAKA	Bozaka : 60	331	50	228	61	18	2 800
	MIMOSA	Mimosa : 45 + bozaka : 10	526	44	228	137	61	470*
	BALLE DE RIZ	Balle de riz : 55 + bozaka 20	297	63	282	70	39	5 180
	PAILLE D'ORGE	Paille d'orge : 20 + bozaka : 20	202	42	375	114	52	1 900
Apport de cendres	CENDRE (BOZAKA)	Cendre 4 (donné par bozaka 60)	4	10	53	16	9	70
Paillage	Paillage initial	Bozaka : 8	44	7	30	8	2	370
Apport annuel de fumier	F1 : fumier seul	Fumier 5	50	14	77	11	16	840
Restitution des résidus de récolte	F1 avec écobuage initial sur la rotation riz/soja	Paille de riz 1,6	13	1	17	5	3	101
		Tiges + gousses vides de soja 0,6	3	3	7	3	2	0

Tableau 18 : Quantités d'éléments fertilisants correspondants aux différents combustibles, aux apports de fumier et aux résidus de récoltes

* provenant principalement du bozaka

Lors de la combustion du bozaka en plein air (correspondant à l'apport de cendres), les températures sont très élevées (900 à 1000°C) et la plupart des éléments fertilisants sont perdus par volatilisation.

Contrairement à ce qui se passe pendant les feux de brousse ou le brûlis forestier classique, la combustion est lente au cours de l'écobuage, car le combustible est enfoui. Cette combustion se déroule en atmosphère pauvre en oxygène et il faut attendre au moins 3 jours pour que la température dans le billon redevienne normale. La combustion n'est pas uniforme et diverses zones isothermes apparaissent dans les billons écobués (tableau 19).

Localisation de la zone	Aspect après l'écobuage	Températures maximales enregistrées
Surface du billon	Même aspect que le sol initial	100 à 150 °C
Intérieur du billon	Couleur noire	220 à 300°C
	Couleur rouge brique (terre cuite)	320 à 420°C

Tableau 19 : Température enregistrées dans un billon écobué (d'après NZILA, 1992)

Pendant l'écobuage les températures atteintes restent modérées et nous pouvons supposer que la majeure partie des éléments fertilisants apportés par les combustibles est conservée dans le sol. Par contre les mêmes matériaux brûlés en tas, en plein air, vont subir des températures plus élevées et perdre leurs éléments par volatilisation, comme dans le cas du bozaka (tableau 3).

II.5.4. Evolution des propriétés physico-chimiques des sols

L'évolution de ces propriétés a été étudiée après mise en œuvre pendant 4 ans des modes de gestion différenciés des sols (RANDRIANTSOA, 2001) de deux zones :

- Volcanique (Betafo), après de nombreuses années de cultures vivrières sur labour,
- Ferrallitique sur dépôt fluviolacustre (Bemasoandro, Andranomanelatra) après jachère d'*Aristida sp.*

Trois traitements recevant un apport de fumier seul (F1, fumure habituelle dans la région) sont comparés avec la rotation riz/soja :

- labour
- semis direct sans écobuage, avec paillage initial et conservation des résidus de culture
- écobuage pratiqué une seule fois en 1997, avec la dose de 60 t/ha de bozaka, et culture en semis direct avec paillage initial. Pour les traitements écobués, les prélèvements sont réalisés dans deux zones :
 - le rang : dans la tranchée écobuée (correspondant à la zone de semis des cultures) ou au dessous de celle-ci
 - inter-rang : entre les tranchées écobuées.

Les prélèvements sont effectués selon 3 profondeurs de sol (avec 3 répétitions chacune analysées par traitement, constituées d'un mélange composite de 4 prélèvements par parcelle) :

- 0 à 5 cm
- 5 à 15 cm (correspondant approximativement au fond de la tranchée d'écobuage ou du labour)
- 15 à 30 cm.

II.5.4.1. Sol volcanique

Formés à partir de cendres d'éruptions récentes, ces sols sont très riches en eau. Mais sous l'effet de sarclages répétés et du labour, ils se dessèchent (se transforment en poussière pulvérulente) et présentent une déshydratation irréversible (leur réhydratation devient impossible). Au dessous d'un certain seuil, leur microstructure s'effondre et se contracte conduisant à une microgranulation très stable : le séchage induit des structures agrégées en pseudo-sables et hydrophobes. La densité étant très faible, toujours inférieure à 1, les éléments détachés flottent sur l'eau. Dès qu'ils ne sont plus couverts, ces sols soumis à un travail superficiel, deviennent très sensibles à l'érosion.

A l'origine, ils sont formés par la superposition de différents matériaux provenant des éruptions successives (cendre, lapilli, scories) qui ont été fortement remaniés par l'érosion, ou parfois par des accumulations. Les profils sont très hétérogènes et les différences spatiales de fertilité sont aisément observables en système traditionnel, après labour. Ces hétérogénéités s'estompent dès la première année de semis direct et disparaissent ensuite en S.C.V.

Le sol est peu acide (pH voisin de 6,0) et les modes de gestion appliqués ont peu d'influence sur cette caractéristique (figure 3).

La teneur en matière organique est élevée (M.O. supérieure à 10 % sous labour en continu). Le semis direct sur résidus conduit à un enrichissement en surface par rapport au labour : les teneurs en M.O. et C augmentent de 20 % dans l'horizon 0 à 5 cm, et de 10% entre 5 et 15 cm. Parallèlement, la teneur en N est accrue dans des moindres proportions.

L'effet le plus défavorable de l'écobuage concernerait la baisse des taux de matière organique (SEGUY, 1974). Dans notre expérimentation, l'écobuage a été réalisé il y a 4 ans et le sol a ensuite été géré en semis direct avec une couverture végétale permanente (paillage au début, puis résidus des cultures successives : riz et soja).

Les analyses ont été effectuées dans le rang, dans l'ancienne tranchée écobuée (et sous celle-ci) ou dans l'inter rang, entre les tranchées. La zone entre les deux courbes : rang et inter rang, représente l'intervalle de variation des teneurs en éléments dans les parcelles écobuées.

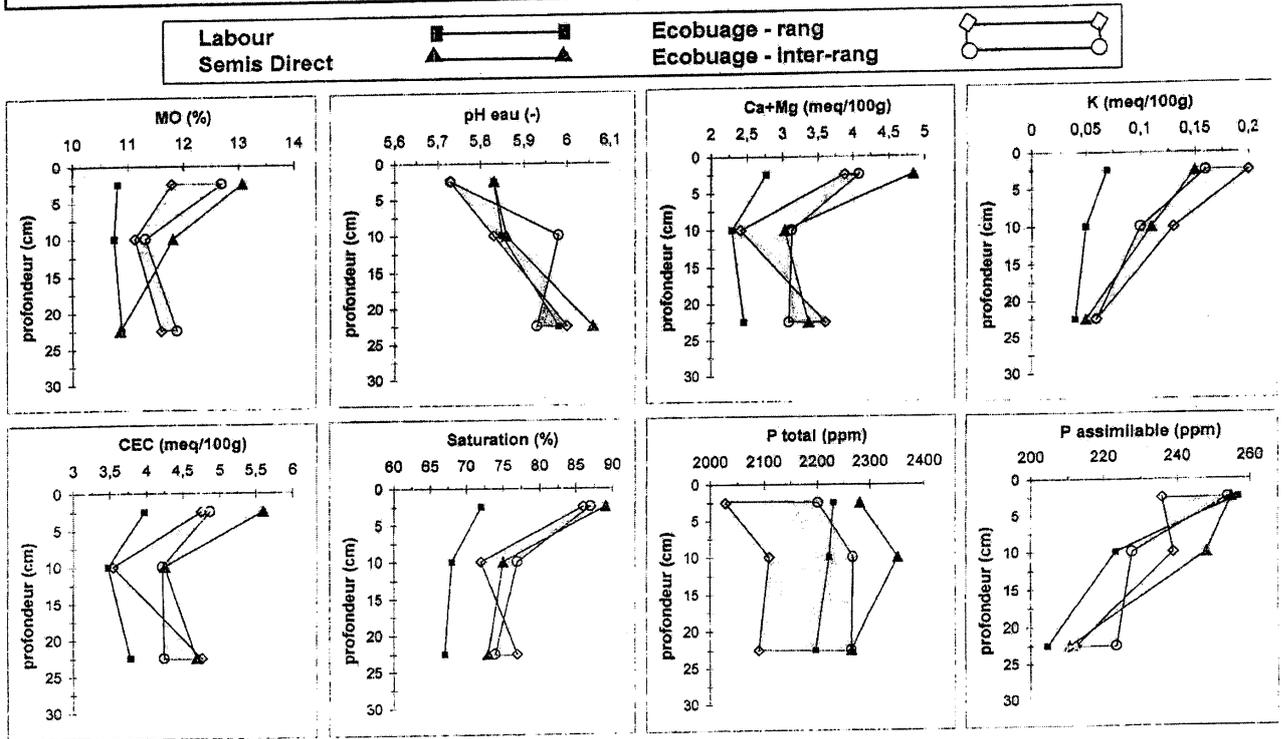
Le traitement écobué, puis conduit en S.C.V., présente des taux de M. O. supérieurs de 5 à 15% à ceux du labour sur l'ensemble du profil étudié (0 à 30 cm de profondeur) et des teneurs en N proportionnellement améliorées.

Par rapport au labour, l'enrichissement en M.O. et en N observée en S.C.V. se maintient après écobuage, lorsque le sol est ensuite cultivé en semis direct sous couverture végétale permanente.

Les teneurs en bases échangeables : Ca, Mg, K sont sensiblement améliorées en semis direct avec ou sans écobuage, ainsi que la capacité d'échange cationique C.E.C. et son taux de saturation.

Les teneurs en P total sont élevées et n'apparaissent pas modifiées par les modes de gestion du sol. La teneur en phosphore assimilable augmente en semis direct par rapport au témoin labouré (de 10% dans l'horizon 5 - 15 cm). Il en serait de même après écobuage.

Figure 4 : Impacts du mode de gestion du sol sur les propriétés physicochimiques en sol volcanique (Betafo, 2001)



II.5.4.2. Sol ferrallitique

La texture du sol est globalement homogène jusqu'à plus de 30 cm de profondeur (RANDRIANTSOA, 2001). Dans tous les cas, les argiles et limons fins représentent près de 90% des particules.

De même, le pH est relativement homogène sur les 3 niveaux considérés pour chacun des 3 traitements (figure 4). Le pH reste acide (voisin de 4,7 pour le labour) quel que soit le système cultural mis en place. En semis direct, sans écobuage préalable, la couche superficielle (0 à 5 cm) apparaît encore plus acide (pH 4,5). Avec écobuage, l'acidité semblerait s'atténuer légèrement, mais le pH reste inférieur à 5,0. Ces pH acides persistent malgré une augmentation de la C.E.C. en semis direct, avec ou sans écobuage initial. En effet le complexe reste occupé majoritairement par des cations générateurs d'acidité Al^{3+} et Mn^{+} .

La teneur en M.O. est homogène sur l'ensemble du profil analysé sous labour, voisine de 5%. Le semis direct conduit à un net enrichissement en surface de la teneur en M.O. qui atteint 9 % dans l'horizon 0 à 5 cm (+80%). La teneur en N s'accroît parallèlement. Le rapport C/N diminue en semis direct, traduisant une meilleure activité biologique.

L'effet considéré comme le plus défavorable de l'écobuage concernerait la baisse du taux de M.O. Pour un écobuage réalisé il y a 4 ans et une gestion ultérieure du sol en semis direct sur couverture végétale (paillage au début, puis conservation des résidus des cultures successives : riz et soja) cet effet a été fugace. Le taux de M.O. après écobuage est amélioré en surface par rapport au labour puisqu'il est compris entre 5,4 % sous le rang (tranchée écobuée) et 6,7% dans l'inter rang dans l'horizon 0 à 5 cm (+35 à +10% par rapport au labour). Parallèlement, les teneurs en N augmentent et, sous le rang, le rapport C/N diminue.

Les teneurs en bases échangeables Ca, Mg et K sont faibles en surface après labour, moins de 0,1 meq/100g de sol dans les horizons 0 à 5 cm et 5 à 15 cm. Par contre ces teneurs s'accroissent sensiblement entre 15 et 30 cm, passant de 0,06 à 0,23 pour Ca, de 0,04 à 0,15 pour Mg, de 0,07 à 0,11 pour K, traduisant une tendance à la lixiviation des bases échangeables Ca, Mg et K sous labour (perte par lessivage). La C.E.C. est inférieure à 4 meq/100g de sol et majoritairement occupée par Al^{3+} .

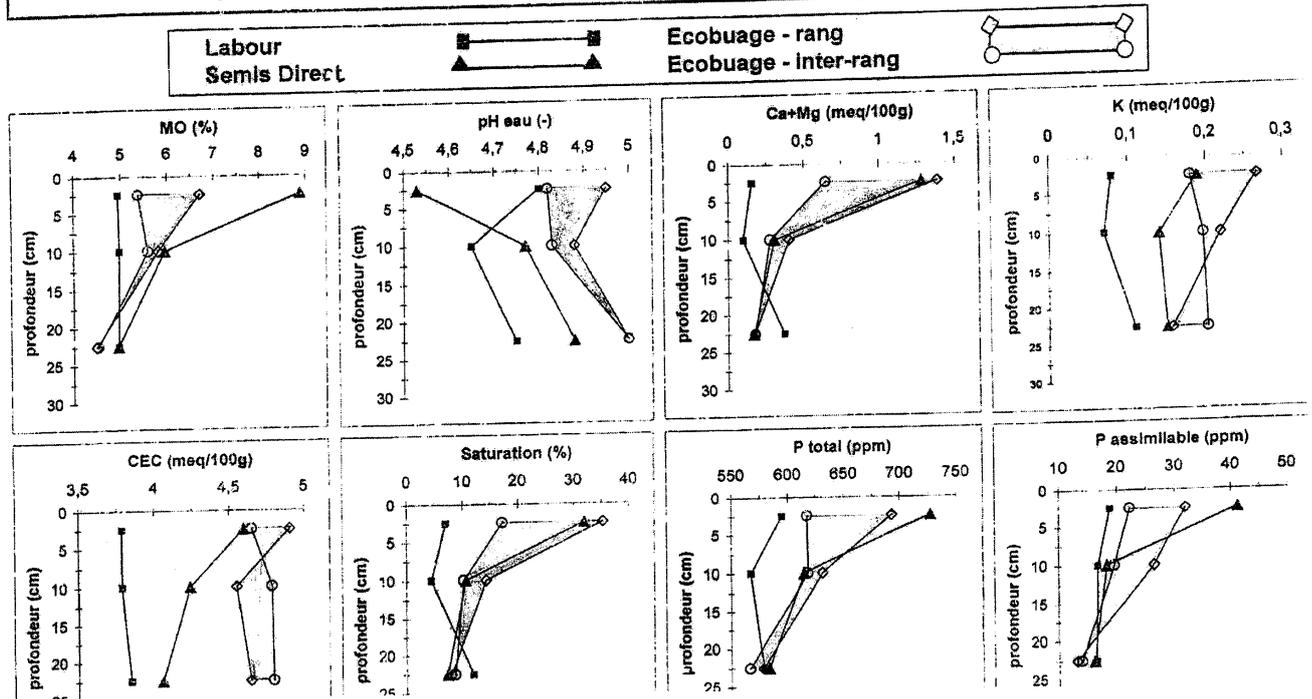
La tendance inverse apparaît en semis direct avec une concentration des cations Ca, Mg et K en surface, dans l'horizon 0 à 15 cm, indiquant un recyclage des bases échangeables Ca, Mg et K en semis direct, avec ou sans écobuage initial.

En semis direct, les teneurs en Ca et Mg sont multipliées par 8 en surface (de 0 à 5 cm) par rapport au labour et celles de K par 4, et par 3 pour les 3 cations entre 5 et 15 cm. La C.E.C. est sensiblement augmentée dans ces horizons (passant de 3,8 meq/100 g de sol à 4,2 meq entre 5 et 15 cm et même à 4,6 meq en surface) ainsi que le taux de saturation.

Lorsque ce mode de gestion du sol avec semis direct sur couverture végétale est associé à un écobuage l'état du complexe absorbant s'améliore en particulier pour le potassium assimilable et la valeur de la C.E.C., mais aussi pour Ca, Mg et le taux de saturation dans la tranchée écobuée (rang).

Le semis direct conduit à une concentration du phosphore en surface et surtout à une plus grande disponibilité de cet élément : la teneur en phosphore assimilable est multipliée par 2 par rapport au labour (41 ppm au lieu de 19 ppm). Lorsqu'il est associé à un écobuage initial, la teneur en phosphore assimilable est aussi accrue en profondeur (passant de 17 ppm avec labour à 26 ppm dans la tranchée écobuée dans l'horizon 5 à 15 cm).

Figure 5 : Impacts du mode de gestion du sol sur les propriétés physicochimiques en sol ferrallitique (Bemasoandro, 2001)



II.5.5. Effets de l'écobuage sur la production des cultures

Sur les Hautes Terres de Madagascar, la pression démographique et la saturation des bas-fonds rizicoles accélèrent la mise en culture des collines aux sols fragiles et peu fertiles. Les fumures étant limitées, les rendements restent faibles.

Grâce aux variétés adaptées à l'altitude, créées par FOFIFA/CIRAD, et diffusées au cours de la dernière décennie **de nouveaux systèmes à base de riz pluvial se développent rapidement sur collines** (jusqu'à 1700 m d'altitude).

Mais cette production se met en place souvent avec un mode de gestion du sol traditionnel, après labour, au détriment des rizières sous-jacentes (érosion) et avec une grande sensibilité aux conditions du milieu. Le rendement reste très faible sur un sol pauvre, ou soumis au ruissellement, ou en cas de sécheresse, d'attaque de vers blancs, ...

II.5.5.1. Systèmes durables à base de riz pluvial

Le semis direct sur une couverture végétale permet d'y remédier, en particulier lorsqu'il est associé à l'écobuage. Plutôt que de brûler la jachère d'*Aristida sp.* pour nettoyer le terrain, elle est conservée pour le paillage et enfouie dans des tranchées largement espacées où elle assure une combustion lente.

Nous disposons de références sur 6 ans pour le riz pluvial, variété FOFIFA 152, mis en place avec paillage initial sur plusieurs types de sols, en rotation avec une légumineuse, le soja.

En première année, l'effet de l'écobuage est spectaculaire et conduit à un supplément de production de 1,5 à 2,5 t/ha de paddy, quelle que soit la fertilisation. Son effet est équivalent à celui que procure une forte fumure.

Sur sol ferrallitique en jachère d'*Aristida*, le rendement obtenu après fauche et herbicidage (glyphosate + 2.4-D) varie sans écobuage de moins de 500 kg de paddy par ha à 1 t/ha avec fumier seul (F1), atteignant 1,5 t/ha avec la fumure minérale conseillée (F2). L'écobuage conduit en première année à un supplément de production de 1,5 à 2,5 t/ha selon son intensité (respectivement 20 à 60 t/ha de bozaka), quelle que soit la fertilisation (figure 6).

Sur sol volcanique, après des cultures vivrières en continu, le rendement dépasse 1,0 t/ha avec paillage et apport de fumier seul (F1) et 2 t/ha avec la fumure minérale conseillée (F2). L'écobuage conduit en première année à un supplément de production de 1,5 à 2,0 t/ha selon son intensité, quelle que soit la fertilisation.

Les apports de fumier semblent pouvoir être réduits lors de la mise en culture de la jachère ou grâce au paillage initial, car les rendements obtenus avec fumier seul (F1) sont équivalents à ceux sans fumure (F0).

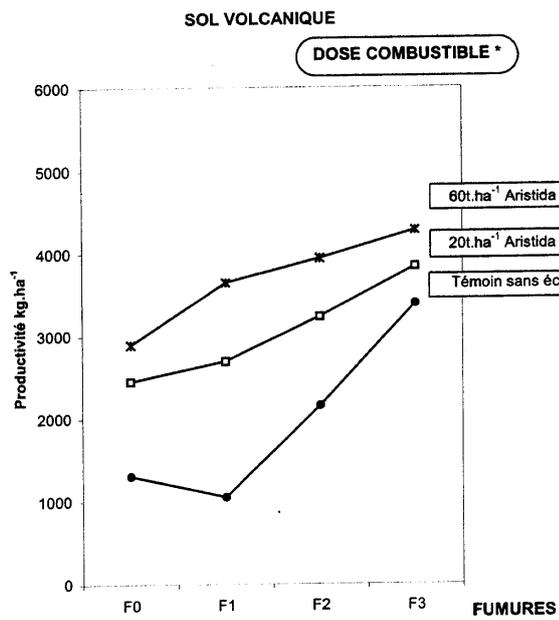
L'effet de l'écobuage est équivalent à celui que procure une forte fumure : la production obtenue sans fumure (F0) avec écobuage est équivalente ou supérieure à celle du témoin non écobué avec apport d'une fumure minérale forte non limitante (F3).

Tous les combustibles utilisés pour l'écobuage : bozaka, ou *Aristida sp.*, mimosa, ou *Acacia mearnsii*, paille d'orge et balle de riz augmentent la production de manière significative par rapport au témoin non écobué sur les types de sol étudiés : volcanique ou ferrallitiques (figure 7). L'effet de la fumure s'ajoute à celui de l'écobuage.

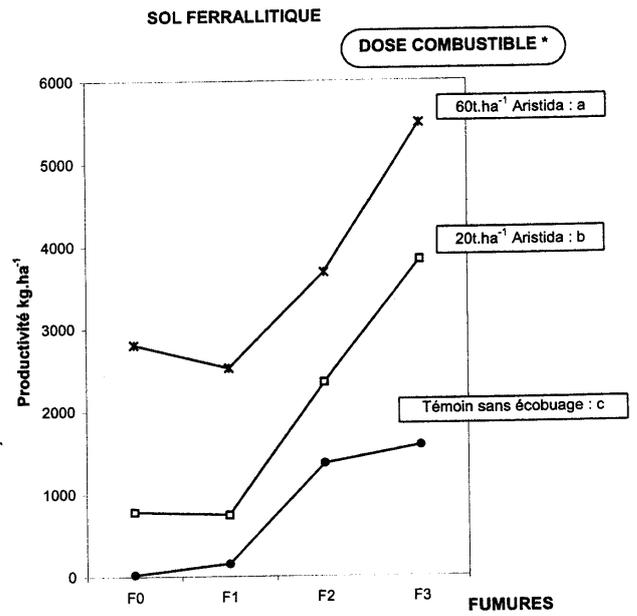
La balle de riz serait le meilleur combustible pour accroître le rendement du riz pluvial. Ce phénomène pourrait s'expliquer par la teneur élevée de ce matériau en silice qui est en relation étroite avec la transpiration de cette plante.

Figure 6 :

INFLUENCE DE LA DOSE DE COMBUSTIBLE UTILISE POUR L'ÉCOBUAGE
SUR LE RENDEMENT DU RIZ PLUVIAL

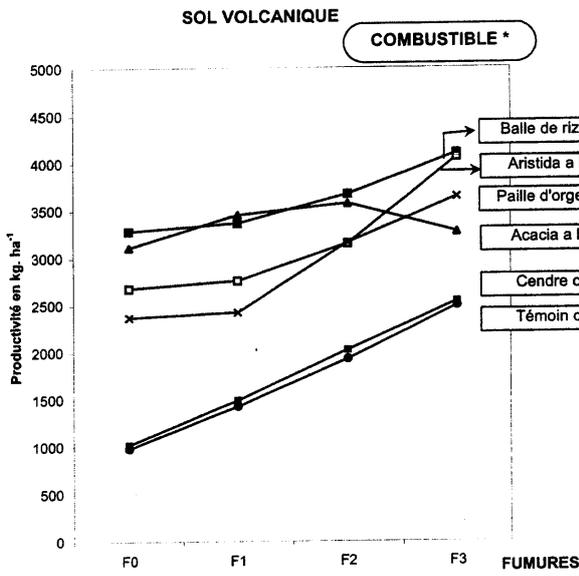


* Classification des traitements selon le test de Newman et Keuls, seuil 5%
CV = 27%, écart type 810kg.ha⁻¹

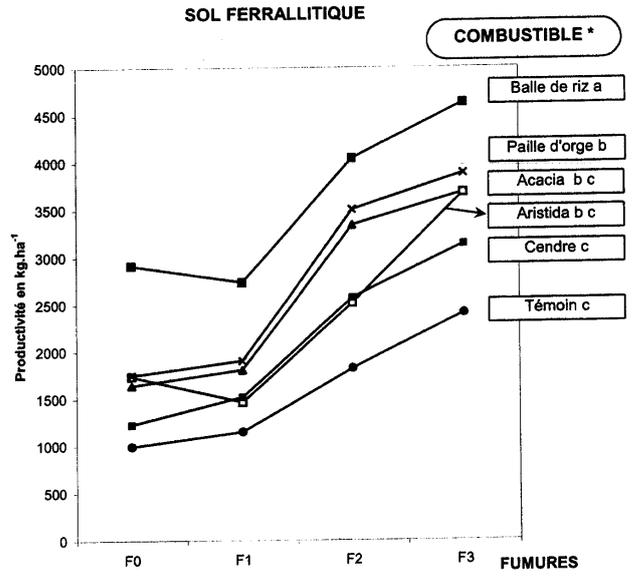


* Classification des traitements selon le test de Newman et Keuls, seuil 5%
CV = 22%, écart type 953kg.ha⁻¹

INFLUENCE DE LA NATURE DU COMBUSTIBLE UTILISÉ POUR L'ÉCOBUAGE
SUR LE RENDEMENT DU RIZ PLOUVIAL



(*) Classification des traitements par le test de Newman et Keuls, seuil 5%
C. V. Combustible = 21%, C.V. Fumure = 15%,
écarts types respectifs 580 et 428 kg.ha⁻¹



(*) Classification des traitements par le test de Newman et Keuls, seuil 5%
C. V. Combustible = 18%, C.V. Fumure = 11%,
écarts types respectifs 469 et 283 kg.ha⁻¹

L'effet d'un apport de cendre provenant de la combustion du bozaka en plein air est moins marqué que celui de l'écobuage avec la même quantité de biomasse.

En S.C.V., la production du riz pluvial s'améliore rapidement avec des rendements qui dépassent 5 t/ha de paddy, contrairement à celui avec labour, dont la production initiale peut être identique, mais qui apparaît plus sensible aux aléas climatiques et se dégrade inexorablement en raison de la baisse de fertilité.

Le riz pluvial est considéré comme l'une des cultures les plus sensibles au manque de porosité du sol, mais la fertilité est peu à peu améliorée en S.C.V., comme nous l'avons montré au paragraphe précédent :

- avec un enrichissement en matière organique en semis direct, et parallèlement en azote, par rapport au labour.

Associé à une gestion avec semis direct sur couverture végétale, l'écobuage conduit à une baisse des taux de matière organique et d'azote par rapport au semis direct sans écobuage, mais ces teneurs sont nettement supérieures à celles obtenues avec labour.

En sol ferrallitique, le rapport C/N diminue en semis direct avec ou sans écobuage traduisent une meilleure activité biologique.

- Alors qu'une tendance à la lixiviation des cations apparaît sous labour en sol ferrallitique, le semis direct, avec ou sans écobuage, conduit à une augmentation des basses échangeables Ca, Mg et K, du complexe adsorbant et de son taux de saturation. Avec écobuage, la teneur en K échangeable apparaît toujours supérieure à celle du semis direct seul.

- De même, le phosphore assimilable augmente en semis direct avec ou sans écobuage

Cette dégradation des propriétés chimiques avec labour a des répercussions immédiates sur le rendement des cultures en sol ferrallitique de basse fertilité. Sur sols volcaniques, beaucoup plus riches, la transformation des caractéristiques physiques a des conséquences aussi graves. Sous l'effet des sarclages et du labour, l'érosion devient catastrophique.

De plus en semis direct, l'état sanitaire des cultures est améliorée : les dégâts de vers blancs sur riz pluvial sont réduits avec couverture.

Le palage de son cycle est primordial dans les conditions climatiques des Hautes Terres malgaches (vers 1500 m d'altitude, la première quinzaine de novembre apparaît la plus favorable).

Dans ce système avec apport initial de paille et conservation des résidus du précédent cultural (riz), la production d'une légumineuse, en succession comme le soja, s'avère intéressante, même en sol ferrallitique :

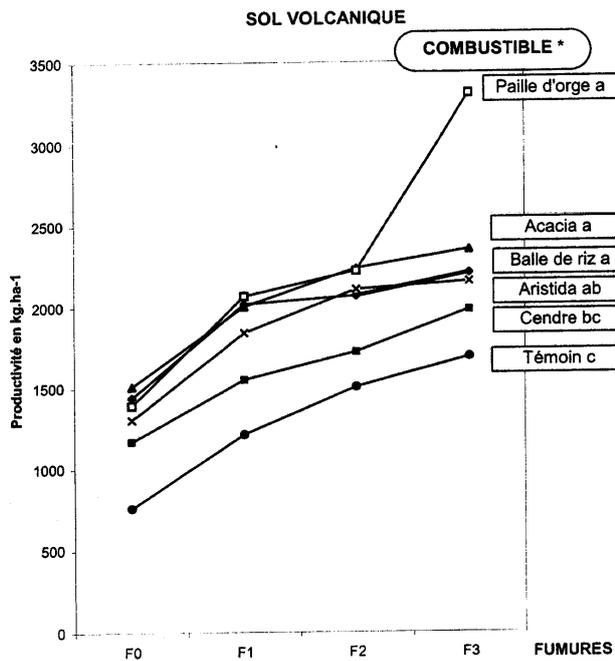
- en sol volcanique riche (figure 8), les rendements sont de 2 t/ha avec apport de fumier seul (F1) ou de 2.5 à 3 t/ha avec fumure minérale conseillée (F2). L'écobuage présente un arrière effet par rapport au semis direct sans écobuage, avec un supplément de production d'environ 0.5 t/ha quelle que soit la fumure (ou un supplément de 0.7 t/ha par rapport au labour).

- en sol ferrallitique, plus pauvre, les rendements sont de 0.5 à 1 t/ha avec fumier seul (F1) et de 1.5 t/ha avec la fumure minérale conseillée (F2). Les conditions les plus défavorables se rencontrent sur dépôt fluviolacutre où la production peut être affectée par la stagnation de l'eau (nécessitant un décompactage initial du sol), ou la très faible fertilité (sur des cinérites stériles). L'arrière effet de l'écobuage est moins marqué qu'en sol volcanique (avec un supplément de rendement de 0.3 à 0.4 t/ha par rapport au labour).

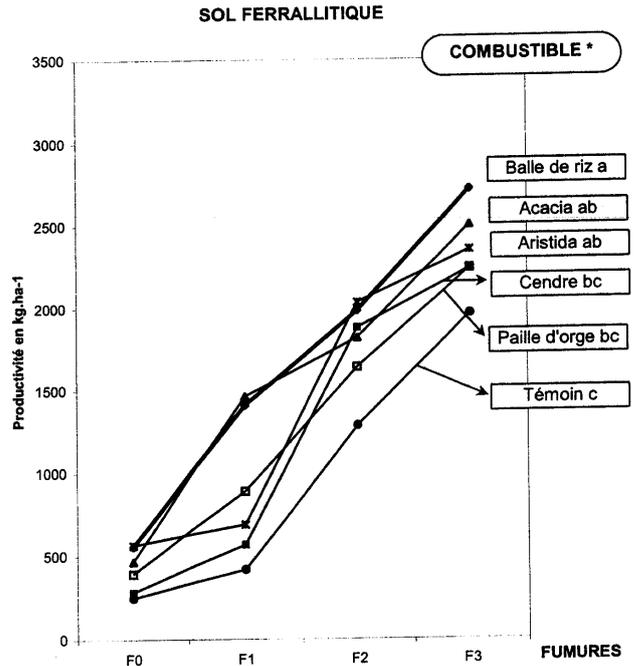
Alors que la production du soja dans les systèmes avec couverture végétale reste stable ou s'améliore avec les fumures habituellement appliquées (F1 ou F2), elle se dégrade dans le temps avec le labour sans apports minéraux (F1).

Figure 8 :

ARRIERE EFFET DU COMBUSTIBLE UTILISE POUR L'ECOUAGE SUR LE RENDEMENT DU SOJA



(*) Classification des traitements par le test de Newman et Keuls, seuil 5%
 C.V. Combustible = 20%, C.V. Fumure = 19%,
 écarts types respectifs 372 et 342kg.ha⁻¹



(*) Classification des traitements par le test de Newman et Keuls, seuil 5%
 C.V. Combustible = 23%, C.V. Fumure = 34%,
 écarts types respectifs 319 et 468kg.ha⁻¹

L'écobuage peut-être répété, mais avec une fréquence qui dépend du type de sol :

- Sur sol volcanique, très riche en matière organique (plus de 10 %), le renouvellement de l'écobuage tous les 4 ans (réalisé 2 fois) ou tous les 2 ans (répété 3 fois) permet d'améliorer l'année suivante la production de riz lors de chaque répétition de 2 à 2,5 t/ha de paddy, quelle que soit la fumure apportée (figure 9)
- Sur sol ferrallitique sur dépôt fluviolacustre, plus pauvre en matière organique (moins de 5 %), un nouvel écobuage n'a pas d'effet sensible sur la production et il dépend de la fumure. Avec des apports organiques seuls, le gain de rendement reste limité (0,5 t/ha de paddy), alors qu'il est nul avec une fertilisation minérale et il peut même s'avérer néfaste (forte intensité [figure 10]). Sa fréquence doit rester limitée (4 ans au moins).
- Ces conclusions sont modulées selon la variation de l'intensité de l'écobuage obtenue en utilisant deux doses de combustible.
- L'année qui suit le nouvel écobuage, il présente un arrière effet sur le rendement du soja qui reste plus marqué en sol volcanique.
- Ces résultats apparaissent identiques quel que soit le combustible utilisé : herbes desséchées ou bozaka, *Aristida sp.*, et branches de mimosa, *Acacia mearnsii*, disponibles dans les jachères, auxquels s'ajoutent les pailles d'orge, en zone volcanique ou les balles de riz en milieu périurbain.

II.5.5.2. Systèmes durables avec couvertures vives

Ces conclusions paraissent pouvoir être extrapolées en fonction du taux de matière organique du sol qui peut être modifié par son mode de gestion.

Les systèmes de culture conduits par TAFE sur les sites de références, associant production vivrière et couverture vive permanente, tels que maïs et légumineuses pérennes : trèfle du Kenya, *Trifolium semipilosum*, ou *Desmodium uncinatum*, ou *Cassia rotundifolia*, permettent d'illustrer ces conditions favorables (SEGUY, 2000). L'effet d'un écobuage sur maïs, réalisé 5 ans après la mise en place de la légumineuse associée (qui améliore le statut organique du sol) est spectaculaire et reste alors durable, même en sol ferrallitique (MICHELLON et al., 2003).

II.5.5.3. Systèmes avec travail minimum, à base de plantes à tubercules

La région des Hautes Terres assure une production importante de tubercules, en particulier de pomme de terre.

Des systèmes avec couverture permanente et travail minimum du sol peuvent être proposés. Par exemple, nous avons mis en place en 1997, la rotation :

- maïs associé à la crotalaire avec paillage initial
- et pomme de terre de premier cycle suivie d'une avoine.

Lors du sillonnage pour la plantation de la pomme de terre, les résidus sont écartés, puis la couverture est rétablie (éventuellement complétés) après le buttage pour assurer ses différentes fonctions, en particulier sur l'amélioration de l'état sanitaire (réduction du mildiou). La gestion du sol avec couverture végétale permet en outre de supprimer le buttage : il suffit de tracer seulement un sillon pour y déposer les plants et la fumure, et remettre la couverture.

Le calage du cycle de la pomme de terre conditionne sa production : le premier cycle doit impérativement être mise en place en septembre-octobre sur les tanety des Hautes Terres.

Figure 9 :

EFFET DE LA FREQUENCE DE L'ÉCOBUAGE SUR LE RENDEMENT DU RIZ PLUVIAL

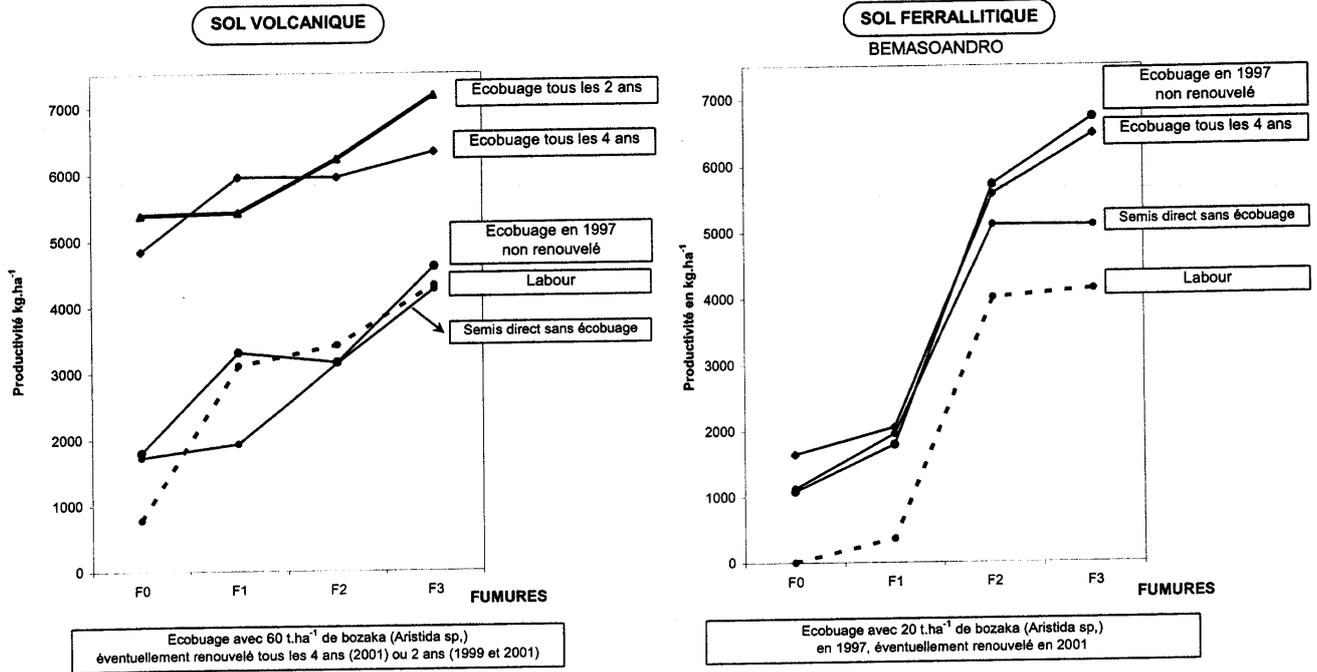
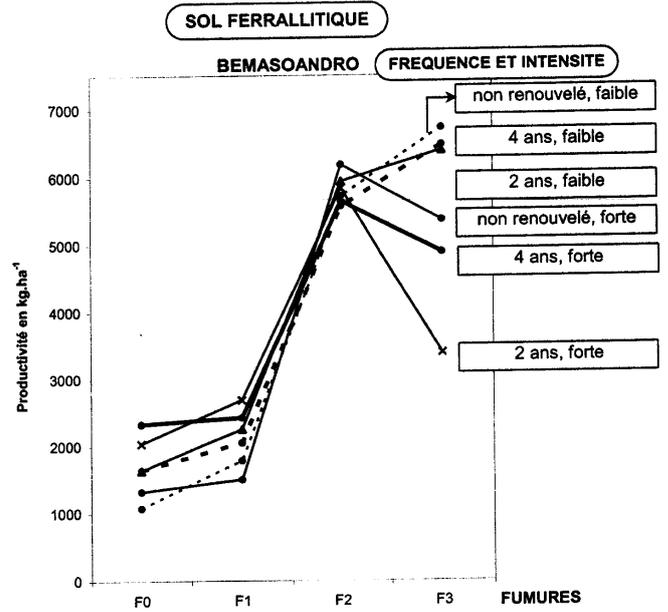
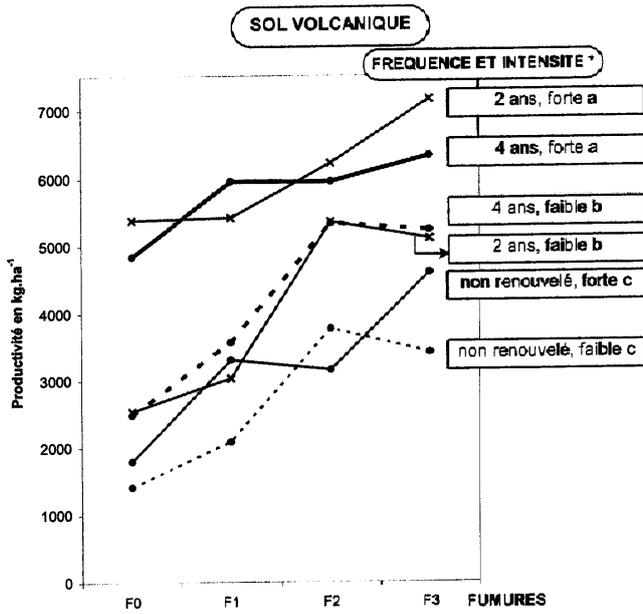


Figure 10 :

EFFET DE LA FREQUENCE ET DE L'INTENSITE DE L'ECOUAGE SUR LE RENDEMENT DU RIZ PLUVIAL



Ecoubage avec 20t.ha⁻¹ de bozaka (faible intensité) ou 60 t.ha⁻¹ (forte) en 1997 éventuellement renouvelé tous les 4 ans (2001) ou tous les 2 ans (1999 et 2001)

Ecoubage avec 20t.ha⁻¹ de bozaka (faible intensité) ou 60 t.ha⁻¹ (forte) en 1997 éventuellement renouvelé tous les 4 ans (2001) ou tous les 2 ans (1999 et 2001)

(*) Classification des traitements selon le test de Newman-Kuels, seuil 5%
C.V. effets principaux intensité et fumure = 26%, C.V. fréquence = 17%,
écart types respectifs 1156 et 747 kg ha⁻¹

Sur sol volcanique, les rendements sont supérieurs à 10 t/ha de tubercules en plantation directe (S.C.V.) avec fumier seul (F1), alors que sur les sols ferrallitiques, ils restent voisins de 5 t/ha. Sur le plan économique, cette culture valorise une fumure élevée et les agriculteurs la choisissent avec raison pour redresser la fertilité de leur parcelle en remplacement de la jachère. Un apport de fertilisation minérale conduit à un supplément de production supérieur à 10 t/ha. Les rendements dépassent 20 t/ha avec la fumure minérale conseillée (F2) en sol volcanique, ainsi qu'en sol ferrallitique sur dépôt fluviolacustre. Ils restent voisins de 15 t/ha sur sol ferrallitique sur socle cristallin, plus pauvre en matière organique.

Dans ce système, la production du maïs en rotation est de 1 t/ha sans écobuage avec fumier seul (F1), et varie de 2 à 3 t/ha avec la fumure minérale conseillée (F2) en sol volcanique. Elle apparaît plus faible en sols ferrallitiques, en particulier, sans fertilisation minérale ou lorsque le paillage est insuffisant.

La simple comparaison avec les sites de références de TAFE, montre que le rendement du maïs est amélioré dans les systèmes où il est conduit en rotation avec une légumineuse (soja) ou en succession avec une couverture vive (*Desmodium uncinatum*, *Trifolium semipilosum* ...).

En ce qui concerne l'écobuage, les résultats obtenus au cours des six premières années sont identiques à ceux mentionnés pour le système riz-soja :

- une production de maïs accrue grâce à l'écobuage de 2 à 4 t/ha, selon son intensité (dose de combustible) sur sol volcanique, et de 1 à 2 t/ha sur sol ferrallitique, quelle que soit la fumure,
- une influence de l'écobuage qui s'estompe lors de son renouvellement dans ce système. Le gain de rendement varie pour le maïs de 0.5 à 2 t/ha, selon son intensité (dose de combustible) sur sol volcanique, et reste limité à moins de 0.5 t/ha en sol ferrallitique. (figures 11 et 12)
- un arrière effet sur le rendement de la pomme de terre, plus marqué en sol volcanique (figure 13) où il procure un gain de 5 t/ha de tubercules en moyenne (pour des productions comprises entre 10 et 30 t/ha selon la fumure), mais qui reste limité sur sol ferrallitique (production entre 5 et 25 t/ha).

Il est à noter que les agriculteurs sont beaucoup plus intéressés par un gain de rendement sur pomme de terre, que sur maïs. Ils la cultivent directement après l'écobuage qu'ils valorisent beaucoup mieux avec cette culture maraîchère qu'avec le maïs.

Les agriculteurs du terroir d'Antsapanimahazo utilisent ce système pour restaurer rapidement la fertilité et dégager des marges nettes conséquentes dès la première année. Les parcelles en jachère sont écobuées, reçoivent une forte fumure N.P.K. (300 kg/ha de 11.22.16 mélangés à des cendres d'*Acacia mearnsii*) et sont plantées en pomme de terre (productivité supérieure à 25 t/ha avec la variété Spunta). Cette dernière est suivie d'avoine en dérobée, puis de riz en semis direct en deuxième année (rendement de 3 à 4 t/ha). L'installation du S.C.V. est ainsi réalisée en dégageant des revenus monétaires importants.

L'écobuage associé au semis direct sur couverture végétale constitue un outil biologique performant pour restaurer des sols dégradés avec un minimum d'intrants. Cette technique permet d'atteindre dès la première année des niveaux de productivité élevés avec les cultures maraîchères (25 t/ha de tubercules de pomme de terre), vivrières (3,5 t/ha de paddy en riz pluvial) et fruitières. Elle dégage des revenus attractifs pour l'agriculteur qui s'améliore ensuite au cours des années grâce à une meilleure activité biologique (6 t/ha de paddy ...). Elle libère les éléments nutritifs (Ca, Mg, K, P ...) sous des formes plus disponibles pour les plantes et correspond à forte fumure initiale de redressement.

Figure 11 :

EFFET DE LA FREQUENCE DE L'ÉCOBUAGE SUR LE RENDEMENT DU MAÏS

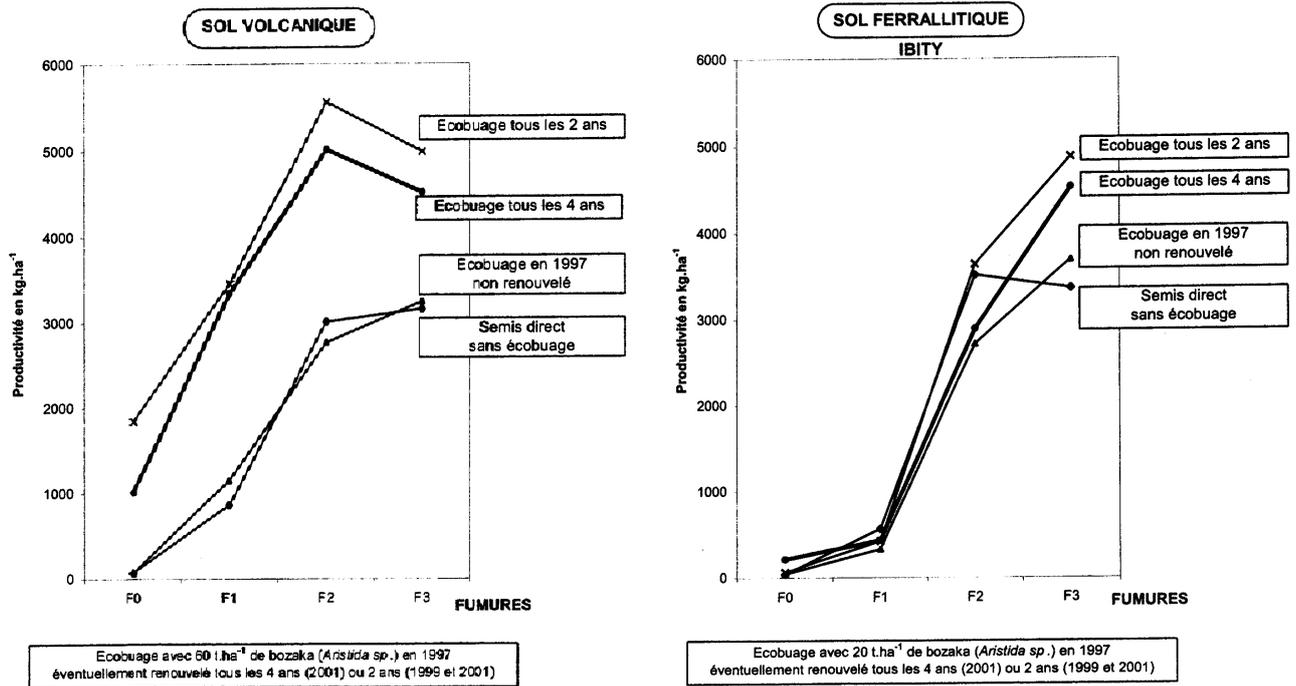


Figure 12

EFFET DE LA FREQUENCE ET DE L'INTENSITE DE L'ECOUAGE SUR LE RENDEMENT DU MAIS

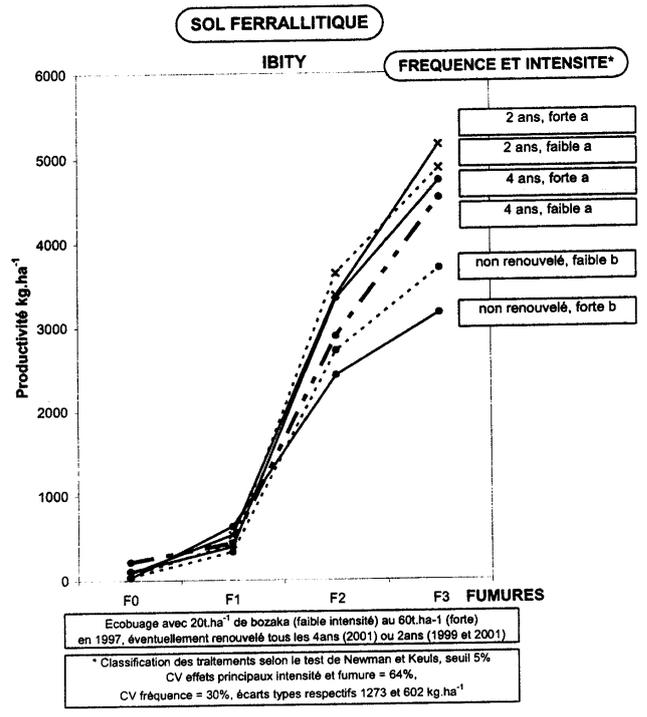
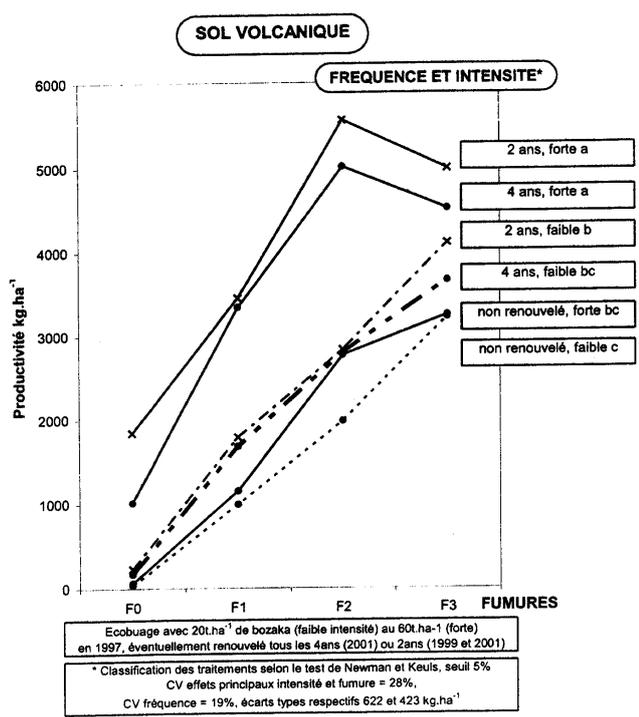
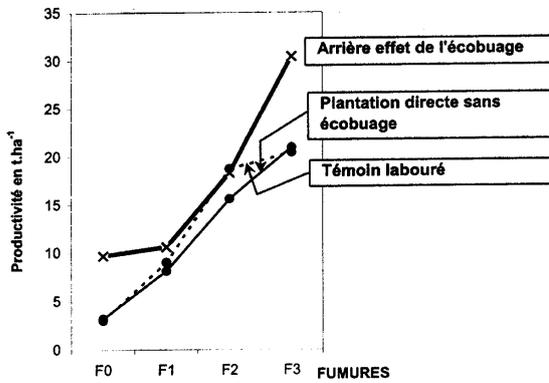


FIG. 13. ARRIERE EFFET DE L'ÉCOBUAGE SUR LE RENDEMENT DE LA POMME DE TERRE
(Campagne 1998-1999)

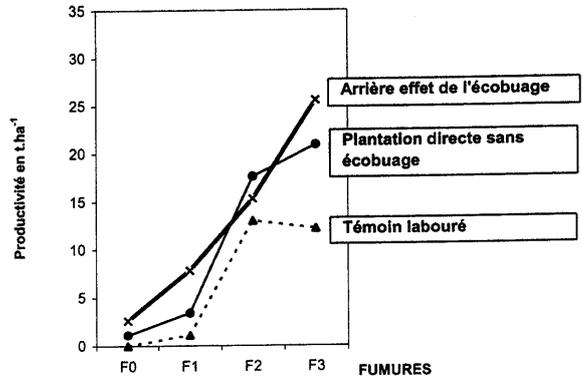
SOL VOLCANIQUE



Ecobuage en 1997 avec $60 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ d'Aristida sp.

SOL FERRALLITIQUE

BEMASOANDRO



Ecobuage en 1997 avec $60 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ d'Aristida sp.

Les sources de combustibles sont très diversifiées :

- herbes desséchées ou « bozaka », Aristida sp., et branche de « mimosa », Acacia mearnsii, disponibles dans la jachère
- branches d'Eucalyptus robusta, copeaux de pin, Pinus patula.
- espèces envahissant les pâturages lorsque la jachère disparaît (« rambiazina », Helichrysum sp.),
- balle de riz en milieu périurbain.

Cette technique nécessite une main-d'œuvre abondante (comparable au labour manuel qui est supprimé). En traction animale les agriculteurs réalisent les tranchées à la charrue (2 passages) ce qui réduit considérablement les temps de travaux.

II.6. Appui à la diffusion sur les hautes terres

II.6.1. Evolution de la démarche

Le suivi des exploitations adoptant le semis direct sur couverture végétale autour des sites de références, qui recourent à la variabilité pédoclimatique de la région, permet de :

- disposer de l'avis des agriculteurs sur les itinéraires proposés et d'observer les modifications éventuelles qu'ils y apportent
- d'évaluer les conséquences au niveau de l'exploitation
- de disposer de supports de visites pour la formation des partenaires.

Cet encadrement est réalisé depuis la campagne 1998-1999, grâce au recrutement d'un technicien. L'évolution des surfaces au cours des années suivantes est régulière (tableau 20) avec une stagnation en 2001-2002 (crise du premier semestre 2002) et même une régression à Betafo (interdiction de cultiver les pentes des volcans et problèmes techniques rencontrés l'année précédente : inondations de certaines parcelles suite aux très fortes pluies, paillages emportés dans les cultures).

Zone	Localité	1998-1999		1999-2000		2000-2001		2001-2002		2002-2003	
		Nom- bre	Surf- ace								
Hautes terres (altitude 1500 à 1700 m)	Ampandro- trarana	0	-	0	-	1	100	1	200	24	486
	Andranoma- nelatra	7	29	10	115	16	506	20	496	25	616
	Antsapani- mahazo	10	85	13	132	18	231	18	262	23	384
	Betafo	4	35	7	42	11	119	2	18	4	8
	Ibity	9	32	13	104	20	158	19	218	20	395
	Total	30	181	43	393	66	1114	60	1194	96	1889
Moyen- Ouest (altitude 1000 m)	Ivory (Ank/tra)	0	-	6	21	6	21	11	72	28	1265
	Miarinarivo (Ank/tra)	0	-	0	-	2	16	3	19	9	64
	Miandriarivo	0	-	0	-	0	-	0	-	9	36
	Total	0	-	6	21	8	37	14	91	46	1365
TOTAUX		30	181	49	434	74	1151	74	1285	148	3254

Tableau 20 : Evolution du nombre d'agriculteurs suivis par TAFE autour des sites de références et de leur surface en SCV (en ares).

**LE VOLET DIVERSIFICATION DES
CULTURES DU PROJET
HEVEACULTURE FAMILIALE AU
CAMBODGE**

Programme

- Vendredi 22 AM : Arrivée de Vientiane par le vol VN 841
Déjeuner Phnom Penh
PM : Rencontre avec direction et AT PHF
Transfert sur Kampong Cham
- Samedi 23 AM : Visite station IRCC Chup (*collections, essais milieu contrôlé*)
Déjeuner secteur Trapang Russey
PM : Visites parcelles 1999 ; retour Phnom Penh
- Lundi 25 AM : Secteur Chamcar Loeu (*station Bos Knor, matrice,...*)
Déjeuner secteur Chamcar Loeu
PM : Visite parcelles paysans et transfert sur Kampong Cham
- Mardi 26 AM : Secteur Dambè (*aperçu rizicultures cambodgiennes, parcelles paysannes PHF*)
Déjeuner secteur Dambè
PM : Transfert Memot via kampoan ; visite matrice Sla
- Mercredi 27 AM : Secteur Memot (*visite essais et parcelles PHF*)
Départ sur PP – déjeuner à Kampong Cham
PM : Arrivée PP – « debriefing » oral avec direction et AFD (*option*)
Départ sur Paris via Bangkok – vol Pg 927

Personnes rencontrées

Projet Hévéaculture Familiale

- M. Ly Phâlla, Directeur
- M. Philippe Monnin, Assisatant technique principal
- M. Stéphane Boulakia, Assistant technique « diversification des cultures » (*CIRAD*)
- M. Yung Vuthy, Responsable composante « études et conseils »
- M. Kou Phâlly, Responsable composante « diversification des cultures »
- M. Soun Chandara, site IRCC (*Institut de Recherches sur le Caoutchouc au Cambodge*)
- M. San Sona, site Memot

AFD

- M. Julien Calas

Min. de l'Agriculture, des forêts et de la Pêche (MAFP)

- M. Jean-Marc Bouvard

Projet battambang

Melle Julie ?

1. Quelques données de base utiles à la compréhension du milieu et des principales productions dans la zone d'intervention du projet

(Cf. carte sommaire ci-jointe, de la région de Kompong Cham, 120 km au Nord Est du Phnom Penh).

• Le projet hévéaculture familiale⁷ a planté, entre 1999 et 2004, 1883 ha d'hévéa (cf. tableau superficies plantées ci-après) dans le cadre de petites agricultures familiales qui utilisent les inter-rangs d'hévéa pour produire des vivriers tant que la canopée laisse passer suffisamment de lumière, soit en moyenne 3 ans (*année zéro du planting et les 2 années suivantes*). Les productions vivrières intercalaires peuvent être : l'année du planting du riz ou de l'arachide de 2^{ème} cycle, ensuite du sésame de 1^{er} cycle, du soja (*bien rémunéré*) ou de l'arachide de 2^{ème} cycle; et du manioc sur les sols considérés comme les moins fertiles.

• Le projet est installé sur des sols rouge foncé sur Basaltes ; si à l'ouest les unités de paysage sont des plateaux massifs relativement plats, à l'est sur les fronts pionniers, les unités morphologiques sont des « doigts basaltiques » aux pentes très fortes (>10-18%) et le risque d'érosion y est majeur, sous une pluviométrie annuelle moyenne voisine de 1600mm ; cette dernière, plutôt aléatoire entre avril et juillet, devient plus régulière et abondante entre août et octobre.

Il n'existe pas d'analyses récentes d'analyses des sols ; des données de 1969, fournies par l'institut de recherches sur le caoutchouc au Cambodge (F. NINAE), montrent les caractéristiques physico-chimiques suivantes :

pH- H ₂ O	Superficie en ha	en %
4 à 5	640	16,0
5 à 6	2680	67,1
6 à 7	680	16,9

Les sols sont de couleur brun rouge : 5YR 43 et 5YR 53 du code Munsell.

Il faut saluer au passage, la très grande compétence de ce projet, pour la qualité et la maîtrise de la production de plantes en pépinière et des plantings d'hévéa (M. Ly Phalla et M. Philippe Monnin, respectivement Directeur et Assistant technique principal).

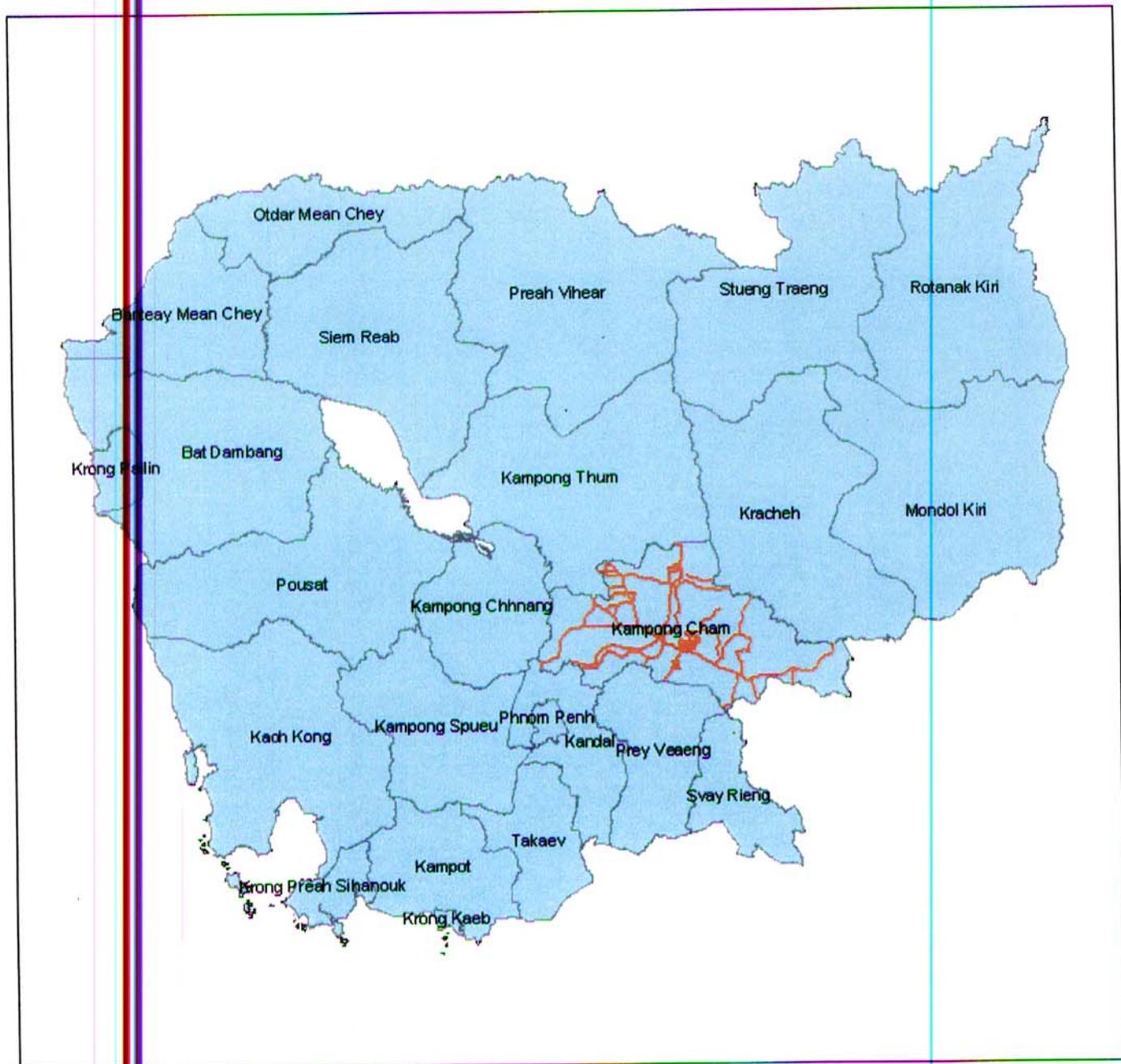
Superficies plantées dans le PHF

Srok	1999		2000		2001		2002		2003		2004		TOTAL		2005	
	S.plantées		S.plantées		S.plantées		S.plantées		S.plantées		S.plantées		S.plantées		prévision	
	Fa.	Ha	Fa.	Ha	Fa.	Ha	Fa.	Ha	Fa.	Ha	Fa.	Ha	Fa.	Ha	Fa.	Ha
Ponhea Krek			0	0	3	16.65	6	18.80	5	11.05	1	1.80	15	48.30	0	0.00
Dambé			30	46.63	92	199.15	38	112.01	36	69.58	34	126.14	230	553.51	24	113.30
Mémot					5	16.27	74	184.46	50	151.92	80	198.15	209	550.80	85	221.17
Kroch Chmar					2	4.42	5	15.01	14	27.69	12	31.47	33	78.59	0	0.00
Tbong Khnum	15	22.97	12	25.28	41	114.84	8	30.80	4	7.66	3	12.22	83	213.77	0	0.00
Chamcar Leu					1	2.02	19	78.21	27	155.25	20	119.39	67	354.87	22	132.50
Stoeung Tráng											16	83.02	16	83.02	18	92.80
Σ	15	22.97	42	71.91	144	353.35	150	439.29	136	423.15	166	572.19	653	1882.86	149	559.77

22/10/2004

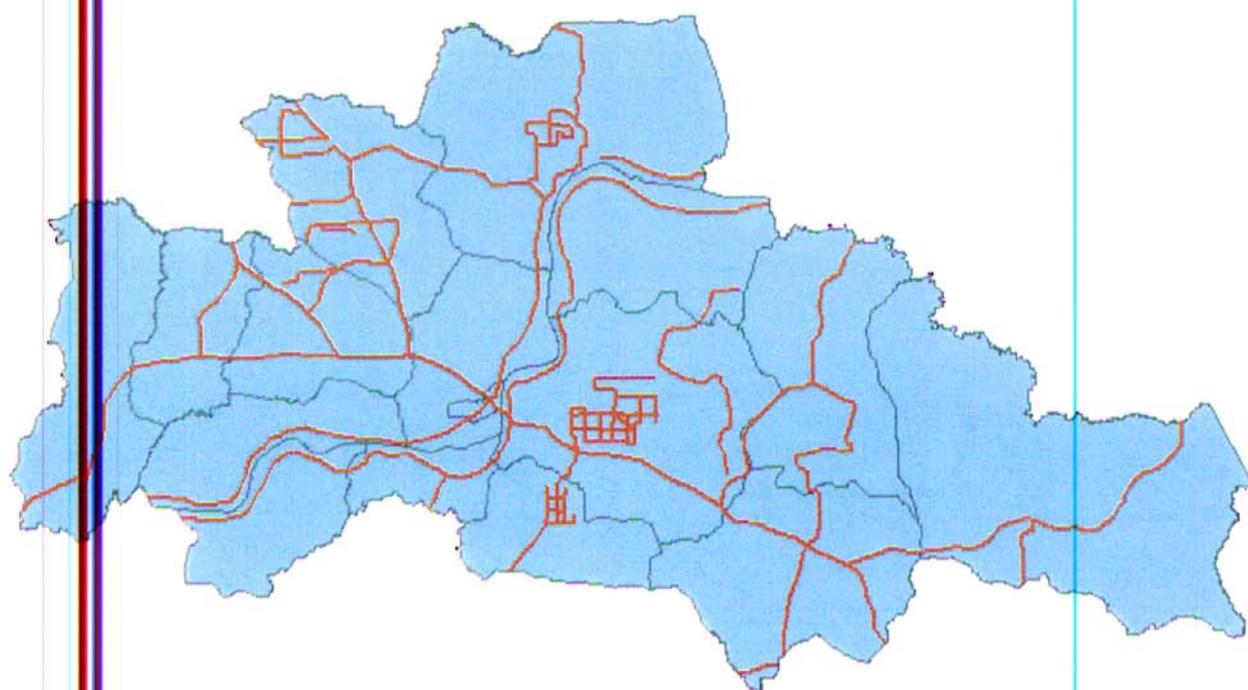
CAMBODGE

PROVINCES ADMINISTRATIVES



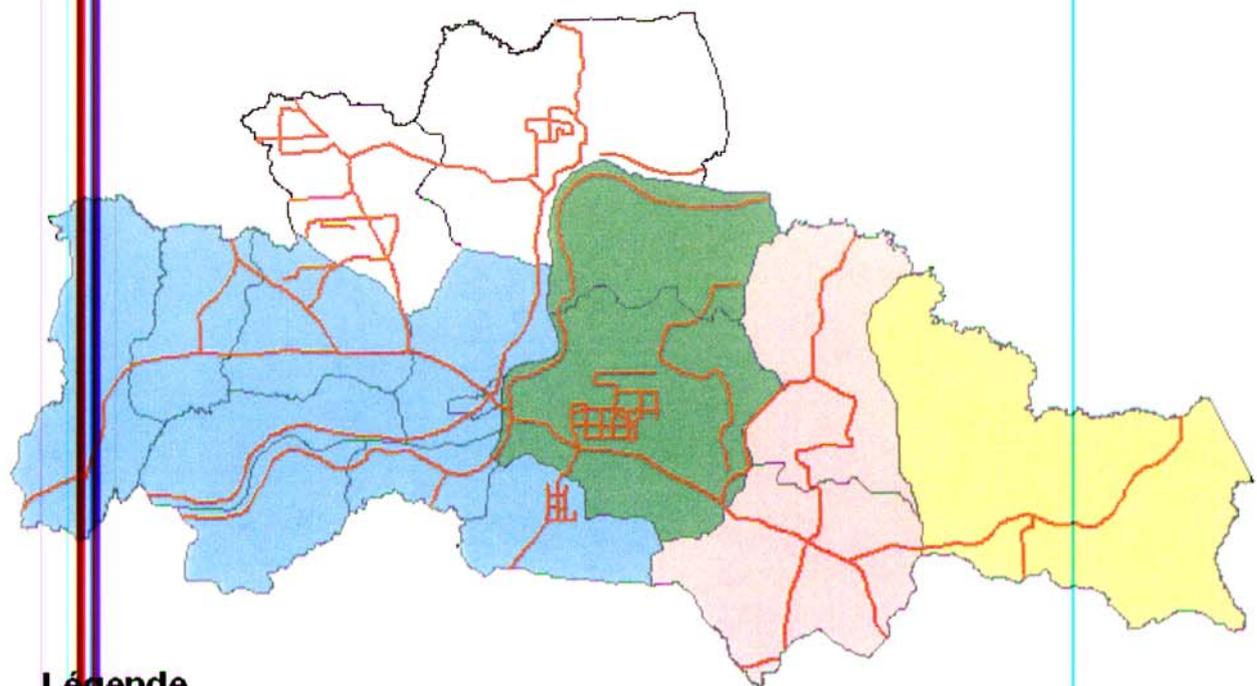
REGION de KOMPONG CHAM

Districts de la Province



REGION de KOMPONG CHAM

Secteurs du Projet Héveaculture Familiale



Légende

-  Secteur Mimot
-  Secteur Tbong Khmum
-  Secteur Damber
-  Secteur Chamcar Loeu
-  p03_dist_region

Des analyses plus détaillées à Ratanakiri, expriment un fort potentiel de production, en 1969 :

	pH-H ₂ O	pH-KCL	Argile %	C%	N total %	C/N	P assimilable PP _m
Sommets	4,04	3,75	78,7	2,52	0,191	13,3	669
Pentes	4,14	3,81	78,9	2,64	0,200	13,2	509
Vallées	4,18	3,83	78,5	2,72	0,209	13,3	586

Complexe absorbant en meg/100g

	K	Ca	mg	S	T	V %
Sommets	0,16	1,04	0,97	2,19	8,89	24,8
Pentes	0,21	1,53	0,12	2,83	9,15	30,4
Vallées	0,21	1,60	1,38	3,22	9,79	32,5

- Concernant la conduite de l'hévéaculture, des études agronomiques faites à Chamcar-Andong en 1967, montrent que le mulch de Mimosa inuisa permet un gain de 10 à 15mm de circonférence du tronc de jeunes hévéas, sur 10 mois de suivi ; sur une année complète, le gain de croissance dû au mulch est estimé à 2% avec une saison sèche exceptionnellement humide ; en année normale plus sèche les auteurs pensent que le résultat serait encore meilleur.

- Au delà de l'hévéaculture, la riziculture constitue une composante de base, incontournable des petites agricultures familiales ; le Cambodge cultive plus de 1,7 millions d'Hectares avec un rendement moyen évalué entre 1989 et 1994 à 1,3 tonne/ha ; cette riziculture se fait pratiquement sans intrants et sans maîtrise de l'eau (*lowland rainfed rice*) ; seulement 8% du riz produit provient d'une double culture sur aménagement (*environ 150 000 ha aménagés*).

Les riz cambodgiens sont photopériodiques : les précoces fleurissent fin octobre, les cycles moyens mi à fin novembre, les tardifs en décembre ; le semis des pépinières se fait entre mai et juillet. Les riz précoces sont cultivés sur les terrasses hautes aux sols les plus pauvres et conditions hydriques les plus aléatoires, les riz tardifs sont réservés aux terrasses basses aux sols plus fertiles enrichis par les crûes annuelles et conditions hydriques plus favorables. Les cycles vont de 150 jours pour les précoces, 180 jours pour les cycles moyens, à 210 jours pour les tardifs.

Le calendrier cultural changé est décrit dans la Figure 1, et la distribution des rendements dans la Figure 2.

- Basiquement, les sols de rizières sont labourés 2 fois avant l'arrivée de la crûe (*création d'un « hard pan »*) et les opérations principales du calendrier rizicole s'articulent comme suit :

	Franges rizières hautes	Franges rizières basses
Arrivée de la crûe	Début juillet – mi août	Fin mars à fin juin
Date de repiquage	Mi novembre – mi janvier	Mi janvier à mi mars
Date de récolte	Fin janvier – fin mars	Fin mars à mi mai

- Dans le document « Etat des lieux de la riziculture cambodgienne vol. II MAE, 1995 », J. Arrivets propose une amélioration de la productivité de cette riziculture par la fertilisation minérale (NP) : « une augmentation de rendement de 100kg de paddy à l'hectare sur 1.700.000 ha, a un effet supérieur sur la production totale à celle d'une augmentation de 1t/ha sur les 150.000ha de riz aménagé de décrûe (*irrigué*) ».
- Environ 50% des surfaces rizicoles appartiennent aux terrasses hautes, aux sols les plus pauvres et soumis à une pluviométrie aléatoire.

2. Les grands enjeux et défis de la composante diversification des cultures du projet hévéaculture familiale

2.1. *l'hévéaculture avec intercalaires vivriers*

- Le domaine de l'hévéaculture est celui des sols ferrallitiques sur basaltes, patrimoine sol à capacité de production exceptionnelle en milieu tropical humide : en dehors des sols volcaniques récents, ce sont les sols exondés de plus fortes potentialités sous forte pluviométrie, comme le montrent les performances agronomiques et technico-économiques obtenues par le groupe privé MAEDA au Brésil sur ce même type de sol (*L. Seguy, S. Bouzinac et Al., 2004*).

Ce patrimoine sol doit donc être absolument préservé, maintenu dans toutes ses potentialités, ceci d'autant plus impérativement que les pratiques culturales des 50 dernières années, qui ont toujours utilisé le travail du sol continu aussi bien sous hévéa que sous les cultures vivrières, ont déjà sérieusement dégradé la qualité biologique de ces sols : perte importante en matière organique, déstructuration des horizons de surface qui entraînent des externalités fortes même sur pentes faibles, sources de pertes en sol et en eau utile aux cultures et de contamination-pollution des réserves hydriques à l'aval des unités mises en culture.

- Ces phénomènes de dégradation des sols sont très visibles dans les jeunes plantings d'hévéa avec intercalaires de vivriers où le sol est labouré 2 fois pour l'installation de 2 cultures annuelles en succession (*année zéro du planting et les 2 suivantes : succession dominante → sésame + soja*) et relabouré en fin de cycle des pluies pour éliminer tout résidu de récolte qui pourrait servir de combustible en saison sèche (*phobie des feux de saison sèche*) ; au delà de la dégradation rapide des propriétés physiques et biologiques des sols (*combustion accélérée de la matière organique, déstructuration du profil cultural, perte de la capacité d'infiltration de l'eau et donc, in fine, moindre stock d'eau dans les sols en saison sèche*), ce travail intensif du sol, coupe le « *mât racinaire* » de l'hévéa installé dans l'inter-rang ; cette opération peut être très préjudiciable à l'hévéa (*augmentation du stress, et probablement perte de croissance significative des jeunes hévéas*).

Un autre exemple de dégradation physico-biologique des sols avec diminution de leur stock d'eau par ruissellement est éloquent sur les jeunes plantings d'hévéa réalisés sur doubles lignes espacées de 3 m qui laissent un inter-double ligne plus large de 13m pour les intercalaires plantés de jacquiers ou anacordier + vivriers :

L'inter-rang de 3m entre les doubles lignes n'est pas cultivé et les nombreux sarclages pour le maintenir propre, décapent l'horizon organique et le déstructurent, favorisant ainsi le ruissellement même sur pentes faibles, imputant d'autant le stock d'eau utile pour l'hévéa au cours de la longue saison sèche.

Il s'agit donc, pour l'agriculture de conservation⁸, dans bien des cas où le travail du sol a déjà fortement dégradé le capital sol, de reconstruire la fertilité rapidement avec des pratiques conservatoires compatibles avec l'exercice d'une agriculture durable, lucrative et diversifiée ; il s'agira également de préserver la ressource sol originelle héritée de la forêt des terres nouvellement mises en culture sur les fronts pionniers (*secteur de Mimot*) ; dans les 2 cas, ces pratiques conservatoires doivent obéir aux règles du « moindre coût » et la faisabilité et simplicité techniques, qui sont les moteurs essentiels de l'appropriation pour les agriculteurs. L'objectif prioritaire étant, au delà de la production vivrière accrue et diversifiée, d'avancer les premières saignées de l'hévéa à 4,5 ans alors qu'elles sont aujourd'hui au mieux à 5,5 ans et de produire plus de latex à court, moyen et long termes (*meilleures efficiences de l'eau et nutritionnelle*).

2.2. Transformation des systèmes rizicoles actuels (lowland rainfed rice) traditionnels, en systèmes riz-élevage pratiqués en semis direct sur couverture végétale permanente du sol

• Le plus grand paradoxe de cette riziculture extensive, c'est qu'elle n'ait jamais fait l'objet d'une commercialisation rémunératrice vers les pays industrialisés au Nord, sous les labels « riz biologique », ou/et « riz biologique parfumé » (*car diverses variétés consommées au cours de la mission sont légèrement et subtilement aromatiques*), qui permettraient, grâce à une forte valorisation de cette production, d'échapper au modèle « productiviste » (*qui a fait faillite et doit être très fortement subventionné pour se maintenir*) et de rémunérer les petites agricultures familiales à la hauteur de la qualité de leur production rizicole (*plutôt que de leur quantité*).

Compte tenu de la demande croissante pour les produits biologiques dans les pays développés, il me semble opportun et urgent de développer cette filière de valorisation.

• La stratégie prioritaire est de s'attaquer d'abord à la riziculture des terrasses les plus hautes qui possèdent les sols les plus pauvres qui sont soumises au risque climatique le plus élevé, et représentent près de 50% des surfaces rizicultivées.

• Les surfaces rizicoles doivent supporter aujourd'hui et avec difficultés la double production de riz et de pailles pour les animaux (*buffles, bœufs*), avec des techniques

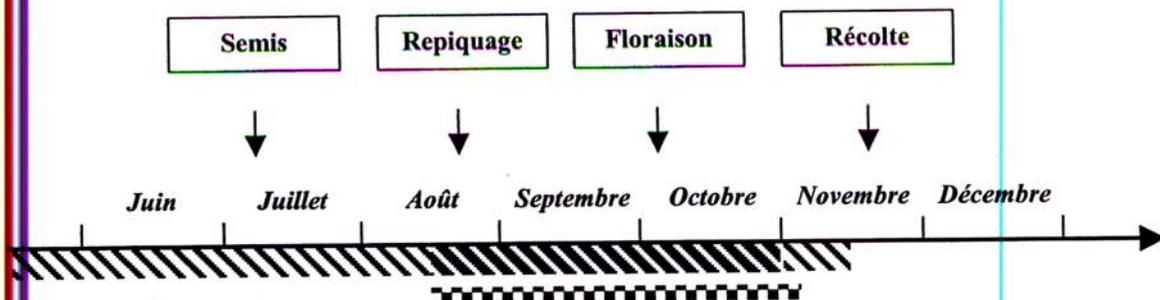
⁸ Projet soutenu par l'AFD (*Agence Française de développement*).

culturelles très contraignantes en main-d'œuvre et force de travail : 2 labours consécutifs, mise en boue, planage, pépinières + repiquage, sarclages et récolte... en jonglant avec les conditions climatiques qui déterminent l'arrivée de la crûte (*pépinières échelonnées*).

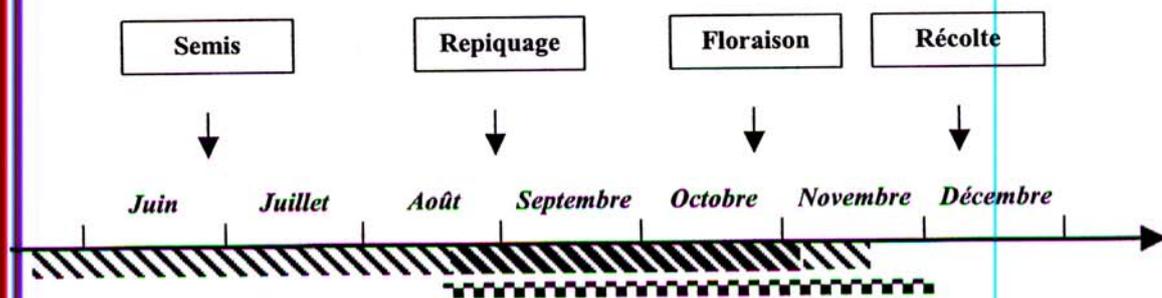
- En semis direct et avec des systèmes de culture appropriés : espèces fourragères en saison sèche pâturées (+ réserve pour la saison des pluies en conditions aléatoires), suivies de semis direct de riz lorsque le régime des pluies est plus régulier (*variétés locales, variétés Sebota aromatiques ou non*), ces surfaces rizicoles peuvent produire plus, de manière diversifiée, avec d'énormes économies en force de travail et coûts de production.
- Cet allègement possible du calendrier de travail en rizières doit permettre de mieux harmoniser les activités entre les productions en terres exondées (*hévées + vivriers, fruitiers*) et la rizière, augmenter leur efficacité technico-économique, leur faisabilité.
- Dans la construction de ces systèmes de semis direct (SCV) riz-élevage sur terrasses hautes, il est important d'amener la récolte fin octobre – tout début novembre, par le jeu des cycles variétaux, pour disposer d'une réserve en eau, encore importante à la récolte de riz en début de saison sèche : cette réserve d'eau conséquente servira à installer en post-récolte riz et en semis direct (*qui peut être fait aussi en intercalaire du riz sur pied avant sa récolte, dès que l'eau de surface est résorbée*), des espèces fourragères de grande valeur nutritive qui sont capables de se connecter avec la réserve d'eau plus profonde et de produire une très forte biomasse verte (*ou sèche si transformée en foin de réserve*) pendant la saison sèche qui peut être pâturée directement par les animaux dès qu'elle atteint un développement suffisant (>40-50cm, soit 40 à 50 jours après semis direct) et que le sol en surface est sec (*éviter ainsi de compacter le profil cultural*). Ces espèces fourragères (*genres Brachiaria, Stylosanthes, Panicum,...*) sont à la fois de puissants restructurateurs biologiques du profil de sols, de très forts accumulateurs de carbone et recycleurs efficaces des nutriments, et contrôlent naturellement et très efficacement les adventices.
- Une autre alternative SCV possible et facile à mettre en œuvre sur ces terrasses hautes, consiste à utiliser entre avril et fin juin (*soit au cours de la période aléatoire des pluies*) des espèces annuelles « pompes biologiques » à croissance rapide et puissante qui feront le lit de paille du semis direct ; ces espèces annuelles mélangées du types Mil, Sorgho, Eleusine, Eleusine + *Cajanus Cajan, Eleusine + Centrosema pascuorum*, possèdent également des fonctions agronomiques des plantes fourragères ; en outre elles peuvent être pâturées également par les animaux ; à noter que les espèces fourragères ci-avant citées, peuvent aussi être installées au début des pluies augmentant l'offre technologique SCV.

Fig. 1. Calendrier culturel de la riziculture cambodgienne

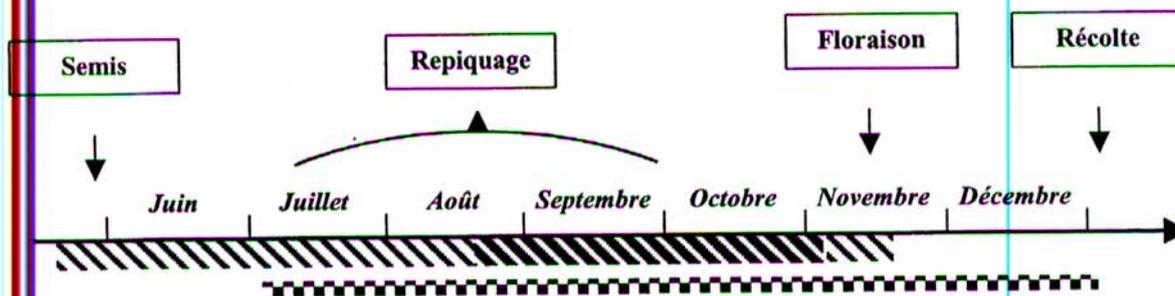
Rizières hautes, variétés hâtives :



Rizières moyennes, variétés à cycle moyen :



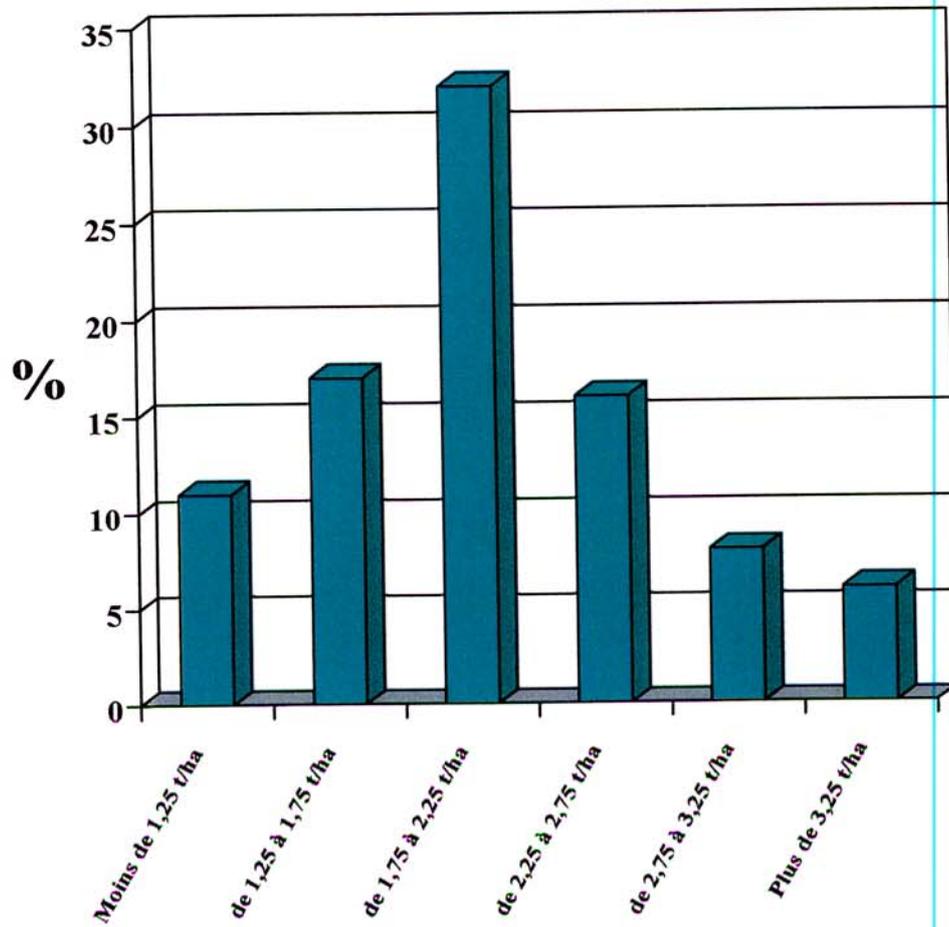
Rizières moyennes, variétés à cycle moyen :



Source GRET

-  Pluies aléatoires
-  Pluies importantes
-  Inondation

Fig. 2. Distribution des rendements de la production rizicole en pourcentage

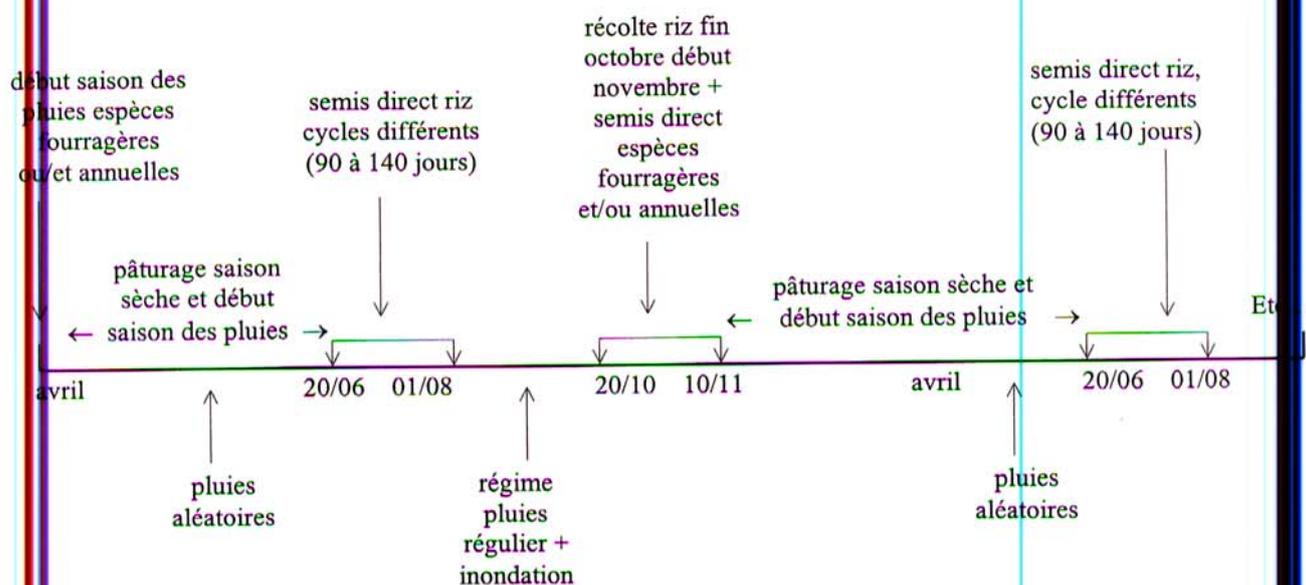


Source GRET

Il est important de signaler, que les espèces fourragères sont pour la plupart pérennes et nécessitent un herbicide total avant semis direct du riz (*glyphosate, sulfosate,...*) ; elles doivent être impérativement desséchées 22 à **30 jours** avant le semis direct du riz. les espèces de couvertures annuelles, donc non vivaces, peuvent ouvrir la voie du riz biologique sans herbicides, leur dessèchement pouvant se faire au rouleau à cornières au moment du gonflement début épiaison (*technique donc, à ne pas négliger*). Enfin, si les espèces fourragères ne doivent être pâturées qu'après 40 à 60 jours de croissance pour produire un maximum, elles doivent aussi être débarrassées de la charge animale, 1 mois avant le semis direct du riz, pour refaire la couverture complète du sol et contrôler efficacement les adventices ; à noter que sur une repousse d'un mois, le dessèchement peut être réalisé beaucoup plus près du semis direct, soit 10 à 15 jours avant.

- Il est évident que ces principes d'agriculture de conservation (SCV) dirigés prioritairement sur les terrasses hautes dans un premier temps, pourront être appliqués ensuite sur les terrasses moyennes et basses (*relevons d'abord le défi sur l'enjeu le plus important*).

Fig. 3. SCV « Riz + Elevage » sur terrasses hautes (principes de base)



- Les SCV « riz+élevage », ouvrent une énorme perspective pour la riziculture cambodgienne, une alternative (*qui peut être déterminante, décisive*) aux aménagements hydro-agricoles coûteux ; ces systèmes doivent être couplés à une forte valorisation de la qualité du riz pour l'exportation (*filière riz aromatiques, riz aromatiques biologiques*).

3. Recommandations pour assurer la progression des SCV en milieux contrôlé et réel

3.1. Intercalaires d'hévéa et systèmes vivriers hors maille hévéa

• **Principe de base (rappel)** : viser en premier lieu la simplicité, la faisabilité des SCV, leur lucrativité aux moindres coût et pénibilité :

- **Entre avril et juin, début de saison des pluies aléatoires**

Installation de pompes biologiques adaptées à ces conditions et qui contrôlent naturellement les adventices ; ce sont les espèces en culture pure ou en mélange :

Mil, sorgho, *Eleusine*, *Eleusine* + *Cajanus*, *Brachiaria ruziziensis*,
Brachiaria ruziziensis + *Cajanus*, *Eleusine* + *Centrosema pascuorum*

Et aussi les systèmes SCV :

Manioc, ananas + $\left\{ \begin{array}{l} \textit{Brachiaria ruziziensis} \text{ ou} \\ \textit{Stylosanthes guyanensis} \end{array} \right.$

- **En régime régulier des pluies** entre juillet et octobre, maximiser à la fois la productivité des cultures et les impacts favorables sur la fertilité du sol et la limitation des nuisances (*adventices*, *ravageurs*) :

- . Riz pluvial *Sebota* poly-aptitudes et locaux,
- . Maïs,
- . Soja,
- . Coton (*de haute technologie* → cf. Brésil)

Le riz pluvial peut être soit semé en culture pure, soit en association avec *Centrosema pascuorum*, ou *Stylosanthes guyanensis*.

Le soja peut être suivi, en succession, lorsque les premières feuilles tombent annonçant le début de la maturation (15/09), d'un semis à la volée de :

- . Sarrazin
- . Mil
- . Mil + *Brachiaria ruziziensis*
- . *Brachiaria ruziziensis*
- . Sorgho
- . Sorgho + *Brachiaria ruziziensis*
- . *Eleusine*
- . *Eleusine* + *Centrosema pascuorum*
- . *Macroptilum atropurpureum*

Les semences de ces espèces « pompes bio. » seront ou pelletisées (*thermophosphate* + *fongicide*) ou non pelletisées.

En deuxième année, la décision ou non de réinstaller des pompes biologiques en début des pluies (*cas des systèmes précédents avec pompes biologiques annuelles*), est guidée à la fois par l'indice de couverture du sol, son état physique de surface (*restructuration nécessaire ou non*), et la pression des adventices.

. Si nécessaire, on repart sur des biomasses « pompes bio. » dès les premières pluies ; cas fréquent après soja s'il n'est pas suivi de pompe biologique en fin de cycle des pluies, ou avant riz pluvial qui nécessite une forte macroporosité et d'azote.

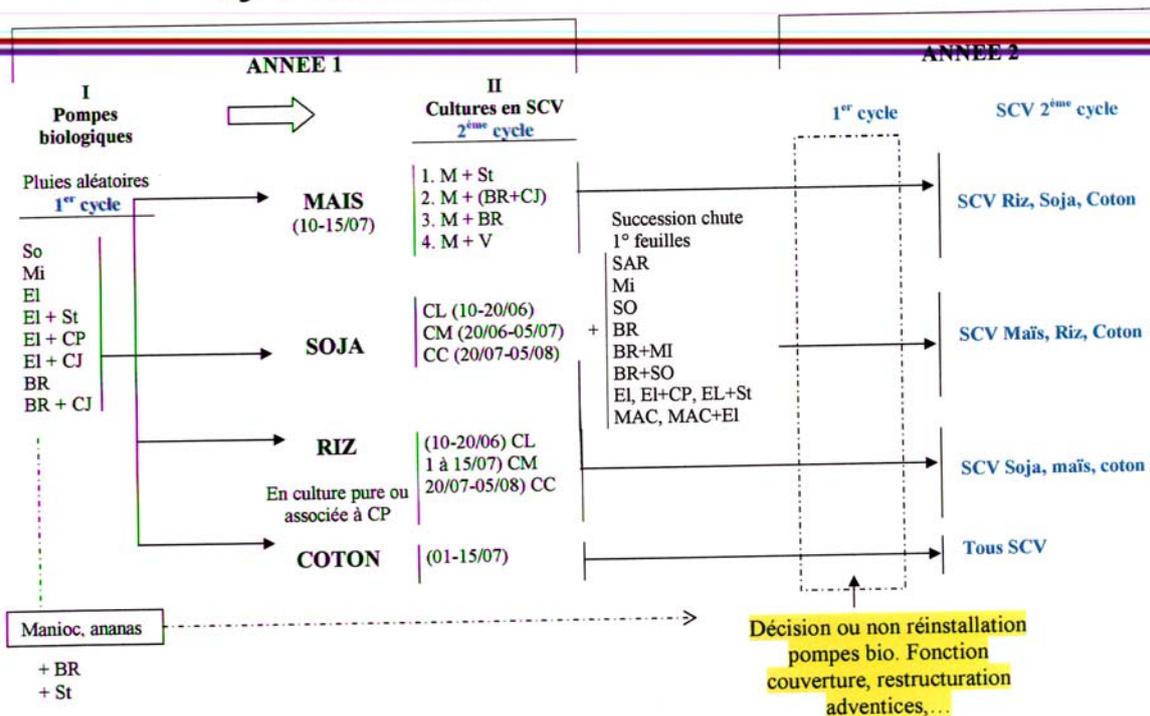
. Sinon, on laisse repartir les biomasses « pompes biologiques » qui ont été installées en fin de cycle des pluies (*sorgho, Eleusine, qui repartent par graines ou à partir des plantes en place, Brachiaria et Stylosanthes, Centrosema pascuorum qui peuvent traverser, vertes, toute la saison sèche*).

Le résumé des itinéraires techniques avec leurs dates d'implantation est donné dans la figure 4 ci-après. Le nombre de possibilités de rotations est énorme et il faut veiller à n'incorporer dans les matrices dans un premier temps, que les systèmes les plus faciles à pratiquer, à s'approprier ; le test des nombreuses combinaisons « rotations SCV » doit se faire dans des parcelles réservées à la « cuisine » où peuvent être ajustées, sur de petites surfaces, les meilleures combinaisons.

Comme dans le cas des projets Lao, la moitié (*voire la totalité*) de la surface de chaque système SCV des matrices doit réunir dans un premier temps les intrants qui permettent d'exprimer le potentiel des systèmes (*traitements de semences + herbicides + insecticides*) → constitution d'un référentiel explicatif sur les performances comparées des systèmes (*conviction des acteurs par effet démonstratif, formation*).

- Les espèces telles que *Stylosanthes guyanensis*, *Centrosema pascuorum*, *Macroptilium atro.*, peuvent être semées simultanément en association avec riz, maïs (*herbicide riz → Fendimethaline, maïs → Alachlore*) ; les espèces *Brachiaria Ruziziensis*, *Cajanus cajan*, semis décalé de 25-30 jours dans maïs (*herbicides → Simazine + Atrazine en post précoce, Atrazine + Métolachlore, ...*).

Fig. 4. Construction des SCV intercalaires ou hors maille d'hévéa



Légende : SO : Sorgho ; Mi : Mil ; El : *Eleusine coracana* ; St : *Stylosanthes guyanensis* ; CP : *Centrosema pascuorum* ; CJ : *Cajanus C.* ; BR : *Brachiaria ruziziensis* ; SAR : Sarrazin ; MAC : *Macropitilium atropurpureum* ; V : Vignas

3.2. optimisation et analyse des SCV intercalaires d'hévéaculture

Rappel : L'objectif est d'essayer de gagner 1 an sur la 1^{ère} saignée actuelle qui a lieu, au mieux à 5,5 ans après le planting, et de produire plus de latex par optimisation des ressources hydriques et nutritionnelles.

a) Sur planting normal, lignes hévéa espacées de 6m

- Systèmes de culture mis en comparaison en intercalaires

<ul style="list-style-type: none"> 1) Traditionnel 2) <i>Stylosanthe guyanensis</i> 3) <i>Brachiaria ruziziensis</i> 4) <i>Brachiaria brizantha</i> 5) <i>Panicum maximum</i>] x	<ul style="list-style-type: none"> . exporté (foin) . desséché . roulé . laissé sur pied]	x F ₀ , F ₁
6) SCV vivrier: Année 1 → Mil + maïs + (BR+CAJ) Année 2 → Riz] Soja] 2 ^{ème} cycle → Mil + maïs + <i>Calop. Ceruleum</i>]	

- 1 ligne hévéa = planting normal actuel
 alternée avec 1 ligne hévéa écobuée + fumure actuelle (1/2)
 et
 sans fumure (1/2)

- **Suivi-évaluation** (caractérisation du fonctionnement agronomique)

Sur les cultures intercalaires :

- Production de matières sèches (parties aériennes et racinaires) et exportations de minéraux (N, P, K, Ca, Mg, S, oligo Zn, Mn, Cu, B)

Sur l'hévéa :

- Suivi de croissance (continu), contrôle nutritionnel (?)

Sur le sol/système de culture :

- Analyses départ → densité apparente, M.O., N, granulo., S, T, S/T, oligos. Réserve utile eau (0-5 cm ; 5-10 cm ; 10-20 cm ; 20-40 cm).
- Analyses après fermeture canopée, idem départ.
- Suivi hydrique saison sèche.
- Bilan hydrique (lysimètres sur traitements les + différenciés 1), 5) et 6)).
- Mesure des externalités (ruissellement : eau + charge collodale et solide).
- Analyse des eaux de drainage interne (reflectomètre) sur nutriments mobiles : NO₃, K, Ca, Mg, SO₄, oligos.

b) Test d'espèces résistantes à l'ombrage et modes de gestion sous hévéa.

- Ces espèces qui ont toutes une tolérance à l'ombrage, seraient installées en 3^{ème} année, soit la dernière année de possibilité de cultures intercalaires.

- Ces espèces seraient associées au maïs de 3^{ème} année en intercalaire, et seront évaluées les années suivantes sous la canopée fermée.

→ Suivi évaluation :

- Pérennité des espèces sous ombrage entre 4^{ème} et années suivantes, et indice de couverture du sol en fin de saison des pluies,
- Suivi hydrique x espèce en saison sèche,
- Croissance de l'hévéa.

→ Modes de gestion des couvertures végétales :

- 1) 1/3 aucune gestion en saison sèche (*laissées vivantes*)
- 2) 1/3 biomasses desséchées au paraquat à l'entrée de la saison sèche (*effet mulching*)
- 3) 1/3 roulées à l'entrée de la saison sèche

Liste des espèces⁹ à tester en 3^{ème} année, dans la culture de maïs :

- *Anoxopus c.*
- *Arachis pintoi* (*pelletisé*)
- *Centrosema pascuorum*
- *Calopogonium coeruleum*
- *Paspalum conjugatum*
- *Stenotaphrum secundatum*
- *Mimosa pudica inerme*
- *Flemingia congesta*
- *Macroptilium atropurpureum*
- *Desmodium intortum* (*green leaf*)
- *Asystasia intrusa*
- *Aeschynomene Americana*, cv. Glenn.
- *Desmodium heterophyllum*
- *Cassia rotundifolia*

c) Couvrir l'interligne étroit du système de planting en double ligne (3m entre les lignes)

- Installer, dans l'année zéro, les espèces :

- *Arachis pintoi* (*boutures pralinées ou graines pelletisées*)
- *Centrosema pascuorum* (*graines pelletisées*)

- Modes de gestion en début de saison sèche :

- ½ sans contrôle
- ½ dessécher avec paraquat (*séquentiel sur 5 jours → 1,5 l puis 1,0 l*)

⁹ Cf. Héritage seeds en Australie ; équipe CIRAD SCV Laos, Nord Cameroun.

- L'objectif est de ne plus sarcler entre ces 2 lignes, c'est-à-dire de ne plus dégrader les propriétés physico-biologiques de l'interligne et garder ainsi, à la fois une forte fertilité et un maximum d'eau stockée pour la saison sèche (*externalités contrôlées*), sous cette double ligne d'hévéa.

→ Evaluer les conséquences des 2 modes de gestion de la couverture vivante sur la croissance de l'hévéa.

3.3. Les SCV « riz-pâturages » sur terrasses hautes

a) Matériel génétique à utiliser dans ces SCV :

- **Cycles courts** → B22, *Sebota* : (YM 67.5), 68, 69, 70, Primavera, J953, FOFIFA 152, 154 (90-100 jours).
- **Cycles moyens** → *Sebota* : 1141, 147, 182, 41, 65, 43, 281, 48, 63 + les aromatiques 31, 254, 28, 175 (115-125 jours).
- **Cycles longs** → *Sebota* : 256 aromatique (140 jours) 1, 36, aromatiques (130-140 jours) Lajeado (150 jours).
- Variétés locales et HYV de l'IRRI.

Le matériel *Sebota*, présente un potentiel en pluvial, qui va de 6-8t/ha pour les cycles courts à plus de 12t/ha pour les cycles moyens et longs.

Notre équipe SCV-Laos, dispose de la plupart des variétés, et je compléterai à la demande (*urgent*) car il faut multiplier le matériel en saison sèche.

A partir de 2005, des populations récurrentes « aromatiques » incluant des gluants aromatiques Laos et des aromatiques parfumés type basmati, pourront être testées en même temps qu'au Laos, si nos partenaires Lao sont d'accord, sinon des populations « aromatiques » n'incluant pas les riz gluants seront utilisées.

b) Evaluation variétale riz sur les terrasses hautes

- Sous forme de **collections testées** incluant comme témoins 2 ou 3 variétés locales les plus cultivées.

- Ces collections testées pourraient être évaluées :

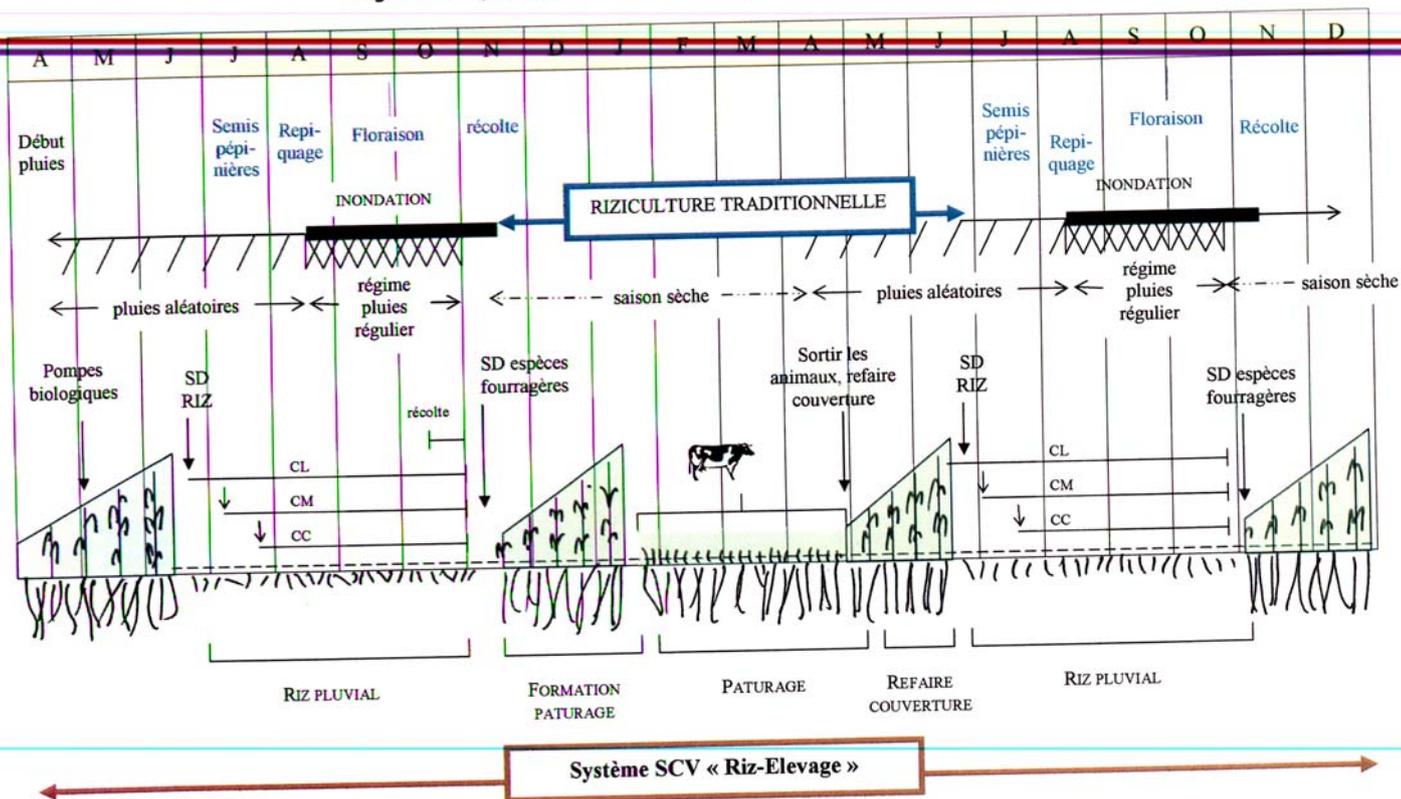
- 1) dans les **systèmes traditionnels** x F₁, F₂ (N, P + K) avec repiquage (*retirer 20 jours aux cycles*), en calant les cycles pour une récolte fin octobre tout début novembre.
- 2) Dans les systèmes SCV x F₁, F₂ en condition pluviales et en semis direct, toujours en calant les cycles pour la même période de récolte ci-dessus :
 - Semis du 01/06 à 10/06 pour les cycles longs
 - Semis du 01/07 à 10/07 pour les cycles moyens
 - Semis du 20/07 au 05/08 pour les cycles courts

- Ces collections testées seront conduites cette première année avec toute la protection nécessaire pour pouvoir trier le meilleur matériel génétique, sans interférence d'autres facteurs limitant de la production (*traitement de semences, herbicides* → cf. fiche en annexe, *insecticides contre le borer chilo auricilius et punaise leptocorisa oratorius qui attaque le grain de riz au stade grain laiteux*).
- Enfin, cette évaluation variétale pourrait être également réalisée sur les sols riches aménagés, en comparaison des HYV de l'IRRI (*si le temps le permet, ce n'est pas une priorité*).
- Le calendrier des opérations culturales en SCV, est exposé dans la Fig. 5, page suivante.
- Des cultures de diversification sont aussi possibles, dans les SCV des terrasses hautes, en utilisant, comme pour les espèces fourragères, la réserve d'eau résiduelle en post-récolte riz, dès que l'eau libre a quitté la surface du sol : *Eleusine*, sarrasin, mil, sorgho, peuvent être expérimentés : à la volée (*1/2 semences pelletisées, 1/2 non pelletisées*) ou en semis direct.

4. Conclusions

- Les propositions de recherche-action faites dans ce court rapport de mission s'inscrivent bien dans la « mise au point-transfert » de l'agriculture de conservation, en particulier du semis direct sur couverture végétale permanente du sol qui permet, à la fois :
 - De restaurer-régénérer la fertilité des sols dégradés par voie organo-biologique (*qualité biologique des sols*).
 - De produire plus et de manière plus stable, plus diversifiée (*retour à la biodiversité*).
 - De produire moins cher et plus facilement des aliments de qualité dans un environnement protégé (*sols, eaux*).
- Ce projet revêt une importance fondamentale pour l'Asie où riziculture et cultures pérennes de rente sont la base de la production agricole.

Fig. 5. Les systèmes SCV « riz-élevage » sur terrasses hautes



CL : cycle long ; CM : cycle moyen ; CC : cycle court

Quelques illustrations

Turricules sous SCV, sol rouge brun sur basalte



Photo 19



Photo 20



Photo 21 : Hévéa en double ligne (3m) et Jacquiers intercalaires



Photo 22 : Hévéa en double ligne et Anacardiés intercalaires



Photo 23 : Hévéa avec manioc en intercalaire



Photo 24 : Jeune plantation d'Hévéa avec riz local en intercalaire



Photo 25 : Matrice systèmes SCV x traditionnels (mimot)

CARACTERISATION SOMMAIRE DU FONCTIONNEMENT AGRONOMIQUE DES SCV ET DE L'IMPORTANCE ECONOMIQUE DU SOL SOUS SCV

Un rappel simple et schématique des actions à mettre en œuvre qui sont au cœur de notre projet scientifique (*URI*).

En bref

- Un des rôles fondamentaux de la recherche agronomique est de perfectionner et de manière continue les méthodes de caractérisation du fonctionnement agronomique comparé des systèmes de culture, et de leurs impacts (*milieu physique, socio-économique*), et d'identifier des indicateurs pertinents, accessibles à tous et en particulier aux agriculteurs même et surtout lorsqu'il sont analphabètes.
- Au delà de l'évaluation des conditions de croissance et de production des cultures (*composantes du rendement, nuisances de la flore, des ravageurs, etc...*), nous devons prendre en compte :
 - La mesure des externalités (*quantité, qualité*),
 - La possibilité d'établir des bilans hydriques (*lysimètres simples, cf. L. Seguy 1974*) et minéraux rigoureux,
 - L'évaluation fine des relations sols-cultures notamment par des outils biologiques de synthèse tels que les systèmes racinaires dont la dynamique est la résultante des propriétés physico-chimiques et biologiques des sols : développement de méthodes permettant de mesurer sur échantillons non remaniés paramètres physiques, chimiques et biologiques du sol, ses caractéristiques hydro-dynamiques et densités racinaires (*cyndres de prélèvement multi-fonctions, outils de mesure de la dynamique racinaire, etc...*).
 - La qualité biologique des sols, des eaux de drainage profond et des productions (*parties aériennes grains + paille, et racinaires*).
 - Des outils simples et puissants de diagnostic agronomique du milieu physique (*valorisation entre autres, les adventices indicatrices les incorporer dans la caractérisation dynamique des systèmes de culture*).

ANNEXES

- 1. Les voies du futur en SCV.**
- 2. Herbicides riz SCV.**

Les voies du Futur en SCV :

A noter que la trajectoire d'évolution des SCV actuelle (*L. Seguy 2002-2004*), intègre, au-delà de la gestion durable de la ressource sol, une gestion de plus en plus organique des cultures et biomasses dans laquelle les molécules organiques substituent progressivement les molécules chimiques polluantes, au moindre coût ; cette voie constitue une alternative très consistante aux OGM, dans laquelle la gestion, au plus « près du biologique » du système « sol – culture » permettrait de fournir des aliments de qualité (*exemptés de résidus agrottoxiques*) dans un environnement protégé. Cette voie, en développement, éviterait la voie productiviste (*en échec au Nord*) qui n'est pas réaliste dans les conditions de développement au Sud ; la compétitivité des produits du Sud se ferait d'abord sur la qualité rémunératrice des productions, et non sur la productivité (*inaccessible au Sud*).

Il paraît très important également de convaincre tous les acteurs de la Recherche – Développement et les décideurs financiers, politiques, que les SCV sont beaucoup plus performants que toutes les techniques d'aménagement anti-érosif car ce sont les seules qui contrôlent très efficacement les externalités, permettent de rebâtir rapidement la fertilité des sols au moindre coût (*séquestration importante du carbone, accumulation parallèle de N. organique, rétention efficace des bases, efficacité de l'eau, économie d'intrants chimiques*) ; cette démonstration qui peut être effective (*et objective*) dans l'approche tenoir est d'autant plus urgente et importante, que les aménagements anti-érosifs actuels (*qui minimisent certes les dégâts de l'érosion, mais sont inefficaces pour reconstruire la fertilité gratuite organo-biologique des sols*), sont subventionnés (*et coûteux*).

Dans l'état actuel de nos connaissances, il serait beaucoup plus judicieux et efficace d'utiliser ces subventions à la diffusion des SCV, ce qui nous permettrait d'atteindre des niveaux d'échelle très conséquents, très vite, qui sont aussi des instruments de conviction pour tous.

(extrait du rapport de mission L. Seguy, Nord Cameroun 2004)

Itinéraires riz pluvial SCV avec herbicides : options

Pré-émergents riz, post semis :

- **Oxadiazon** (*Ronstar*), 800 à 1000g m.a./ha
- **Pendiméthaline** (*Stomp*), 1200 à 1500g m.a./ha, à compléter en post si nécessaire par 0,8 à 1,2l/ha **2.4D amine**, fin Tallage (40-60 JAS)

Tout en Post

- En post précoce → **Bentazon** (*Basagran*), sur dicot. stade 2-3 feuilles, 600 à 720g. m.a./ha + 1 litre huile minérale
- En post, dès la levée du riz (*totalelement sélectif*) anti-graminées **Cyhalofop-butyl**, 150 à 270 g. m.a./ha en fonction stade de développement des graminées (*produit commercial :Clincher*)

(extrait du rapport de mission L. Seguy, Nord Cameroun 2004)