SUIVI EVALUATION ET PROPOSITIONS DE RECHERCHE – ACTION POUR L'AVANCEE DU SEMIS DIRECT SUR COUVERTURE VEGETALE AU LAOS ET AU CAMBODGE

Rapport de mission de L. Seguy

Novembre 2005

SOMMAIRE

PREAMBULE 1

LE PROJET PRONAE NAFRI/CIRAD AU LAOS 2
1. Les grands enjeux et défis du PRONAE dans la Province de Xieng Khouang 8
1.1. Les grands ensembles morphopédologiques « vides » de toute agriculture 8
1.2. La riziculture de pénéplaine des Jarres : aménager ou non ? 12
1.3. Les sols à fortes potentialités sur colluvions karstiques 13
1.4. L'agriculture de « montagne » défriche-brûlis 14

2. Bref « Tour de plaine », observations générales résumées (sites de Suon Mone, Ban Le, Pien Chan, Pakae, Xoy Nafa, Pouhoum) 15
2.1. Recommandations aux équipes NAFRI/CIRAD pour assurer une progression efficace des SCV 16
2.2. Recherches thématiques d'ajustement des systèmes SCV (cuisine « agronomique du savoir-faire » 25

3. Les SCV dans la province de Sayabouri (Kenthao) 27
3.1 « Tour de plaine » observations générales résumées
3.2. Recommandations aux équipes NAFRI/CIRAD pour assurer la progression des SCV dans cette région à fort potentiel 28

4. Recommandations finales 29

ANNEXE I – LAOS 32

LE VOLET DIVERSIFICATION DES CULTURES DU PROJET HEVEACULTURE FAMILIALE AU CAMBODGE 113
1. Rappel : Quelques données de base utiles à la compréhension du milieu et des principales productions dans la zone d'intervention du projet 121

2. Les grands enjeux et défis de la composante diversification des cultures du projet hévéaculture familiale 123
2.1. l'hévéaculture avec intercalaires vivriers 123
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 124

3. « Tour de plaine » observations générales sur le comportement des cultures dans les systèmes SCV et traditionnels 131

4. Recommandations pour assurer la progression des SCV en milieux contrôlés et réels 132
4.1. Intercalaires d'hévéas et systèmes vivriers hors maille hévéas 132

5. Premiers résultats significatifs après 2 ans (Highlights) 141
5.1. Diagnostic agraire sur l'agriculture pluviale de Kampong Chan diagnostic agro-socio-économique 141
5.2. Premiers Highlights – Résultats Cambodge 161

6. Questions de recherche plus fondamentales 169

7. Evolution opérationnelle du projet hévéaculture familiale (2007-2008) – Propositions 170

8. Conclusions 173

ANNEXE II – CAMBODGE 174
ANNEXE III – Outil de caractérisation du fonctionnement agronomique des systèmes de culture 194

PREAMBULE

Comme les années précédentes, ce rapport sera court, compte tenu du fait que les grands axes des programmes de recherche-action ont été déjà définis et précisés les années antérieures et que la poursuite de leur construction sur le terrain a été très largement débattue et discutée sur place avec les divers acteurs de la recherche-développement.

Ce rapport se veut simplement un support méthodologique, un guide opérationnel cohérent pour l'exercice de notre métier d'agronome qui œuvre pour la recherche finalisée au sud et qui doit toujours avoir l'ambition, à travers une démarche engagée dans les réalités agricoles des pays du sud, de contribuer à l'amélioration effective des agricultures à des échelles convaincantes, en particulier, l'ambition et l'engagement de bâtir – promouvoir une agriculture durable, lucrative, restauratrice et préservatrice de la ressource sol *(résilience sous SCV)*, même dans les conditions pédologiques et socio-économiques les plus défavorables.

Ce rapport réunit :

- Des propositions et recommandations de recherche-action relatives aux projets agro-écologie[1] :

  . PRONAE NAFRI / CIRAD au Laos,
  . HEVEACULTURE FAMILIALE au Cambodge.

- Des documents[2] en annexe, utiles au lecteur, concernant les méthodes de recherche-action, la production de connaissances scientifiques et d'innovations technologiques majeures pour l'agriculture de conservation face aux grandes problématiques des petites agricultures familiales en Asie.

L'ensemble de ces documents illustre parfaitement le champ de nos activités de recherche holistique pour, avec et chez les agriculteurs : le diagnostic initial, la création des innovations en adéquation avec la demande paysanne, leur diffusion – appropriation, leur suivi- évaluation et leurs impacts agro-socio-économiques, la formation.

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 sols *(SCV)* que de production de connaissances scientifiques, de pré-diffusion des techniques SCV, et de formation.
Que soient ici très chaleureusement remercié
s, 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. annexes

LE PROJET PRONAE NAFRI / CIRAD

AU LAOS

(*) Les chapitres à suivre, concernent les provinces de Sayabouri et Xieng Khouang

Termes de références de la mission

et personnes rencontrées

République Démocratique Populaire Lao
Paix Indépendance Démocratie Unité Prospérité

Ministère de l'Agriculture et des Forêts
Institut National de Recherche Agronomique et Forestière

Programme National Agroécologie
Laos
(2004-2008)

Mission d'appui
Agriculture de conservation tropicale et rizicultures alternatives

Termes de référence

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

Rappel

Le cadre général de ces missions annuelles a été présenté en détail dans les précédents termes de référence qui ont donné lieu à la mission d'appui de M. Lucien SEGUY, agronome-chercheur du CIRAD du 15 au 22 octobre 2004.

Rappelons que 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.

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, département Cultures Annuelles, UPR *Systèmes sur Couvert Végétal*) pour une durée totale de 10 jours de mission. Cette étude se déroulera du 9 au 18 octobre 2004.

Cadre juridique et institutionnel

Le consultant CIRAD 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 10 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 12 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 3425.00 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, soit un montant

de 375.00 USD. 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
		USD	EUR	USD	EUR		
Déplacement international Paris-Vientiane et Bangkok - Paris	1.0	1300			1300	forfait	CIRAD
Déplacement local (agents NAFRI et CIRAD) VTE - XKH – XAYA - Bolovens VTE – Phom Penh	1.0 1.0	700 145		700 145		frais réel	PRONAE
Consultant CIRAD-CA Honoraire / Perdiem Honoraire rédaction	10.0 1.0		500 350		5000 350	forfait forfait	CIRAD
Consultant MAF/NAFRI Honoraire / Perdiem	10.0	75		750		forfait	PRONAE
Frais d'édition du rapport							
Edition France	1.0	200			200	forfait	CIRAD
Edition Laos	1.0	100		100		forfait	PRONAE
Total				**1695**	**6850**		

Fait à Vientiane, le

Le Directeur national

Le Conseiller Technique Principal

M. Florent TIVET

Calendrier et personnes rencontrées

Samedi 08/10 :	Arrivée de L. Séguy et A. Chabanne par le vol TG690. Rencontre avec MM. Etienne Woitellier, Emilie Durochat et François Jullien
Dimanche 09/10 :	Réunion avec le NAFRI et le PRONAE.
Lundi 10 et mardi 11/10 :	Trajet Vientiane – Kenthao par la Thaïlande en fin de matinée Suivi des activités au sud de Sayaboury. Trajet Kenthao – Vientiane (en fin d'après midi le 11/10)
Mercredi 12/10 :	Réunion au NAFRI avec Dr. Montathip, vice-directeur Trajet Vientiane – Xieng Khouang – Luang Prabang
Jeudi 13/10 et vendredi 14/10 :	Suivi des activités dans la province de Xieng Khouang. Rencontre avec, M. Bouasone et M. Sompheng SYPHONGXAY, responsables du Département de l'Agriculture et des Forêts de la province de Xieng Khouang.
Samedi 15/10 :	Suivi des activités dans la province de Xieng Khouang. Déplacement Xieng Khouang – Luang Prabang.
Dimanche 16/10 :	Rencontre avec M. Patrick JULIEN. Déplacement Luang Prabang – Vientiane.
Lundi 17/10 :	Présentation SCV-CIRAD devant les représentants des départements du Ministère de l'Agriculture et des Forêts (NAFES, NAFRI, planification, agriculture). Restitution de la mission à son Excellence M. Maurice PORTICHE ambassadeur de France.
Mardi 18/10 :	Visite de l'exposition organisée au MAF pour la journée mondiale de l'alimentation. Rencontre avec son Excellence Dr. Siène SAPHANGTHONG, Ministre de l'Agriculture et des Forêts. Dîner de courtoisie organisé par Dr. Siène SAPHANGTHONG avec les représentants des départements du MAF et de l'AFD.
Mercredi 19/10 :	Départ de L. Séguy par le vol Vientiane – Pnomh Penh (10h10)

L'équipe du PRONAE était composée de M. Khamkèo PANYASIRI (directeur national), Mme Bounsay CHANTHARATH (assistante technique NAFRI), M. Chanthasone KHAMXAYKHAY, M. Thammakham SOSOMPHOU, M. Chanthaly KEODOUANGSY, M. Sengphanh, M. Hoà TRAN QUOC, M. Pascal LIENHARD, M. Florent TIVET et M. Frédéric JULLIEN conseiller technique du Point d'application du sud de la province de Sayaboury pour le bureau d'études Lao Consulting Group.

1. Les grands enjeux et défis du PRONAE dans la province de Xieng Khouang, entre 600 et 1200 m d'altitude

(*) Ce chapitre est un simple rappel, extrait de mon rapport 2004

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 *(sites d'Ibity, d'Antsapanimahazo).*

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 **Pouhoum** 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 Pouhoum 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 tachetés 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.

- 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'écobuage[3], 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-mychorhizes)*, 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 grains, 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 rotondifolia,* etc… qui répondent peu[4] 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 écobuage en année 1**, suivie de rotations diversifiées en SCV + fumure compensant les exportations par grains ; cette option permet de produire des grains dès la 1ère 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.

- C'est la voie « espèces fourragères restauratrices » qui a été retenue sur les sites de Pouhoum et Xoy Nafa du PRONAE ; l'ouverture directe par les cultures (*riz, soja*) montre

[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.

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. recommandations 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.

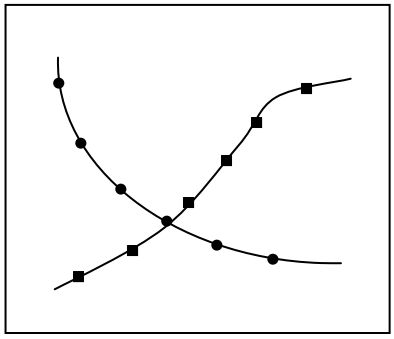
- La fumure minérale devrait faire l'objet de subventions contre la pauvreté et de préservation des ressources naturelles. En effet, des subventions lourdes, sont encore aujourd'hui consenties pour des aménagements anti-érosifs fort coûteux (*cf. Tunisie, Cameroun, etc…*), beaucoup moins efficaces[5] que les SCV. Il est aujourd'hui fondamental de provoquer cette prise de conscience au plus haut niveau (*préserver 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 :

[5] 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

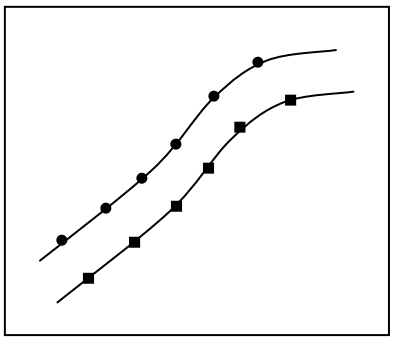


Propriétés physiques et biologiques

Propriétés chimiques

t

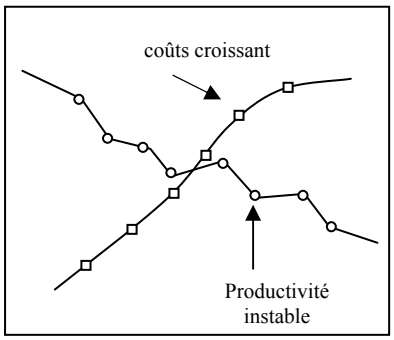
Fig. 2 SCV x engrais



t

RELATION COUTS x PRODUCTIVITE *(cultures, main d'œuvre)*

Fig. 3 Travail du sol

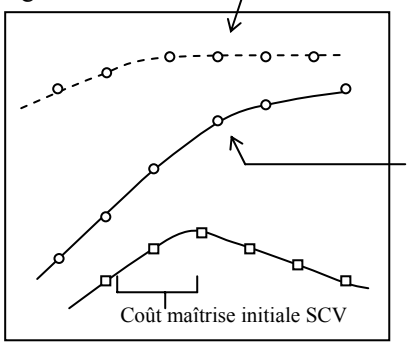


Productivité

coûts

t

Fig. 4 SCV



t

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 (*pâture directe 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 souvent 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 rizicultures traditionnelle et des alternatives SCV pluviales, sont comparées dans et hors aménagement traditionnel.

- L'altitude de cette pénéplaine 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*, *Stylosanthes, 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 conizoïdes, 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, triticale, 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, triticale, 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, triticale ;
- 2 t/ha de haricot avec les mêmes successions ;
- plus, des ressources fourragères diversifiées.

Comme sur les collines acides de Pouhoum et Xoy nafa, des espèces arbustives de rente (*fruitiers : goyaviers, avocatiers, 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 **cousent** pour éviter son érosion ; ensuite, la couverture permanente du sol doit être assurée par le jeu des rotations de cultures construites sur des associations entre cultures de grains et cultures fourragères fixatrices et régénératrices du sol (*genres Brachiaria*, *Stylosanthes, Pueraria, Mucuna, etc…)* ; comme sur colluvions de karst, des cultures arbustives de rente (*fruits, autres*) peuvent être implantées dès la 2ème année, grossièrement en courbes de niveau (*jardins tropicaux à ambiance forestière*).
(*cf. mes recommandations 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 coeur 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. Bref « tour de plaine », observations générales résumées (sites de Suon Mone, Ban Le, Pien Chan, Pakae, Xoy Nafa, Pouhoum)

Les premiers succès et points forts :

- L'ensemble du travail réalisé est énorme et impressionnant.
- Parfaite implantation des espèces fourragères régénératrices de la fertilité des sols ; leur développement végétatif est très fort sur tous les sites (*genres Brachiaria*, *Panicum, Pennisetum*, *Stylosanthes) ; il confirme la possibilité d'élevage immédiat en toutes situations pédoclimatiques, en particulier sur tous les grands ensembles* « vides de toute agriculture » *(sites de Pouhoum, Xoynafa)* et sur défriche en zone montagneuse *(site de Suon Mone).*
- Excellent niveau de maîtrise technique de ces espèces fourragères, premières performances très attrayantes de l'élevage bovin *(Xoy Nafa).*
- Importance confirmée de la technique de l'écobuage pour redémarrer la fertilité des sols des *« grands ensembles vides de toute agriculture » (site de Xoy Nafa)* : en fonction du niveau de fumure minérale associé, la productivité du riz pluvial *(CIRAD 141, riz locaux)* va de 1500 kg/ha à plus de 4000 kg/ha dès la première année d'écobuage *(idem Madagascar),* sur le système doubles lignes riz alternées avec *Centrosema poscuorum.*
- Premiers résultats intéressants obtenus sur la riziculture irriguée dans la plaine des Jarres *(Sebota 41 ; 65)*, sur sols à fertilité initiale très basse, bloquées.
- Rendements très élevés de maïs (>6 t/ha) et riz pluvial *(Sebota 281 > 4-5 t/ha)* sur sols érodés de piémont de Karst à basse altitude *(site de Pieng Chan = 700 m).*

Les points faibles :

- Mauvais calage des cycles riz, aussi bien en culture pluviale *(sites de Suon Mone, Pouhoum)* qu'irriguée *(Plaine des Jarres).*
- Attaques fréquentes et très préjudiciables aux rendements de riz, de ravageurs sur les racines *(termites, Rhospalosiphum ruf., autres.),* en culture pluviale.
- Contrôle souvent insuffisant de la flore adventice très agressive dans les systèmes SCV maïs sur colluvions de karst *(site de Pakae),* en particulier des *dicotylédones (genres Commelina, Ageratum, Galinsoga, pour ne citer que les plus importants).*
- Qualité parfois déficiente des semences de riz sur certains sites *(mauvaise germination)* qui compromet l'évaluation du matériel génétique.

• Hormis les espèces fourragères et alimentaires en culture pure, implantation souvent déficiente, mal maîtrisée des plantes de couverture associées en fin de cycle dans le maïs, le riz, qui affecte négativement les performances agronomiques des SCV l'année suivante *(sol peu couvert, fonctions peu efficaces de restructuration du profil cultural et de contrôle naturel des adventices).*

2.1. Recommandations aux équipes NAFRI/CIRAD, pour assurer une progression efficace des SCV ***(Fonctions de création de l'innovation – transfert / diffusion / appropriation (Formation multi-acteurs).***

(*) Les recommandations faites en 2004 peuvent être reconduites dans leur intégralité (cf. rapport L. Seguy 2004).

2.1.1. Modélisation des systèmes SCV, compte tenu :

• de nos connaissances agronomiques *(lois de fonctionnement agronomique issues du réseau tropical CIRAD).*

• de leur niveau de maîtrise et de reproductibilité,

• des enjeux de développement,

• de notre obligation d'ouvrir « toujours plus le champ des possibles » avec les *agriculteurs (pour, avec et chez eux).*

a) « Ensembles des terres vides » sur schistes (sites de Pouhoum, Xoy Nafa)

⇨ **OPTION ELEVAGE DOMINANT : Installer riz + *Brachiaria Ruzi*. et**

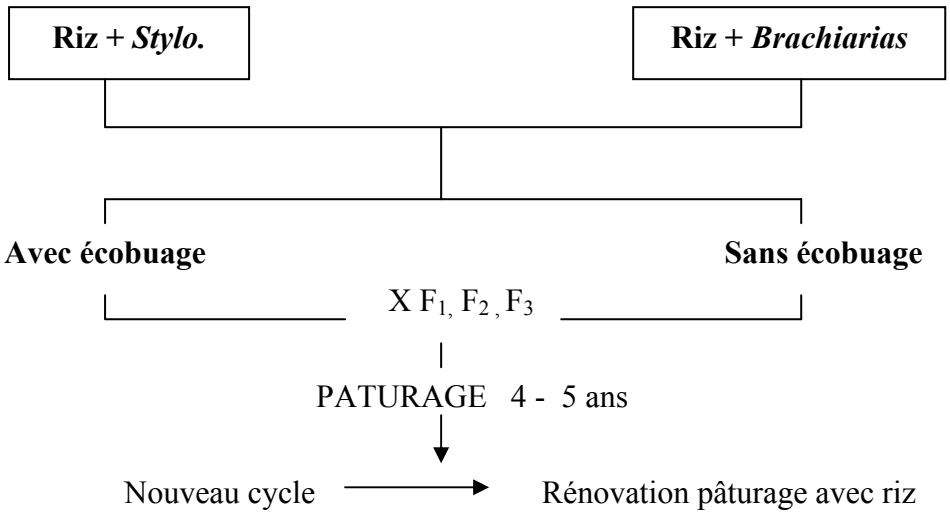
riz + *Stylo* avec fumures F_1, F_2, F_3 [+ écobuage / sans écobuage]

• 2 systèmes possibles :

- Riz + *Brachiaria, Stylo*., en semis simultané en interlignes, ou en semis différé 45 jours environ avant la fin des pluies.

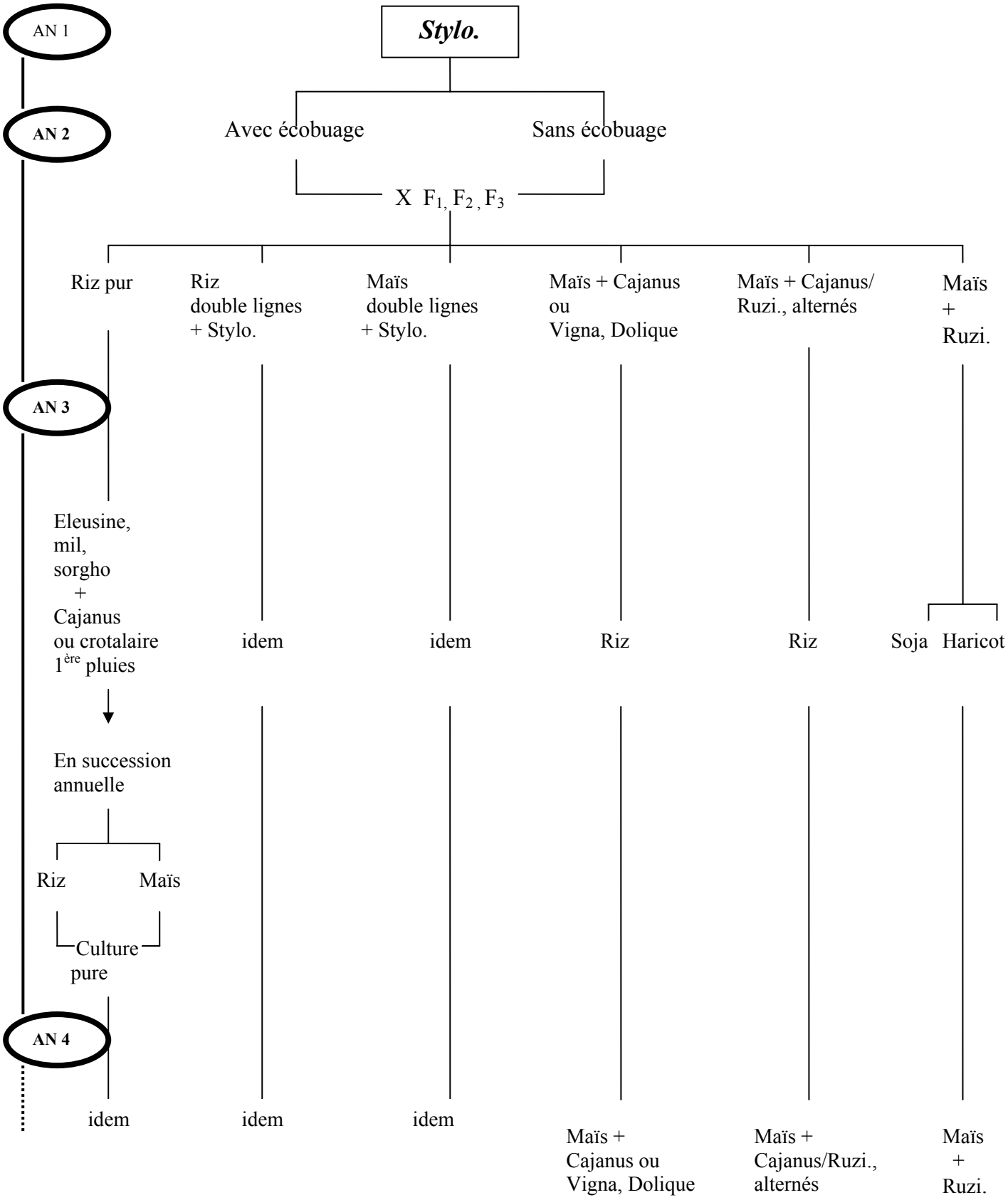
• Le riz de cycle court *(FOFIFA 152, 154, SEBOTA 68, 69, Primavera)* associé au fourrage, installé en première année, sert à payer le coût d'implantation du pâturage pour les 4 à 5 années suivantes *(production de fourrage, charge, durée, fonctions de l'espèce et du niveau de fumure).*

Soit :

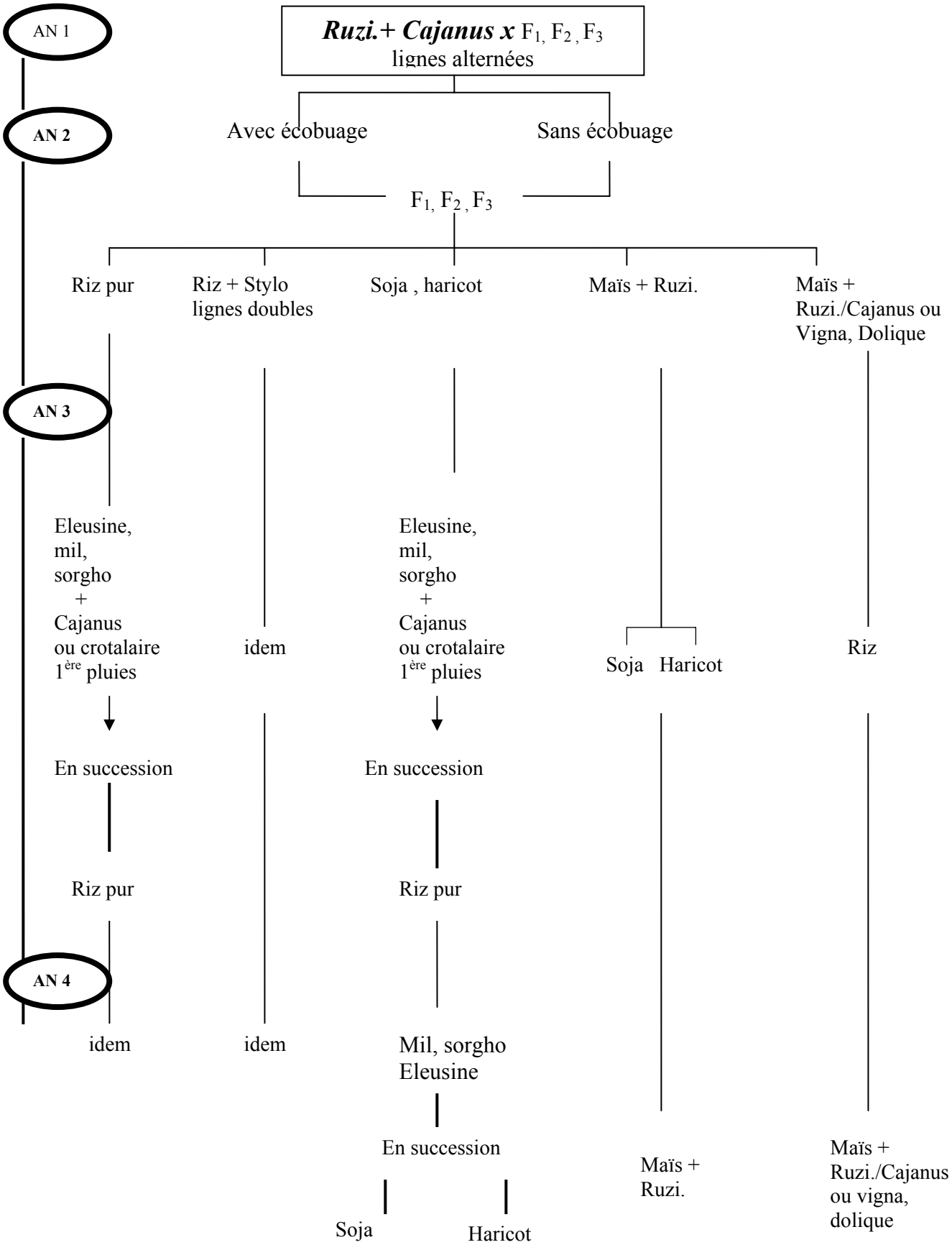


OPTION : AGRICULTURE DIVERSIFIEE – ELEVAGE

CAS DU STYLO.



CAS DU BRACHIARIA RUZI. + CAJANUS



b) Sols de moyenne à bonne fertilité, de basse altitude (600 - 800 m) sites de Ban Le, Pieng Chang

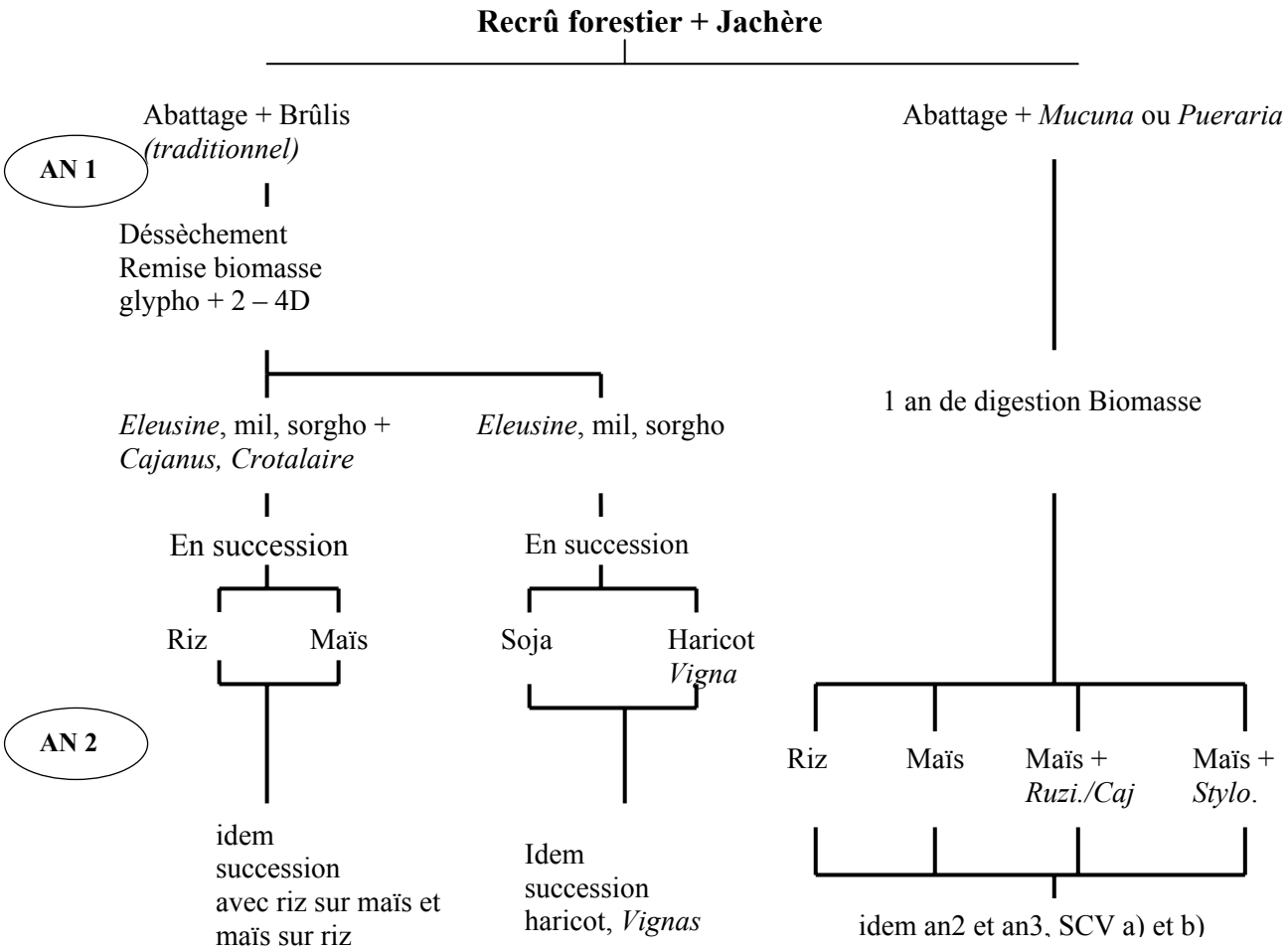
• Sur ces sols sans « blocage de fertilité » *(Minéralisation active de la M.O)*, les SCV peuvent être montés directement sans passer nécessairement par l'écobuage et/ou l'utilisation d'espèces fourragères, restauratrices. Toutes les jachères et recrûs sont colonisés par une flore diversifiée qui confère au sol une bonne structure *(genres Chromolaena, Tithonia, Imperata et graminées actuelles de fort développement : Andropogonées, genres Hyparrhenia, Pennisetum, etc…).*

• Deux opérations techniques sont essentielles à l'implantation réussie des SCV :

- Contrôle efficace et au moindre coût de la jachère + recrû avant semis *(mélange glyphosate + 2 – 4D).*
- Contrôle des adventices dans les cultures en post semis *(herbicides, main d'œuvre).*

• Il est évident que des soles fourragères temporaires du type *Brachiaria Ruzi.* + *Cajanus, Stylosanthes g.*, constituent, au-delà de leur fonction alimentaire, restructurante et recycleuse pour le sol, un moyen de contrôler la forte pression des adventices, au moindre coût.

ex. de modélisation de SCV, sans sole fourragères



c) *Sols sur colluvions karstiques, de haute fertilité (site de Pakae)*

Sur ces sols à fortes potentialités, réservés traditionnellement à la production de maïs limitée par une très forte pression des adventices annuelles *(genres Commelina, Ageratum…)*, la priorité doit être donnée à la construction de 3 grands types de systèmes SCV → Remodelage SCV.

1/ Maïs sur couvertures vivantes[6] (x F_0, F_1, F_2)

Desmodium grean leaf	luzerne super 7	*Lotus uliginosus*	*Trifolium semi-pilosum*	*Arachis pintoi et repens*

2/ Maïs sur couvertures mortes de biopompes alimentaires

Maïs + en intercalaires de fin de cycle :

→ 10/08 – 20/08
- -Blé,
- -Avoine,
- -Avoine + vesce,
- -*Brachiaria Ruzi. + Cajanus*
- -*Cajanus, Crot. Grahamiana (Madagascar)*
- -Radis fourragères
- - Tournesol
- - Sarrasin

→ A partir 20/08
- -Haricot

Maïs double lignes
1m20 entre double lignes
0.40 m entre lignes
+
Soja entre double lignes, semis simultané

3/ Légumineuses alimentaires *(Soja, Haricot, Vignas)* et Blé sur couverture vivante de Kikuyu (Whittet) et Cynodon hybride Tifton 85 x *(F_0, F_1, F_2)*

. Déssécher, flore adventice à la reprise *(1ère pluies)*
. Installer boutures de Kikuyu *(30 cm x 20 cm)* ou tifton 85 *(peuvent s'installer avec motoculteur également).*

↓

Semis direct Soja, haricot, *Vignas*, blé, sur Kikuyu ou Tifton :

→ Déssécher Kikuyu, Tifton, 1 semaine avant semis *(séquentiel gramoxone 1,5 l+1l)*
→ Semis direct légumineuses à forte densité (*ombrage rapide de la parcelle → cultivars agressifs).*

[6] Se rappeler que le succès de ce type d'association réside dans l'élimination totale de la concurrence de la couverture vivante pendant les 30 premiers jours du cycle, jusqu'à ombrage total de la couverture par la culture. Pour ce faire, l'herbicide FLUROXYPYR peut être utilisé en post sur maïs (jusqu'à 4ème feuille) et le TRICLOPYR sur le riz (ajuster les doses minimum efficaces).

Dès que le Kikuyu ou Tifton repart dans la culture, traiter :
- sur légumineuses au Fluazifop-butyl *(0.2 à 0.3 l/ha)* et 1 ou 2 fois avant couverture complète de la culture, si nécessaire
- sur blé, avec Fénoxaprop ethyl, conjugué à fort apport N précoce.

→ après récolte légumineuses ou blé → Pâturage.

(*) dans cette écologie, le riz pluvial (cultivars FOFIFA 152, 154, SEBOTAS68, 69, Primavera) peut entrer en rotation avec les itinéraires : maïs + (avoine + vesce), maïs + soja, maïs + Brachiaria/Caj., maïs + Crot. grahamiana.

d) Le défi riz dans la plaine des Jarres (+/- 900m) sur sols très acides de faible fertilité naturelle initiale = aménagements hydrauliques ou SCV rizicoles pluviaux ?

→ Sur le site actuel = très urgent d'installer maintenant des cultures de contre-saison en rizières = avoine, avoine + vesce, dolique.

En 2006

. SUR LA TERRASSE LA PLUS HAUTE (Makalioka actuel + local)

. ½ paille brûlée *(tradition)*
. ½ paille étalée
Début pluies→ dessécher, puis SD = *Eleusine*, mil, sorgho + *Crotalaire* ou *Cajanus*
↓
Dessécher biomasse *(glypho + 2 4D avec roulage*[7] *ou sans)* puis semis direct Riz :

. cycles longs	→	25/05 au 05/06
. cycles moyens	→	05/06 au 15/06
. cycles courts	→	15/06 au 25/06

SOIT :

Paille de riz brûlée — Paille riz réétalée

Dessécher → SD *Eleusine*, mil, sorgho + *Cajanus* ou *Crotalaire*
X $\mathbf{F_1}$, $\mathbf{F_2}$→ Forte biomasse

SD riz en succession X $\mathbf{F_1}$, $\mathbf{F_2}$ *(fumures NPK, F_1 avec 120 N)*

A récolte riz
→ Diversification

Cultures de contre-saison :
haricot, avoine, avoine + vesce, dolique, blé, *Centrosema p.*

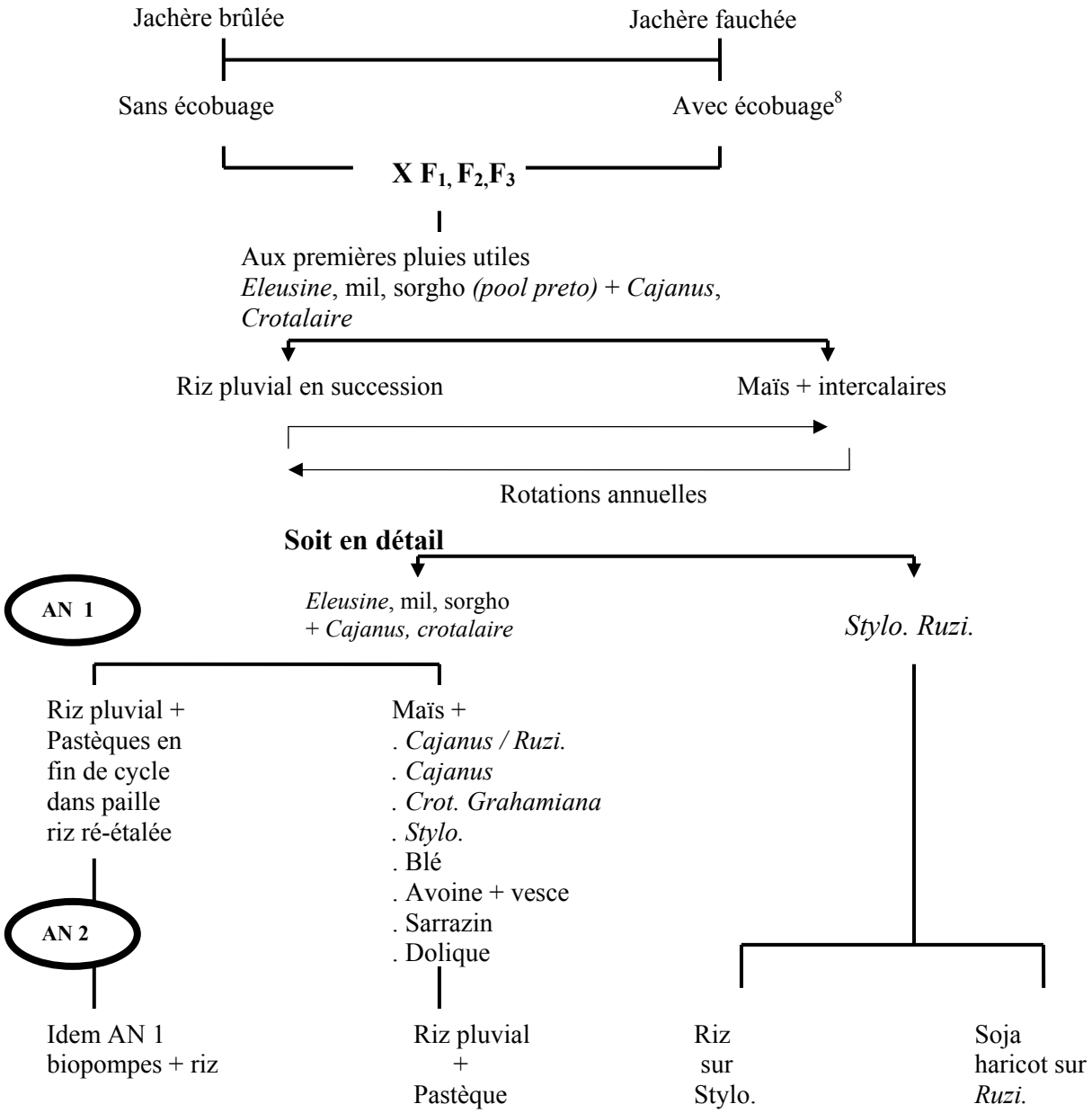
[7] Le roulage permet de diminuer les doses d'herbicide total pour la dessication

. SUR TERRASSE 2ème ETAGE → Riz irrigué repiqué :
Sebotas 41, 65, 68,69 + 2 ou 3 locales
x 2 niveaux fumure **F_1, F_2** *(NPK F_1 avec 60N, NPK F_2 avec 120 N).*

→ Ouvrir un nouveau site à Pouhoum dans la Grande Plaine des Rizières

. Se placer hors rizières et aménagement, pour montrer que le riz + cultures de diversification sont possibles en SCV strictement pluviaux, au moindre coût, et constituent de ce fait une alternative de choix aux aménagements hydrauliques coûteux.

Ex. de modélisation des SCV



8 L'écobuage est une technique très importante à utiliser sur ces sols à fertilité « bloquée », aussi bien en conditions pluviales qu'irriguées. Elle permettra de franchir, lorsque combinée à une faible fumure minérale NPK, le cap des 5 – 6 t/ha très rapidement.

(*) Cette opération SCV, hors rizière est très importante pour les autorités Lao et doit être réalisée dès 2006, avec rigueur, en particulier en utilisant la technique de l'écobuage.

. Dans ce nouveau site, les riz Sebotas doivent être évalués en collections testées *(X F_1, F_2, F_3 x avec et sans écobuage)* avec, 2 à 3 variétés locales intercalées, toutes les 5 variétés à tester :

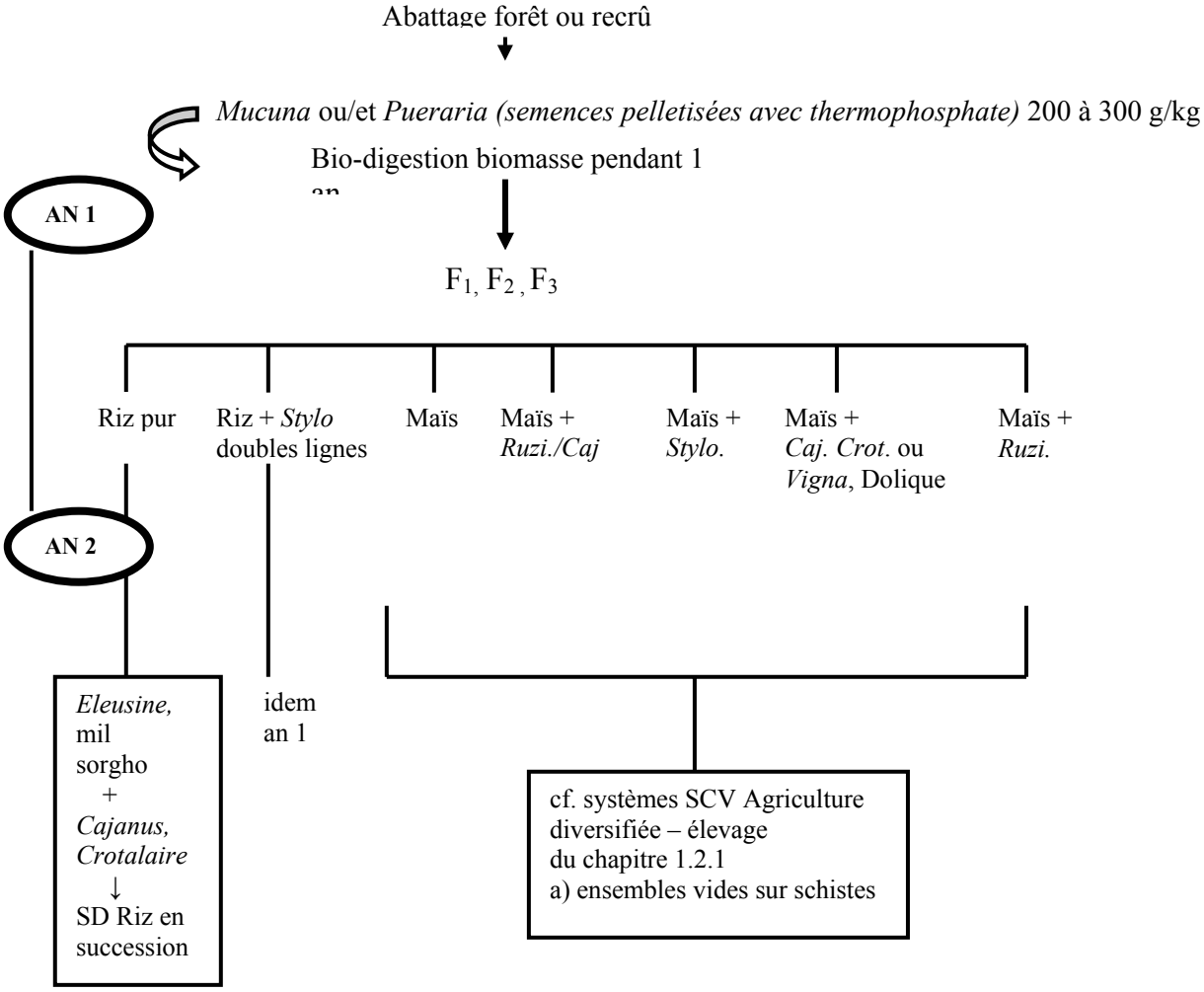
- hors maille rizière, en SCV pluvial
- dans la maille rizière en place.

e) Les systèmes SCV « riz – élevage » en zone montagneuse (défriche-brûlis – site de Suon Mone – 1000 – 1200 m d'altitude)

→ URGENCE → Fixer les ravines déjà existantes :

Bana Grass en boutures + *Ruzi*. + *Stylo*. + *Paspalum notatum*, en mélange + forte fumure minérale NPK .

→ MODELISATION DES SYSTEMES – **Priorité** : sol toujours couvert - cousu



2.2. Recherches thématiques d'ajustement des systèmes SCV « cuisine » agronomique du savoir-faire

a) Calage des cycles variétaux riz

Cette action de recherche doit absolument être réalisée de nouveau *(performances des cultivars, possibilités d'étalement des semis, etc…).*

→ Entre 600 et 900 m ***(Plaine des Jarres, Ban Le, Pieng Chan)***

2 dates de semis →	. cycles courts	→	20/06 – 5/07
	· cycles moyens	→	5/06 – 20/06
	· cycles longs	→	20/05 – 5/06

(*) cycles courts : B22, tous les FOFIFA, SEBOTA 68, 69, 147, 94, Primavera
cycles moyens : 141, Sebota 41, 65, 28, 224, 43, 48, 89, 55, 63.
cycles plus longs : Sebotas 1, 36, 264, 265.

→ Entre 1000 et 1200 m ***(Pakae – Suon Mone)***

Les cycles riz se rallongent de 15 à 20 jours = réajuster en conséquence.

(*) dans tous les cas, les collections testées variétales recevront :
- les niveaux de fumure F_1, F_2, F_3 sur sols les plus pauvres, combinés à écobuage et sans écobuage.
- les niveaux de fumure F_0, F_1, F_2 sur les sols les plus fertiles.
- le niveau de fumure le plus élevé, sera toujours systématiquement protégé contre les insectes ravageurs du sol (potentiel) (imidachlopide, Fipronil, en traitement de semences + Furadan 3 – 5 g tous les 20 jours).

. Dans les parcelles systèmes de culture pluviaux SCV, utiliser les variétés : SEBOTAS 281, 41, 65, 141 en cycle moyen, 68, 69, FOFIFA 152, 153, B22, Primavera, en cycles courts.
. En cultures irriguées, utiliser :
- SEBOTAS 41, 65, 281, en cycles moyens.
- SEBOTAS 68, 69, 94 en cycles courts.

(*) Il est nécessaire de multiplier, dès maintenant, en saison sèche à Vientiane, les riz SEBOTAS en provenance du Cambodge.

b) Calage des cycles de Soja

. Comme pour le riz : 2 dates de semis/cultivar et amener les sojas à maturité entre le 15/10 et la fin octobre pour éviter le complexe fongique de fin de cycle *(Cercospora Kikuchii, Phomopsis, etc…).*

. Les variétés COMETA, FT10, les OC, conviennent bien aux altitudes supérieures à 900 m.

. L'inoculation des sojas est indispensable pour une bonne évaluation de leur potentiel.

c) Le contrôle des ravageurs de sols, au moindre coût

. Cette étude devient fondamentale pour le succès rapide des SCV aussi bien au Laos qu'au Cambodge et qu'à Madagascar.

. L'appui de J. Boyer est très important pour cette opération de recherche sur les deux continents *(cf. propositions de recherche partie Cambodge).*

d) Fertilisation azotée des céréales Riz et Maïs sur précédents graminées fourragères

Sur ces précédents, en sols ferrallitiques sur roche acide, il faut toujours fertiliser fort en N et surtout dans les 30 premiers jours du cycle *(lever l'immobilisation N).*

ex. : Comparer 2 niveaux N = 60N et 120N/ha sur maïs et riz sur précédents graminées, avec deux modes de fractionnement.

1) 60N/ha
- 20N au dessèchement + 20N semis + 20N à 20 JAS
- 20N semis + 40N 20 JAS

2) 120N/ha
- 20N semis + 60N 20 à 30 JAS + 40N à 60 JAS
- 20N dessèchement + 40N semis + 60N à 20 - 30 JAS

e) Construire les SCV sans herbicides

. Ce thème est fondamental pour l'évolution des SCV, pour améliorer préserver la qualité biologique des sols, des eaux et des productions *(lutte contre la pauvreté).*

. Pour construire ces SCV, utiliser d'abord des biopompes *(plantes de couverture)* annuelles en culture pure ou en mélange *(complémentarité des fonctions)* dès lors que leur épiaison est coïncidente. Le contrôle de la couverture est alors assuré par 1 à 2 passages de rouleau à cornières *(à 1 semaine d'intervalle),* au moment de la sortie des panicules.

ex. : *biopompes Eleusine, mil, sorgho, Cajanus, Crotalaire et leurs mélanges.*

. Dans le cas des biopompes pérennes possédant rhizomes, stolons et forte dominance – concurrence, sur les autres espèces, le contrôle – dessèchement de la couverture peut être effectué, par un passage de « PARAPLOW », sorte de lame qui coupe totalement le système racinaire en laissant le sol en place *(attention : cette technique fait courir le risque d'érosion du sol sur fortes pentes et nécessite un fort niveau de traction)*

ex. : les Brachiarias, Panicum, Pennisetum et légumineuses pérennes.

. Le *Stylosanthes g.*, peut également être totalement et immédiatement contrôlé sans herbicide, en coupant tous ses pivots racinaires ; cette opération peut être réalisée manuellement par un outil tranchant, soit par une débroussailleuse : découper des bandes de 2 x3 m puis soulever le tapis Stylo. *(2 personnes de chaque côté de la bande)* et couper

les pivots avec une 3ème personne munie de la débroussailleuse. Le tapis, ainsi isolé du sol, se dessèche rapidement et peut être semé en SCV.

f) Extension - Construire des SCV sans intrants chimiques

. Dans ce cas, les molécules chimiques classiques (*pesticides)* sont remplacées par des molécules organiques.

(*) Nous travaillons (L. Seguy, S. Bouzinac, H. Charpentier, JC. Quillet) sur ce sujet depuis 3 ans, et maîtrisons déjà ce mode de gestion organique des principales cultures à des coûts très compétitifs de ceux de la gestion chimique.
Ce sujet de recherche est également fondamental dans la lutte contre la pauvreté, car il ouvre les marchés de la qualité, au Nord pour les agricultures du sud *(priorité à la qualité de gestion environnementale plutôt qu'au productivisme).*

3. Les SCV dans la Province de Sayabouri *(Kenthao)*

3.1. « Tour de plaine » Observations générales résumées

Les points forts :

. Une excellente maîtrise des SCV sur couvertures mortes *(résidus)* aussi bien en milieux contrôlés que réels.

. Une équipe NAFRI/CIRAD, très compétence, qui s'étoffe et qui affiche une très bonne capacité au « transfert-diffusion-appropriation » des technologies SCV, en adéquation avec les objectifs des communautés villageoises. Il en découle une rapide diffusion-appropriation des SCV sur résidus *(enquêtes d'évaluation en cours).*

. La résilience des sols dégradés est très rapide sous SCV, lorsque les rotations permettent le recyclage de très fortes quantités de résidus/ha ; sur roche mère verte *(dolérites, gabbros)*, productivité de 8 t/ha de maïs sans engrais sous SCV, contre 6.5 t/ha sur labour, soit 1.5 t/ha en faveur des SCV !

. Expression d'un très fort potentiel riz pluvial en SCV + riz Sebotas, dont certains doivent dépasser très largement 5-6 t/ha *(Sebota 69 blanc),* avec un minimum d'intrants.

. Croisements riz prometteurs, entre gluants Lao et Sebotas aromatiques ou non : *Phénotypes* de taille souvent plus courte, plus tallés que les traditionnels, variabilité importante sur la forme et taille des grains.

(*) il est important dès la F_4, F_5 de vérifier la qualité de grain de ces lignées les plus intéressantes : gluants ou non, arômes, etc…

LES POINTS FAIBLES :

- « Vitrine de technologies », champ des possibles SCV, encore trop limité.

- Couverture du sol par les résidus, souvent insuffisante : la trop faible utilisation d'herbicides pré ou post semis, oblige à de nombreux sarclages, qui remettent le sol à nu, le ré-exposent à l'agressivité climatique et pesticides.

- Trop faible importance des légumineuses fixatrices de N dans les systèmes SCV qui visent pourtant la production céréalière dominante *(agriculture dominée – commandée économiquement par la demande Thaï, voisine).*

3.2. Recommandations aux équipes NAFRI/CIRAD pour assurer la progression des SCV dans cette région à fort potentiel

a) Enrichir « l'offre technologique SCV »

- La demande thaïlandaise, très fortement prédatrice *(destruction rapide du patrimoine sol)* pèse actuellement sur une production accrûe de maïs, d'où l'intérêt de construire des systèmes de production annuelle de maïs en SCV, soit de rajouter aux rotations actuelles *(M/M/M ; Coix / Vigna Umb./ Riz ; M/ Vigna.Umb./M),* le système maïs continu sur couverture végétale renforcé morte ou vivante.

ex. : Modélisation des options de production annuelle de maïs sous SCV

1. Maïs + intercalaire de *Cajanus,*
2. Maïs + intercalaires *Cajanus/Ruzi*. alternés,
3. Maïs associé à *Vigna Umbellata ou Unguiculata,*
4. Maïs + *Stylo.*
5. Maïs + *Arachis pintoï ou repens.*

Les options 1, 2, 3 → SCV sur couvertures mortes
Les options 4 et 5 → SCV sur couverture vivante.

- Les options 1, 2, 3 peuvent être bâties :
  - avec écartement de 1 m entre lignes maïs,
  - avec 1 système en « double lignes maïs » espacées de 40 cm, et un inter double lignes de 1m20.

- Les légumineuses et graminées associées au maïs, *(Brachiaria Ruzi., Cajanus C.)* seront semées après rémanence des herbicides pré ou post-précoce *(Atrazine + simazine, atrazine + métolachlore, nicosulfuron + sulcotrione)* soit 20 – 25 jours après semis du maïs, excepté pour l'association maïs + *Cajanus* où le *Cajanus* peut être planté en même temps que le maïs en utilisant l'herbicide pré-alachlore *(6-7 l/ha en sol argileux ; 3.5 – 4 l/ha en sol sableux),* sélectif des 2 espèces.

(*) Ces systèmes SCV 1, 2, 3 peuvent être reconduits sur eux-mêmes ou pratiqués en rotations.

- Dans les options maïs SCV sur couverture vivante 4 et 5, *Stylo. Arachis p.*, peuvent être semés en même temps que le maïs en utilisant l'herbicide pré alachlore. A partir de la 2ème année, les modes de gestion de la couverture vivante sont :

- Gramoxone *(1.5 l + 1 l en séquentiel)* pour déssèchement, + fluroxypyr 1 l/ha en post précoce après levée du maïs.

(*) Tester également l'effet du mélange post sulcotrione + mésotrione.
Se rappeler que le Bentazone contrôle les dicotylédones dans les couvertures vivantes de légumineuses (stade précoce des adventices : impérativement : 2-3 feuilles).

- Les options maïs continu 1,2,3 et 4 peuvent être mises en rotation avec les successions annuelles à base de riz *(biopompes Eleusine, mil, sorgho + Cajanus ou Crotalaire).*

- Les systèmes SCV *« maïs + Stylo. »,* de même que les biopompes *Eleusine*, mil, sorgho + *Cajanus ou crotalaire*, peuvent servir à mettre au point les systèmes SCV sans herbicide *(cf. chapitre I Xieng Khouang).*

(*) Se souvenir également que des SCV riz sur couverture vivante peuvent être également construits, en utilisant l'herbicide Triclopyr en post, jusqu'à ce que la culture de riz fasse totalement ombrage sur la couverture vivante. Se souvenir également de la possibilité dans cette région de bâtir des systèmes SCV à base de légumineuses (Soja, Vignas, Haricots) sur couverture vivante de Cynodon Tifton.

b) Caler les cycles culturaux riz et soja dans les SCV

- Cette proposition se rapporte aux nouvelles variétés de riz Sebotas et Sojas en provenance du Cambodge.

c) Utiliser des Herbicides *(doses minimums efficaces)* en SCV, au lieu des sarclages qui dénudent rapidement les sols, pour réduire rapidement le stock semencier d'adventices et *in fine*, diminuer ultérieurement et très fortement l'usage des herbicides en SCV.

4. Recommandations finales

- 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 pratique 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 m^2*

à 1 ha) pour travailler cette diversification, l'ajuster : c'est l'espace « cuisine » où s'élaborent 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 document en annexe III de la partie Cambodge aborde de manière détaillée les méthodes, outils et indicateurs existants ou/et à développer pour perfectionner notre démarche scientifique.

Au plan stratégique :

- En 3-4 ans, nous avons fait la preuve que les SCV nous permettent de produire dans tous les milieux physiques, même dans ceux qui étaient jusque là considérés comme *« stériles, hostiles »* pour toute agriculture.

- Ce premier réseau laotien SCV est un outil précieux de formation et doit être optimisé en permanence et pérennisé *(laboratoire de veille scientifique et formation).*

- Compte tenu de l'énorme tâche qui reste à accomplir notamment pour la *« diffusion-appropriation »* rapide des SCV au Laos *(choix stratégique du gouvernement Lao)* et face à un, encore trop faible, effectif compétent, il va falloir faire des choix, au risque de se disperser et de se perdre *(choix des priorités en adéquation avec les autorités Lao).*

- Il est donc urgent et nécessaire de former rapidement et en grand nombre des agronomes et techniciens des services de vulgarisation pour changer – amplifier l'échelle d'impact SCV. Pour ce faire, comme à Madagascar, il faut incorporer dans notre dispositif actuel, 20 à 30 nouveaux techniciens-agronomes/an qui recevront une formation tournante sur l'ensemble du dispositif pendant 1 an.

- Le développement des SCV sans ou avec un minimum intrants chimiques doit être une priorité dans la lutte contre la pauvreté et pour la préservation de l'environnement.

- Enfin il est capital, dans notre approche terroir, pour, avec et chez les agriculteurs, de commencer à apprendre aux groupements villageois, comment multiplier maintenir le matériel génétique le plus intéressant : il constitue un vecteur de diffusion puissant, décisif, à mettre en place rapidement.

ANNEXE I - LAOS

- Articles et posters publiés pour le congrès de Nairobi (Octobre 2005)
- Rapport intermédiaire du Programme National Agroécologie
- Rapport intermédiaire d'activités (janvier – juin 2005) – Province de Sayabouri
- Rapport intermédiaire d'activités (janvier – juin 2005) – Province de Xieng Khouang
- Planches photos PRONAE – Provinces de Sayabouri et Xieng Khouang
- Illustrations du Tour de Plaine LAOS

ARTICLES ET POSTERS PUBLIES

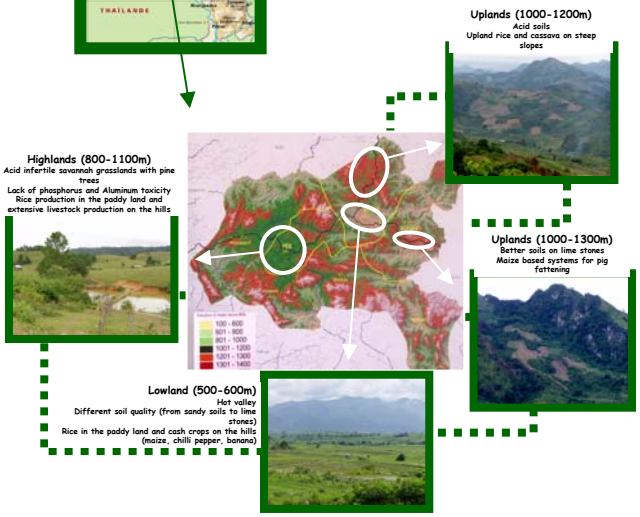
POUR LE CONGRES DE NAIROBI

(Octobre 2005)

Impact of Urban Development and Market Access on Farming Systems Evolution in Xieng Khouang Province, PDR Lao

LIENHARD P., SOSOMPHOU T., SIPHONGXAY S., TIVET F. and SEGUY L.

In the mountainous areas of South East Asia, lowland paddy rice is often presented as the cornerstone of farming systems. Households' production strategies are usually analyzed according to two factors: access to lowland and households' rice self-sufficiency level. Rainfed rice, pig raising and off-farm activities are associated to households lacking paddy rice whereas cash crops and big ruminant raising are described as a diversification process run by families having already met their paddy rice needs (castella *et al*, 2002).



A survey of 73 households conducted in three districts of *Xieng Khouang* Province revealed that these traditional schemes are being slightly modified by (i) the increasing of local and regional urban consumption demand and, (ii) the better access to market in relation with roads construction or rehabilitation. Households were divided into different archetypes according to their food security strategy. Paddy rice and marketable products' respective importance in terms of labour, surface allocation and generated income were analyzed for each type. Agro-ecological situation appeared to be as important as households' rice self-sufficiency level to explain the difference in market response inside the household typology.

Households living in the Highlands (800-1100m)

This area is mainly covered by acid, infertile savannah grasslands with pine trees. Only 5% of the total surface is cultivated and rice paddy land represents 80% of this cultivated area (PAFO, 2003). Most households are involved in two main activities: paddy rice and livestock production. Rice crop residues are used to feed pigs and poultry; cattle and buffaloes are raised on natural pastureland and fed with rice straws after rice harvest and threshing. Extra-paddy rice and livestock sales allow to improve family livelihood (television, motorbike) and make on-farm investments (cultivator, husking machine).

New economical opportunities have introduced changes such as (i) an increase of fish ponds surfaces (multiplied by 4 in between 1996 and 2003, PAFO, 2003) and all animals sales (ii) an intensification of dry-season legumes production for local urban demand, (iii) an increase of silk weaving activity for tourism demand and (iv) a massive investment into transportation means, from car-cultivator to big truck. Livestock activities with both ruminants and non-ruminants represent 80 to 90% of these households total income.

Households living in the Lowlands (500-600m)

Crops diversification is more important in this warm valley. Crops are cultivated both on lowland and upland. Paddy rice, livestock and cash crops are the basis of the farming systems. When paddy land is not lacking, households are diversifying either into perennial cash crops (mainly banana trees) or annual cash crops (maize or chilli pepper) in the uplands. When paddy land is not sufficient enough to insure families' rice self-sufficiency, upland rice is then grown. In the last decade, cash crops and livestock activities importance has increased in all households' type with market enlargement. Watermelon, garlic, chilli pepper, maize or banana, initially produced for local market are now widely exported to Vientiane and Vietnam.

Lienhard - 2004

Lienhard - 2004

Households living in the uplands and sloping areas (1000-1200m)

Paddy land access is still limited in this area and farming systems are mainly based on slash and burn for upland rice or maize cultivation, livestock and gathering activities. Last decade changes include an increase of (i) cattle population (raise of 35% between 1996 and 2003; PAFO, 2003) and cattle sales; (ii) maize production for sale or for pig fattening with the emergence of non-rice based cropping systems in the lime stone production area; (iii) generated-income coming from gathering and hunting activities for urban demand; (iv) seasonal migration for labour sale (v) investment into transportation means (motorbike and small trucks) when rice-self sufficiency is achieved.

Conclusion and recommendations:

Upland development strategy for mountainous area in Lao PDR is still widely based on paddy land extension through irrigation and drainage network improvement, terraces implementation, lowland rice varieties improvement etc. even if:

- ✓ Paddy rice importance is decreasing in all farming systems: even when rice crop remains the main or even the lonely cultivated crop, income related to rice production never exceed 50% of total households agricultural income ;
- ✓ Costs for paddy land implementation and maintenance are high ;
- ✓ Projects aiming at extending paddy land did not succeed at reducing slash and burn importance;
- ✓ Conflicts for water use between rural and urban areas will raise more acutely every year.

There is therefore a need to work on more efficient cropping and fodder systems in the uplands in order to better respond to livestock and cash crops steady extension.

References:

CASTELLA, J.C., EROUT A., 2002. Montane paddy rice: the cornerstone of agricultural production systems in Bac Kan province, Vietnam *in* Doi moi in the mountains. Land use changes and farmers' livelihood strategies in Bac Kan province, Vietnam. The agricultural Publishing House. pp. 175-195.

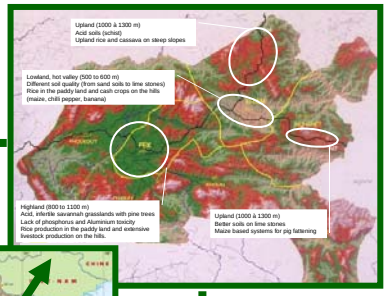
Provincial Agricultural and Forestry Office, Xieng Khouang province, 2003. Agricultural census 2002/2003. 24p.

Lao National Program of Agro-ecology

PO Box 10990, Vientiane, Lao PDR; email: pronaexk@laotel.com, ciradca@laotel.com; Tel/fax: (856) 21.77.00.27

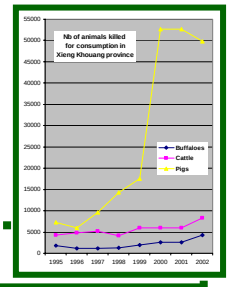
Improvement of Feed Resources for Animals in Smallholder Farming Systems of *Xieng Khouang* Province, Lao PDR

LIENHARD P., SOSOMPHOU T., SIPHONGXAY S., TIVET F. and SEGUY L.



Lao Government considers development of the livestock industry to be a priority since cattle are an important export of Lao PDR and also the main source of monetary income for most farmers. *Xieng Khouang* Province is of particular interest since estimated area of 60.000 ha of very acid, infertile savannah grasslands located in the vicinity of the provincial capital could be used to improve animals feeding.

Lack of feeding resources is however a major limitation to livestock development. Fodder seeds availability, limited fodder growth related to poor soil fertility, free grazing, labour requirement for a non-edible crops are some of the factors explaining failures experienced to introduce improved pastureland .

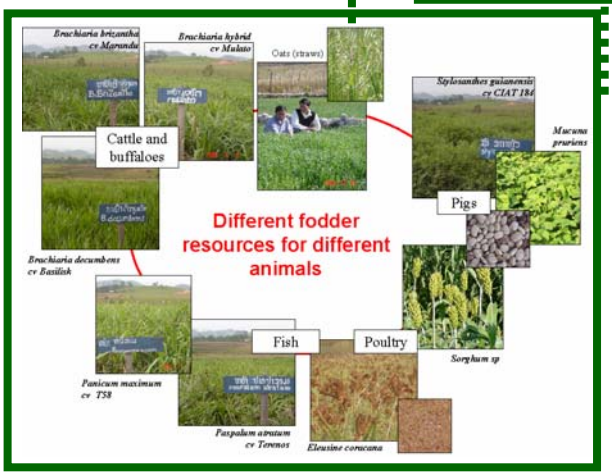


Since 2004, the Lao National Program of Agro-ecology has been working on three different topics to overcome these limiting factors:

- ✓ What are the different feeding options to supplement traditional feeding resources?
- ✓ How to improve fodder access to farmers?
- ✓ How to make fodder crops more attractive economically to farmers?

Different feeding options to supplement different animals throughout the year

Many *Brachiaria* species, such as *B. brizantha*, *B. decumbens* or new hybrid Mulato, have confirmed to be forages of particular interest since they are draught resistant and remain green late into the dry season. Small-grain cereals (*Sorghum sp, Eleusine coracana)* and some temperate cereals (oats, wheat) grown during the winter season are giving promising results to supplement both ruminants and non ruminants during the cool season.



P.Lienhard - 2005

Improving forage access to farmers

Local seeds multiplication contracts have been established with farmers groups to improve both forage access and forage interest (through a short-term income provided by forage seeds sales) to farmers.

Making fodder crops economically more attractive to farmers

Intensification of livestock systems requires minimum investments for fences, fertiliser, labour force etc. Planting a fodder crop to provide additional animal feed during feed shortages might not be incentive enough to farmers. Several schemes were therefore developed to promote a better integration in between cropping and livestock systems.

O. Hanna - 2001
Brachiaria ruziziensis

Eleusine coracana
L.Seguy - 2001

➢ Rotational cropping systems integrating two to four years of forage production

First results are promising since both animal feeding and soil fertility are improved: well managed, the forage crop provides a better weeds control, soil organic matter improvement, erosion control and soil structure improvement than traditional fallow. As main constraint, fences have to be maintained during the forage period to control grazing rate.

Maize + *Stylosanthes guianensis*
P.Lienhard - 2004

➢ Temporary association between forage and crop

Maize, rice and cassava were associated to different forages to reduce improved pastureland establishment costs. Fodder crop benefits from fencing, weeding, fertilising etc. that are provided to the main crop and insure in return a better weed control. As a main constraint, competition for light, water and nutrients can occur if forage crop is associated too early to the main crop (especially with grasses).

Maize + *Brachiaria ruziziensis*

Cassava + *Stylosanthes guianensis*
P.Lienhard - 2001

P.Sosomphou - 2004

➢ Permanent association between maize and non-twining fodder legumes

Association between cereals and legumes are often encouraged since legumes are known to improve soil fertility and benefit to cereal yields. Fodder legumes species were selected according to their cycle length (perennial species were preferred in order to avoid every-year re sowing) and vegetative behaviour (creeping but non-twinning species to avoid yield losses on cereals crop). Promising results were experienced with *Desmodium uncinatum*..

Conclusion and recommendations:

Development of the livestock industry is a Lao government priority. This development will not be possible without an intensification of animals fodder systems that require a protection of fodder resources and a minimum fertilisation supply for the very infertile areas. One key issue could be to promote new farming systems in which improved fodder resources can provide benefits both for crops and livestock productions.

Lao National Program of Agro-ecology
PO Box 10990, Vientiane, Lao PDR; email: pronaexk@laotel.com, ciradca@laotel.com; Tel/fax: (856) 21.77.00.27

Impact of technologies and market access on natural resources and farming systems

Southern Xayaburi province, Lao PDR

TRAN QUOC, H; KHAMXAYKHAY, C; TIVET, F; CHANTHARATH, B and PANYASIRI, K

Landscape unit on the south of Sayaboury

Context

Traditional farming systems have drastically changed over the last fifteen years in southern Xayabury province through considerable agricultural development based on rainfed cash crops production such as maize, rice-bean (*Vigna umbellata*), peanut, Job's tears (*Coïx lacryma*), black cowpea (*Vigna unguiculata*) and sesame. This development depends mainly on local market accessibility, transfer of technologies from Thailand and financial capacities of local traders (inputs, heavy mechanization and technical skills from Thailand).

Degradation of natural resources, destruction of roads and paddy fields on the lowland

As a result of this development, associated with land allocation and increasing population density, fallow periods are disappearing and agricultural systems are not conserving soils and nutrients. Even arable land with very good soils and high potential for agricultural development can be rapidly degraded, in which case negative social and economic impacts follow.

Land and paddy fields degradation

Towards a marked differentiation according to production area

Rice-bean direct seeded on maize residus and pasture land of *B. ruziziensis* (background)

In areas with high soil fertility, maize cropping is the main cash income source of most households. Despite high yields (mean value of 5.0 t/ha), labour productivity is relatively low (mean US$ 2.25/ha) because of the high production costs (mean US$ 175/ha) incurred by ploughing, seed purchase, and chemical weeding.

In the most degraded areas a combination of multicropping, animal husbandry and off-farm activities is observed, allowing for a balanced distribution of farming activities over time and space. These strategies aim to reduce climatic and economic risks in a fragile ecosystem.

Challenges to convert this 'resource-mining' production

In order to convert this 'resource-mining' production to a stabilising plant-soil system, an iterative approach has been implemented to analyse the technical and socio-economic viabilities of direct seeding mulch-based cropping (DMC) systems. Positive results from DMC are evident; however, obtaining all the biophysical and economic advantages of these systems involves a long process:

- Economic incentives have to be promoted. One of the major limiting factors to adoption may be that the practice promoted was first perceived as being closely associated with a need to use cash income for equipment and inputs.
- Labour force is one of the main limiting factors, and specific tools have to be promote in order to reduce drudgery and labour inputs.
- Rules must be defined at the community level for management of residues and cover crops during the dry season.
- Land allocation must be flexible, taking into account the diversity of livelihoods in the uplands.

Lao National Program of Agroecology

PO Box 811, MAF-NAFRI, Lao PDR. E-mail: ciradca@laotel.com. Tel/Fax: 021.77.00.27

Direct Seeding Mulch-Based Cropping Systems – A Holistic Research Approach implemented in Northern Laos

Bounthong Bouahom[1], Florent Tivet[2], Hoà Tran Quoc[2], Pascal Lienhard[2], Bounsay Chantharath[1], Khamkèo Panyasiri[1], Patrick Julien[3], and Lucien Séguy[4]

1. NAFRI, PO Box 811, Vientiane, Lao PDR, Email: bounthong@nafri.org.la
2. CIRAD-CA, PO Box 2991, Vientiane, Lao PDR, Email: ciradca@laotel.com
3. Local consultant, PO Box 749, Luang Prabang, Lao PDR
4. CIRAD-CA, Goiânia, Goias, Brazil, Email: lucien.seguy@cirad.fr

Abstract

Farming systems throughout the Lao PDR have changed drastically over the last 15 years due to a range of factors. In some areas where market forces are prevalent, shifting cultivation systems have given way to more conventional high-input agricultural systems. In other more remote areas, the traditional swidden system with long rotations has been put under pressure primarily due to modification of land access and increasing population pressure. In southern Xayabury in the Mekong corridor, where there is access to the Thai market, land preparation has become based on burning residues and ploughing on steep slopes. Because of the environmental and financial costs of land preparation, farmers are shifting to herbicides, which lead to chemical pollution, while crop residues and weed mulch are usually burned, thereby increasing mineral losses and erosion on bare soil. In mountainous areas such as Xieng Khouang Province, the rationale of shifting cultivation is collapsing as farmers use land for longer periods of cropping and return more frequently to each field. A holistic research approach has been implemented in Xayabury and Xieng Khouang to find direct seeding mulch-based cropping (DMC) systems that are compatible with farmers' strategies and which can be reproduced inexpensively on a large scale. The methodological framework, based on five main components, emphasises the process of adaptation and validation by farmer groups, meaning that priorities are defined by smallholders in light of the constraints of their farming systems and the overall environmental conditions.

Media summary

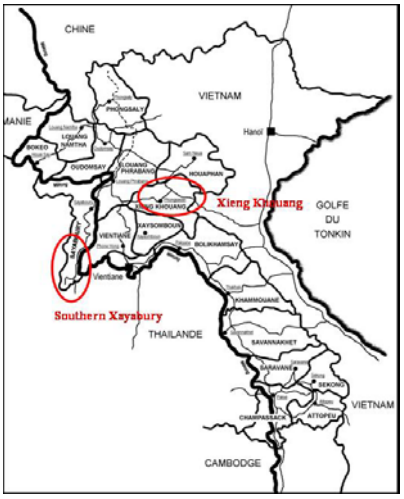
This paper gives an overview of the holistic research approach implemented by NAFRI and CIRAD in the Lao PDR in adapting soil conservation technologies with farmer groups.

Keywords

Laos, holistic research approach, direct seeding mulch-based cropping systems, farmer groups, process of adoption.

Introduction

Laos is a landlocked country (Map 1) with a total area of 236,800 km^2 and an average of 25 inhabitants per km^2. The agriculture and forestry sector accounts for more than 50% of the GDP and provides the economic, social and cultural base for more than 80% of the population (GoL 2004). Rice is the most important crop, accounting for about 70% of total calorie intake across the nation (Maclean et al. 2002). In 2003, rice area harvested was approximately 756,000ha, or 73% of the total cropped land area (MAF 2003). It is estimated than 620,000 households depend on agriculture and that 79% of these rely on subsistence farming. Farming systems throughout Laos have changed drastically over the last 15 years due to a range of factors. In some areas where market forces are prevalent (e.g. southern Xayabury in the Mekong corridor), shifting cultivation systems have given way to more conventional high-input agricultural systems. In other, more remote areas (e.g. Xieng



Map 1: National Programme of Agroecology site locations

Khouang province), the traditional swidden system with long rotations has been put under pressure primarily due to modification of land access and increasing population pressure. Intensification of shifting cultivation, with longer periods of cropping and more frequent returns to a given field, has rendered this system unable to face the main challenges of food safety, soil and water conservation and environmental protection (Hansen and Sodarak 1996; Roder et al. 1997). Maintaining productive capacity of the soil is a crucial element for long-term improvement of smallholders' conditions and poverty alleviation (GoL 2004). During the past few decades, many approaches and alternatives based on bench terracing, reforestation and alley-cropping have been tested and scaled-up for the uplands without achieving the expected results (Fujisaka 1991; Roder 1997). The objective of this paper is to give an overview of the holistic research approach implemented by NAFRI and CIRAD and of the iterative process of generating direct seeding mulch-based cropping (DMC) systems with smallholders. This approach has been implemented by the Lao National Programme of Agroecology since 2002 in southern Xayabury and was extended to Xieng Khouang in early 2003.

Characteristics of Southern Xayabury and Xieng Khouang Provinces

Southern Xayabury – Mekong Corridor

The main characteristics of this region are its integration with the Thai market and the transfer of technologies from Thailand. The climate is characterised by a wet season (approximately 1,250 mm rainfall) from mid-April to the end of October and a dry season from November to mid-April. Sandstone, basaltic 'green' stones and clayey schist are the dominant geological formations. Traditional rotational cultivation has changed drastically here since the 1990s, through extensive agricultural development based on cash crops such as maize, rice-beans, peanuts, Job's tears and sesame production). Cropping is largely opportunistic, related to the demands of the Thai market. Land preparation, based on burning residues and ploughing on steep slopes, has allowed for cultivation of large upland areas every year. Within a few years, this conventional land preparation generates heavy soil degradation and depletion of natural resources, and seasonal migration frequently occurs due to collapsing livelihoods.

Xieng Khouang Province

Farming systems in this province show considerable diversity, related to the presence of several ethnic groups, differences in access to market, and varying geological and morpho-pedological formations (granite, sandstone, limestone). Three main situations can be presented. In the vicinity of the provincial capital, it is estimated that 60,000ha of acid, infertile savannah grasslands are under-utilised by smallholders. On the higher plains (altitude 800-1100 msl), farming systems are mainly based on lowland rice and extensive livestock production. In other more remote areas, particularly at the highest altitudes (900-1200 msl), upland rice production is the cornerstone of farming systems. As mentioned above however, the stability of swidden cultivation is being affected by population growth, which leads to competition for the limited arable land and results in shorter fallow periods and lower yields. In some locations, household production strategies are being greatly modified by the emergence of new economic opportunities. These include (i) increasing local and regional urban demand following the development of cities, and (ii) better access to markets due to road construction or renovation. Across the province, hunting, gathering and off-farm activities are common and play a key role in livelihoods.

Comparative indicators (MAF 1999) reported that the socio-economic paths of the uplands and of the Mekong corridor diverged from 1994 to 1998 following modification of the agricultural sector and rural economic growth. During the 1994-1998 period, the mean value of household assets stood at US$471 for the Mekong corridor and $247 for the uplands, while this value had been equal ($240) in both locations from 1986 to 1993. Some places, like southern Xayabury, experienced significant rural growth related to Thai market demand. However, even very good soils with high potential for agricultural development can be rapidly degraded. Such damage to natural resources and cultivated area has immediate negative social and economic impacts (Photo 1).

Photo 1: Land erosion generated by ploughing and destruction of paddy fields, southern Xayabury, 2004

A Holistic Research Approach to Generate, Adapt and Validate Technologies with Smallholders

This approach, based on knowledge of local farming systems and environmental conditions such as morpho-pedological formations, access to market, credit, and inputs, is composed of five components (Séguy *et al.* 1998):

- Initial assessment: agro-economic and social diagnosis of farming systems, human and physical environments provides a basis for generating technologies adapted to smallholders' strategies and environmental conditions.
- Setting up medium-term experimental units where conventional systems are continuously compared with DMC systems based on available technologies, and innovative DMC systems based on new technologies and inputs.
- Adaptation and validation by smallholders of DMC systems and simple technologies:
  - On-farm implementation with farmer groups: agro-economic evaluation for labour requirement, production costs, yields, net income and labour productivity;
  - Community-based approach which focuses on the adoption of technologies at village level, taking into account collective land management.
- Permanent training for smallholders, extension agents and information provision to policy makers.
- Follow-up and analysis of the conditions of extension and adoption by farmers.

The third and fifth components have so far been implemented only in southern Xayabury, due to the more advanced situation in this location.

Initial Assessment

Initial assessment has been carried out at different levels in order to integrate all aspects of smallholder strategies and environmental conditions. The first step is based on data collection (province, district, extension services and village) and environmental diversity observations. Headmen and village councils are interviewed in each village to assess community practices and recent changes related to land tenure and agriculture. Information on market channels is obtained through interviews with agriculture officers, traders and village headmen. The second step records knowledge of farming systems in order to identify the advantages and constraints of present systems and to evaluate new technologies at farm level. Quantitative and qualitative household surveys are carried out on targeted farmer groups in order to acquire information on household conditions and farming systems. A total of thirty-one (eight villages) and seventy-four households (twenty-two villages) were surveyed in southern Xayabury and Xieng Khouang respectively.

Setting up Medium-Term Experimental Units and Diversification of Technologies

In both locations, and related to initial assessment, medium-term (at least four years) experimental units representative of the bio-physical (integrating soil, slope and climate) and farming systems diversities were set up in order to test a large range of cropping systems (actually eight, see Table 1) and technologies. Soil and crop management, cultivars, others inputs (fertiliser and/or pesticide) and natural conditions are cross-linked to obtain a set of highly varied conditions (Séguy et al. 1998). Four experimental sites have been implemented in each province with a total area of 15ha and 20ha in southern Xayabury and Xieng Khouang respectively. Throughout the trial, permanent comparisons are made among traditional cropping systems, which remain the reference, and different levels of DMC systems optimisation (Photo 2). Conventional systems are modified iteratively in order to evaluate each component's influence on system performance and to match smallholders' strategies in adopting technologies. In different experimental units, soil and crop management sets are conducted under different levels of fertiliser in order to assess the evolution of the different systems under time. Moreover, these units provide an excellent opportunity for researchers to analyse short, medium and long-term biological and physicochemical processes in stabilised systems.

Photo 2: Experimental unit with conventional land preparation (right side) and different levels of DMC systems (left side)

Modification of Land Preparation and Crop Management

An iterative generation of DMC systems is followed in both locations. The first step is based on modification of land preparation with crop and weed residues management. Cash crops like Job's tears (*Coix lacryma Jobi*) and rice-bean (*Vigna umbellata*) can be considered as key crops for implementing this first level of DMC systems. These crops, with long-cycle durations, produce a large amount of dry matter (over 20t.ha^{-1} for Job's tears) and degradation of these residues is relatively slow due to a high rate of lignin. This provides good soil protection, reducing evaporation, soil erosion and weed pressure (Photo 3). Moreover, the strong rooting system of Job's tears improves soil structure, making it a useful former crop. The second step integrates soil and crop management (association, rotation and/or annual crop sequence) in order to diversify the production (grain production, rational use of forages by grazing and/or cut and carry), and so reduce agronomic, economic and climatic risks while optimising the main functions of DMC systems through adequate use of main and relay crops.

Photo 3: Maize direct seeded on rice-bean residues (residual dry matter > 4t.ha^{-1}). Southern Xayabury May 2005

Use of Cover Crops

Many options are available when using additional crops (cover crops) but in the case of smallholders, who usually lack of market access, an integrated cropping and livestock production system is more suitable. Many systems are being tested in experimental units or with smallholders in both locations:

- Rotations with direct-seeded grain crops (maize, Job's tears) followed by forage production for grazing (Kluthcouski *et al.* 2000). Species like *Brachiaria ruziziensis* are sown at the first

weeding stage by seed broadcasting in order to limit labour input. After two or three years, depending on the farmer's strategy, crops can be direct seeded on forage mulch.

- Association of cash crops (maize or Job's tears) with living cover crop (*Centrosema pascuorum*, *Desmodium uncinatum*).
- Mixed system between edible crops and *Brachiria ruziziensis*, frequently slashed and imported in the row to protect the soil, control weeds and improve nutrient availability for the main crop via mulch mineralization.
- Regeneration of grasslands (altitude plains in Xieng Khouang province) by use of forage species (*B. ruziziensis*, *B. mulatto*, *B. brizantha*). One of the main functions of *Brachiaria* sp. is to improve soil structure and recycle nutrients leached deep in the soil through strong and deep root systems. After two or three years of biological improvement, upland rice can be direct seeded on forage mulch.
- Grain production based on two crop sequences: a main short-cycle crop (e.g. peanuts, sesame, soybeans) followed by a relay crop for small animal feeding (sorghum, finger millet, oats in winter in mountainous areas). The aim of this system is to use annual species which can produce grain and a high amount of dry matter at the end of the rainy season.

Location and systems	**Crop management: rotations, associations and crop successions**		**Main products**	**Advantages**	**Weak points**
Grain production in southern Xayabury and Xieng Khouang	Annual cropping	Maize / Maize	Grains for agro-industry	- Lower production - Higher net income	- Weed control and soil erosion
Southern Xayabury – Large scale rainfed grain production	Rotational sequence, two years	Maize / rice-bean		- Higher net income, yields and labour productivity - Control of weed and soil erosion	- Erratic grain production of rice-bean
	Rotational sequence, three years	Job's tears / rice-bean / upland rice	Grains for agro-industry and home consumption	- Control of weeds and soil erosion - Soil structure and fertility - Higher net income, yields and labour productivity	- Small market for Job's tears - Erratic grain production of rice-bean
Mountainous area in Xieng Khouang	Mixed system	Maize / Legumes or upland rice – *B. ruziziensis* (slashed and imported in the row)	Grains for home consumption and integration with livestock production	- Control soil erosion and weeds - Improve soil fertility - Integration with livestock production - Forage seed production	- Need fertiliser to compensate for nutrient exportation by forage - Labour inputs
Altitude plains of Xieng Khouang	Rotational sequence, three to four years	*Brachiaria* sp. (2-3 years) / upland rice (1-2 years)	Edible crop for home consumption and integration with livestock production	- Regeneration of waste lands - Added output with forage seeds production - Livestock production	- Need economic incentives - Inputs and specific tools (direct sowing machine for hand tractor)
Mountainous area in Xieng Khouang	Rotational sequence, three years	Maize / Soybean – oats in winter / upland rice	Grains for agro-industry, livestock production and home consumption	In progress	
Southern Xayabury		Job's tears - *B. ruziziensis* - *C. Cajun* / rice-bean / upland rice			
Southern Xayabury and mountainous area in Xieng Khouang	Living mulch	Maize - *Centrosema pascuorum* or *Desmodium uncinatum*	Grains for agro-industry and for livestock production		

Table 1: Example of some DMC systems generated in southern Xayabury and Xieng Khouang province.

Adaptation and Adoption by Smallholder Groups through a Community-Based Approach in Southern Xayabury

Adaptation and Validation at Farm Level

The third component of this holistic approach uses on-farm adaptation and validation of the first level of DMC systems that match smallholders' conditions and strategies. In this region, agricultural developments copied from Thailand: crop residues and weed mulch are usually burned, thereby increasing mineral losses and erosion on bare soil. This generates land erosion, fertility losses and yield decrease. In addition, because of the environmental and financial costs of land preparation, farmers are shifting to herbicides, which are sprayed before and/or after crop emergence, and so lead to chemical pollution. These developments are leading to the destruction of paddy fields and even roads, as the degradation of agricultural land has serious knock-on effects downstream. Many farmers have now requested technical support to modify land preparation.

Experience has shown that organisation of farmers through groups is crucial for the adaptation and adoption of DMC systems, which modify mostly conventional agriculture (Landers 1998). Farmers groups were organised for a total of 42 families in southern Xayabury (six villages) to validate technical options aimed at decreasing production cost and labour, and limiting rainfed area erosion. DMC systems for crop residues are implemented for cash crops such as maize, Job's tears and rice-bean. A few modifications to cropping systems are proposed to smallholders in order to set-up, adapt and validate each step using current crops and cultivars. DMC systems for crop residues can exhibit very good results (Photo 4) in terms of net income, yield and labour productivity (Tivet et al. 2004; Tran Quoc et al. 2005). Referring to feed-back from smallholders, every constraint is notified during the process of adaptation and adoption and taken into account into the experimental unit. Tran Quoc et al. (2005) give a review of the main constraints identified by men and women in farmer groups.

Photo 4: Left, direct seeding of maize on former crop residues; right, maize after ploughing. Southern Xayabury, 2004

Community-Based Approach

Dealing with community land management is essential in order to scale-up DMC systems. Maintaining crop residues or cover crops on fields is a difficult process where land management modification has to occur during the dry season. Wild fires that are started by farmers and spread to the land of other farmers are common. One option proposed by the programme, as suggested by Sain and Barreto (1996), is to enhance the attractiveness of mulch, linking this component to other technological changes that tend to decrease production costs while increasing cash income and labour productivity. In four villages where farmer groups have been constituted, a research development programme has been set up to work along the following lines recommended by Chazée (1994):

- Analysing the short- and medium-term strategy of the village.
- Analysing needs relating to the work developed by the programme and others needs.
- Formalisation of a research and development programme with the community.
- Definition of the activities which will be implemented with the community.
- Encouraging, from the beginning, the continuation of this research-development process with farmers, headmen, and district and provincial agricultural services after the end of the programme.

This framework seems essential to understanding the effects and impacts of our activities, and particularly to understanding the whole *problematique* at the village level. At this time, ninety-seven smallholders are adapting DMC systems (over approximately 78ha) based on residue management in the context of the constraints of their farming systems and overall environmental and economic conditions. Others technologies, such as regeneration of pasture lands with improved forage species (*Brachiaria* sp.), have been adopted by sixty families and cover more than 65ha.

Issues and Challenges in Scaling-Up DMC systems in Laos

Economic Incentives

Economic incentives such as provision of credit have to be promoted. As observed in southern Xayabury and reported also by Petersen et al. (1999), one of the major limiting factors to adoption may be that the practice promoted was first perceived as being closely associated with a need to use cash income for equipment and inputs. In southern Xayabury, traders give ploughing and seed credit at the beginning of the season. For many smallholders, even if high interest rates (50% over eight months) are used, this function is positive as it gives them the opportunity to not use any cash. In mountainous areas and altitude plains, new farming systems based on DMC integrated with livestock and forestry products could be stable and profitable if, at the same time, economic incentives (access to market, inputs, credit, agriculture and forestry product processing) are promoted to allow this development.

Mechanisation

It should be noted that labour force is one of the main limiting factors in agriculture, and smallholders cite three main objectives in their development goals: i) increasing cash income and cultivated area, ii) labour optimisation and iii) decreasing the drudgery of labour. Specific tools, such as the hand-jab seeder, the direct sowing machine for hand tractors, and low-volume application sprayers, can reduce drudgery and labour inputs. Smallholders are currently highly dependent on traders who own tractors, and their choice of land preparation is somewhat dictated by the burden of borrowing. Increased mechanisation in the area, with an increase in the number of hand tractors and tractors, would increase the ability of farmers to farm their land on a more sustainable basis.

Biomass Management at Community Level

As mentioned above, rules must be defined at the community level for management of cover crops and residues during the dry season. Managing the interface between animal and crop components is crucial to the success of these systems. Overgrazing of cover crops or crop residues during the dry season may leave too little mulch for sowing the following wet season crop, thereby affecting the main functions of the DMC systems. Specific forage use and control of wild fires must be defined by the community.

Land Tenure and Amount of Cultivated Area per Household

This approach, based on soil conservation technologies and integration of systems (livestock and perennial crops), can be efficient in the uplands if land tenure per household is defined under specific conditions. Obviously, land allocation must be flexible, taking into account the diversity of livelihoods in the uplands. Maintaining and protecting soil resources and biodiversity will be effective if enough land is allocated to smallholders for the integration of forestry area and natural resource uses.

Improvement of the "Smallholders, Researchers, Extension Agents, Decision-Makers and Private Sector" Continuum

The different components of this approach generate a strong training environment for smallholders, research and extension officers, and all of the stakeholders involved in development. However, this continuum has to be improved in order to share experience and to efficiently disseminate DMC systems. The main limiting factors are a lack of extension officers at provincial and district level; lack of human resources to give the available technical information in a way that is understandable for each stakeholder; and a low level of coordination between all the stakeholders. The Lao government and its Ministry of Agriculture and Forestry recently recognised that this approach should be scaled up at nationally in order to protect natural resources, maintain soil potential and increase livelihoods. Moreover, it has been proposed that a specific degree course on DMC systems be developed in the agricultural schools where the country's extension officers are trained.

Acknowledgement
The authors wish to thank the Ministry of Agriculture and Forestry of the Lao PDR, the French Agency for Development (AFD), the French Global Environment Facility (FFEM) and the French Ministry of Foreign Affairs (MAE) for financial support.

References

Chazée L (1994). Guide pratique pour le développement des communautés rurales du Laos. Amélioration des systèmes de production basée sur l'approche participative, l'aménagement des terroirs et la conservation de la biodiversité. Projets de « Modernisation des petits périmètres irrigués dans les provinces d'Oudomxay et de Luang Namtha ». Document FENU-PNUD. p. 76.

Fujisaka S (1991). "A diagnostic survey of shifting cultivation in northern Laos: targeting research to improve sustainability and productivity". Agroforestry Systems 13, 95-109.

Government of Lao PDR. The National Growth and Poverty Eradication Strategy 2004. Ministry of Foreign Affairs, Vientiane, Lao PDR. 151 pp.

Hansen PK and Sodarak H (1996). *Environment, socio-economic conditions and land-use in Ban Thong Khang Sub-district, Northern Laos*. Shifting cultivation research sub-programme. Technical report 2. National Agriculture and Forestry Research Institute, Vientiane, Lao PDR.

Kluthcouski J, Cobucci T, Aidar H, Yokohama LP, Oliveira IP, Costa JLS, Silva JG, Vilela L, Barcellos AO and Magnabosco CU (2000). "Integração lavoura/pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áeras de lavoura, nos sistemas direto e convencional". *Embrapa Arroz e Feijão, Circular Técnica* 38, p.28.

Landers JN (1998). Technology transfer mechanisms for the new direct sowing techniques in the savannahs of Central Brazil. In "Gestion Agrobiologique des sols et des systèmes de culture", Rasolo F and M Raunet (Eds.), International Seminar proceedings, Antsirabe, Malagassy, 23-28 March 1998.

Maclean J, Dawe D, Hardy B, and Hettel G Eds (2002). Rice Almanac. Los Banos, Philippines: International Rice Research Institute. Bouake, Côte d'Ivoire : West Africa Rice Development Association. Cali, Columbia: International Center for Tropical Agriculture. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization. p. 253.

Ministry of Agriculture and Forestry (1999). The government's strategic vision for the agricultural sector. A Discussion Paper prepared for the Donor Round Table Conference. Ministry of Agriculture and Forestry. Vientiane, Lao PDR. 8-9 November 1999.

Ministry of Agriculture and Forestry (2003). Agricultural Statistics, Department of Planning. Vientiane, Lao PDR.

Petersen P, Tardin J and Marochi F (1999). Participatory development of no-tillage systems without herbicides for family farming: the experience of the center-south region of Paraná. Environment, Development and Sustainability 1, 235-252.

Roder W, Phengchanh S and Maniphone S (1997a). “Dynamics of soil and vegetation during crop and fallow period in slash and burn fields of northern Laos”. Geoderma 76, 131-144.

Roder W (1997b). “Slash and burn rice systems in transition: challenges for agriculture development in the hills of Northern Laos”. Mountain Research Development 17, 1-10.

Sain G and Barreto H (1996). The adoption of soil conservation technology in El Salvador: linking productivity and conservation. Journal of Soil Water Conservation 51, 313-321.

Séguy L, Bouzinac S, Trentini A and Côrtes NA (1998). “Brazilian frontier agriculture”. Agriculture et Développement. Special issue.

Tivet F, Tran Quoc H, Khamxaykhay C, Chantharath B, Julien P, Sosomphou T and Panyasiri K 2004. On-farm validation of direct seeding on crop residues, south of Xayabury Province. Workshop on Poverty Reduction and Shifting Cultivation Stabilization in the Uplands of Lao PDR: Technologies, approaches and methods for improving upland livelihoods. Luangprabang, Lao PDR. 27-30 of January 2004.

Tran Quoc H, Tivet F, Khamxaykhay C, Chantharath B and Séguy L (2005). Example of an iterative approach conducted with smallholders in northern Laos for the adoption of direct seeding mulch-based cropping systems. Third World congress on Conservation Agriculture Proceedings. Nairobi, Kenya. 3-7 October 2005.

Example of an Iterative Approach Conducted with Smallholders in Northern Laos for the Adoption of Direct Seeding Mulch-Based Cropping Systems

Hoà TRAN QUOC[1], Florent Tivet[1], Chanthasone Khamxaykhay[2], Piane Chanthip[3], Bounsay Chantahrath[2], Patrick Julien[4] and Lucien Séguy[5]

1. CIRAD-CA, PO Box 2991, Vientiane, Lao PDR, Email: ciradca@laotel.com
2. NAFRI, PO Box 811, Vientiane, Lao PDR
3. Provincial Agriculture and Forestry Office, Xayabury Province
4. Local consultant, PO Box 749, Luang Prabang, Lao PDR
5. CIRAD-CA, Goiânia, Goias, Brazil, Email: lucien.seguy@cirad.fr

Abstract

Since the 1990s, in the southern districts of Xayabury province in the Mekong corridor, traditional farming systems have changed through extensive agricultural development based on cash-crop production. This development, by way of intensification, depends on local market accessibility, transfer of technologies from Thailand and the financial capacities of local enterprises. Thai Inputs, heavy mechanisation and technical skills are imported and cropping is largely opportunistic, following Thai market demand. Land preparation, based on burning residues and ploughing on steep slopes, has allowed for cultivation of large upland areas. As a result of this development, combined with land allocation and increasing population density, fallow periods are disappearing. Furthermore, this 'resource-mining' generates land erosion, fertility loss, yield decline and chemical pollution as well as destruction of roads and paddy fields. In light of this, the Lao National Programme of Agroecology has implemented a holistic research approach in order to propose various systems for integrating crops and livestock production to farmers. From a large range of technologies that were tested, maize production using direct seeded grain on former crop residues under no-tillage systems has been implemented. Results achieved under the various conditions are presented in this paper: the yields obtained are close to and sometimes even higher than those obtained in conventional systems. Labour, costs, soil erosion, net income and labour productivity are also all observed.

Media summary

Direct seeding mulch-based cropping systems are compared with conventional practices in southern Xayabury through on-farm experiments. Promising results are obtained with this first level of DMC systems, mainly based on use of available technologies for smallholders. Feedback from farmers also identifies the main constraints of these systems.

Keywords

Xayabury province, iterative approach to soil conservation, residue management, labour productivity, key factors for scaling-up.

Introduction

Traditional farming systems have drastically changed over the last fifteen years in the southern districts of Xayabury province, with considerable agricultural development based on the production of cash crops such as maize, rice-bean (*Vigna umbellata*), peanuts, Job's tears (*Coix lacryma*), black cowpeas (*Vigna unguiculata*) and sesame. This development, by way of intensification, depends mainly on local market accessibility, transfer of technologies from Thailand and the financial capacities of local enterprises (to fund inputs, heavy mechanisation and technical skills from Thailand). Due to its low labour requirements and high labour productivity, maize is widely sown and spreads to new areas every year (more than 15,000 ha was sown in southern Xayabury in 2004), while crop rotation tends to be abandoned. Land preparation based on burning residues and ploughing on steep slopes has allowed for cultivation of large upland areas.

As a result of this development, associated with land allocation and increasing population density, fallow periods are disappearing and agricultural systems are not conserving soils and nutrients. Even arable land with very good soils and high potential for agricultural development can be rapidly degraded, in which case negative social and economic impacts follow. Initial assessment of this 'resource-mining' agricultural development shows dramatic land erosion, and destruction of roads and paddy fields. In many degraded areas of southern Xayabury, smallholders have modified conventional land preparation and are shifting from ploughing to herbicides. Residue burning, followed by spraying before sowing, is common. Increasing use of pesticides is also one of the major issues of this agricultural intensification. Herbicides such as Atrazine, Paraquat and Glyphosate are now widely used in southern Xayabury for land preparation after burning or ploughing (sometimes up to $10 l.ha^{-1}$ of Paraquat or Glyphosate) and for post-emergence application (Atrazine) on maize. It is estimated that in 2004 more than 90% of smallholders in Parklai district used Atrazine.

Theses changes in agricultural practices emphasise the great reactivity, good or bad, of smallholders, who cite three main objectives in their development goals: (i) cash income and increasing the area cultivated, (ii) labour optimisation and (iii) decreasing the drudgery of labour. In order to convert this 'resource-mining' production to a stabilising plant-soil system, an iterative approach has been implemented to analyse, for each step, the technical and socio-economic viabilities of direct seeding mulch-based cropping (DMC) systems. The aim of this paper is to compare maize production under direct seeding on crop residues with production through conventional land preparation, mainly based on ploughing. Since 2002, the Lao National Programme of Agroecology has implemented a holistic research approach which emphasises generation and adaptation of DMC systems with village communities and groups of smallholders.

Methodology

On-Farm Experiments

The main characteristics of this region are given in Bounthong et al. (2005). Farmers' field experiments are carried out on plots of at least $4{,}000 m^2$. Comparisons between conventional and DMC systems are assessed on large demonstration plots under conditions that match those found on farms in the region. Wherever possible, conventional land preparation is replicated on both sides ($1{,}000 m^2$ x 2) of the direct seeding plots ($2{,}000 m^2$) and arranged on landscape slopes in order to take fertility gradients into account. These experiments involve 42 smallholders located in six villages with a total area of 16.8ha. Comparisons are also carried out between DMC systems on residues and conventional cropping systems for different edible and cash crops. The results discussed in this paper concern maize, the main production crop in this region. The number of fields differed according to zone (with varying morpho-pedological features, access to market and farmer strategies) with six, four, eleven, three, five and five fields used in Kengsao, Bouamlao, Paktom, Nahin, Houay Lod and Nongphakbong respectively. A description of the different steps followed for land preparation for DMC systems is given in Figure 1.

Data Collection and Economic Analysis

Labour requirements and production costs were recorded for all activities (land preparation, sowing, weeding and harvesting). Yield and overall performance is recorded for each treatment. However, the philosophy under which the experiments were carried out allows for qualitative analysis in order to evaluate the socio-economic viability of these systems.

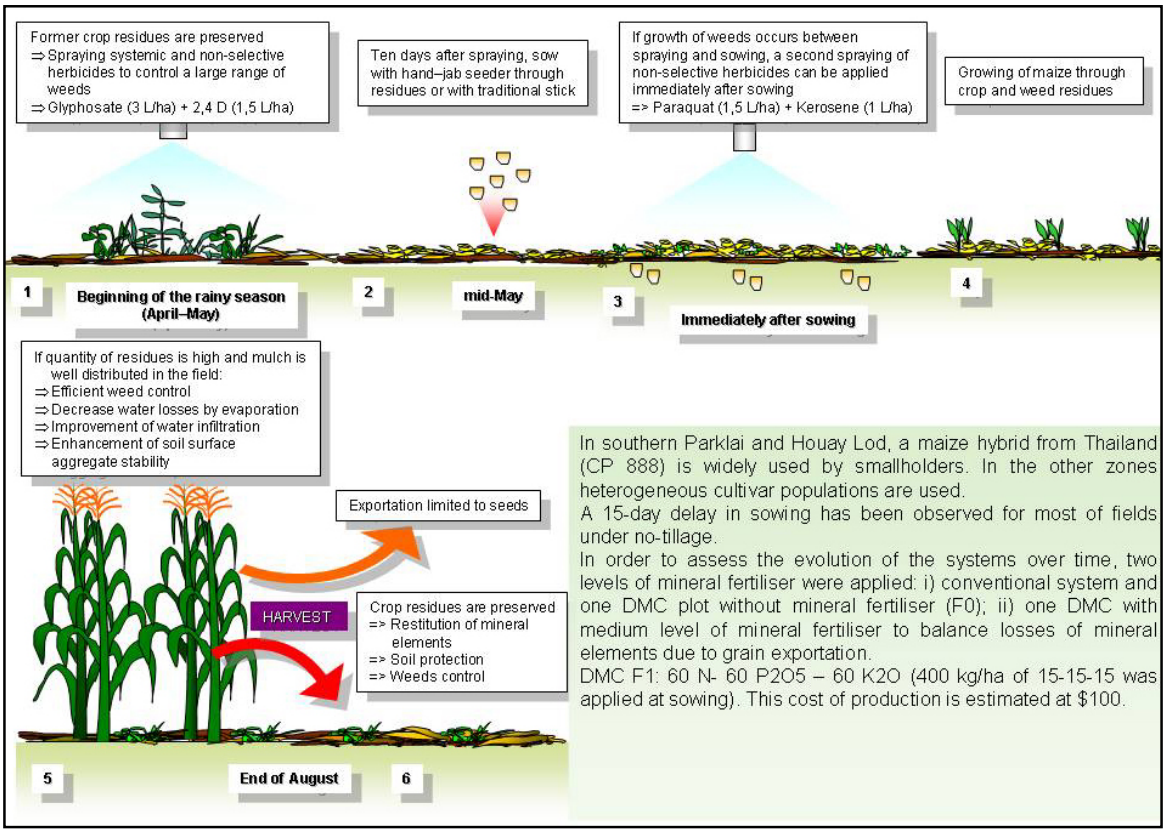


Figure 1: Description of the different steps followed for land preparation under DMC systems with residue management. Choice of herbicide depends on weed pressure and the nature of weeds in the field.

Results and Discussion

Mulch Remaining before Sowing

A layer of mulch, even a thin one, limits soil erosion by decreasing the kinetic energy of raindrops and run-off intensity (Abrahams et al. 1994). Moreover, run-off intensity is decreased because of the sinuous pattern that is generated by residues. This wavy pattern increases the path and decreases the effective slope met by the run-off. Findeling (2001) reported that 4.5t.ha^{-1} of dry matter can represent a 30% slope reduction and reduce run-off intensity by 20%. At the beginning of the rainy season in 2004, dry matter ranged from 2.0 to 3.5t.ha^{-1}. However, this figure refers only to large particles of residue and ignores small aggregates of soil and straw, which also greatly reduce run-off intensity. After harvesting, large amounts of dry matter are obtained with these different cash crops (maize, rice-bean and Job's tears). For example, on average the dry matter reaches 16t.ha^{-1} with Job's tears, 8t.ha^{-1} for maize, and 6.5t.ha^{-1} for rice-bean under good soil potential. Mulch remaining at the beginning of this season (2005) represented at least 45% of the dry matter recorded after harvesting, with no exportation by animals occurring during the dry season.

Crop residue management can be a first step towards reducing losses of soil and mineral elements, as well as a way of saving money. In southern Xayabury, Job's tears and rice-bean are useful crops for starting DMC systems on residues because of: i) their low residue degradation due to a high lignin content, which enhances soil protection by reducing both evaporation and weed pressure (particularly for rice-bean); ii) the low rate of C/N for rice-bean residues, minimising mineral nitrogen competition between the crop and micro-flora at the beginning of the rainy season; and iii) the low level of animal exportation owing to the low palatability of both species. Below-ground dry matter was not measured, but biological improvement of soil structure by rooting systems is crucial. A crop of Job's tears with long duration and a strong rooting system is a good companion crop for ensuring this function.

Yield

For each treatment, grain yield variations for maize, according to site characteristics (landscape, soil units) and cultivars are significant (Table 1). Such results reflect differences in soil erosion and fertility. For example, while Paktom, Nahin and Bouamlao have the same geological substratum, large differences in yield are observed. In southern Parklai (Kengsao and Bouamlao) and northern Kenthao (Houay Lod), areas which began maize production recently, yields recorded under DMC systems reach 5t.ha^{-1}. With DMC systems, yield levels were generally close to or even higher than those obtained in conventional systems, with no substantial difference observed. In Northern Kenthao, the use of fertiliser can increase yield by up to 73%, which can counterbalance production cost. In contrast, the use of fertiliser does not appear to be economically viable for degraded areas like Nongphakbong and Nahin. However, use of fertiliser under direct seeding tends to boost not only yield but also biomass production, thus indirectly enhancing soil biological activity. In these degraded areas, the mean average yields recorded with no-tillage oscillate between 2.4 and 3.4t.ha^{-1} with maize, while mean yield with tillage is 3.3t.ha^{-1}. In Nongphakbong, poor soil structure due to soil compaction and soil crusting seems to be the main limiting factor of yield under both DMC and conventional systems. Erenstein (2003) reported that short-term yield effects often depend on the mulch, crop and site characteristics. Therefore a number of seasons are necessary to stabilise the system. As described by Séguy et al. (1998), soil characteristics must be improved in order to generate a conservative system for water and nutrients with good organic composition to restructure the soil. Moreover, enhancement of soil biological activity is crucial as below-ground insect and microbial populations improve soil structure and plant nutrition. Because of the great modifications of the soil by conventional agriculture, these main functions can be completed under medium and long-term processes.

Production Cost and Net Income

High variations are observed in economic components such as production costs, net income and labour productivity, mainly dependent on the number of replications and on site characteristics (Table 1). An example cost production analysis for southern Parklai is given in Figure 2. For ploughing, production costs ranged from US$40 to $150 per ha depending on the slope, distance from the main road, and amount of stones and/or stumps in the field. In comparison, the cost of land preparation with DMC systems is about $30 per ha. Production costs can therefore be reduced by 30%-100%, representing a gain of $35-$100 per ha (Table 1). In southern Parklai (Kengsao, Bouamlao) and northern Kenthao (Houay Lod), net income per ha was highly significant with a mean value close to US$ 250 per ha for direct seeding. The difference in income between this method and the conventional approach varied from $45 to over $150 per ha. Furthermore, results emphasise that in these zones the use of mineral fertiliser is economically viable because of good soil fertility and lower weed pressure.

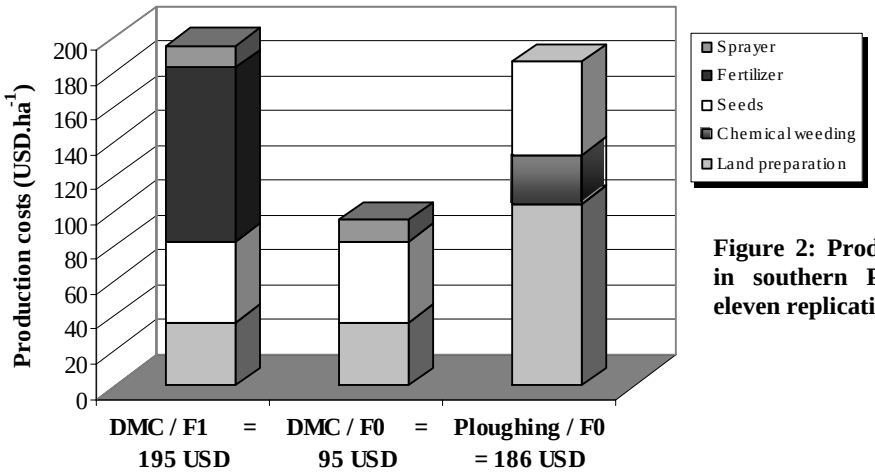


Figure 2: Production costs analysis in southern Parklai. A mean of eleven replications is given

Labour Requirements and Labour Productivity

With direct seeding technologies and a reasonable mulch layer before sowing (at least 3t.ha^{-1}), weed pressure was lower than in conventional situations. Figure 3 shows that labour inputs required for weeding is only 3 days.ha^{-1} with no tillage and 31 days.ha^{-1} with tillage. A total mean gain of 39 days/ha was recorded during the season for DMC systems. Labour inputs for weeding depend greatly on the history of the field and on the nature of the former crop. Local species like rice-bean and Job's tears are ideal crops to start a direct seeding system. With long-cycle duration (seven months), both species compete fiercely with weeds during the rainy season and produce a high amount of biomass.

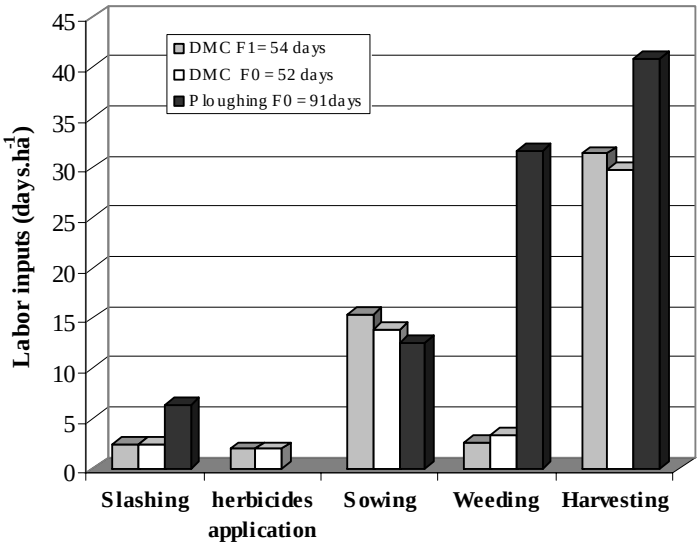


Figure 3: Labour inputs in southern Parklai and northern Kenthao. A mean of seven replications is given (quantity of remaining crop residues is superior to 3t.ha^{-1}). Labour inputs for threshing and transport are not represented. Sowing was carried out without the use of a hand-jab seeder.

Little data was recorded in the field, but both a decreasing number and a change in species of weeds is common in the second year of direct seeding. In southern Parklai, with residue management, *Ageratum conizoïdes* become the dominant species and *Mimosa invisa*, which is the major weed associated with ploughing and burning, is significantly reduced. Dominance of this species in the conventional system is mainly related to the fact that burning tends to boost seedling emergence (Lao-IRRI 2000).

In all fields, labour productivity increased with residue management. This was most notable in Bouamlao, Kengsao and Houaylod (Table 1), where the increase ranged from $4.2 to $4.8 per day (DMC F0). In contrast, in the most degraded areas like Nongphakbong, very low labour productivity (<$1/day^{-1}) is recorded under both DMC systems and conventional land preparation. These results are mainly due to the combination of low yields and the very low selling price of maize in this area.

Main Constraints for this First Step, Based on Residue Management

In southern Parklai, where area of maize cultivated per labourer can reach 2.5 ha, land preparation through large-scale herbicide application represents a considerable labour drudgery for men. Women meanwhile are more concerned about labour during sowing, and the risks of men becoming poisoned when using herbicides. Traders and/or tractor-owners give ploughing and seed credit at the beginning of the season. For many smallholders, even if higher interest rates are practiced (50% over eight months) such loans offered a good opportunity to avoid using any cash at the beginning of the season. The current lack of cash was identified as one of the major constraint, and was also cited by both men and women in Houay Lod, where no-tillage practice is common. Problems relating to labour input are also frequently emphasised following the drastic increase of cultivated area in this village. On the other hand, in degraded sites like Nongphakbong and Paktom, constraints relating to sowing through crop residues seem to be more important (including soil compaction induced by former ploughing, and difficulty in making holes and in seeing them through the residue crops). A presentation of the gender-disaggregated surveys conducted in Kengsao is given in Figure 4.

Components	Treatment	Villages									
		Kengsao		Bouamlao		Houay Lod	Paktom		Nahin		Nong Phakbong
	Year	2003	2004	2003	2004	2004	2003	2004	2003	2004	2004
	Replication	(3)	(6)	(5)	(4)	(6)	(8)	(11)	(2)	(3)*	(4)
Yield (kg/ha)	DMC F0	5481 ± 167	4583 ± 325	5044 ± 379	3727 ± 379	4976 ± 435	2563 ± 329	3383 ± 714	2507	2796 ± 559	2270 ± 434
	DMC F1	7542 ± 693	6106 ± 338	7413 ± 451	5657 ± 827	6779 ± 437	3616 ± 268	5356 ± 214	3769	3876 ± 98	3960 ± 91
	CV F0	4332 ± 691	5215 ± 588	5073 ± 281	4629 ± 394	4726 ± 518	2787 ± 316	3477 ± 42	3438	-	3305 ± 811
Production cost (US$/ha)	DMC F0	116 ± 13	100 ± 12	93 ± 3	90 ± 3	94 ± 0.5	52 ± 5	89 ± 9	46	44 ± 7	59 ± 14
	DMC F1	220 ± 13	200 ± 12	198 ± 3	190 ± 3	194 ± 1	145 ± 11	189 ± 9	153	172 ± 5	189 ± 14
	CV F0	169 ± 39	201 ± 40	142 ± 23	185 ± 46	194 ± 61	88 ± 8	111 ± 16	84	-	86 ± 28
Net income (US$/ha)	DMC F0	227 ± 19	243 ± 53	222 ± 23	236 ± 67	280 ± 73	82 ± 17	123 ± 8	84	166 ± 32	33 ± 41
	DMC F1	252 ± 53	258 ± 53	265 ± 27	305 ± 145	315 ± 73	43 ± 11	146 ± 17	43	119 ± 16	- 27,4 ± 25
	CV F0	102 ± 53	190 ± 84	175 ± 39	190 ± 86	100 ± 41	57 ± 19	107 ± 16	95	-	52 ± 66
Labour inputs (days/ha)	DMC F0	62 ± 5	51 ± 8	55 ± 9	49 ± 13	65 ± 10	61 ± 4	40 ± 12	64	51 ± 19	31 ± 1
	DMC F1	65 ± 2	54 ± 7	65 ± 9	51 ± 13	65 ± 10	67 ± 5	55 ± 9	65	54 ± 14	55 ± 13
	CV F0	75 ± 7	93 ± 32	70 ± 6	64 ± 18	78 ± 24	74 ± 7	41 ± 7	93	-	64 ± 4
Labour productivity (US$/day)	DMC F0	3.7 ± 0.1	4.8 ± 0.9	4.0 ± 0.8	4.9 ± 1.0	4.2 ± 0.9	1.3 ± 0.2	3.2 ± 1.4	1.3	3.4 ± 2.0	1.0 ± 0.8
	DMC F1	3.9 ± 0.8	4.8 ± 0.8	4.1 ± 1.4	5.8 ± 1.5	4.7 ± 1.0	0.6 ± 0.2	2.8 ± 0.4	0.7	2.3 ± 0.8	-0.5 ± 0.5
	CV F0	1.4 ± 0.7	2.2 ± 1.3	2.5 ± 0.7	3.0 ± 1.5	1.3 ± 0.1	0.8 ± 0.3	2.6 ± 0.5	1.0	-	0.8 ± 0.6

Table 1: Data ± SE from on-farm experiments conducted in 2003 and 2004 in southern Xayabury. Mean value, Yield, Production cost, Net income, Labour inputs and Labour productivity are presented for five situations. Data is from three to eleven on-farm trials of 1000 m^2 per treatment.
Key: DMC: direct seeding with residues management; CV: conventional – ploughing; F0: without mineral fertiliser; F1: 400 kg.ha^{-1} of 15-15-15. Nahin 2004*: all conventional plots were managed with crop residues

Different constraints limit the dissemination of these systems even if agronomic and economic successes have been highlighted. A gender-disaggregated survey was carried out with all groups of smallholders to identify the main constraints of this first level of DMC systems on residues (Figure 4). The results of this survey emphasised the main limiting factors:

- Drudgery of labour for land preparation (herbicide application), which limits cultivated area;
- Access to inputs (market and financial constraints, such as lack of cash);
- Problems of appropriate equipment for sowing;
- Technical skills required;
- Calendar flexibility;
- Risks of damage due to pests (rodents, insects);
- Risks of human intoxication by misuse of pesticides.

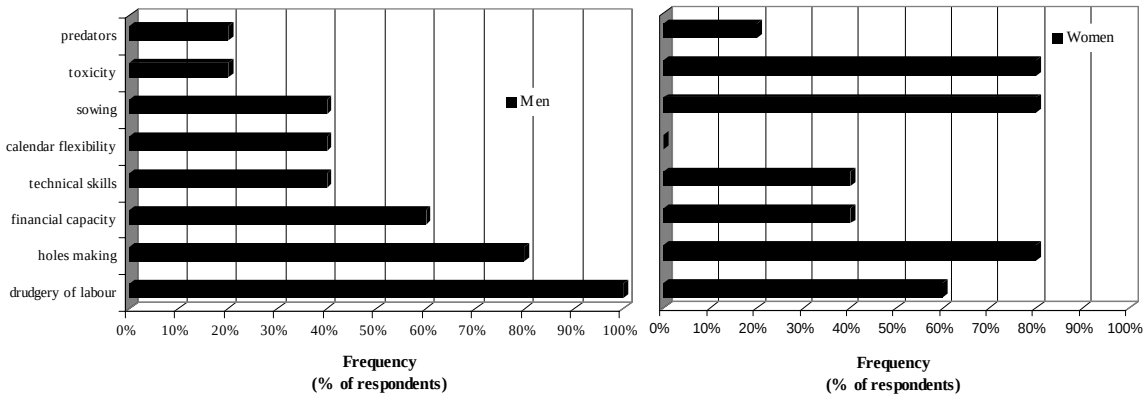


Figure 4: Factors limiting extension of DMC systems, as identified by smallholders in Kengsao

Issues and Challenges for Dissemination of DMC Systems in Southern Xayabury

Positive results from direct seeding systems based on residues are evident in southern Xayabury. The area also displays both a growing interest in and the potential for widespread adoption, with many smallholders requesting technical and financial support. However, obtaining all the biophysical and economic advantages of DMC systems involves a long process. The amount of residues remaining on fields is often relatively low due to biomass weathering, animal exportation, or even sometimes wild fires during the dry season. Small amounts of residue do not ensure good soil protection and/or weed control. In order to efficiently control weeds (through a smothering and/or allelopathic effect) and thereby generate systems that are less dependent of herbicides (Séguy 1999; Kliewer 2003), DMC systems have to be progressively improved with rational crop rotations, relay crops and cover crops.

In order to promote the extension of these systems, the limiting factors already identified by smallholders should be rapidly through a series of actions:

- Adequate equipment for DMC systems should be adapted on several scales in order to decrease labour drudgery. Diversified direct seeding equipment, such as the sowing machine for hand-tractor and medium tractor, has been designed in Brazil and could be adapted and distributed in southern Xayabury.
- Economic incentives such as provision of credit have to be promoted by decision makers and development projects.
- As knowledge is continuously generated in the field by researchers and farmers, it is essential that continuous training sessions be organised in order to share experience on the adaptation and adoption of such systems.
- As reported by many authors, the use of pesticides (herbicides and insecticides) can decrease rapidly under DMC systems with appropriate use of mulching and cover crops (Jansen 1999; Crovetto 1999; Scopel 2003). In the case of smallholders however, special attention must be addressed to the use of pesticides. Lack of knowledge leads to frequent misuse of pesticides, particularly in handling, with dramatic consequences for human health and the environment. In addition, with widespread herbicide use, large concentrations of pesticides can pollute rivers and soil. Products, which can be used as substitutes, should be researched.

Acknowledgement

The authors wish to thank the Ministry of Agriculture and Forestry of the Lao PDR, the French Agency for Development (AFD), the French Global Environment Facility (FFEM) and the French Ministry of Foreign Affairs (MAE) for financial support.

References

Abrahams, A., Parson, A. and Wainwright, J. 1994. "Resistance to overland flow on semiarid grassland and shrubland hillslopes, Walmut Gulch, southern Arizona". *Journal of Hydrology* 156: 431-446.

Bounthong, B., Tivet, F., Tran Quoc, H., Lienhard, P., Panyasiri, K., Julien, P., and Séguy, L. (2005). *Direct Seeding Mulch-Based Cropping Systems – A Holistic Research Approach implemented in Northern Laos*. Third World congress on Conservation Agriculture Proceedings. Nairobi, Kenya. 3-7 October 2005.

Crovetto Lamarca, C. 1999. *Les fondements d'une agriculture durable. Préserver le sol aujourd'hui pour nourrir les hommes demain*. Panam / Teknea Ed. p. 317

Erenstein, O. 2003. "Smallholder conservation farming in the tropics and sub-tropics: a guide to the development and dissemination of mulching with crop residues and cover crops". *Agriculture, Ecosystems and Environment* 100: 17-37.

Findeling, A. 2001. *Etudes et modélisation de certains effets du semis direct avec paillis de résidus sur les bilans hydrique, thermique et azoté d'une culture de maïs pluvial au Méxique*. Thèse de doctorat Ecole Nationale du Génie Rural et des Eaux et Forêts, Montpellier. p. 357.

Jansen, A.E. 1999. *Impacto ambiental del uso de herbicidas en siembra directa*. Proyecto "Conservacion de suelos". MAG-GTZ, San Lorenzo, Paraguay. p. 43

Kliewer, I. (2003). *Alternativas de controle de plantas danhinas sem herbicidas*. In "Producing in harmony with nature", II World congress on Sustainable Agriculture proceedings, Iguaçu, Brazil, 10-15 August.

Lao-IRRI 2000. *1999 Research Highlights*. Lao National Rice Research Program and Lao-IRRI Project. p. 23.

Scopel, E., Séguy, L., Ribeiro, M., Denardin, J. and Kochhann, R. 2003. *Direct Seeding mulch based cropping system (DMC) in Latin America*. In "Producing in harmony with nature", Second World congress on Sustainable Agriculture Proceedings. Iguaçu, Brazil. 10-15 August 2003.

Séguy, L., Bouzinac, S., Trentini, A. and Côrtes, N. 1998. "Brazilian frontier agriculture". *Agriculture et Développement.* Special issue.

Séguy, L., Bouzinac, S., Maeda, N., Ide, M., and Trentini, A. 1999. "Controlling *Cyperus rotundus* by direct seeding in cotton crops in Brazil". *Agriculture et Développement* 21: 87-97.

Rapport intermédiaire du Programme National Agroécologie

Rapport intermédiaire d'activité (janvier-juin 2005) – Province de Sayabouri

Rapport intermédiaire d'activité (janvier-juin 2005) – Province de Xieng Khouang

République Démocratique Populaire Lao
Paix Indépendance Démocratie Unité Prospérité

Ministère de l'Agriculture et des Forêts
Institut National de Recherche Agronomique et Forestière

Programme National Agroécologie (PRONAE)
Programme de Capitalisation en Appui à la Politique de Développement Rural

Rapport intermédiaire d'activités
Janvier – Juin 2005

Pascal LIENHARD
Thammakham SOSOMPHOU

Florent TIVET
Khamkèo PANYASIRI
Bounsay CHANTHARATH

Hoà TRAN QUOC
Chanthasone KHAMXAYKHAY

SOMMAIRE

1. Convention de financement 1

2. Contrat d'assistance technique NAFRI-CIRAD 2

3. Conventions de partenariat 2

4. Programme Transversal Agroécologie 2

5. Composante d'appui au PRONAE – OSWALD 2

6. Organisation du projet 3

6.1- Configuration techniques des équipes 3

6.2- Gestion financière 4

7. Les axes de collaboration avec des projets de développement rural 5

8. Les voyages d'étude et les missions d'appuis 5

8.1- Voyage d'étude au Brésil – Délégation du MAF 5

8.2- Suivi, études et prospectives 7

9. L'état d'avancement du PRONAE 7

9.1- Les bases d'une stratégie nationale 7

9.2- Les activités au sud de la province de Sayaboury 8

9.3- Les activités dans la province de Xieng Khouang 9

9.4- La valorisation des résultats 9

Rapport intermédiaire d'activités du Programme National Agroécologie

1er janvier – 30 juin 2005

Ce document dresse un bilan des activités du Programme national Agroécologie du 1er janvier au 30 juin 2005. Il regroupe les informations nécessaires à la compréhension du fonctionnement de ce programme et des actions entreprises.

1. Convention de financement Gouvernement de la RDP Lao-AFD/FFEM/CIRAD

Un appui institutionnel au NAFRI a été défini dans le cadre du Programme de Capitalisation en Appui à la Politique de Développement Rural (PCADR). Cet appui se caractérise par la poursuite des actions du Programme National Agroécologie (PRONAE) qui avaient débuté en janvier 2003 avec le lancement de la phase transitoire de ce programme. Le PRONAE a été défini comme un programme ressource pour le Ministère de l'Agriculture et des Forêts qui peut mobiliser les compétences de ce programme pour la mise au point de systèmes de production diversifiés et stabilisés, pour les zones d'agriculture de montagne et du corridor du Mékong. Ce programme a également pour objectif de formaliser des partenariats avec des projets de développement tel que le Point d'Application du sud de la province de Sayaboury, le Point d'Application du plateau des Bolovens ou le Projet de Développement du bassin versant de la Nam Ngum.

Le Programme National Agroécologie regroupe aujourd'hui une équipe de 40 agents permanents dont 6 agents du NAFRI et 8 vulgarisateurs des départements de l'agriculture et des forêts des provinces de Sayaboury et de Xieng Khouang.

Le coût total de ce programme sur une durée de 4 ans (du 1er août 2004 au 31 juillet 2008), se décompose, de manière indicative comme suit :

En EUR	AFD	FFEM	CIRAD	Total
I. Investissements	115,960			115,960
II. Personnel	112,180	1,244,000	634.000	1,990,180
III. Activités	213,790	156,020		387,810
IV. Fonctionnement	270,740			270,740
Total				2,764,686

Le CIRAD apparaît comme co-financier de ce programme en contribuant pour 50% au coût de l'assistance technique permanente. Depuis le démarrage de la phase transitoire du PRONAE, l'engagement du CIRAD[1] a donné la possibilité aux bailleurs de fonds de dégager des fonds supplémentaires pour les autres projets de développement (PRODESSA) et aujourd'hui points d'application du PCADR pour un montant total de 1,031,000 EUR (397,000[2] + 634,000).

[1] L'engagement du FFEM n'est possible qu'en co-financement à hauteur de 50% du coût total de la composante.

[2] Au cours de la phase transitoire, le PRONAE a reversé 397,000 EUR au PRODESSA. Ce montant correspondait aux dépenses engagées (prestations de l'assistance technique comprises) par la composante de recherche d'accompagnement du PRODESSA du mois d'avril 2000 au mois de décembre 2002.

2. Contrat d'assistance technique NAFRI-CIRAD

Le contrat d'assistance technique entre le NAFRI et le CIRAD a été signé le 21 janvier 2005, entre le Dr. Bounthong BOUAHOM, directeur général du NAFRI, et le Dr. Jean-luc KHALFAOUI directeur du département cultures annuelles du CIRAD.

L'appui du CIRAD se caractérise par la présence d'une assistance technique permanente (sur une base annuelle de 10 mois de présence sur le terrain) qui est composée d'un conseiller technique principal et de deux assistants techniques provinciaux. Le CIRAD s'est engagé à co-financer, à hauteur de 50%, les 3 postes d'assistants techniques permanents.

3. Conventions de partenariat

Les conventions de coopération scientifique et technique qui ont été signées entre les départements de l'agriculture et des forêts des provinces de Sayaboury (08/04/03), de Xieng Khouang (30/04/03), le Centre de Recherche Agronomique (ARC, 22/04/03) et le Programme National Agroécologie ont été prorogées sur la base des accords établis au cours de la phase transitoire. Il sera nécessaire de réactualiser ces conventions au cours du deuxième semestre 2005 sur la base des attentes des PAFO et du PRONAE.

4. Programme Transversal Agroécologie

Le Programme Transversal Agroécologie (PTA) regroupe des financements du Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM), du Ministère des Affaires Etrangères Français (MAE) et de l'Agence Française de Développement.

Les fonds accordés par le Programme Transversal Agroécologie (PTA) ont été soldés au cours de ce premier semestre à l'exception de deux missions d'appuis relatives à « l'analyse de la vie biologique des sols » et « la diversification culturale avec l'utilisation de cultures pérennes multi-usages ». Ces missions ont été programmées au cours du deuxième semestre 2005.

5. Composante d'appui au PRONAE – OSWALD (Open Source for Weed Assessment in Lowland Paddy Fields)

Indépendamment du financement actuel du PCADR, et afin de renforcer les capacités d'expertise du NAFRI, des composantes d'appui sont en cours de développement. Cela doit permettre d'aborder de nouvelles thématiques, en relation avec les actions engagées par le PRONAE (compréhension du fonctionnement des systèmes). Elles concerneront différents domaines ; il s'agit en particulier : i) de la qualité biologique des sols, des produits végétaux et de l'eau, ii) de l'étude de l'évolution des flores adventices pour différents systèmes, iii) et de l'évolution des caractéristiques physiques et chimiques des sols.

Une première composante financée par la commission européenne pour une durée de deux ans, et développée sur la base d'un partenariat entre le NAFRI, l'université Royale du Cambodge, l'herbarium de Leiden et le CIRAD, a pu démarrer ces activités dès le mois d'avril 2005. L'objectif premier de ce projet, qui est reconnue comme une composante du PRONAE, est la mise au point d'outils de formation pour la caractérisation de la flore adventice.

Les domaines d'activités de ce projet sont centrés sur deux grandes écologies qui sont :

- Le corridor du Mékong avec des sites qui ont été identifiés à proximité de Vientiane et avec des modes de gestion allant du rainfed à l'irrigué ;
- La province de Xieng Khouang où les sites retenus sont localisés dans la cuvette rizicole du district de Kham. Il est aisé de trouver au sein de ce bassin de production des productions rizicoles au cours de la saison des pluies et pendant la saison sèche.

Les ressources humaines sont issues du NAFRI et se décompose entre des agents du FRC (Forestry Research Center – NAFRI, 2 personnes) et du Programme National Agroécologie (1 technicien à mi-temps). Le coordinateur de ce programme sera accompagné dans sa tâche par deux techniciens, répartis dans les deux provinces mentionnées précédemment. Le directeur du PRONAE appuiera également ce coordinateur en fonction des impératifs de sa mission. Le coordinateur aura donc pour responsabilité la gestion technique de ce programme et participera aux différents ateliers et séminaires prévus au cours de la période d'exécution d'OSWALD.

6. Organisation du projet

6.1- Configuration techniques des équipes

L'organigramme du PRONAE est donné en annexe 1. L'équipe technique actuelle découle de la phase transitoire de ce programme. L'effectif technique et son appartenance (agents du gouvernement, recrutement extérieur) sont présentés dans le tableau ci-après ; il faut souligner que cette équipe dépasse aujourd'hui de deux agents le nombre initial programmé. Il a été décidé de maintenir ces agents en formation jusqu'à la fin de la campagne 2005 dans l'attente de la formalisation des cadres de partenariat entre le PRONAE, le PASS et le PAB qui devraient générer des activités complémentaires. Les agents permanents du gouvernement représentent aujourd'hui près de 40% de l'effectif total du programme. Par ailleurs, 12 agents, rattachés aux structures gouvernementales (NAFRI-ARC, PAFO-DAFO), interviennent en appuis temporaires.

Tableau 1 : Origine des agents du PRONAE

Intitulé du poste	**Nbre**	**Agent GoL**		**Recrutement extérieur**
		NAFRI	**DAFO**	
Personnels permanents				
Directeur National	1	√		
Assistant technique NAFRI	1	√		
Responsables provinciaux	2	√		
Chargé de mission	1			√
Animateur – Formateur	2			√
Techniciens agricoles	2	√		
	8		√	
	12			√
Techniciens en formation	2			√
Secrétaire de direction	1			√
Secrétaire comptable	3			√
Chauffeur – Mécanicien	2			√
Total	**37**	**6**	**8**	**23**
Personnels détachés ou appuis temporaires				
PAFO Sayaboury	5		√	
PAFO Xieng Khouang	5		√	
ARC				
Coordinateur	1	√		
Responsable des activités	1	√		
Secrétaire, logistique	1			√
Total	**13**	**2**	**10**	**1**
Grand total	**50**	**8**	**18**	**24**

6.2- Gestion financière

Un compte projet a été ouvert par le DNP (NAFRI) et le CTP (CIRAD) et fonctionne exclusivement sous la double signature de ces deux responsables. Parallèlement, des comptes en Kip (Xieng Khouang), US dollars (Xieng Khouang et Sayaboury) et Baht thaïlandais (Sayaboury) ont été ouverts par les équipes provinciales. Le PRONAE fonctionne avec 3 caisses principales (Direction, Xieng Khouang et Sayaboury) et quatre devises Kip, Baht, USD et EUR.

Il faut souligner que le fonctionnement du PRONAE est erratique en raison de différentes contraintes. Il s'agit en particulier : i) du retard pris dans le décaissement de la première avance, ii) des délais de contrôle du cabinet comptable pour l'analyse des premiers mémoires de dépenses et iii) de l'absence au cours de cette période de procédures globales approuvées par les différentes parties. Par ailleurs, l'abondement des caisses d'avance n'est pas défini sur la base d'un programme technique et budgétaire trimestriel ; le remboursement est réalisé à hauteur des pièces justificatives présentées. Ce choix ne permet pas un pilotage précis et efficace et entraîne un engagement des fonds irrégulier qui ne suit pas le programme budgétaire défini. Parallèlement, les procédures en cours sont lourdes (séparation des dépenses supérieures à 100 USD) et imposent une charge de travail supplémentaire en comparaison aux normes de dépenses suivies au cours de la phase transitoire.

L'état d'engagement des dépenses du PRONAE sur la caisse d'avance est donné pour les onze premiers mois (août 2004 – juin 2005). Les paiements directs effectués par l'Agence Française de Développement sont donnés ci-après en devises EUR, USD et Yen. Il serait souhaitable que les taux de conversion devise/EUR soit transmis afin qu'une actualisation trimestrielle du niveau d'engagement des fonds soit possible.

Tableau 2 : Niveau d'engagement des fonds sur caisse d'avance au 30 juin 2005

Rubrique	**Montant**			
	01/08 au 31/12/04	*01/01 au 31/03/05*	*01/04/05 au 30/06/05*	*01/08/04 au 30/06/05*
I. Investissements		513.20		513.20
II. Personnel	32,417.85	57,346.29	19,851.82	109,615.96
III. Activités	10,027.40	29,967.03	15,974.84	55,969.27
IV. Fonctionnement	8,485.77	23,964.06	11,416.41	43,866.24
Total (USD)	**50,931.02**	**111,790.59**	**47,243.07**	**209,964.68**

Rubrique	**Montant**			
	01/08 au 31/12/04	*01/01 au 31/03/05*	*01/04/05 au 30/06/05*	*01/08/04 au 30/06/05*
I. Investissements		389.97		389.97
II. Personnel	25,748.89	43,576.21	16,189.71	85,514.81
III. Activités	7,964.57	22,771.30	13,027.92	43,763.79
IV. Fonctionnement	6,740.09	18,209.77	9,310.40	34,260.26
Total (EUR)	**40,453.55**	**84,947.25**	**38,528.03**	**163,928.83**

Tableau 3 : Paiements directs effectués par l'Agence Française de Développement

Intitulé de dépenses	Référence courrier AFD	Valeur en devises		
		USD	Yen	EUR
2 Toyota Vigo	2005/VIE/148/ED	40,000.00		
Prestations Ats CIRAD	2005/VIE/174/VL			100,998.00
3 motos Honda	mel internet n°81du 10 mars 2005	2,250.00		
8 motos AG 100			1,820,930.00	
Assurance AGL mission Brésil	2005/VIE/153/VL	79.61		
Billet avion mission brésil		3,935.00		
Assurances AGL véhicules PRONAE	2005/VIE/152/VL	3,811.14		
Assurances AGL personnel PRONAE	mel Internet n°019 du 20 janvier 2005	2,767.92		
Mission d'Appui « Agriculture de Conservation »				5,150.00

7. Les axes de collaboration avec des projets de développement rural

De premiers documents relatifs (annexe 2) aux axes de collaboration entre le Point d'Application du Sud de la Province de Sayboury, le Point d'Application du Plateau des Bolovens et le Programme National Agroécologie ont été rédigés entre la fin du mois de mars (PRONAE-PASS) et le début du mois de mai (PRONAE-PAB). En raison de l'état d'avancement de ces deux points d'application aucunes actions conjointes n'ont pu être engagées. Il sera essentiel de formaliser ces axes de collaboration avant la fin du deuxième semestre 2005 pour être en mesure de lancer des actions concertées et efficaces dès le début de la campagne 2006.

Il était également espéré au cours de ce premier semestre de mener une étude prospective dans la province de Xieng Khouang afin de définir un cadre possible de collaboration entre le Projet de Développement du Bassin Versant de la Nam Ngum et le PRONAE.

8. Les voyages d'étude et les missions d'appuis

8.1- Voyage d'étude au Brésil – Délégation du MAF

Sur financement du PCADR, une délégation conduite par son Excellence, Dr. Siène SAPHANGTHONG, Ministre de l'Agriculture et des Forêts, s'est rendue au Brésil afin de bénéficier des acquis et de l'avancée des systèmes de semis direct. Pour cette mission, organisée par MM. Lucien Séguy, Serge Bouzinac, James Taillebois et leurs partenaires (Cereaisnet, l'Université Fédérale de Ponta Grossa, Iapar, Fondation Mourao et Lucas do Rio Verde), le Ministre était accompagné de M. Anonh KHAMHOUNG, directeur général du département de la vulgarisation (NAFES), de M. Soulivanthong KINGKEO, vice-directeur de

l'Institut National de Recherche Agronomique et Forestière (NAFRI) et de M. Khamkèo PANYASIRI, directeur national du PRONAE.

Différents thèmes ont fait l'objet de ces journées :

- Création et maîtrise de systèmes de semis direct (riz pluvial, coton et cultures commerciales soja-maïs) et leur gestion organique ;
- Amélioration variétale et plus particulièrement la création de variétés de riz aromatiques, (gluantes) mixtes à partir de sélection récurrente à base étroite et de croisements classiques ;
- Intégration agriculture-élevage ;
- Mécanisation agricole spécifique pour des situations de petite agriculture familiale.

Cette mission a permis d'avoir une vue détaillée des systèmes de semis direct développés au Brésil sous des écologies et des conditions socio-économiques contrastées et d'évaluer ainsi les acquis du Programme National Agroécologie Laos. Par ailleurs, une collaboration active avec l'université fédérale de Ponta Grossa (UFPG) apparaît comme une excellente opportunité pour le NAFRI de s'inscrire dans un réseau international centrée sur l'analyse des systèmes de semis direct, de la dynamique de la matière organique et du carbone dans les sols cultivés et développer ses ressources humaines par la formation d'agronomes-chercheurs. Des échanges ont eu lieu dans ce sens entre le département chargé des relations internationales (M. Barbosa Villaca) à l'UEPG et le représentant du NAFRI. Les visites dans l'état du Parana ont également été l'occasion d'avoir une vue d'ensemble de la mécanisation agricole qui pourrait être testée et adaptée pour les petites agricultures familiales au Laos.

A son retour au Laos, lors d'une allocution à l'assemblée nationale, le Ministre a présenté les principes du semis direct sur couvert végétal et la capacité de ces systèmes à répondre aux grands enjeux sociaux et économiques du Laos. Il a également insisté sur le renforcement des synergies entre l'Institut National de Recherche Agronomique et Forestière et les structures en charge du développement au niveau local afin d'assurer une vulgarisation efficace de ces systèmes innovants à l'échelle nationale qui devraient apporter des gains considérables tant au niveau environnemental que social (diminution de la pauvreté). Il a également mis l'accent, au cours de son intervention, sur la nécessité de créer un cursus spécifique centrée sur l'agroécologie au sein de la Faculté d'Agriculture de Nabong afin d'élargir les compétences des futurs agents des Départements de l'Agriculture et des Forêts. Suite à cette mission, et en référence aux acquis du PRONAE au sud de la province de Sayaboury et dans la province de Xieng Khouang, une circulaire du conseil des ministres a été formulée visant à la promotion de systèmes sur couvert végétal au niveau national et à l'insertion de l'approche suivie par le NAFRI et le CIRAD dans le cursus des différentes écoles d'agriculture du pays. Un arrêté ministériel a été adressé aux différents départements du MAF ainsi qu'à l'ensemble des départements provinciaux de l'agriculture et des forêts. Ce doccument est relatif à la création, la maîtrise, l'optimisation et la vulgarisation de ces systèmes innovants au Laos. Ces deux documents sont donnés en annexe 3.

Parallèlement, sur l'initiative du Programme de Capitalisation en Appui à la Politique de Développement Rural (PCADR), et afin de sensibiliser les différents responsables des départements de l'agriculture et des forêts, une visite au sud de la province de Sayaboury a été organisée les 26 et 27 mai derniers. Cette délégation qui a réunie près de 60 responsables était également composée de vices gouverneurs des provinces du nord Laos.

Le Ministère de l'Agriculture et des Forêts recherche à travers le PCADR à capitaliser très rapidement les expériences acquises par le PRONAE et à développer, dans un premier temps, cette approche dans des zones bénéficiant de l'aide internationale. Ce choix permettra également de sensibiliser d'autres bailleurs de fonds afin de démultiplier ces actions. Le souhait du MAF est de développer cette stratégie nationale par un renforcement des capacités de formation pour de la recherche innovante et pour favoriser la diffusion de ces systèmes.

8.2- Suivi, études et prospectives

Une première mission conduite par M. Patrick JULIEN a été engagée au cours de ce premier semestre pour une durée totale de 40 jours d'expertise. Il s'agissait en particulier d'appuyer le PRONAE dans sa programmation et pour la définition d'études à venir pour la définition de cadres de partenariat entre le PRONAE et des projets de développement rural.

9. L'état d'avancement du PRONAE

9.1- Les bases d'une stratégie nationale

Le PRONAE a conforté son dispositif dans la province de Xieng Khouang et au sud de la province de Sayaboury. Dans cette dernière province et en raison de l'agrégation des différentes échelles de travail (parcelle – exploitation – terroir) des contraintes de différentes natures ont été identifiées pour la diffusion à plus large échelle de ces systèmes ; elles font référence à des aspects :

- Institutionnels et relations entre acteurs ;
- Socio-économique (environnement agricole : accès aux marchés, aux intrants, crédit…) ;
- Biophysique (nature des systèmes proposés) ;
- Humains.

Institutionnels

Le PRONAE est un programme ressource inscrit dans une démarche de recherche d'accompagnement auprès des différents acteurs impliqués dans le développement au niveau local (province, district, projet…). L'efficacité d'un tel programme est directement liée à son niveau de relations contractuelles, à la cohérence et à la complémentarité de celles-ci (recherche – formation –développement) ; un travail de fond doit être réalisé dans ce sens afin d'optimiser les ressources des différents intervenants.

Socio-économique

L'environnement économique joue un rôle majeur dans le processus d'adoption de toutes technologies ; l'accès aux intrants et au crédit campagne est déterminant. Au sud de la province de Sayaboury, même avec des systèmes simples axés sur la gestion des résidus de culture, des contraintes persistent ; elles concernent deux domaines majeurs : la pénibilité du travail lors de la préparation des parcelles (traitements herbicides) et l'accès au crédit en début de campagne. Ce dernier facteur est souvent considéré comme le premier obstacle à la diffusion de ces systèmes qui apparaissent pour les agriculteurs comme étant associé à l'utilisation de ressources monétaires pour l'achat d'équipement et/ou d'intrants.

Par ailleurs, dans le processus d'adaptation – adoption, il est essentiel de travailler à l'échelle des terroirs villageois afin d'intégrer la gestion collective de l'espace. L'utilisation et la gestion des résidus de culture et des couvertures végétales doivent être définies par les communautés afin d'éviter les feux non contrôlés et la divagation des animaux en contre saison. Il faut pour cela lier l'augmentation de revenus et/ou la diminution des temps de travaux à la production de biomasse, associée éventuellement à d'autres technologies (mécanisation, fertilisation…).

Une contrainte majeure concerne l'accès au foncier et la sécurisation de celui-ci. Dans de nombreuses situations, et en particulier pour les zones d'agriculture de montagne, les surfaces allouées sont insuffisantes pour garantir la stabilité des systèmes de production. Une réflexion de fond doit être conduite sur ce point qui est essentiel dans le processus d'appropriation de nouvelles technologies et de leurs adoptions sur des domaines plus larges.

Biophysique

La nature des systèmes proposés, et le choix de passer par une démarche itérative (de la gestion des résidus de culture aux couvertures végétales) visant à une amélioration progressive des systèmes, peuvent générer différents types de contraintes ; il peut s'agir en particulier :

- De production de biomasse insuffisante ;
- D'une vitesse de minéralisation trop élevée (C/N bas) ne permettant pas un contrôle optimal des adventices en début de cycle ou une mauvaise protection du sol.

Humains
Ces systèmes innovants nécessitent très souvent, pour les agriculteurs, la remise en question d'une agriculture traditionnelle et une modification de l'utilisation de technologies récentes (mécanisation agricole, utilisation des intrants…). L'accompagnement rapproché des agriculteurs est nécessaire au cours des premières phases d'apprentissage et ne peut se concevoir qu'avec des techniciens formés sur des cas pratiques et maîtrisant parfaitement les premières étapes de la construction de ces systèmes.

Le manque de ressources humaines est également une des contraintes majeures à laquelle il faudra pallier le plus rapidement possible si on souhaite s'inscrire dans une stratégie nationale dont une des premières étapes devra être basée sur le renforcement des capacités de formation et d'expertise. A cette étape, le rôle des décideurs au niveau provincial (bureau du gouverneur, PAFO) et national (MAF-NAFES) est essentiel et fait clairement référence au cadre institutionnel qui doit être défini pour développer une stratégie nationale visant à la diffusion de techniques agroécologiques.

En s'inspirant des acquis du Groupement de Semis Direct de Madagascar, et afin de s'inscrire dans un schéma de vulgarisation à plus large échelle de ces systèmes, il est essentiel de définir un continuum opérationnel et formalisé, au service des agriculteurs, autour de trois axes principaux qui sont la recherche, la formation et le développement. Les acteurs impliqués pourraient être les suivants :

- L'institut National de Recherche Agronomique et Forestière (NAFRI) :
  - Le Programme National Agroécologie (PRONAE),
  - La division d'information et de communication,
  - Le Centre de Recherche Agronomique (ARC).
- Le Département du MAF en charge de la vulgarisation (NAFES) au niveau national ;
- Le Programme de Capitalisation en Appui à la Politique de Développement Rural ;
- Les départements de l'agriculture et des forêts des provinces de Sayaboury, Xieng Khouang, Champassak et Saravane ;
- Les projets de développement : PASS, PAB et le projet de développement du bassin versant de la Nam Ngum ;
- La Faculté d'Agriculture de Nabong ;
- Le Centre International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD).

9.2- Les activités au sud de la province de Sayaboury

Les sites de création et les systèmes testés sont aujourd'hui stabilisés et pérennisés pour être suivis sur au minimum 4 campagnes (2004-2007) ; la 5ième campagne (saison 2008) pourra être conduite en fonction du niveau d'engagement des fonds du PRONAE et des décisions qui seront prises à la fin de la campagne 2006 ou au cours de la campagne 2007 pour la poursuite de ces actions.

Parallèlement, les groupes de validation regroupent 42 familles sur le thème de la gestion des résidus de culture et des groupes élargis (97 familles sur 4 terroirs pour une surface de 78ha) ont été constitués afin d'aborder le thème de la gestion collective de l'espace. Ce sujet, qui fait référence aux règles d'utilisation de l'espace, sera un des thèmes majeurs du PRONAE au cours des campagnes à venir. Globalement, les systèmes proposés aujourd'hui, qui sont axés sur une valorisation des résidus de culture, assurent des gains multiples qui se traduisent par une augmentation de la productivité de la terre, du travail, de la marge nette par unité de surface et par une diminution des temps de travaux.
Ces systèmes n'assurent pas pour autant une protection optimale des sols en raison sur certains terroirs d'une biomasse résiduelle avant semis trop limitée (très souvent inférieure à 3 $t.ha^{-1}$) qui découle de production de biomasse insuffisante, d'exportation importante par le bétail au cours

de la saison sèche et d'une vitesse de minéralisation élevée de certaines pailles (rapport C/N élevé). Parallèlement, il est intéressant d'observer qu'en fonction de la qualité des sols et/ou de leur niveau de dégradation (activité biologique et rapport C/N actuel) de même résidus peuvent présenter une vitesse de minéralisation opposée. Dans le sud du district de Paklay, qui est une zone récente de production de maïs avec des sols aux potentialités exceptionnelles, des résidus de *Vigna umbellata* (rapport C/N élevé) présentent une vitesse minéralisation lente permettant de maintenir une couverture homogène du sol plus de trois mois après le semis du maïs. Il serait intéressant de corréler la vitesse de minéralisation de certaines pailles (*Vigna umbellata*, maïs, riz et coïx) avec l'activité biologique de ces sols et leur rapport C/N actuel.

L'habillage des systèmes conventionnels doit être poursuivi dans le cadre des groupements d'agriculteurs afin d'améliorer la production de biomasse de ces systèmes, s'orienter ainsi vers une gestion intégrée des adventices et permettre une diminution des coûts de production liés à l'utilisation des herbicides pour la préparation des parcelles.

9.3- Les activités dans la province de Xieng Khouang

Les premiers résultats obtenus sur la pénéplaine d'altitude (plaines des jarres) axés sur l'utilisation d'espèces fourragères associées à un redressement calco-magnésien (utilisation de thermphosphate) sont très prometteurs. Ces larges unités pourraient être valorisées par de l'élevage de qualité en rotation avec des cultures vivrières et/ou commerciales. Par ailleurs, le coût initial, pour la régénération de ces terres[3], pourrait être contrebalancé par l'émergence de filières commerciales centrées sur la vente de semences d'espèces fourragères. La reprise de ces espaces et leur conversion en système mixte culture – élevage sera une des priorités du PRONAE au cours des campagnes à venir. Parallèlement, et au vu des contraintes de ces zones, il est primordial d'accentuer les efforts sur les régions représentatives de l'agriculture de montagne.

9.4- La valorisation des résultats

Différents documents ont été produits au cours de cette période ; il s'agit :

- Du document de programmation du PRONAE pour la période 2004-2008 intitulé « Programme technique et Budget – Campagne 2005 ; Contribution au Programme de Capitalisation en Appui à la Politique de Développement Rural, 2004-2008 » ;
- D'articles (2) et de posters (3) soumis au troisième congrès international sur l'agriculture de conservation et qui se tiendra à Nairobi du 3 au 7 octobre 2005. Ces différents documents sont donnés annexe 4 ; il s'agit de :
    - Direct Seeding Mulch-Based Cropping Systems – A Holistic Research Approach implemented in Northern Laos,
    - Example of an Iterative Approach Conducted with Smallholders in Northern Laos for the Adoption of Direct Seeding Mulch-Based Cropping Systems,
    - Impact of technologies and market access on natural resources and farming systems evolution in southern Xayaburi province,
    - Impact of Urban Development and Market Access on Farming Systems Evolution in *Xieng Khouang* Province, PDR Lao,
    - Improvement of Feed Resources for Animals in Smallholder Farming Systems of *Xieng Khouang* Province, Lao PDR,
- De courriers d'information dans le newsletter du NAFRI ;
- Du rapport d'activités de la campagne 2004 ;
- De manuels techniques à l'attention des vulgarisateurs et des agriculteurs (modalités d'utilisation des pesticides, choix et mode d'implantation des espèces fourragères, diversification culturale – connaissance des espèces).

---

[3] Une fertilisation moyenne (60N – 80 P_2O_5 -60 K_2O) pour un coût de 125 USD.ha^{-1} auquel il faut ajouter les semences fourragères (30 USD.ha^{-1} pour des semences de *B. ruziziensis* mais ce coût peut aller jusqu'à 300 USD.ha^{-1} pour du *Brachiaria mullato*), les clôtures et la main d'œuvre pour l'implantation (4 hj.ha^{-1} pour la préparation des parcelles et 2 hj.ha^{-1} avec un semis au motoculteur).

République Démocratique Populaire Lao
Paix Indépendance Démocratie Unité Prospérité

Ministère de l'Agriculture et des Forêts

Programme National Agroécologie (PRONAE)
Département de l'Agriculture et des Forêts - Province de Sayaboury
Programme de Capitalisation en Appui à la Politique de Développement Rural

Rapport intermédiaire d'activités
Janvier – Juin 2005

Hoà TRAN QUOC
Chanthasone KHAMXAYKHAY
Florent TIVET
Bounsay CHANTHARATH
Khamkéo PANYASIRI

SOMMAIRE

1. Introduction **1**

2. Sites de création **2**

2.1- Mode de gestion du sol 2

2.2- Les assolements 2

2.3- Fumures et variétés 3

3. Essais multilocaux – Evaluation variétale **4**

3.1- Céréales, légumineuses grains 4

3.1.1- Riz pluvial 5

3.1.2- Légumineuses : soja, Vigna unguiculata, Vigna radiata, arachide 5

3.2- Les espèces fourragères 6

4. Création et sélection de variétés de riz **7**

4.1- Sélection paniculaire (G0) 7

4.2- Sélection variétale des croisements Lao * SEBOTA 7

4.3- Production de semences des variétés SEBOTA (G1) 7

5. Les autres thématiques simples **8**

5.1- Reprise des jachères améliorées 8

5.2- Essais densité de semis 8

6. Groupements d'agriculteurs – validation **8**

6.1- Gestion des résidus 8

6.2- Régénération des pâturages dégradés 10

6.3- Contrôle de l'Imperata cylindrica 10

7. Approche terroir **11**

8. Suivi-évaluation **11**

9. Formation **12**

Rapport intermédiaire d'activités du Programme National Agroécologie
Sud de la province de Sayaboury

1. Introduction

Ce rapport présente les activités réalisées par le Programme National Agro-Ecologie dans le Sud de la province de Sayabouri entre Janvier et Juillet 2005. Aussi, ces activités font référence à la programmation technique définie au début de la campagne 2005 (cf. programme technique 2005, PRONAE).

Durant ce premier semestre, les axes d'intervention ont principalement concerné les modules suivants :

- Création de référentiels techniques ;
- Pré-diffusion et validation des innovations auprès des groupes d'agriculteurs et à l'échelle des terroirs ;
- Suivi – évaluation ;
- Formation des agriculteurs et des différents acteurs de la recherche et du développement ;

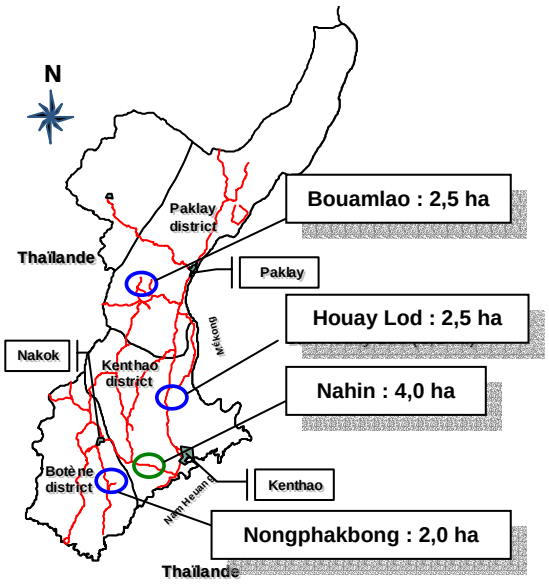
Rappelons que les thèmes généraux abordés dans le Sud de la province de Sayabouri au cours de cette campagne 2005 sont :

- L'amélioration des systèmes de culture et renforcement de la relation entre Agriculture et Elevage
  - ✓ systèmes de culture vivriers ;
  - ✓ systèmes de culture axés sur les cultures commerciales ;
  - ✓ filières courtes élevage.
- L'amélioration des ressources fourragères
  - ✓ Implantation et/ou réhabilitation de pâturages dégradés ;
  - ✓ Contrôle de l'*Imperata cylindrica*
    - o système à base d'espèces fourragères ;
    - o système à base de culture commerciale (*Vigna umbellata*).
- La mécanisation
- Les thématiques simples :
  - ✓ Évaluation du matériel végétal * fumure
  - ✓ Multiplication du matériel végétal
  - ✓ Essais densité de semis

2. Sites de création

Les sites de création, mis en place au cours de la campagne 2004, sont actuellement localisés dans trois districts du Sud de la province de Sayabouri :

- District de Kenthao
  - 1 site sur roches bleues (village de Nahin),
  - 1 site sur schistes kaolinito-ferrugineux
  - (village de Houay Lod).
- District de Paklay
  - 1 site sur roches bleues (village de bouamlao).
- District de Botène
  - 1 site sur grès et argilites (village de Nongpakbong).



Les systèmes de culture et les différents modes de gestion des sols sont testés au niveau des matrices « systèmes de culture » et seront pérennisés jusqu'en 2008. Les facteurs pris en compte au niveau de ces matrices sont donc :

- le mode de gestion du sol ;
- le mode de gestion de la culture ;
- le niveau de fumure.

2.1- Mode de gestion du sol

Les différentes modalités de gestion du sol reposent sur les pratiques suivantes :

- une préparation du sol conventionnelle caractérisée par un labour avec une charrue à disques ;
- la pratique du semis direct (i) sur résidus de culture et (ii) sur couverture vive et/ou morte (*Centrosema pascuorum, Brachiaria ruziziensis*).

Au niveau du site de création de Nahin, une majeure partie des résidus de culture a été accidentellement brûlée en début d'année par des feux voisins. Malgré l'aménagement de coupe-feux, il est bon de souligner que la préservation de résidus de culture repose sur une gestion commune de l'espace.

Dans les sites où les sols ont été fortement dégradés par les précédents labours (Nongphakbong et Nahin), les problèmes d'érosion restent encore très marqués. Les parcelles témoins labourées dans ces sites témoignent de la dégradation rapide des sols et de la fertilité à travers la formation de griffes d'érosion dès les premières pluies.

2.2- Les assolements

Six assolements sont testés au niveau des matrices « systèmes de culture » et regroupent l'ensemble des cultures pratiquées dans les différents terroirs. La monoculture de maïs qui est actuellement le système de culture le plus pratiqué dans le Sud de la province de Sayabouri, constitue le système le témoin dans toutes les matrices. Pour certaines rotations, des habillages supplémentaires avec *Brachiaria ruziensis* ont été réalisés au cours de cette année. Ces

habillages concernent les sites[1] où les sols sont les plus dégradés (faible production de biomasse à partir des résidus de culture => faible protection du sol => érosion du sol).
Les assolements actuellement retenus sont les suivants :

- monoculture de maïs (témoin) Te
- rotation bisannuelle : maïs – *Vigna umbellata* S1
- rotation bisannuelle : association maïs/*B. ruziziensis – V. umbellata* S2
- rotation bisannuelle : association maïs/*B. Ruziziensis – V. Radiata*/Eleusine S3
- rotation triénnale : coïx – *Vigna umbellata* – riz S4
- rotation triénnale : association coïx/*B. ruziziensis – V. umbellata* – riz S5
- monoculture de maïs avec *Centrosema pascuorum* S6

Notons que la rotation bisannuelle maïs / archide – *Vigna unguiculata* noir a été remplacée cette année à Nongphakbong par la rotation maïs/*B. ruziziensis – Vigna umbellata*. Les faibles résultats obtenus en 2004 avec la culture d'arachide conduite semis direct ont montré qu'il est actuellement très difficile d'obtenir des systèmes performants avec de l'arachide en absence d'un état de surface du sol meuble. En effet, dans un sol initialement très dégradé (formation de croûte de battance, compaction des sols), la descente des gynophores et l'arrachage des gousses à la récolte sont fortement limités. Les premiers systèmes testés avec gestion des résidus de culture ne permettent pas une amélioration rapide de la structure du sol. L'objectif est donc d'améliorer sur un pas de temps très court, cet état de surface grâce au travail qui sera réalisé par le système racinaire du *B. ruziziensis*. En 2006, l'arachide pourra être reconduit en semis direct sur mulch de *B. ruziziensis* avec la rotation bisannuelle initiale à savoir maïs/*B. ruziziensis* – archide / *Vigna unguiculata* noir.

Le *Centrosema pascuorum* (S6) a été implanté 5 à 7 JAS du maïs tandis que le *Brachiaria ruziziensi*s a été implanté respectivement avec le maïs et le coïx entre 25 à 30 JAS et 35 et 40 JAS.

Les premières observations montrent que le *Centrosema pascuorum* présentent une faible capacité à contrôler certains adventices (*Mimosa invisa, Pennisetum polystachion*). Par conséquent, il sera envisagé de remplacer cette plante de couverture par du *Centrosema pubescens* au cours de la campagne 2006.

Enfin, il est très intéressant d'observer que les parcelles avec des précédents culturaux tels que le *Vigna umbellata, le coïx lacryma* ainsi que le riz, présentent des niveaux d'enherbement extrêmement faibles par rapport aux parcelles avec un précédent maïs. A Bouamlao, le précèdent cultural *Vigna umbellata* a ainsi permis de s'affranchir de toute opération de sarclage au cours du cycle cultural du maïs (rotation bisannuelle *Vigna umbellata* – maïs) contrairement au système témoin (monoculture de maïs).

2.3- Fumures et variétés

Trois niveaux de fumure, différenciés entre céréales et légumineuses, sont comparés. Le plan de fumure pour les céréales a été légèrement ajusté au cours de cette année afin d'optimiser l'apport en fertilisation minérale.

Plan de fumure :

- F0 = témoin sans fumure
- <u>Pour les céréales</u> :
  F1 = 60 N – 60 P2O5 – 60 K2O (au semis) soit 400 kg/ha de 15-15-15
  F2 = 125,5 N – 120 P2O5 – 120 K2O

Le niveau F2 des matrices « systèmes de culture » est présenté dans le tableau ci-dessous :

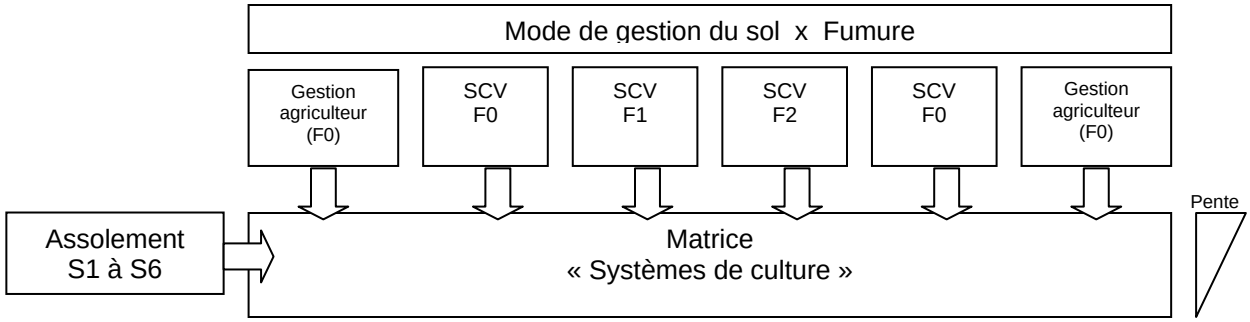
[1] Parcelles Vang et Mad (Nahin), Vat et Loy (Nongphakbong), Khamla (Houay Lod)

Culture	**Maïs**	**Riz**
Au semis	500 kg/ha 9-24-24	500 kg/ha 9-24-24
15 JAS	175 kg/ha 46-00-00	
20 JAS		125 kg/ha 46-00-00
40 JAS		50 kg/ha 46-00-00

- Pour les légumineuses :
  F1 = 22,5 N – 60 P2O5 – 60 K2O soit 250 kg de 9-24-24
  F2 = 45 N – 120 P2O5 – 120 K2O soit 500 kg de 9-24-24

Rappelons que le niveau F2 qui est très rarement viable d'un point de vue économique, nous permet d'évaluer les systèmes F0 et F1 par rapport au potentiel agronomique (mode de gestion des sols * modes de gestion des cultures * variétés * fumure F2) pour un environnement pédoclimatique donné.

Le schéma global d'une matrice « systèmes de culture » est présenté ci-dessous :



Il était primordial dès cette année d'arriver à exprimer le potentiel agronomique des systèmes de culture testés (protection des cultures, contrôle des adventices, assurer un niveau de fertilité élevé). Pour cela, nous sommes amener à i) traiter systématiquement les semences avant les semis (fongicides, insecticides) et ii) réaliser des traitements insecticides préventifs.

3. Essais multilocaux – Evaluation variétale

3.1- Céréales, légumineuses grains

Pour cette campagne 2005, l'évaluation variétale s'est limitée au riz pluvial (riz collection lao-IRRI et SEBOTA) et aux légumineuses (*Vigna radiata, soja, Vigna unguiculata*).

Ces essais sont réalisés au niveau des 4 sites de création. Bien qu'il aurait été intéressant de réaliser ces essais multilocaux en fonction des différents modes de gestion des sols, la faible disponibilité des surfaces cultivables ne nous a pas permis de conduire l'intégralité de ces essais en semis direct (avec gestion des résidus de culture).

Le plan de fumure pour ces essais multilocaux est identique à celui pratiqué au niveau des matrices « systèmes de culture ». Cependant, notons que pour cette année, le niveau F2 a été abandonné pour les collections de légumineuses dans la mesure où les résultats obtenus en 2004 ont montré que, d'une manière générale, un niveau de fumure F2 ne permet pas une augmentation significative du rendement par rapport à un niveau F1.

3.1.1- Riz pluvial

La collection testée de variétés de riz regroupe des variétés de riz gluant et des variétés de riz mixtes[2] ordinaires. Pour des raisons de manque de surface, ces essais n'ont pas pu être menés sur les sites de Nahin et de Bouamlao.

Les variétés de riz gluant issus de la collection lao-IRRI ont été sélectionnées en fonction des résultats obtenus en 2004. Ainsi, trois variétés ont été retenues dans les sites suivants :

Sites	**Variétés Lao-IRRI**
Houay Lod	LG 13070, LG 13072, LG 13073
Nongphakbong	LG 2361, LG 2880, LG 3456

La durée de cycle des variétés ordinaires étant en moyenne de 120 à 130 jours (variétés non photopériodiques), les semis devaient être réalisés entre le 7 et le 15 juin afin de caler la récolte vers la mi-octobre qui coïncide avec la fin de la saison des pluies. Cependant, pour éviter tout risque de retard des semis liés aux aléas climatiques, les variétés mixtes ordinaires ont été semées au début du mois de juin. Les variétés de riz mixte testées sont : Sebota 1141, 281, 1, 69, 63, 330, 65 et BSL 2000. Les variétés gluantes qui sont photopériodiques ont été semées au même moment que les riz ordinaires, c'est-à-dire entre le 1er et 15 juin.

3.1.2- Légumineuses : soja, Vigna unguiculata, Vigna radiata, arachide

Pour cette campagne 2005, les collections testées de légumineuses reposent principalement sur l'évaluation de différentes espèces de soja et de *Vigna radiata*. Ces espèces pourraient très rapidement être associées au maïs dans les différents assolements testés. La plupart des semis ont été réalisés durant la semaine du mois de juin avec des densités de semis de 0.30 x 0.20 m avec trois grains par poquet en moyenne. Dans le cadre de cette évaluation variétale, six numéros de *Vigna radiata* ont été retenus ainsi que des variétés de soja telles que *Soja 5, DT 84, Nakhonsavanh, Chiang Mai 60 et OC 2*. Par ailleurs, de nombreuses variétés en provenance du Vietnam et du Brésil sont également testées à Bouamlao. Les numéros de *Vigna unguiculata* les plus intéressants pour leur potentiel productif (grains et biomasse) seront également conservés dans le cadre de cette évaluation variétale (*Vigna 1, CNC 434, David*).

[2] Variétés ayant la particularité de présenter une adaptabilité à des conditions d'alimentation en eau contrastées de l'irrigué au pluvial (programme de sélection de L. Séguy, S. Bouzinac, J. Taillebois, CIRAD-CA, Brésil).

Les tableaux ci-dessous présentent la durée du cycle entre le semis et la floraison (100%) pour les différentes variétés testées.

Variétés de soja	Origine	Durée semis-floraison (jours)
Soja 5	THA	40
Rosa	BRA	41
Flora	BRA	45
Nina	BRA	45
Carrera	BRA	47
Conquista	BRA	48
Splendor	BRA	48
Monsoy 6101	BRA	39
Emgopa	BRA	44
A 7002	BRA	48
CD 204	BRA	48
CD 211	BRA	48
CD 217	BRA	48
DT 84	THA	39
AK 04	VN	43
TN 12	VN	37
Soja « 93 »	VN	41
Chiang Mai 60	THA	42
« Brazil »	BRA	39
Cometa	BRA	39

Variétés de Vigna radiata	Durée semis-floraison (jours)
VC 6366-1	39
VC 6350	39
VC 6223	38
VC 6173	38
Xay Na	39

3.2- Les espèces fourragères

Nous avons été amenés à abandonner cette année, deux sites (Houay Leuk dans le district de Kenthao et Kengsao dans le district de Paklay) où des collections d'espèces fourragères avaient été mises en place au cours des années précédentes. Il était difficile de contrôler l'accès des animaux aux collections malgré l'aménagement de clôtures : les collections étaient fréquemment pâturées et les mesures de production de biomasse étaient biaisées.

Par contre, l'évaluation variétale se poursuit dans les autres sites à savoir Muang Mo et Nahin (district de Kenthao), Na Houay Xang (district de Botène). Signalons qu'une collection sera mise en place cette année dans le village de Som Saat (district de Paklay).

Le plan de fumure suivi en 2004 a été maintenu :

- F0 ;
- F1 = 77 N – 72 P2O5 – 72 K2O ;soit 300kg/ha de 9-24-24 au début de la saison des pluies suivi d'un apport fractionné d'urée pendant les six mois de saison des pluies pour un total de 100 kg/ha d'urée (46 N) ;
- F2 = 114 N – 144 P2O5 – 144 K2O ; soit 600 kg/ha de 9-24-24 au début de la saison des pluies suivi d'un apport fractionné d'urée pendant les six mois de saison des pluies pour un total de 130 kg/ha d'urée (60 N).

Une remise à niveau de nombreux sites a été menée au début de la saison des pluies car la densité de plants par unité de surface était très variable et explique la variabilité des résultats. Par ailleurs, l'application d'engrais devra être également évaluée en terme de date optimale d'application et de dose.

4. Création et sélection de variétés de riz

Plusieurs objectifs ont été fixés pour cette campagne 2005 :

(i) La sélection paniculaire (G0) pour les collections SEBOTA ;
(ii) La sélection variétale des croisements Lao * SEBOTA à partir d'une sélection panicule ligne ;
(iii) La production de semences des variétés SEBOTA (G1).

4.1- Sélection paniculaire (G0) pour les collections SEBOTA en conditions pluviales

A partir des panicules sélectionnées cette année en contre saison sur casier à Hat Deng, une nouvelle sélection paniculaire a été mise en place afin de préserver la énération de base. Une trentaine de panicules par variété SEBOTA (13 numéros au total) a été semée durant la première semaine du mois de juin selon un dispositif panicule-ligne à Bouamlao. Parmi ces variétés SEBOTA, les plus récentes sont les suivantes :

Identification SEBOTA	Caractéristiques
SEBOTA 1	Aromatique, résistant à la sécheresse
SEBOTA 36	Aromatique
SEBOTA 175	Aromatique
SEBOTA 68	Cycle court, productif
SEBOTA 69	Cycle court, productif
SEBOTA 89	Productif (mutant SEBOTA 1141)
SEBOTA 63	Productif

Le plan de fumure pour cette sélection paniculaire est la suivante :

Fumure de fond de 400 kg/ha de 9-24-24	36 N – 96 P_2O_5 – 96 K_2O ;
• 100 kg/ha de 46-00-00 à 20 JAS	46 N
• 50 kg/ha de 46-00-00 à 40 JAS	23 N
	105 N – 96 P_2O_5 – 96 K_2O

4.2- Sélection variétale des croisements Lao * SEBOTA à partir d'une sélection panicule ligne

A partir des panicules sélectionnées en 2004, la sélection généalogique, issue des croisements entre SEBOTA et variétés de riz gluant Lao, est actuellement poursuivie. Comme pour la sélection paniculaire des variétés SEBOTA, la densité de semis est de 0.5 * 0.15 m avec deux à trois grains au maximum par poquet. Le plan de fumure est le même que celui adopté pour la sélection paniculaire (G0) des variétés SEBOTA. Avec une telle fertilisation, il nous sera alors possible d'évaluer la sensibilité de ces croisements à la verse, à la pyriculariose. Cette sélection généalogique a été mise en place à Bouamlao et à Houay Lod.

4.3- Production de semences des variétés SEBOTA (G1)

Dans les sites de Bouamlao, Houay Lod et Nongphakbong, un certain nombre de numéros SEBOTA[3], sont conduit en production de semences (G1) : Sebota 1141, 281, 69, 68, 1, 36 89 et 63. Dans ces trois sites, ces variétés sont actuellement conduites en pluvial. A Hat Deng, ces variétés sont conduites dans des casiers irrigués (excepté Sebota 1141 qui se comporte moins bien en culture irriguée). Ces variétés ont été semées à 0.20 * 0.20 m à 6 grains par poquet (soit environ 40 kg/ha). Le plan de fumure adopté est celui décrit précédemment (sélection paniculaire G0).

[3] Les semences proviennent de la production obtenue en contre saison 2004 à Hat Deng.

A la demande du NAFES, un des objectifs fixés au cours de cette année sera d'assurer l'approvisionnement en semences auprès des services de vulgarisation des variétés SEBOTA 1141 (ex Cirad 141) et SEBOTA 281 (ex 8 FA 281-2).

5. Les autres thématiques simples

5.1- Reprise des jachères améliorées

Des parcelles implantées avec du *Brachiaria ruziziensis et du Stylosanthes guianensis* depuis 1 à 3 ans (Nahin, Paktom) ont été remises en culture au cours de cette année. Les cultures d'ouverture privilégiées sont des légumineuses (*Vigna umbellata, Vigna radiata*, arachide et soja). Les céréales telles que le maïs et le riz sont également testées mais un apport d'engrais minéraux est réalisé afin de contrer l'immobilisation d'azote (400 kg/ha de 15-15-15).

5.2- Essais densité de semis

A Houay Lod, deux essais sont conduits autour de cette thématique pour le maïs et le coïx. L'objectif sera d'évaluer le gain de productivité avec des semis optimisés croisés à deux niveaux de fertilisation (F0 et F1) :

- Maïs : deux niveaux de densité : (i) 0.75 x 0.5 m à 2 grains par poquet (ii) 0.75 x 0.25 m à 1 grain par poquet
- Coïx : trois niveaux de densités : (i) 1.0 x 0.4 m à 3 grains par poquet (ii) 0.75 x 0.4 m à 3 grains par poquet (iii) 1,0 x 0,4 m à 2 grains par poquet

6. Groupements d'agriculteurs – validation

6.1- Gestion des résidus

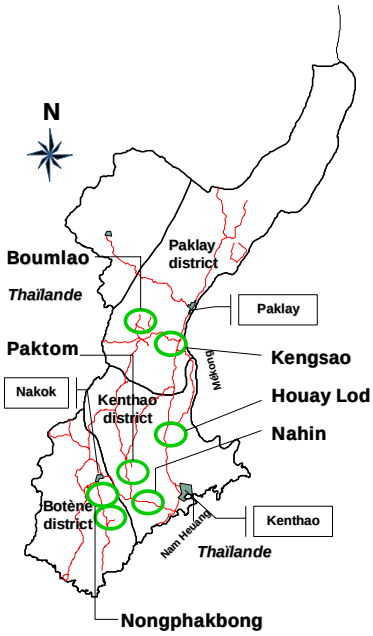
On compte actuellement six groupements d'agriculteurs :

- 3 sur le district de Kenthao ;
- 1 sur le district de Botène ;
- 2 sur le district de Paklay.

La préparation de la campagne avec les différents membres des groupes d'agriculteurs a été menée dès le début de l'année. Au cours de ces réunions et visites de parcelles organisées avec les groupes de validation, certains points importants ont été soulevés :

- l'intérêt de préserver les résidus de culture ;
- la mise en place d'un calendrier cultural pour réaliser des semis calés entre les parcelles labourées et les parcelles conduites en semis direct ;
- le choix de l'itinéraire technique.

Le tableau ci-dessous présente l'évolution des groupements d'agriculteurs en fonction des villages cibles



	Villages (1 groupe / village)	*2003*		*2004*		*2005*	
		Nombre Familles	**Surface (ha)**	**Nombre Familles**	**Surface (ha)**	**Nombre Familles**	**Surface (ha)**
Botène district	Nongphakbong	6	1,2	6	1,4	6	4
Paklay district	Kengsao	6	1,2	6	1,2	6	1,5
	Boumlao	6	1,2	6	1,2	6	1,2
Kenthao district	Paktom	15	3,0	15	3,0	15	4,0
	Houay Lod	4	0,8	7	2,4	7	5,0
	Nahin	-	-	8	1,6	2	0,4
	TOTAL	**37**	**7,4**	**48**	**10,8**	**42**	**16,1**

Le dispositif reste le même : une parcelle labourée de l'agriculteur et comparée avec une parcelle non labourée, gérée sur résidus de la culture précédente, avec 2 niveaux de fumure F0 et F1[4] (uniquement pour les céréales).

Facteurs	Modalités
mode de gestion du sol	1. conventionnel (fauche-brûlis, labour ou fauche-brûlis + herbicides) 2. semis direct sur résidus de culture
fumure	F0 = témoin sans fumure F1 = 400 kg/ha 15-15-15

En semis direct, plusieurs itinéraires ont été proposés aux agriculteurs dans le cadre de la préparation des parcelles en fonction de l'état d'enherbement de la parcelle et de la culture implantée :

- Les parcelles avec une forte pression des adventices (monocotylédones et dicotylédones), ont été traitées 10 jours avant semis, avec une association de Glyphosate (3 L/ha) et de 2.4-D (1.5 L/ha). Une application de Paraquat (1 L/ha) associé à du kérosène (1 L/ha) a été réalisée immédiatement après semis dans les situations où un recrû d'adventices était observé entre le premier traitement et le semis.
- Pour les parcelles qui présentaient un très faible niveau d'enherbement et semées en maïs, une association Paraquat (2 L/ha), Kérosène (0,5 L/ha) et Atrazine (2kg/ha) a été réalisée immédiatement après semis. Par contre, les parcelles non semées en maïs ont été traitées uniquement avec du Paraquat et du kérosène.
- Pour les parcelles infestées par de l'*Imperata cylindrica*, seule une application au Glyphosate (5l/ha) a été réalisée 10 jours avant semis.

L'objectif fixé en début de campagne était de réaliser les semis dès les premières pluies. Rappelons qu'au cours de la campagne 2004, la plupart des parcelles conduites en semis direct étaient semées 2 à 3 semaines après les premières pluies utiles en raison du pas de temps nécessaire laissé au stock semencier pour germer. Les rendements obtenus en 2004 ont montré qu'un tel décalage engendrait une chute de rendement du maïs par rapport à une période optimale qui peut être fixée entre le 1er et 5 mai. Les premières applications Glyphosate/2.4 D ont donc été réalisées à partir de la mi-avril.

On peut observer dans certaines parcelles de forts contrastes entre les parcelles témoins labourés et conduites en semis direct : niveau de la surface du sol, structure du sol et fertilité,

[4] F1 céréale = 400 kg/ha de 15-15-15

présence et activité de la macrofaune. Aussi, des mesures devront être rapidement réalisées afin de quantifier ces observations.

6.2- Régénération des pâturages dégradés

Seul un travail de suivi des groupes d'éleveurs formés au cours de ces 2 dernières campagnes a été réalisé au cours de cette campagne 2005. L'approvisionnement en semences de nouvelles espèces tels que *Brachiaria brizantha* (cv. Marandu) et « Mulato » a été très limité car les quantités de semences disponibles étaient faibles en début de saison. L'évolution de la taille des groupes de validation sur ce thème est présentée ci-dessous.

	Nombre de groupes		Nombre de Familles		Surface (ha)	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
District de Botène	6	6	30	40	10	13
District de Kenthao	6	6	40	50	40	45
District de Paklay	1	1	15	15	10	10
TOTAL	**13**	**13**	**85**	**105**	**60**	**68**

L'objectif sera de continuer à travailler spécifiquement sur le suivi agrotechnique des différentes espèces implantées et de définir avec ces groupes d'éleveurs des modes de gestion *ad hoc* afin de garantir une exploitation à moyen terme de ces pâturages.

*** Filière élevage**

Un réseau d'éleveurs devra être pérennisé cette année et pour les trois ans à venir sur ce thème:

- Implantation de pâturages à partir d'espèces améliorées ;
- Complément fourrager de contre saison :
  - ✓ Gestion des résidus de culture, traitement des pailles de riz à l'urée ;
  - ✓ Gestion des stocks fourrager (zone de stockage) ;
  - ✓ Valorisation de cannes fourragères, de sorgho fourrager et de légumineuses ;
  - ✓ Valorisation d'arbres multi-usages.
- Fertilisation minérale et organique (gestion des zones de parcage) ;
- Gestion du troupeau et des pâturages.

La fertilisation minérale suit le plan suivant : 300 kg/ha de 9-24-24 au début de la saison des pluies + 100 kg/ha de 46-00-00 fractionnée en 4 apports de 25 kg chacun. Le coût de cette fertilisation est de 130 USD/ha. Il faudra tenir compte de la dynamique locale axée sur la commercialisation de semences fourragères.

Ce réseau a été monté sur la base d'une contractualisation avec des éleveurs et d'un remboursement des intrants investis sur la base d'une production de semences. Ce réseau est actuellement composé de 2 éleveurs dans le district de Botène, 1 éleveur dans la zone de Muangmo et de 2 éleveurs à Paktom.

6.3- Contrôle de l'*Imperata cylindrica* par remise en culture avec du *Vigna umbellata*

Soulignons que ce système est maintenant largement répandu dans les terroirs de Paktom et Botène. Un suivi des agriculteurs, identifiés au cours de la campagne précédente, qui pratiquent cet itinéraire est actuellement réalisé à Nongphakbong et à Houaytapou (district de Botène). Un

suivi agro-économique sera réalisé afin de pouvoir évaluer les performances de ces systèmes de culture.

7. Approche terroir

Rappelons que ce volet se limite jusqu'à présent à 4 villages (Bouamlao, Houay Lod, Paktom et Nongpakbong). L'objectif est de favoriser la pré diffusion des thèmes validés par les groupes constitués auprès des co-villageois des agriculteurs de ces groupes. L'appui du PRONAE auprès de ces agriculteurs a été centré jusqu'à présent sur :

- La participation des agriculteurs aux appuis formation avec les groupes de validation ;
- L'emprunt ponctuel de petit matériel auprès des groupes (pulvérisateurs, buses bas volumes et buses classiques) ;
- L'accès aux semences et matériels végétaux issus des sites de création ;
- La participation aux journées de champ ;
- L'accès aux supports de formation.

Enfin, un essai pilote de crédit « préparation des parcelles » a été mené à l'échelle des villages terroirs à hauteur de 2000 USD sous forme d'herbicides, soit l'équivalent de 40 ha en semis direct. Cette opération pilote a été réalisé dans les villages de Nongpakbong, Houaylod, Paktom et Kengsao.

	Paktom	Houay Lod	Nongphakbong	Kengsao
Nombre d'exploitations	**16**	**3**	**16**	**2**
Quantité d'herbicide	Gly : 88 L 2.4 D : 1 L Gram : 4 L	Gly : 20 L 2.4 D : 12 L Gram : 10 L	Gly : 50 L 2.4 D : 6 L	Gly : 2 L 2.4 D : 1 L
Surface estimée en semis direct	**22 ha**	**5 ha**	**11 ha**	**0,5 ha**

Le tableau ci-dessous présente le nombre d'exploitations participant à cette approche terroir en début de campagne 2005 dans les trois districts du sud de Sayabouri.

	Villages (1 groupe/ village)	***2005***	
		Nombre Familles	**Surface estimée en semis direct (ha)**
Botène district	**Nongphakbong**	15	12
	Houaytapou	10	5
Paklay district	**Kengsao**	2	0,5
Kenthao district	**Paktom**	20	10
	Houay Lod	50	50
	TOTAL	**97**	**77,5**

8. Suivi-évaluation

Une série d'enquêtes rapides a été réalisée auprès de tous les membres des groupes de validation, ainsi que certains agriculteurs participants à l'approche terroir (Houay Lod, Nongphakbong et Paktom) sur les conditions d'adoption des techniques de semis direct avec

gestion des résidus de culture. Le principal objectif de ces enquêtes était de hiérarchiser les contraintes liées à l'adoption des techniques de préparation du sol à base de semis direct avec gestion des résidus de culture. Ces enquêtes ont été réalisées individuellement auprès du chef d'exploitation et de sa femme.
Les résultats montrent que les contraintes identifiées diffèrent en fonction du terroir et du genre. Les principaux facteurs limitants soulignés aux cours de ces enquêtes sont principalement :

- La pénibilité du travail liée à l'application des herbicides qui a pour conséquence de limiter les surfaces cultivées en semis direct;
- L'absence de trésorerie en début de campagne pour pouvoir accéder aux intrants nécessaires (herbicides, pulvérisateurs) ;
- L'absence d'équipements appropriés pour semer à travers une couverture végétale ;
- La nécessité d'avoir des connaissances techniques (modalités d'application des herbicides) ;
- Les contraintes liées au calendrier de travail ;
- L'augmentation du risque biotique causé par les rongeurs et les insectes;
- Les risques d'intoxication liés à une mauvaise utilisation des pesticides.

Par exemple dans le sud du district de Paklay où la surface cultivée en maïs par actif peut atteindre jusqu'à 2.5 ha, l'application d'herbicides dans le cadre de la préparation de la parcelle peut représenter une pénibilité du travail considérable pour les hommes. Par contre, l'aspect financier semble plus préoccuper les femmes. Les prestataires de services pour le labour ont pour habitude de proposer un crédit « labour » au début de la campagne. Pour la plupart des exploitations, même si ce crédit présente un taux d'intérêt élevé (50% sur 8 mois), il leur permet d'éviter tout investissement au début de la campagne agricole. A Houay Lod, cette contrainte semble également limiter l'adoption des techniques de semis direct. Enfin, dans les zones dégradées telles que Nongphakbong et Paktom, les contraintes liées au semis à travers les résidus de culture sont fréquemment exprimées par les hommes et les femmes (compaction des sols induite par les anciens labours, difficulté de réaliser les poquets et de les voir à travers la couverture végétale).

9. Formation

Ces formations continues destinées aux agriculteurs et éleveurs ont jusqu'à présent portées sur :

- La notion de fertilité des sols : comment maintenir la fertilité d'un sol ? Cette formation s'est déroulée dans les villages où ont été constitués des groupes de validation et « Terroir » dans le cadre de la validation des systèmes de culture avec gestion des résidus.
- Les modalités d'utilisation des herbicides dans les mêmes villages
- Les modalités d'implantation d'espèces fourragères, la gestion des pâturages et la production de semences.

Des journées de champ ont été organisées au niveau des sites de création et des sites de démonstration dans les différents districts au cours des mois de juillet et août. Les tableaux présentés ci-après présentent la fréquence des visites dans les différents sites.

Tableau 1 : Formation des agriculteurs sur les modalités d'utilisation des pesticides

District	Date	Village	Participants	Nbre de femmes	Distribution de guides techniques
Kenthao	28/03/05	Paktom	60	0	40
	29/03/05	Houaylod	58	7	45
	30/03/05	Nahin	10	0	10
	25/04/05	Kouaykhè	67	4	35
	24/04/05	Donmène	63	13	45
	11/05/05	Houayla	40	6	10
	12/05/05	Boungkha	15	4	10
	13/05/05	Veunekham	31	7	10
Paklay	31/03/05	Senephon	69	28	49
	01/04/05	Bouamlao	76	5	40
	04/04/05	Kengsao	37	5	34
	05/04/05	Houayhay	58	22	40
Botene	07/04/05	Nongpakbong	65	4	45
	08/04/05	Houaytapou	10	4	10
Total			**659**	**109**	**423**

Tableau 2 : Visite de décideurs, de projets de développement et journées de champ d'agriculteurs

Date	Origine	Participants
04/02/05	Agriculteurs de la province de Luang Namtha	23
09/02/05	Village de Paktom, district de Kenthao	45
22/02/05	Village de Nongpakbong, district de Botene	33
26/06/05	Délégation conduite par son Excellence Dr. Siene SAPHANGTHONG, ministre de l'agriculture et des forêts, avec les directeurs des différents PAFO	60
18/07/05	Village de Bouamlao, district de Paklay	20
19/07/05	Village de Kengsao, district de Paklay	17
20/07/05	Village de Houaylod, district de Kenthao	29
21/07/05	Village de Houaypèd, district de Kenthao	20
22/07/05	Village de Paktom, district de Kenthao	20
23/07/05	Village de Kouaykhè, district de Kenthao	20
24/07/05	Village de Nongpakbong, district de Botene	20
25/07/05	Village de Houaytapou, district de Botene	20
20/07/05	Projet Lao-EU de la province de Luang Namtha	30
27/07/05	Délégation conduite par Dr. Ty PHOMMASACK, vice-ministre de l'agriculture et des forêts	6
Total		**363**

République Démocratique Populaire Lao
Paix Indépendance Démocratie Unité Prospérité

Ministère de l'Agriculture et des Forêts

Programme National Agroécologie (PRONAE)
Département de l'Agriculture et des Forêts - Province de Xieng Khouang
Programme de Capitalisation en Appui à la Politique de Développement Rural

Rapport intermédiaire d'activités
Janvier – Juin 2005

Pascal LIENHARD
Thammakham SOSOMPHOU
Florent TIVET
Bounsay CHANTHARATH
Khamkéo PANYASIRI

SOMMAIRE

1. Analyse, synthèse et valorisation des données - campagne 2004 1

2. Programmation technique – campagne 2005 1

3. Diagnostic 1

4. Expérimentations 2005 2

4.1- Préparation des sites et des essais 2

4.1.1- Indemnisation essais 2004 2

4.1.2- Identification de parcelles, piquetage et contractualisation 3

4.1.3- Aménagements parcellaires 3

4.1.4- Mécanisation agricole : adaptation d'un semoir semis direct 3

4.2- Préparation des parcelles 3

4.2.1- Ecobuage 3

4.2.2- Traitements herbicides 4

4.2.3- Pépinières 4

4.3- Semis 4

4.3.1- Semis des espèces cultivées 4

4.3.2- Semis des espèces fourragères 4

5. Activités de pré-diffusion 5

5.1- Production de semences 5

5.2- Crédit de semences 5

5.3- Aménagement de l'espace en milieu paysan 5

6. Formation et information 6

6.1- Etudiants 6

6.2- Posters de présentation du matériel végétal 6

6.3- Livrets techniques herbicides et engrais minéraux 6

6.4- Visites 6

7. Missions et appuis extérieurs 7

Rapport intermédiaire d'activités du Programme National Agroécologie
Province de Xieng Khouang

1. Analyse, synthèse et valorisation des données - campagne 2004

(i) Le premier trimestre 2005 a largement été consacré à l'analyse et à la synthèse des données de la campagne 2004; un rapport d'activité a été publié (Lienhard et al.).
(ii) Deux propositions de poster relatives aux premiers résultats du projet ont été soumises (et acceptées) au comité d'organisation du 3e congrès pour l'agriculture de conservation ayant pour thème « Linking Production, Livelihoods and Conservation » (Nairobi, 3-7 oct 2005).
(iii) Les résultats du diagnostic « agro-socio-économique » réalisée en 2003-2004 ont été valorisés sous forme de dépliants A4 (total de 10 fiches thématiques réalisées par les techniciens en lao)

1- Analyse, rédaction, valor. - campagne 2004	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin
- Saisie, traitement et rédaction 2004						
- Rédaction "extended abstracts" posters						
- Rédaction dépliants A4 sur diagnostic 2003-2004						

2. Programmation technique – campagne 2005

Ce premier trimestre a également été consacré à la préparation de la campagne 2005. La programmation technique a été finalisée en mars par une mission d'appui (Tivet et Julien) et a également fait l'objet d'un rapport de synthèse (Lienhard et al.). Les axes d'intervention du projet restent identiques à ceux proposés en avril 2003 au PAFO de Xieng Khouang et qui ont été validés par l'AFD et le PCADR (Tivet et al. 2005). Les priorités pour la campagne 2005 sont rappelées ci-dessous :

- Consolider et élargir les sites de création établis en 2004 pour obtenir des échelles de travail conséquentes ;
- Développer les activités sur les zones importantes de défriche-brûlis, comme l'axe nord de la N6 pour lequel un technicien d'origine ethnique Hmong a été spécifiquement recruté (mis à disposition par le PAFO fin mai) ;
- Accentuer les efforts sur la partie production de semences et mécanisation agricole afin de pouvoir travailler rapidement aux échelles des bassins versants.

2- Programmation technique 2005	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin
- Programmation technique - Draft report						
- Mission d'appui programmation						
- Rédaction rapport final et traduction						

3. Diagnostic

3- Activités de diagnostic	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin
- Analyse des filières animales						
- Suivi front d'humidité dans casier rizicole						
- Suivis pluviométriques (sites de création)						
- Suivi des marchés						
- Echantillonnage de sols						

(i) L'analyse des filières porcine et gros bétail (bovin, bubalin et équin), débutée fin 2004, s'est prolongée sur ce premier semestre à partir de 2 missions de M. Somchanh Syphanravong (47 jours + 12 jours). Une cartographie des zones d'élevage et une localisation des producteurs orientés vers des systèmes d'élevage plus intensifs ont été réalisées pour chaque district (Pek, Kham, Nonghet et début de cartographie pour le district de Phoukout) ; un rapport de synthèse est en cours.
(ii) Le suivi du front d'humidité sur casier rizicole, débuté sur le site de Pouhoum (plaine des jarres) fin 2004, s'est également prolongé jusqu'au 31 mars et a permis de cartographier les zones les plus appropriées (ie celles dont le front d'humidité est peu profond durant la saison sèche) pour des cultures de contre saison d'avoine et de blé.
(iii) Les suivis pluviométriques ont été poursuivis sur les 4 sites de création (Pouhoum, Xoy Nafa, Suonmone et Pakae) en supplément des données collectées au niveau des DAFO des 3 districts. Une comparaison entre saison 2004 et 2005 est proposée dans les tableaux 1 et 2. L'année 2005 montre pour l'ensemble des sites un déficit pluviométrique important pour la période avril-juin ; avec -224mm pour Pouhoum, -50mm pour Xoy Nafa, -370mm sur Pakae (district de Nonghet) et -155mm pour le site situé sur le village de Suanmone le long de la route nationale 6. Globalement, les pluies se sont installées après le 25 avril alors que la saison des pluies était déjà bien installée dès le début du mois d'avril en 2004. Ce retard a posé des problèmes pour l'installation des essais, la préparation des parcelles et le contrôle des mauvaises herbes (cf. partie 4).
(iv) Un suivi trimestriel des marchés de Phonsavanh, Kham et Nonghet a été mis en place à partir du 2e trimestre ; il inclut un suivi des denrées alimentaires (productions végétales et animales principales, aliments pour bétail) et des intrants chimiques (engrais minéraux, herbicides, insecticides etc.).
(v) Des échantillons de sol ont été prélevés sur l'ensemble des sites de création pour une caractérisation chimique de l'état initial du compartiment sol.

4. Expérimentations 2005

4- Expérimentations 2005	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin
4.1- Préparation des sites et des essais						
- Indemnisations essais 2004						
- Identification des parcelles, piquetage et contrats						
- Aménagements: clôture, déminage…						
- Adaptation semoir						
4.2- Préparation des parcelles						
- Ecobuage						
- Brûlis						
- Traitements herbicides						
- Pépinières						
4.3- Semis						
- Semis espèces cultivées						
- Semis espèces fourragères						
- Repiquage						

4.1- Préparation des sites et des essais

4.1.1- Indemnisation essais 2004

Le montant des indemnisations versées aux agriculteurs partenaires est détaillé pour chaque site dans le tableau 3. Ce montant comprend une location de parcelle pour certains sites (Piengchan, Xoy Nafa et une partie Pouhoum) et le rachat d'une partie de la production (cf. tableau 4 pour le montant de semences rachetées). Le coût total s'élève à 12 millions de kips (soit environ 1.200 US dollars).

Ramené en unité surfacique, le coût moyen d'utilisation des sites est de 100 US/ha (cf. tableau 5 pour les surfaces utilisées en 2004) avec toutefois des différences importantes entre sites.

4.1.2- Identification de parcelles, piquetage et contractualisation

Une évolution des surfaces des sites de création est présentée en tableau 5. Les sites ont été stabilisés et agrandis d'environ 10 ha entre 2004 et 2005. Le nombre d'agriculteurs partenaire sur ces sites a également légèrement augmenté, notamment sur Suonmone où l'on passe de 2 agriculteurs à un collectif de 18 familles (cf. tableau 6).

4.1.3- Aménagements parcellaires

Un certain nombre d'aménagements ont été réalisés sur les sites de création : clôture des agrandissements parcellaires (Pouhoum, Xoy Nafa et Suonmone : total de 3,7 km de clôture barbelée), installation de fûts de rétention d'eau pour les traitements herbicides (15 fûts pour l'ensemble des 6 sites), construction d'abris pour les récoltes (Pakae et Suonmone), installation de panneaux explicatifs des essais (Pouhoum et Xoy Nafa) et déminage partiel du site de Piengchan.

4.1.4- Mécanisation agricole : adaptation d'un semoir semis direct

(i) Objectifs de l'essai : i) adapter un semoir semis direct fabriqué au sud du Brésil pour de la traction animale en un semoir semis direct adapté au motoculteur ; ii) adapter les disques semeurs pour différentes espèces végétales et tester le semoir sur différents itinéraires de préparation de sol.
(ii) Modalités de l'essai : sites de Xoy Nafa et Pouhoum (plaines des jarres) pour les tests de semis *in situ*.
(iii) Principaux résultats : l'adaptation pour une ligne de semis est opérationnelle (cf. photo 1) et a permis de semer 0,5 ha de riz (sur Xoy Nafa) et 2 ha de différentes espèces fourragères (1,4 ha sur Xoy Nafa et 0,6 ha sur Pouhoum) :

- Points positifs : les temps de travaux sont réduits (2 $hj.ha^{-1}$) et les densités de semis bien plus homogènes qu'en semis manuel (50 $kg.ha^{-1}$ pour le riz ; 10 $kg.ha^{-1}$ pour les *Brachiaria*, 7 $kg.ha^{-1}$ pour du *Stylosanthes* ; quasiment le double, notamment pour les fourrages en semis en poquets). Certaines adaptations ont permis de lever le problème initial de relevage en fin ligne et d'affiner la profondeur de semis ; le semis en ligne facilite le travail de sarclage ;
- Points négatifs : le système de fixation doit encore être amélioré ; l'alignement entre disque de coupe et disque semeur est difficile à maintenir dès qu'il y a un peu de pente et que l'on souhaite semer perpendiculairement à cette pente. Le disque de semis pour *B. ruziziensis* doit être retravaillé (densité de semis encore trop aléatoire). Par ailleurs, la présence d'objets non encore explosés dans le sol limite l'utilisation du semoir pour les zones fortement infectées.

(v) Recommandations : l'idéal serait de pouvoir faire rentrer des semoirs multi-lignes à adapter derrière un tracteur.

4.2- Préparation des parcelles

4.2.1- Ecobuage

(i) Objectif de l'essai : les essais 2004 ont montré que les espèces fourragères et notamment les graminées fourragères étaient une porte d'entrée intéressante pour la mise en valeur des plateaux d'altitude. Ces résultats ont orienté les travaux du projet vers des schémas de rotation entre pâturage et cultures ; l'idée pour cette campagne était de tester une autre voie de mise en valeur de ces unités, l'écobuage, ou combustion lente du sol. Cette technique, utilisée à Madagascar, doit jouer le rôle de *starter* en libérant pour la culture un pool d'éléments chimiques directement assimilables (photo 2).
(ii) Modalités de l'essai : essais réalisés sur Xoy Nafa (1.400 m^2) et Pouhoum (2.800 m^2).
(iii) Principaux résultats :

- Points positifs : l'effet *starter* sur le riz est visible avec une croissance végétative supérieure que sur témoin labour ou semis direct sans labour préalable ;
- Points négatifs : la charge en travail et les temps de travaux entre Pouhoum et Xoy Nafa sont très différents (cf. tableau 7 : situation de sol labouré l'an passé pour l'un, de pâturage sec pour l'autre) et sont aussi à analyser en terme de « première fois », donc avec des pertes de temps plus importantes. Néanmoins, même s'il on peut diminuer ces temps de travaux (à environ 140 $hj.ha^{-1}$) cette charge en travail reste élevée et contraignante ; les besoins en paille et en balle de riz sont également importants (env. 80 remorques de $motoculteur.ha^{-1}$ pour la paille et 900 à 1.000 sacs de balle de $riz.ha^{-1}$).

(iv) Recommandations : effectuer les tranchées en novembre/décembre, pendant que la terre est encore meuble et faire les tranchées à la charrue à disque (même si les écartements entre tranchées sont supérieurs à 60 cm)

4.2.2- Traitements herbicides

Les traitements 2005 ont été globalement hétérogènes ce qui a posé d'importants problèmes d'enherbement et de sarclage par la suite (sarclage manuel sur adventices pérennes mal contrôlées ayant nécessité jusqu'à 80 hj.ha^{-1} de travail).
Suite aux résultats obtenus en 2004 sur les essais calage de cycle, l'objectif de cette campagne était de semer au plus tôt sur les zones d'altitude ; les rendements diminuant fortement avec des semis tardifs (résultats obtenus sur riz photopériodique et sojas). Mais le retard pluviométrique enregistré cette saison n'a pas permis de tenir cet objectif. Au 21 avril, date des premiers traitements sur Pakae et Le, il avait plu 40mm sur ces 2 sites contre respectivement 225 et 150 mm aux même dates en 2004. Les premiers traitements ont été réalisés trop tôt alors que le stock semencier de mauvaises herbes n'avait pas encore germé. Résultat plus surprenant, les herbicides de prélevé utilisés sur certains sites ont été peu efficaces alors que l'état de surface du sol présentait des conditions optimales lors du traitement.

4.2.3- Pépinières

(i) Riz de casier : un suivi de la productivité des casiers rizicoles a été maintenu sur 3 terroirs de production différents : terroir plateaux d'altitude, vieux casiers rizicoles (Pouhoum), terroir plateaux d'altitude, terroirs nouvellement aménagés (Xoy Nafa) et terroir cuvette chaude de Kham (Boum Long). Ce suivi est réalisé à partir de collections variétales testées incluant le témoin agriculteur, des variétés améliorées (TDK 1 et TDK 4), des variétés de Madagascar (Makalioka, Latsybahy et Latsybavy) et des variétés de riz mixtes (BSL 2000, 8FA 281-2, 8FA 337-1).
(ii) Pépinières d'arbres : dans le cadre des essais de développement de systèmes agro-sylvo pastoraux, des pépinières d'arbres et d'arbustes ont été réalisées et commandées. Les plants de *Calliandra* semés en avril ont été repiqués en juillet (80 plants sur Pouhoum, 40 sur Xoy Nafa). Des pépinières d'*Acacia mangium* et *A. auriculoformis* (semences du Vietnam) ont été mises en place début août pour pouvoir être repiqués en 2006. Des plants de manguiers, pruniers, pêchers et poiriers (hybride pomme-poire) ont été également commandés auprès du PAFO pour 2006 (50 plants de chaque).

4.3- Semis

4.3.1- Semis des espèces cultivées

(i) Les mises en place des cultures principales ont été globalement difficiles avec au final des parcelles peu homogènes : problème de germination pour certaines parcelles, d'enherbement pour d'autres (cf. partie traitement herbicides), d'attaques d'insectes (vers blancs sur Suonmone, poux du riz sur Pakae et dans une moindre mesure sur Pouhoum) et ce malgré les traitements de semences insecticides réalisés sur certains blocs (notamment collection de riz sur Pakae).
(ii) La mise en place des cultures associées pour les systèmes avec association culturale (cf. rapport de programmation 2005) reste également problématique : le développement des légumineuses associées aux céréales est soit trop limité du fait d'un accès insuffisant à la lumière (cas du niebe, mucuna, *Centrosema pascuorum* et *Desmodium intortum* associés au maïs) soit trop important (*Centrosema pascuorum* dans le riz). Un travail sur les dates optimaales d'implantation de ces couvertures devra être réalisé pour la campagne suivante. Par ailleurs, le système en bandes alternées présente des résultats prometteurs (bandes *B. ruziziensis* / céréale alternées ; *Centrosema pascuorum* et riz en bandes alternées sur écobuage). Pour les systèmes avec gestion d'une légumineuse en couverture vive, il faudra privilégier l'implantation de la couverture une année avant l'association avec une céréale afin de disposer de parcelles où la légumineuse est implantée de façon suffisamment homogène.

4.3.2- Semis des espèces fourragères

(i) La mise en place des couverts fourragers a été réalisée de fin avril à fin juin sur les sites de création et de mi-juin à début août pour les groupes d'agriculteurs (thématique jachère améliorée et aménagement de l'espace) et les parcelles du PAFO et DAFO (partenariat pour de la multiplication de semences).

(ii) Les résultats avec les deux graminées fourragères nouvellement introduites (*Cynodon dactylon* et *Pennisetum clandestinum*) sont décevants : germination moyenne et croissance très lente d'où un problème de compétition avec les adventices ; les levées de *B. brizantha* et *B. mullato* ont également été moyennes sur les sites de Suonmone et Pouhoum nécessitant par la suite des bouturages. A noter les très bons résultats obtenus en semis direct sans labour préalable (semis au semoir adapté pour motoculteur, cf. photo 3, site de Xoy Nafa) qui ouvre un potentiel de développement intéressant pour les zones planes des plateaux d'altitude. Outre les problèmes d'érosion observés sur labour (Xoy Nafa, 2004), on observe un envahissement important par *Borreria alata* dès que le sol est travaillé (pâturage tournant de Xoy Nafa et collection de riz sur Pouhoum).

5. Activités de pré-diffusion

5- Activités de pré-diffusion	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin
- Production de semences						
- Crédit de semences						
- Aménagement espace en milieu paysan						

5.1- Production de semences

(i) Les céréales d'hiver (avoine et blé) en multiplication sur casier (Piengchan et Pouhoum) ont montré un développement végétatif et une fructification encourageants dans un schéma de développement de ces cultures pour l'amélioration de l'alimentation du gros bétail en saison froide. Malheureusement, la prédation importante (oiseaux et rats) n'a permis de récolter qu'une infime partie des parcelles de multiplication (8 kg de blé et 1,5 kg d'avoine). Des commandes ont été passées à Madagascar pour relancer de la production à plus grande échelle en fin d'année.
(ii) Une nouvelle collection de riz hybrides (Sebota) en provenance du Brésil à été multipliée en contre-saison et récoltée fin mai ; une G0 (panicule ligne) a été réimplantée fin juin sur casier rizicole (Boum Long) et des G1 ont été semés sur casier (Boum long) et en pluvial (Piengchan).
(iii) De grandes surfaces fourragères ont été implantées cette année sur les sites de création (2 ha sur Suonmone, 3 ha sur Pouhoum, 1,6 ha sur Xoy Nafa) et en milieu paysan (environ 7 ha de *B. ruziziensis* cf. partie aménagement de l'espace en milieu réel) ce qui devrait permettre avec les surfaces d'ores et déjà implantées en 2004 d'être moins dépendant de l'extérieur pour l'approvisionnement en semences fourragères.
(iv) Les récoltes de fourrages ont débuté dès la fin juin pour les espèces dont la floraison est précoce (*B. decumbens* et *Panicum maximum* cv Atlas) avec de forts problèmes de prédation par les oiseaux.

5.2- Crédit de semences

122 familles de 6 villages différents (détail cf. tableau 8) ont été concernées par du crédit (1,5 kg remboursés pour 1 kg emprunté) de semences de céréales (riz et céréales à petits grains), de légumineuses (soja, *Vigna radiata* et *V. unguiculata*) et de fourrages (*B. ruziziensis*, *Stylosanthes guianensis* et *Panicum maximum*). L'objectif de ces opérations de crédit est triple :

- Sensibiliser les agriculteurs sur les activités et le matériel végétal du projet ;
- Multiplier le matériel végétal ;
- Permettre l'émergence de groupe d'agriculteurs pour un travail ultérieur sur les systèmes de culture.

5.3- Aménagement de l'espace en milieu paysan

Il était important que le travail d'aménagement de l'espace fait sur les sites de création (à partir de pâturages naturels comme sur Pouhoum ou de terroirs cultivés abandonnés comme sur Suonmone) puisse également être réalisé à l'échelle de bassins versants en milieu paysan. Deux stratégies ont été successivement proposées à plusieurs villages du nord de la route nationale 6 pour de l'implantation de *B. ruziziensis* : (i) une opération de crédit de semence avec un engagement par contrat d'un rachat de semences par le projet pour dédommager les coûts d'installation et de protection éventuelle (total d'1 ha implanté chez 4 agriculteurs de Nhot Lieng) ; (ii) une opération d'implantation de *B. ruziziensis* dans des parcelles de riz de dernière année avec prise en charge par le projet d'une partie de la main

d'œuvre (à hauteur de 50%) et la garantie d'une indemnisation en cas de compétition et de diminution du rendement sur les parcelles de riz concernée (4,5 ha implantés sur Thanto-Thanlot et 1,5 ha sur Lac sao pet).

6. Formation et information

6- Formation et information	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin
- Etudiants						
- Posters de présentation du matériel végétal						
- Livrets techniques herbicide/fertilisation						
- Visites de sites						

6.1- Etudiants

Deux étudiants de l'université d'agriculture de Nabong ont rejoint l'équipe technique début mai pour des stages de 8 mois. Deux thèmes de stage ont été proposés :
(i) Suivi des biomasses aériennes et racinaires de différentes espèces fourragères (Xoy Nafa); les prélèvements de biomasses aériennes ont débuté fin mai (collection de 11 espèces croisée à 4 niveaux de fumure) ; les mesures racinaires seront effectuées à partir du mois d'août à la floraison des espèces fourragères.
(ii) Caractérisation des propriétés physiques des sols (annexe 1) et de l'enracinement d'espèces fourragères et cultivées (Pouhoum et Pakae). Cette étude a pour objectif premier la mise au point de la méthodologie de prélèvement et de mesure. Les premiers résultats obtenus à partir des cylindres compartimentés (densité apparente, stabilité structurale, vitesse d'infiltration) sont très intéressants et permettront, à l'avenir, une caractérisation fine des différents systèmes développés.

6.2- Posters de présentation du matériel végétal

Quatre posters A1 de présentation du matériel végétal (Riz, Céréales à petits grains, Légumineuses comestibles et Espèces fourragères) ont été réalisés pour la partie crédit de semences dans les villages (photo 6). Ces posters ont également servis de support de formation pour l'équipe technique (compréhension de la sensibilité à la photopériode d'une partie du matériel végétal, contenu nutritif des graines de légumineuses) et ont été utilisés par le PAFO lors de réunion de travail avec les districts (M. Boupha, fin juin).

6.3- Livrets techniques herbicides et engrais minéraux

Deux livrets A5 (A4 plié en 2) sur « les pesticides et leur utilisation » et sur « les engrais minéraux » ont été produits pour être distribuer aux partenaires (PAFO, DAFO, fournisseurs des marchés de Phonsavanh, Kham et Nonghet).

6.4- Visites

Les visites des sites ont débuté dès la fin du mois de mars avec le passage de délégations importantes pour la reconnaissance du travail du projet à l'échelle nationale (vice président de la RDP Lao, ministre de l'agriculture, directeur national de la vulgarisation détail cf. tableau 9). Les visites de champ, importantes localement pour sonder les attentes des agriculteurs et entamer le travail de développement, débuteront en août ou septembre.

7. Missions et appuis extérieurs

7- Missions et appuis extérieurs	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin
- Déplacement avec Dir CA - Sayabouri						■

(i) La venue du nouveau directeur du département Cultures Annuelles (CA) du CIRAD a été l'occasion d'aller visiter les réalisations de l'équipe PRONAE sur Sayabouri (mission du responsable provincial et de l'assistant technique provincial du 17 au 22 juin).
(ii) De nombreuses visites et réunions ont été effectuées depuis la fin d'année 2004 avec l'équipe de direction régionale du nouveau projet d'aménagement du bassin versant de la Nam Ngum (financement BAD, AFD et JIRCAS) ; une mission d'appui prospective a été réalisée dans la périphérie de Vientiane par le responsable provincial et l'animateur du projet début juillet ; aucun accord de partenariat ni de programme technique et financier n'ont cependant été trouvé à ce jour.
(iii) Suite aux sollicitations des districts et de la province, le projet a entamé un partenariat pour la multiplication de semences avec certaines stations du PAFO (1 ha de *B. ruziziensis* sur Phou khi lao, en périphérie de Phonsavanh et 0,4 ha de *Stylosanthes guianensis* dans le district de Khoun) et du DAFO (2,5 ha de B. ruziziensis sur la station expérimentale du DAFO de Khoun).
(iv) Depuis début juillet un partenariat a été lancé avec le projet OSWALD qui a pour objectif la mise au point d'outils de formation pour la caractérisation de la flore adventice ; un technicien du projet a été affecté à mi temps au suivi, à la récolte et à la réalisation d'un herbier.

Conclusion
(i) Certaines activités programmées pour ce premier trimestre 2005 n'ont pas pu être réalisées : signature d'une nouvelle convention de partenariat avec le PAFO de Xieng Khouang pour le démarrage de cette phase nationale, réalisation d'un atelier officiel d'ouverture.
(ii) Le travail de formation (technique et linguistique) devra être une priorité pour ce deuxième semestre.

Pluviométrie 2005		Avril						Mai						Juin						Tot
PEK	Pouhoum 2005																			213,2
	Xoy Nafa 2005																			517,1
KHAM	Suonmone 2005																			447,4
NONGHET	Pakae 2005																			512,5

Tableau 1 : pluviométrie 2e trimestre 2005, sites de création (données PRONAE)

	<10mm
	10-20mm
	20-30mm
	30-50mm
	>50mm
	>100mm

Légende (code couleur pour la pluviométrie)

Pluviométrie 2004		Avril						Mai						Juin						Tot
PEK	Pouhoum 2004																			437,3
	Xoy Nafa 2004																			561,5
KHAM	Suonmone 2004																			601,8
NONGHET	Pakae 2004																			882,1

Tableau 2 : pluviométrie 2e trimestre 2004, sites de création (données PRONAE)

Sites	Remb. (2004)
Pouhoum	3 600 000
Xoy Nafa	1 700 000
Pakae tay	3 700 000
Suonmone	850 000
Piengchan	1 900 000
Le	250 000
TOTAL	**12 000 000**

Tableau 3 : Total location de parcelle et achat de semences (2004)

Catégorie	Qté (kg)
Fourrages	
Graminées	110
Légumineuses	75
Riz	
mixte Brésil	260
Lao-IRRI	330
Madagascar	25
Maïs	40
Céré. petits grains	650
Légumineuses	
Soja	110
Vigna	130
Niebe	25
TOTAL	**1 755**

Tableau 4 : Quantités de semences rachetées en 2004

Sites	Surfaces (ha)	
	2004	**2005**
Pouhoum	2,50	6,30
Xoy Nafa	4,00	5,60
Pakae tay	2,50	3,50
Suonmone	0,50	3,40
Piengchan	1,50	1,50
Le	0,60	0,85
TOTAL	**11,60**	**21,15**

Tableau 5 : Evolution des surfaces des sites de création

Sites	Nb agriculteurs	
	2004	**2005**
Pouhoum	village + 3 fam.	village + 4 fam.
Xoy Nafa	parcelle village	parcelle village
Suonmone	2	Groupe de 18 familles
Pakae Tay	3	5
Piengchan	3	3
Le	1	1
TOTAL	**2 parcelles villageoises + 12 fam.**	**3 parcelles collectives + 13 fam.**

Tableau 6 : Evolution du nombre d'agriculteurs partenaires sur les sites de création

Intrants (/ha)	Qté (ha)	Coût unitaire	Coût /ha
Paille	70-90 remorques	10.000 kips/rem.	700.000 - 900.000
Balle de riz	900-1100 sacs	1.000 kips/ sac	900.000 - 1.100.000
Main d'œuvre (h.j.ha-1)			
tranchées	60-190	15000 kips/ pers.	900.000 - 2.850.000
mise en place et brûlis	160-90	15000 kips/ pers.	2.400.000 - 1.350.000
		TOTAL	**5.400.000 - 5.895.000**

Tableau 7 : Coût écobuage (suivis Pouhoum et Xoy Nafa, 2005)

Localisation	Nb de familles concernées
Houat	27
Le	18
Bouamlong	21
Hok	25
Piengchan	24
Dochkham	7
TOTAL	**122**

Tableau 8: Crédit de semences réalisé dans 6 villages du district de Kham

Date	Visiteurs	Nb pers.	Site visité
27-mars	Délégation PC Vietnamien	12	Pouhoum
10-avr	Chefs de district de la province de Xieng Khouang	13	Pouhoum
25-avr	Vice-président RDP lao	6	Pouhoum
03-mai	Assist. Technique projet lutte contre prod. Opium sur Ouapanh	1	Pouhoum
10-mai	Dr Sienne + chefs de départements du ministère de l'agriculture	12	Xoy Nafa
10-juin	Ministre de la défense RDP lao + gouverneur province	3	Xoy Nafa
14-juin	Direction nationale projet Nam Ngum + chef adjoint national de la planification	3	Xoy Nafa
29-juin	Resp national de la vulgarisation + repre. national ONG action Nord-sud	8	Piengchan
30-juin	Dir national de la vulgarisation + Delegue nat ONG action N/S	8	Xoy Nafa

Tableau 9 : Visites accueillies sur les sites de création – 1er semestre 2005

Planches photos PRONAE

Provinces de Sayabouri et Xieng Khouang

(Fl. Tivet et équipe PRONAE)

Sites de création – Sud de la province de Sayaboury

Etat des parcelles en fin de saison sèche. Gauche, résidus de *Vigna umbellata* (4 t/ha); droite, résidus de coïx (5.5 t/ha)

Rotation triennale coïx – *Vigna umbellata* – riz pluvial; les trois années de cet assolement sont représentées

Maïs sur résidus de *Vigna umbellata*

Site de démonstration de Bouamlao – district de Paklay

Validation de systèmes basés sur la gestion de résidus de culture par des groupements d'agriculteurs – Sud de la province de Sayaboury

Couple de parcelles chez des agriculteurs. Gauche, maïs sur résidus de culture; droite, maïs après labour

Gauche: résidus de *Vigna umbellata* ; droite maïs sur résidus de *Vigna umbellata*

Etat de surface avec gestion des résidus (gauche) et après labour (droite)

Vigna umbellata sur résidus et pâturage de *B. ruziziensis* en arrière plan

Diversification culturale – Sud de la province de Sayaboury

Sélection paniculaire et production de semences de base pour les variétés Sebota (gauche). Collection de soja (droite)

Collection de légumineuses (soja, *Vigna radiata*, *Vigna unguiculata*, *Cajanus cajun*

Culture vivrière ou commerciale en bandes alternées avec du *Brachiaria ruziziensis* fauché et importé entre les lignes

Sites de création – Province de Xieng Khouang

Site de Pouhoum, pénéplaine d'altitude, district de Pek. Régénération des sols à partir de l'utilisation d'espèces fourragères

Soja en semis direct après une année de régénération avec du *B. ruziziensis*. Bovins à l'engraissement sur pâturages de *B. ruziziensis*

Semis direct de *Brachiaria ruziziensis* (gauche) et de *Stylosanthes guianensis* (droite), district de Pek

Sites de création – Province de Xieng Khouang

Production de semences d'espèces fourragères (gauche); pâturage de *Brachiaria ruziziensis* (droite)

Technique d' écobuage, pénéplaine d'altitude – District de Pek

Riz CIRAD 141 et riz local (khao tiao lao soung) sur parcelles écobuées et associées à du *Centrosema pascuorum*

Agriculture de montagne – Province de Xieng Khouang

Implantation d'espèces fourragères en zone d'agriculture de montagne

Maïs en bandes alternées avec du *Brachiaria ruziziensis* qui est fauché et importé sur les lignes

Compréhension du fonctionnement des systèmes

Suivi des caractéristiques physiques des sols : prélèvements (gauche), mesure de la stabilité structurale (milieu) et vitesse d'infiltration (droite)

ILLUSTRATIONS DU TOUR DE PLAINE LAOS

Riz Cirad 141 en SCV à Kenthao

Agriculture de montagne : espèces fourragères fixatrices du sol, après défriche (Suonmone)

Site de Ban Le (colluvions de karst)

Structure du sol sous SCV

Riz Sebota 281 sur SCV (> 4 6 5 t/ha)

Site de Pakae (colluvions de karst)

Le site

Avoine de fin de cycle en SCV

Kikuyu whittet et structure du sol sous SCV

Blé 1er plan ; Brachiaria B. au second plan

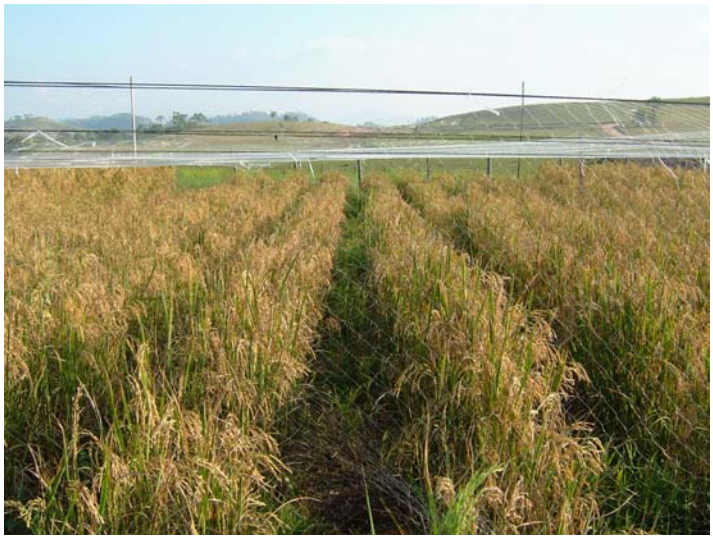
Maïs + desmodium en SCV

Forte pression d'Ageratum C. sur maïs

Site de Pouhoum et Xoynafa, « ensembles vides »

Pâturages en SCV

Riz + Brachiaria en SCV (installation pâturage)



Riz Cirad 141 sur écobuage, associé à Centrosema pasc.

Elevage sur SCV

Riz local sur écobuage

Riz Cirad 141 sur écobuage

Toposéquence cultures fourragères en SCV

Andropogon g. et Brachiaria H., en SCV

Panicum m. (gauche), Brachiaria ruzi (centre) et Andropogon g. (droite) en SCV

Agriculture de montagne traditionnelle
Riz sur défriche-brûlis

Cérémonie du Baci en notre honneur, organisée par Monsieur le Ministre de l'agriculture laotienne

LE VOLET

Diversification des cultures du projet Hévéaculture Familiale au Cambodge

- Termes de références de la mission
- programme de la mission
- personnes rencontrées

Royaume du Cambodge
Nation Religion Roi

Projet intérimaire de développement de l'hévéaculture familiale au Cambodge
1. Composante diversification des cultures & sélection clonale

Termes de référence d'une mission d'appui d'un expert CIRAD-CA
Agronomie générale / systèmes de culture SCV

Contexte

Il est prévu, au titre du contrat d'appui à la mise en œuvre de la composante "Diversification des systèmes de culture et sélection clonale" passé entre le Ministère de l'agriculture, de la forêt et de la pêche et le CIRAD, la réalisation de missions d'appui ponctuelles auprès de la cellule projet et de l'Institut de Recherches sur le Caoutchouc du Cambodge (IRCC).

Cette mission d'un expert agronome, spécialiste des systèmes de culture sur couverture végétale (SCV) et de la sélection génétique des plantes annuelles, fait suite à un premier repérage rapide réalisé en Octobre 2004 qui avait permis de réaliser un premier cadrage - bilan sur le matériel végétal et l'architecture des systèmes de culture SCV adaptés au conditions agro-techniques et socio-économiques du Cambodge.

Objectif

Cette 2nde mission d'expert "système de culture SCV" vise :

- à réaliser un bilan du réseau d'essais et de parcelles de démonstrations sur les systèmes de cultures à base d'annuelles ;
- à formuler des recommandations techniques (systèmes de culture, matériel végétal, mécanisation, …) et organisationnelles (calibrage du dispositif, approche terroir, …) sur la poursuite de ce référentiel ;
- à évaluer la pertinence du lancement d'un programme de sélection récurrente de riz poly-aptitudes spécifique au Cambodge ;
- à informer les autorités cambodgiennes (MAFP et MOWRAM), bailleurs et ONG sur les techniques SCV (les principes agronomiques, les exemples de réalisations sur différentes écologies à travers le monde, …) et les champs d'applications potentiels au Cambodge (premières réalisations sur terres rouges basaltiques, gestion des rizières sans maîtrise de l'eau, …) ;

Déroulement et calendrier

La mission se déroulera en Octobre 2005, à la veille des récoltes des principales cultures, sur une période comprenant 5 jours pleins sur place. Ce pas de temps court sera consacré à

- la visite des principaux sites d'essais et de démonstration conduits par la composante diversification sur les secteurs de Chamcar Loeu, Memot et Dambe ainsi que sur la station de recherche de l'IRCC à Chup ;
- la tenue d'une conférence d'information sur les SCV à Phnom Penh en présence de représentants du MAFP, du MOWRAM, des représentants des bailleurs de fonds et des « ONG agricoles » ;

La logistique de la mission sera assurée par la composante diversification du Projet Hévéaculture Familiale.

Participants

L'expert sera accompagné au long de la mission par les cadres de la composante diversification du PHF ainsi que -dans la mesure du possible- par un représentant du MAFP.

Une réunion « interne » -AFD, MAFP & PHF- de restitution et de discussions sur les perspectives de poursuite des travaux sur les SCV pourra avoir lieu en fin de mission

1.5. Résultats attendus

- Bilan sur les essais et démonstration SCV conduits en 2004 et 2005 ;
- Recommandations pour la poursuite des essais sur la campagne agricole 2006 et lignes stratégiques à tenir sur le moyen terme (thème, architecture du dispositif, …) ;
- Décision et recommandation sur la conduite d'un programme de sélection récurrente au Cambodge pour des variétés de riz poly-aptitudes (conditionné par la poursuite des activités SCV au Cambodge au-delà de la fin 2006) ;
- Information des autorités cambodgiennes et des bailleurs de fonds sur les SCV.
-

Programme de Mission

Lucien Séguy - Agronome CIRAD-CA - Octobre 2005

Mercredi 19/10

am	arrivée de Vientiane
pm	transfert Kampong Cham
	visite collections matériel végétal à l'IRCC
nuit	Kampong Cham

Jeudi 20/10

am	fin visite IRCC
	visite Dambe (zone de production Soja, dispositif sur Rizière de Chong Chea)
pm	visite Matrice Memot
nuit	Memot

Vendredi 21/10

am	visite parcelles paysanne Memot
pm	visite Station de Bos Khnor, Matrice de Chamcar Loeu
nuit	Kampong Cham

Samedi 22/10

am	visite Ta Pom & Ta Prok
pm	retour Phnom Penh

Lundi 24/10

am	rédaction et rendez-vous
pm	conférence à la DGPH

du Mardi 25 au Jeudi 27/10

"off mission", rédaction rapport, ….

Vendredi 28/10 ("option")

am	aller Battambang
pm	visite riziculture de la région de Battambang
nuit	Battambang

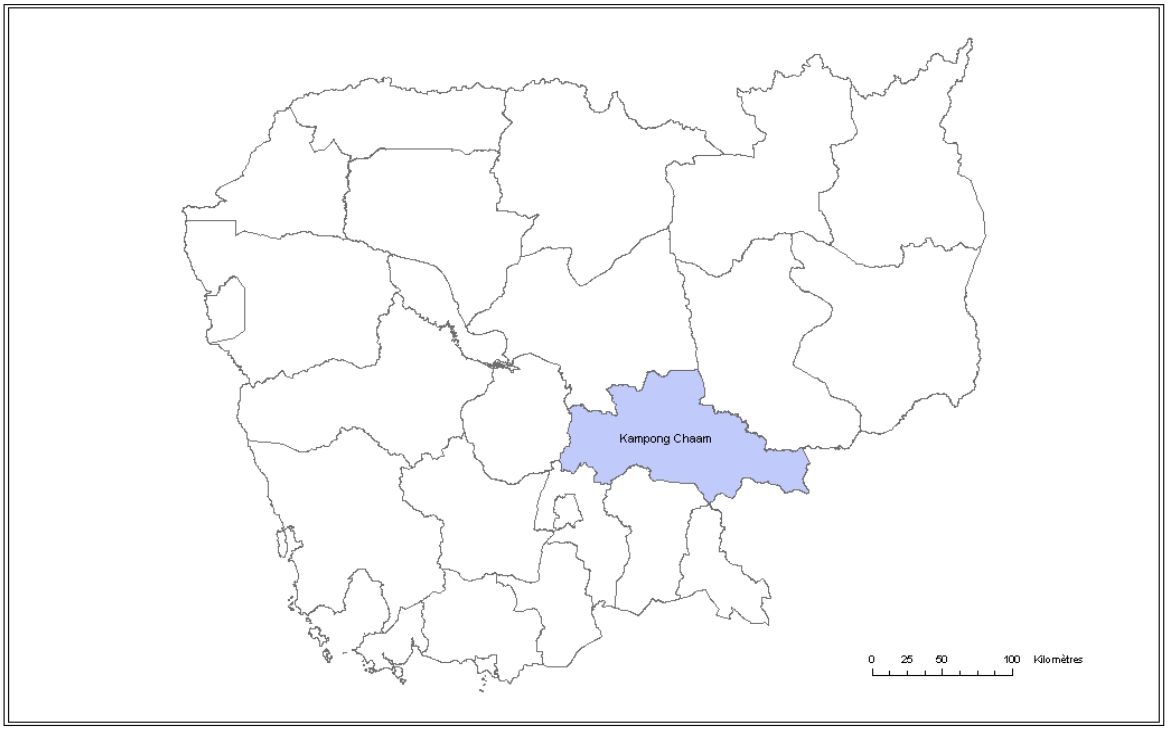
Samedi 29/10

am	retour Phnom Penh
soir	départ pour Paris via Bangkok (19h40 vol PG 927

Liste des personnes rencontrées
Mission au Cambodge du 19 Octobre au 25 Octobre 2005

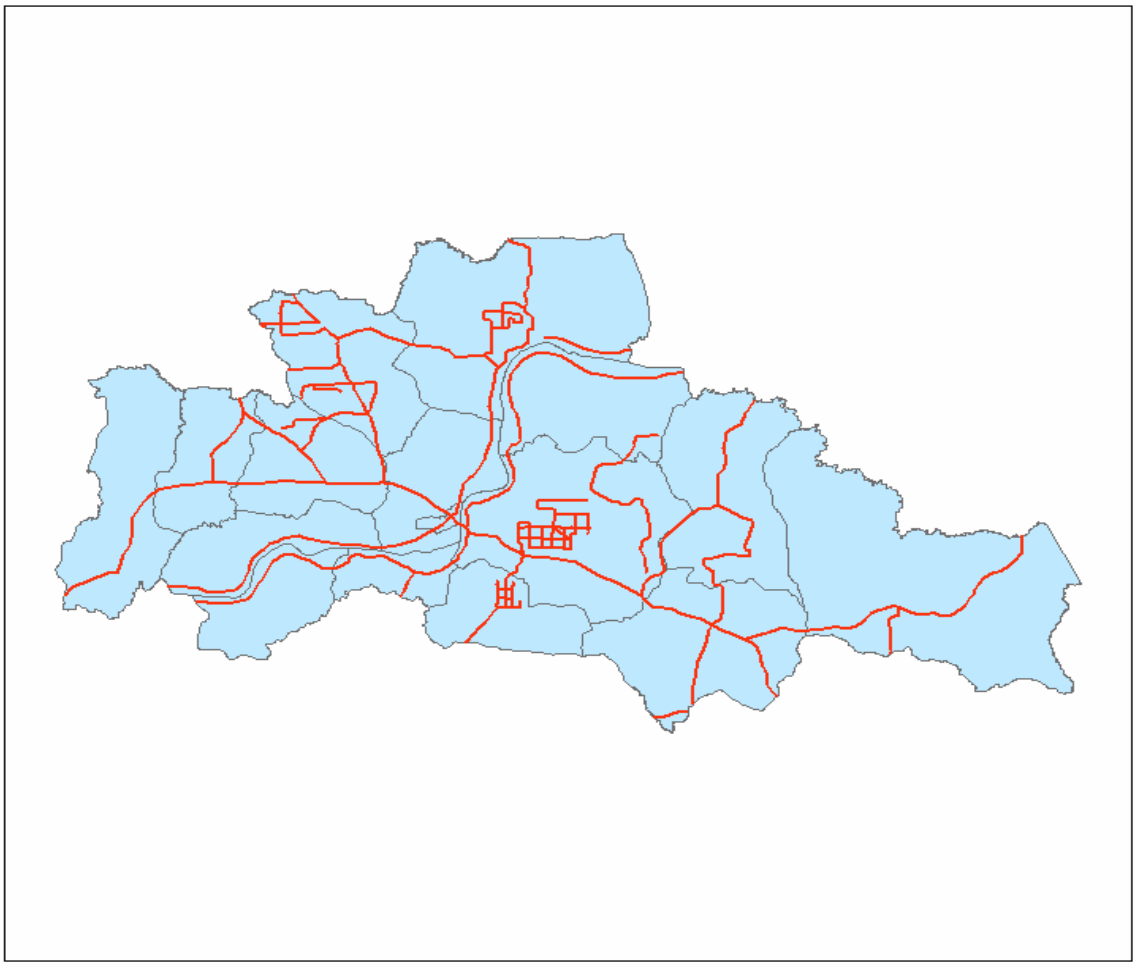
Nom	Organisation	Fonction
Ly Phâlla	DGPH / PHF	Directeur
Lord Reasmey	MAFF	DG Adjoint
Julien CALAS	AFD	Chargé de Mission
Bouvard J.Marc	MAFF/french Emb.	Technical Advisor
Monnin Philippe	PHF	ATP
Stephane Boulakia	PHF / Cirad	AT diversification
Kou Phally	PHF	Chef diversification
Sok Sarom	PHF	Chef plantation
Meas Chanty	GRET .Prey NUP	Resp.Agri.prog.
Kep Coughlan	CARDI-AP	Team Leader
Terryo'Sallivan	CAAEP	Team Leader
Lex Freeman	CAAEP	Advisor
Philip Charlesworth	CAAEP	Advisor
Grahame Hunter	Ausaid	Project Director

CAMBODGE
PROVINCE DE KOMPONG CHAM

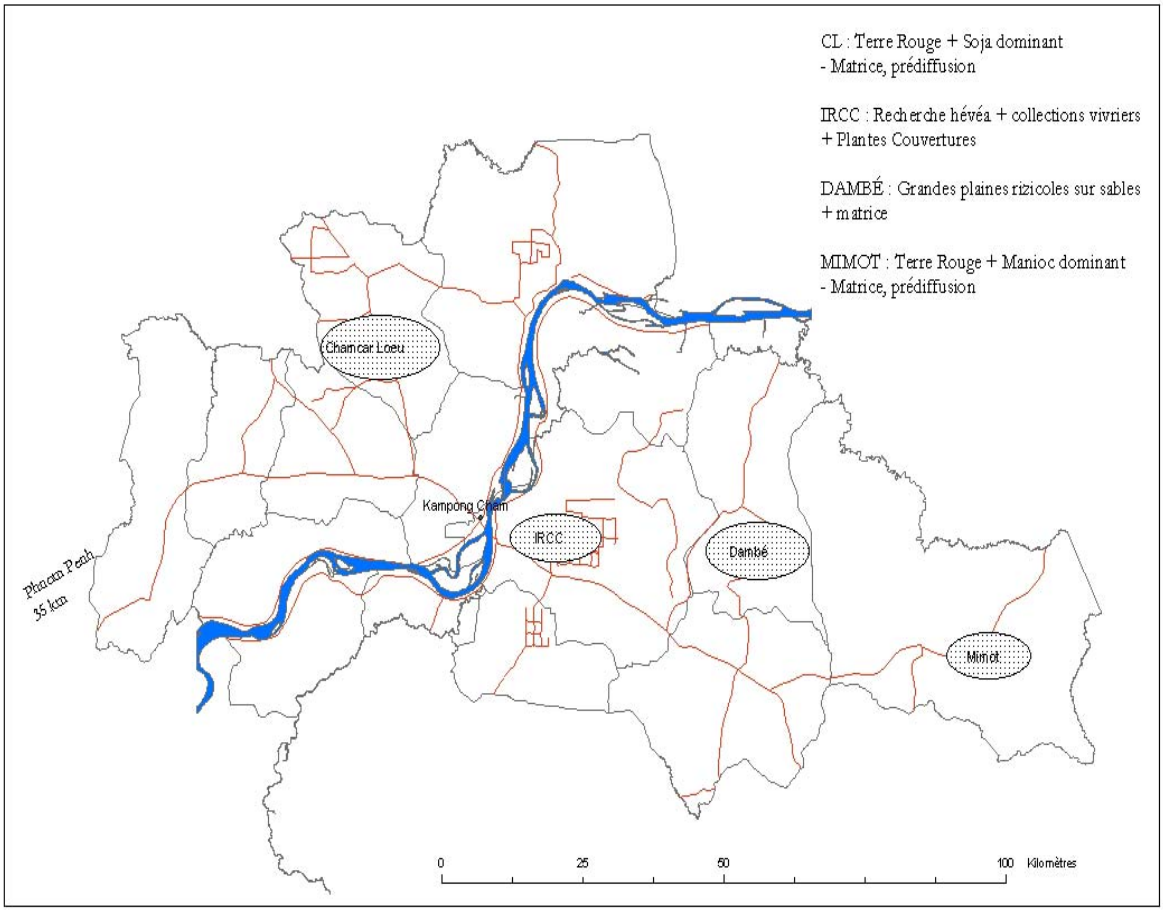


REGION de KOMPONG CHAM

Districts de la Province



PROVINCE DE KOMPONG CHAM - Projet PHF - Composante diversification
Mission Lucien Séguy - Octobre 2005



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

(*) Extraits du rapport de mission L. Séguy 2004, 1ère année d'implantation du projet

- Le projet hévéaculture familiale[1] 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 2ème cycle, ensuite du sésame de 1er cycle, du soja *(bien rémunéré)* ou de l'arachide de 2ème 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.

- Des analyses de sols récentes ont été réalisées au démarrage de l'expérimentation « matrices des systèmes de culture SCV x traditionnels », implantée, à la fois, à l'ouest sur les plateaux massifs relativement plats, d'hévéaculture très ancienne, aux sols fortement érodés *(site de Chamcar Leu)*, et à l'Est sur les fronts pionniers sur les doigts basaltiques à pentes fortes (2-18 %) aux sols encore neufs, peu dégradés *(site de Memot).*

- L'interprétation complète de ces analyses *(hors analyse des fractions granulométriques de carbone + oligo-éléments à recevoir)*, faite par M. Stéphane Boulakia, pilote du projet, est donnée en annexe II .

- De manière très résumée, ces analyses, mettent en évidence :

  - La très forte dégradation des sols de la zone d'Hévéaculture très ancienne, de Chamcar Leu sous systèmes de culture pluviaux pratiqués à la charrue à disques ou offset ; ces sols ont perdu par rapport aux sols rouges « neufs » des fronts pionniers, environ 40 % de leur matière organique sur 60 cm d'épaisseur, si l'on considère que les sols étaient équivalents sous forêt avant la mise en culture, ce que laisse supposer la granulométrie très proche des sols dans les 2 zones.

  - Sous très vieille Hévéaculture *(+/- 60 ans)* hors systèmes vivriers mécanisés, la matière organique se maintient ; par contre les bases *(K, Ca, mg)* baissent significativement par rapport aux teneurs originelles sous forêt.

  - Sous monoculture de manioc, pratiqué avec labour aux disques *(la production décroche à partir de la 4ème année)*, la dégradation du sol est très rapide et affecte très fortement les teneurs en m.o, et bases *(K et Ca en particulier).*

[1] Il faut saluer au passage, la très grande compétence de ce projet, pour la qualité et la maîtrise de la production de plants en pépinières et des plantings d'hévéa (M. Ly Phâlla et M. Philippe Monin, respectivement Directeur et Assistant technique principal).

- Sous anacardiers qui sont installés lorsque la dégradation du sol ne permet plus d'assurer une production vivrière rentable, les teneurs en M.O et bases sont très inférieures à celles des sols neufs du front pionnier *(Memot). (cf. annexe II – Cambodge).*

(*) une des fonction de base des SCV, va donc être à travers la diversité des systèmes de culture, de montrer la dynamique de résilience de la caractériser en fonction de la nature des systèmes SCV (remontée des teneurs en M.O, activité biologique, bases).

- **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.

- Des analyses de sols récentes *(2005)* réalisées sur ces unités de sols des terrasses hautes de riziculture extensive, sableuses et argileuses, *(piémont basaltiques)* sont réunies en annexe II dans le tableau et mettent en évidence :

- des potentialités agricoles bien supérieures pour les sols noirs de piémont basaltique, argileuse, notamment par leur meilleure aptitude à retenir l'eau et à nourrir les cultures *(P, bases, N).*

- La potasse est cependant très en dessous des seuils critiques pour les cultures sur les 2 types de sols. *(*) cf. annexe 2, Cambodge.*

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 anacardiers + 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 conservation, 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 Memot*) ; 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 accrûe 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 culturales 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 crûe (*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 *(hévéas + 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.

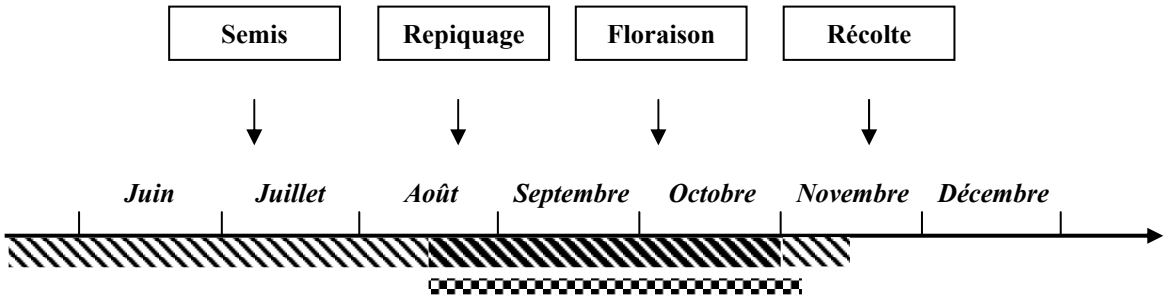
- Une autre alternative SCV possible et facile à mettre en œuvre sur ces terrasses hautes, consiste à utiliser entre avril et fin juin *(soit au cours de la période aléatoire des pluies)* des espèces annuelles « pompes biologiques » à croissance rapide et puissante qui feront le lit de paille du semis direct ; ces espèces annuelles mélangées du type 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.

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.

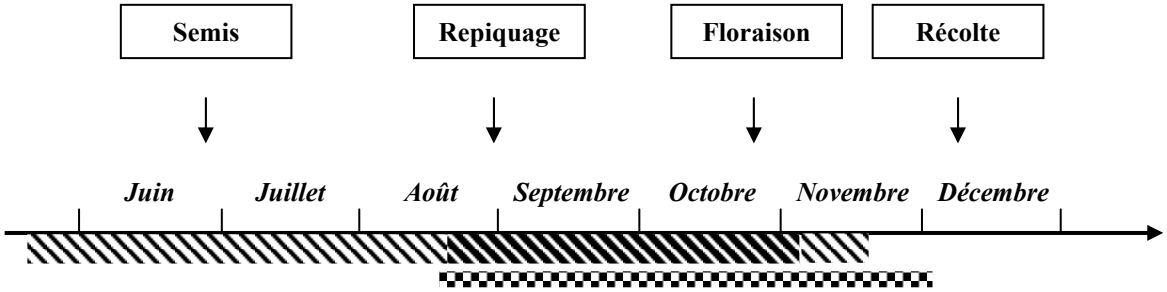
- Il est évident que ces principes d'agriculture de conservation (*SCV*) dirigés prioritairement sur les terrasses hautes dans un premier temps, pourront être appliqués ensuite sur les terrasses moyennes et basses *(relevons d'abord le défi sur l'enjeu le plus important).*

Fig. 1. **Calendrier cultural de la riziculture cambodgienne**

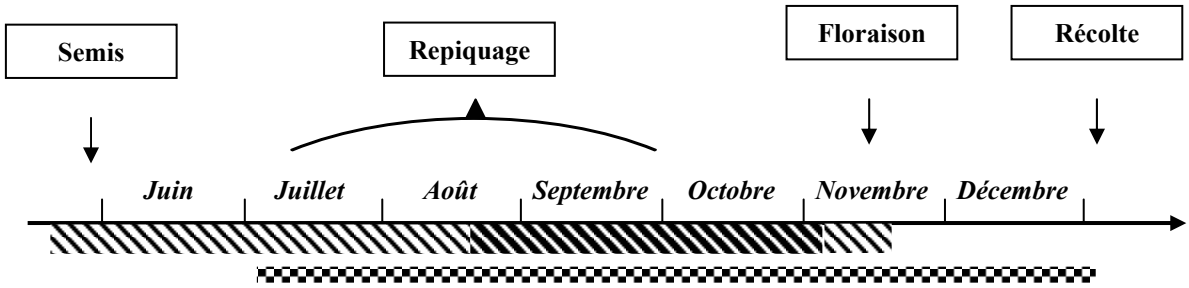
Rizières hautes, variétés hâtives :

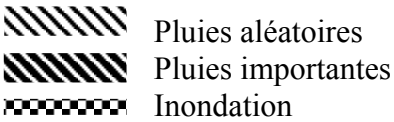


Rizières moyennes, variétés à cycle moyen :



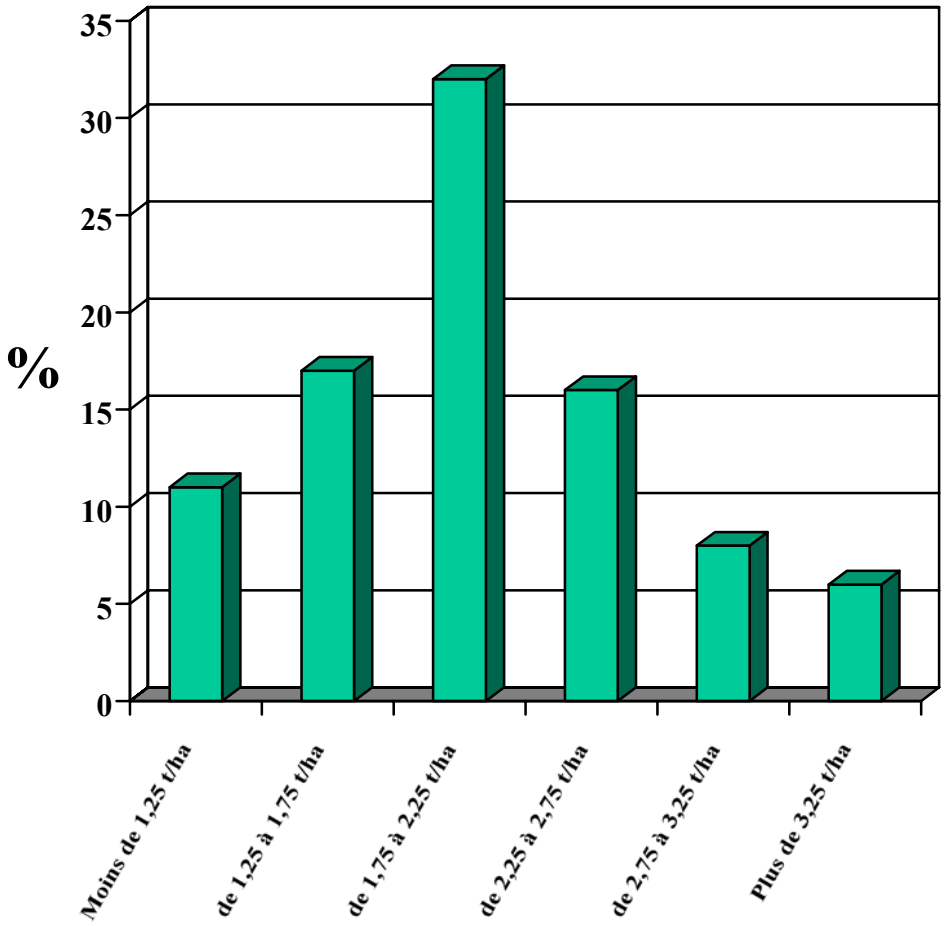
Rizières moyennes, variétés à cycle moyen :





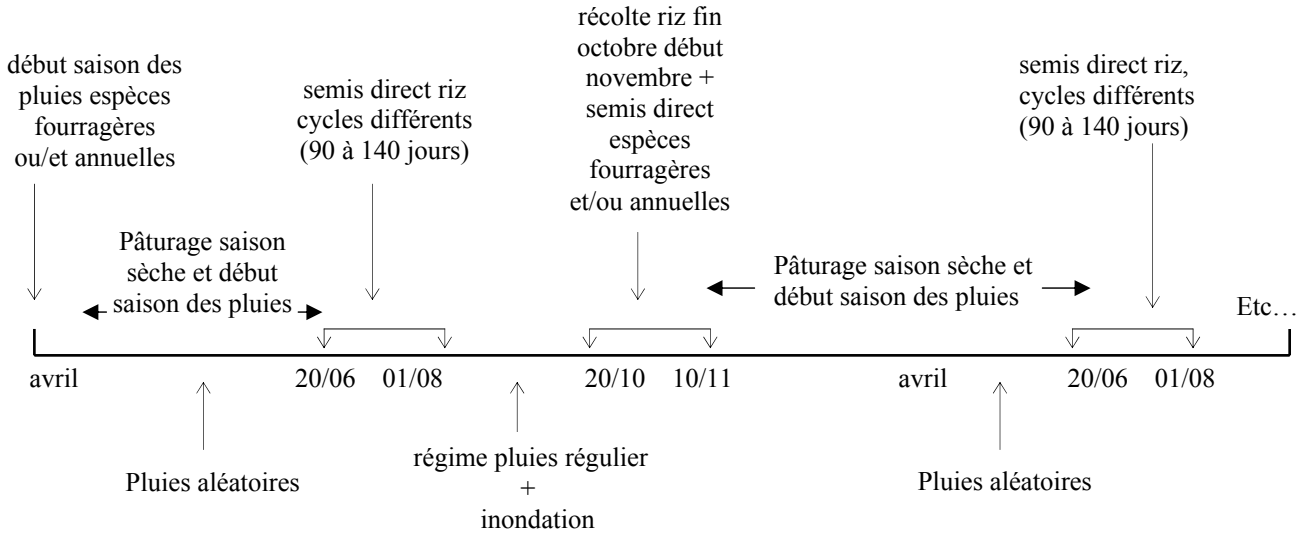
Source GRET

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



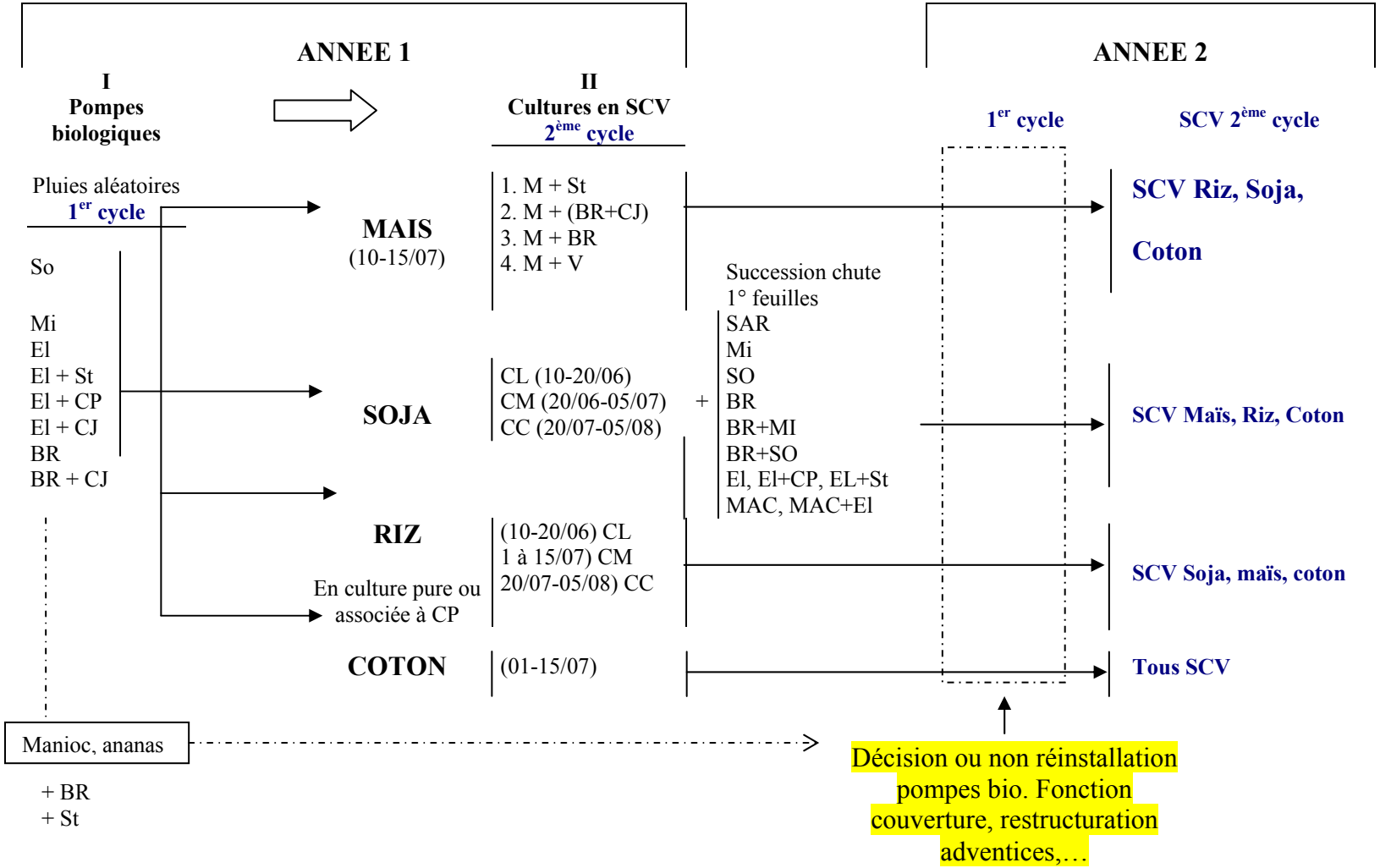
Source GRET

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



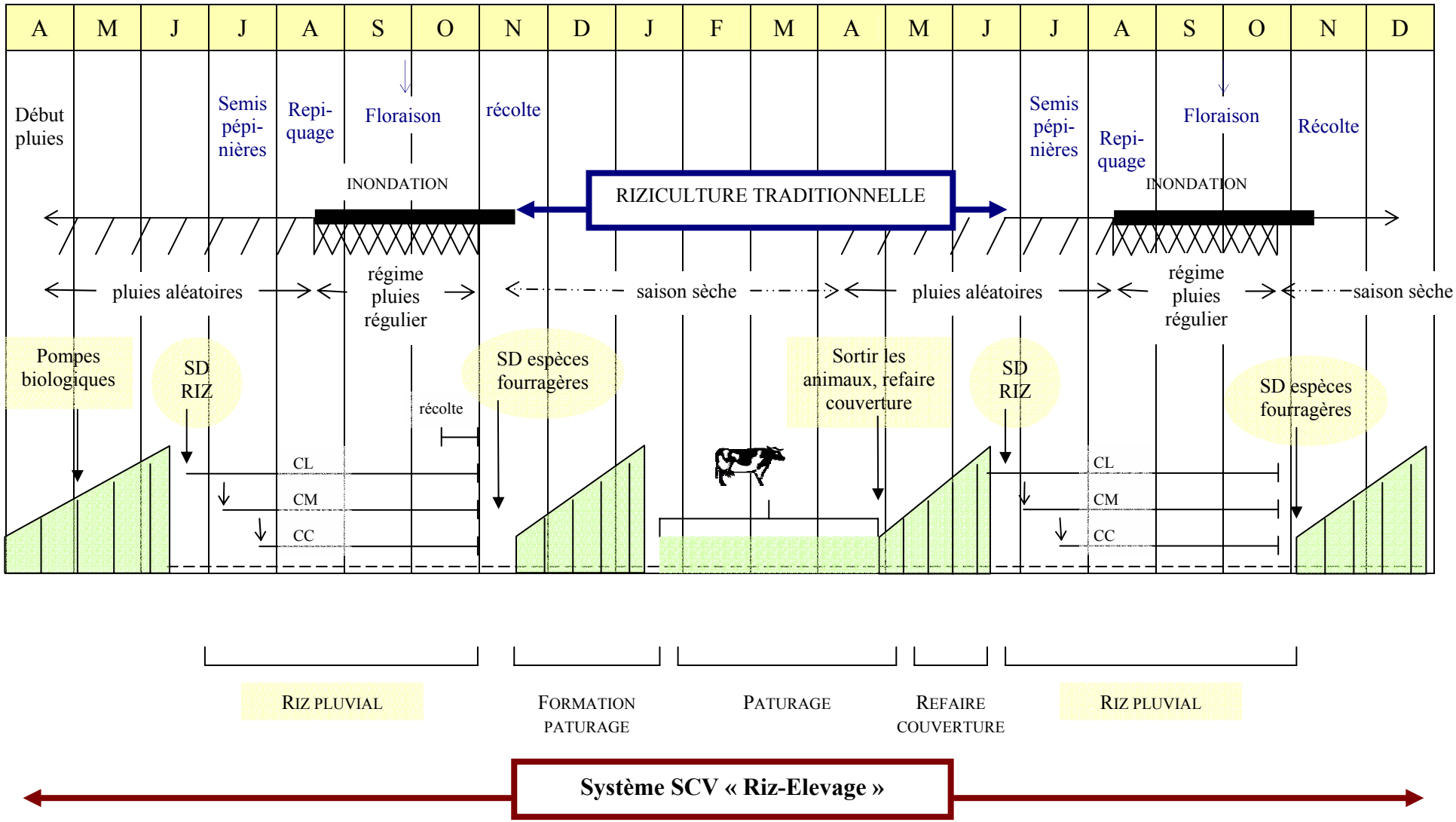
- Les SCV « riz+élevage », ouvrent une énorme perspective pour la riziculture cambodgienne, une alternative *(qui peut être déterminante, décisive)* aux aménagements hydro-agricoles coûteux ; ces systèmes doivent être couplés à une forte valorisation de la qualité du riz pour l'exportation (*filière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

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** : *Macroptilium atropurpureum* ; **V** : Vignas

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



Système SCV « Riz-Elevage »

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

3. « Tour de plaine », observations générales sur le comportement des cultures dans les systèmes SCV et traditionnels

POINTS FORTS :

. Le travail accompli en 2 ans est énorme sur **sols rouges,** basaltiques *(matrices de Chamcar Leu et Memot)*, très démonstratif des potentialités SCV en toutes situations, certains résultats de production en grandes parcelles *(matrices, démonstrations)* paraissent de la provocation pour tous ceux qui ont travaillé avant nous avec des techniques de travail du sol ; par exemple :

- Rendement de riz pluvial *(variétés Sebotas)* sur SCV sur forte biomasse, entre 2 et 3 t/ha sans engrais, à 4-5 t/ha avec niveau d'intrants modeste, qui représentent plus de 2 fois la productivité riz sur labour,

- De même le soja produit de 450 kg/ha sur labour sans engrais à 1,5 t/ha en présence d'un fort niveau de fumure, contre 2,5 t/ha sur SCV sans engrais jusqu'à 3,6 t/ha avec fumure minérale faible *(plus de 3 fois plus de productivité sous SCV).*

. Le niveau de maîtrise des SCV **en sols rouges,** est excellent, après seulement 2 ans, tout comme l'offre technologique SCV créée et en cours d'ajustement *(optimisation x niveaux d'intrants, main d'œuvre, etc….).*

. Ce bon niveau de maîtrise est confirmé sur les premières unités de démonstrations SCV, mises en place dès la 2ème année *(plus de 3 t/ha de riz sur sols dégradé avec niveau d'intrants modeste).*

. **En rizières sableuses,** les premières expérimentations ouvertes cette année sur les possibilités de riziculture – élevage en SCV, montrent des rendements de riz compris entre 1.5 t/ha et plus de 3.0 t/ha en fonction du niveau d'intrants ; de nombreuses espèces à vocation fourragère *(biopompes pour le riz)* confirment leurs excellentes aptitudes *: Stylosanthes guy.,* association *Brachiaria ruzi. + Centrosema pasc.*, sorgho *(pool preto)* et ouvrent ainsi d'excellentes perspectives pour bâtir rapidement les systèmes SCV riziculture – élevage projetés en 2004 *(plus d'un million d'hectares sont couverts par cette riziculture très extensive et peu productive)* ; les riz Sebotas, non photopériodiques, mûrissent dès la fin octobre, au lieu de fin novembre – décembre pour les variétés traditionnelles, ce qui permet la production de fortes biomasses fourragères sur l'eau résiduelle de la rizière, pour alimenter les animaux en saison sèche et pour sécuriser la production de riz en cas d'arrêt précoce des pluies *(ex. : arrêt des pluies au 10 octobre en 2004).*

. La banque de gènes constituée *(riz Sebotas, Soja, Haricots, Vignas, espèces fourragères, sorghos, maïs etc…)* est très performant par rapport au matériel traditionnel ; ce matériel génétique précieux est maintenu pur *(sélection conservatrice).*

POINTS FAIBLES :

. Très peu de remarques à faire, si ce n'est, que, comme au Laos, l'option contrôle des adventices par voie chimique est importante à intégrer dans la gestion des SCV, pour garantir le maintien permanent de la couverture végétale *(une des fonctions essentielles des SCV)* ; en effet la

couverture végétale disparaît rapidement avec les sarclages fréquents exposant le sol à l'agressivité climatique *(érosion, pollution).* Cette option de contrôle herbicide est d'autant plus intéressante que l'on s'adresse à des sols dégradés, de mise en culture très ancienne qui possèdent un stock semencier d'adventices très important et très concurrentiel pour les cultures ; les herbicides *(pré ou post)* permettent, dans cette première étape d'installation des SCV, de réduire considérablement la concurrence de ce potentiel de nuisance, en les associant avec les biomasses de couverture les plus efficaces pour cette fonction.

. Il faut penser, dès maintenant, à faire savoir, montrer notre savoir-faire aux autorités cambodgiennes et bailleurs de fonds : plaquettes simples des résultats, visites des matrices et démonstrations ; cette démarche de communication est essentielle pour le futur du projet : c'est la répétition de la démonstration, sa reproductibilité à grande échelle, qui permet de convaincre.

4. Recommandations pour assurer la progression des SCV en milieux contrôlés et réels

4.1. Intercalaires d'hévéas et systèmes vivriers hors maille hévéa

(*) les recommandations générales 2004, restent d'actualité (cf. rapport L. Séguy 2004)

4.1.1. Dans la station IRCC

a) Matrice biomasses fourragères / soja

. Le chantier de destruction des anciennes plantations plus enlèvement des bois, laisse un sol très fortement dénivelé *(plus de 50 cm de différence de niveau entre points hauts et points bas),* non accessible à la petite mécanisation motorisée *(motoculteurs, tracteurs…).*

. **Propositions :** aller jusqu'au bout du chantier pour la replantation d'hévéa, en planant la surface à la lame *(« grader » avant ou après passage d'offset lourd)* ; cette opération constitue une amélioration foncière importante pour le futur de l'agriculture déjà mécanisée.

→ Ne plus laisser l'entre double lignes d'Hévéa, découverte et sarclée ; à chaque coupe des biomasses dans l'interdouble lignes *(ou seulement en bordure de la double lignes),* pailler l'entre double lignes et évaluer :

- coûts, main d'œuvre,
- bilan hydrique
- et, *in fine*, conséquences sur la croissance de l'Hévéa.

. Remplacer la variété de soja actuelle par ASCA, Monsoy + inoculation.

b) Dans la matrice « cultures vivrières / biomasses » x NPK

- Contrôler les insectes ravageurs terricoles[1] des cultures *(termites, Rhopalosiphum ruf., divers coléoptères) =*

[1] En attendant que les équilibres naturels se reconstituent sous SCV (ennemis naturels des prédateurs).

→ Traiter les semences à l'Imidachlopride ou Fipronil et renouveler le traitement par pulvérisation de ces produits ou utiliser le Furadan 5 g, dès qu'une période sèche se dessine *(à partir du 5ème jour sans pluies, ciel bleu).*

- Remplacer les soles de *Pueraria ph.* par des soles productives alimentaires *(toutes ou partie) :*

. Maïs + *Vigna unguiculata ou Umbellata*
. Maïs + Dolique

(*) « cuisine » expérimentale : tests contrôle insectes ravageurs terricoles (dont 1 témoin non traité + 1 témoin totalement protégé encadrant divers traitement chimiques : nombreuses répétitions) ; en plus du traitement de semences (chimique, organique) appliquer les produits de contrôle en coïncidence avec des périodes sans pluies.

- 2 types d'associations maïs + légumineuses :
  . espacement actuel
  . interligne de 1m20 entre lignes doubles espacées de 40 cm.

- Semis simultané de 3 cycles différents de riz pour minimiser l'impact des périodes sèches (+ *attaques d'insectes terricoles)* sur la production.

c) Germoplasm

. Riz *(Sebotas)* – Malgré une sècheresse manquée en phase reproductive, expression d'un protentiel très élevé pour une quinzaine de variétés *(> 4-6 t/ha)* ;
- maintenir la pureté variétale,
- intégrer les meilleurs cultivars dans les systèmes SCV *(sols rouges, rizières hautes)* de riz, sorghos, *Vignas* etc…

. Idem pour les sojas : maintien de la pureté variétale et intégration des meilleures variétés dans les SCV pluviaux.

4.1.2. Les matrices « SYSTEMES SCV X TRADITIONNELS » de Memot *(zone de défriche récente)* et Chamcar Leu *(zone de mise en culture ancienne).*

. L'évolution des systèmes de culture SCV *(comparés aux systèmes traditionnels)* qui intègre les résultats obtenus sur les 2 ans *(optimisation continue),* est présentée dans les tableaux 1, 2.

→ PROPOSITIONS

. Introduire les meilleurs riz Sebotas sur biopompes de début de cycle = Sebotas 41, 65, 43,48 63, 224,28, 89, 281) pour les cycles moyens : Sebotas 68, 69, Primavera, pour les cycles courts *(laisser, dans ce cas, les biopompes produire plus longtemps).*

. Multiplier les crotalaires *(Spectabilis, Retusa)*[1].
. Utiliser l'herbicide Oxadiazon *(1000g m.a/ha)* en pré-émergence du riz dans les SCV.
. **« Cuisine expérimentale »** : Construire les itinéraires SCV céréaliers, riz, maïs :

[1] Crotaria retusa : Nord Cameroun ; Spectabilis : Brésil ou Madagascar

- sans herbicide → roulage des biopompes, à sortie des panicules *(1 à 2 roulages à 5 jours d'intervalle).*
→ *Stylo.g.,* détruit à la débroussailleuse.

- sans herbicide ni molécules chimiques[1] *(gestion organique).*
- Itinéraires mixtes = ½ intrants chimiques, + ½ intrants organiques.

- Poursuivre l'analyse scientifique du fonctionnement agronomique comparé des systèmes de culture *(performances agronomiques, techniques, économiques, évolutions potentiel adventices, ravageurs et maladies)* ; poursuivre en particulier l'évaluation du coût économique environnemental de la ressource sol : analyses des externalités eau-sols, coûts de reposition des pertes sols en engrais localement, résidus pesticides.

- Développer les démonstrations soja inoculé *(Monsoy, Asca, Mutum)*, arachide, Voandzu, riz sur fortes biomasses.

4.1.3. Les SCV « RIZ – PATURAGES » sur Terrasses Hautes

→ PROPOSITIONS *(cf. tableau 3)*

- Amplifier notre recherche-action sur ces Terrasses, en :
  - augmentant les surfaces,
  - intégrant les premiers résultats : meilleures biomasses x meilleures variétés de riz *(+ 2 ou 3 traditionnelles)* x niveaux intrants.

- Les systèmes SCV « riz-pâturage » *(x niveaux intrants) :*
  - rotations *Stylo* 1 an / riz 1 an
    Brachiaria / *Ruzi.* / *Humidicola* + *Centrosema,* 1 an / riz 1 an.

- Successions annuelles avec biopompes, précédents du riz :

  - *Eleusine* + crotalaire
  - *Eleusine* + *Sesbania* local *(2 espèces)*, *Aeschynomene,* et mélange *Sesbania* + *Tephrosia* local + *Aeschynomène* + *Alysicarpus (espèces présentes dans le milieu : source de technologies).*

  - Sorgho *(pool preto)*, mil, + Sesbania entre lignes, ou mélange d'espèces précédentes,
  x Riz cycles long, moyen et court *(Sebotas + IR 66)* et meilleures variétés locales *(2 + 1 Hiv)*, suivi en fin de cycle d'un semis direct de :
    - Pastèques dans la paille ré-étalée
    - *Stylo.g.*, dès que l'eau libre disparaît.

[1] Produits organiques en provenance du Brésil + fiches techniques L. Séguy

- Associations :

  - Riz double lignes + *Stylo.* : semis simultané
  - Riz double lignes + *Stylo.* : semis Stylo 45 jours avant fin des pluies (fin de cycle riz)
  - Riz double lignes
    - + *Brachiaria Ruzi. / Centrosema p.*
    - + *Brachiaria Humi./ Centrosema p.*
    - + Mil
    - + Sorgho *(pool preto)*
    - + Dolique blanche[1],

  toutes ces espèces étant semées en interlignes 45 jours avant fin des pluies.

[1] Demander semences à Madagascar (O. Husson)

Tableau 1

Matrice des systèmes de culture de Chamcar Loeu (1/2)
Réalisations 2004, 2005 & programmation 2006

grandes bandes	2004	2005	2006
1	**Sesame / Soja x labour (référence)**	**Sesame / Soja cm x labour (référence)**	**Sesame / Soja cm x labour (référence)**
2	Bio pompe Eleusine / Soja	Bio pompe Eleusine / Soja cm	Bio pompe Eleusine / Soja cm
3	Soja / *Sorgho + Brach*	Bio pompe Eleusine / Soja cm	Bio pompe Eleusine / Maïs + Brach
4	Soja / *Sorgho + Stylo*	Bio pompe Eleusine / Soja cc + Eleusine*	Bio pompe Eleusine / Soja cm
5	Maïs + Stylo / Stylo	Stylo / Maïs + Stylo	Stylo / Maïs + Stylo
6	**Sesame / Soja x labour (référence)**	**Sesame / Soja x labour (référence)**	**Sesame / Soja x labour (référence)**
7	**Vigna radiata / Riz x labour (référence)**	**Vigna radiata / Riz x labour (référence)**	**Vigna radiata / Riz x labour (référence)**
8	Bio pompe Eleusine / Riz + *Dolique*	Bio pompe Eleusine / Riz cm	Bio pompe Eleusine / Riz cm*
9	Riz lc	Bio pompe Eleusine + Cajanus / Riz cm	Bio pompe Eleusine + Cajanus / Riz cm*
10	Riz lc	Bio pompe Eleusine + Cajanus / Riz cm + Vigna ung.	Bio pompe Cajanus / Riz cc
11	Bio pompe Sorgho / Riz + Dolique	Bio pompe Sorgho / Riz	Bio pompe Eleusine + Cajanus / Maïs + Brach + Cajanus
12	**Vigna radiata / Riz x labour (référence)**	**Vigna radiata / Riz x labour (référence)**	**Vigna radiata / Riz x labour (référence)**
13	Soja / *Sorgho + Stylo + Caj*	Bio pompe Eleusine / Maïs + Brach	Brach / Riz cm
14	Bio pompe Eleusine / Riz	Bio pompe Eleusine + Cajanus / Soja cc	Bio pompe Eleusine + Cajanus / Maïs + Brach
15	Maïs / *Sorgho + Brach + Stylo*	Bio pompe Eleusine / Maïs + Brach	Brach / Soja cm

** en italique, les cultures & couvertures de 2ème cycle n'ayant produit ni grain ni biomasse : semis tardif et arrêt des pluies précoces (schéma de systèmes abandonné dès 2005)*

** Eleusine dans le Soja, semer au 1ères feuilles jaunes du Soja ; parcelle compactée et état de surface battant*

** spliter surface avec var. utilisée sur la bande en 2005 et nouvelle variété de plus haut potentiel*

N.B sur matrice, traiter contre insectes terricoles dès que apparaît 1 période sèche (4-5 jours sans pluies et ciel pur)

Matrice des systèmes de culture de Chamcar Loeu (2/2)

petites bandes d'ajustements des systèmes

A/ Evaluations de nouveaux systèmes

Bio pompe Eleusine + Cajanus / Riz cc* / Pastèque
Bio pompe Eleusine + Cajanus / Riz cc* / Sorgho + Cajanus
Bio pompe Eleusine + Cajanus / Riz cc* / Mil + Cajanus
** semis précoce du Riz cc, vers le 20/06*

Bio pompe Eleusine / Soja cc* / Pastèque
Bio pompe Eleusine / Soja cc* / Sorgho + Brachiaria
Bio pompe Eleusine / Soja cc* / Mil + Brachiaria
** semis du Soja cc vers le 01/06 et semis des successions en interligne du Soja, aux premières feuilles jaunes*

Bio pompe Eleusine + Cajanus / Coton
Bio pompe Eleusine + Cajanus / Maïs + Brachiaria
Brach / Arachide ou Voandzu

B/ Ajustement thématique

Comparaison de bio pompe

Bio pompe Mil / Soja cm
Bio pompe Sorgho / Soja cm
Bio pompe Eleusine / Soja cm

Bio pompe Mil + Cajanus / Riz cm
Bio pompe Sorgho + Cajanus / Riz cm
Bio pompe Eleusine + Cajanus / Riz cm
Bio pompe Eleusine / Riz cm
Bio pompe Mil + Crotalaire / Riz cm
Bio pompe Sorgho + Crotalaire / Riz cm
Bio pompe Eleusine + Crotalaire / Riz cm

Herbicide

Soja : Imazetapyr en Post précoce à 10-20 JAS sur Soja
Fluazyfop-p + Fomesafen à 25-30 JAS sur Soja

Riz : Oxadiazon en PRE
Pendimethalin en PRE + Metsulfuron methyl en POS precoce (3-4 g/ha à 18-20 JAS)
Pendimethalin en PRE + 2,4 D amine en POS precoce (360 g/ha à 18-20 JAS)
Pendimethalin en PRE + 2,4 D amine en POS - fin tallage (720 g/ha à 40 JAS sur cc et 60 JAS sur cm)

Insectes du sol (termites, vers blancs, rhopalosiphum, ...)

Traitement de semences	X	x compléments en végétation :
imidaclopride		Furadan 3G tous les 20 jours (protection totale)
fipronil		Imidaclopride entre lignes à 30 JAS (x 2 doses)
carbofuran liquide		Fipronil entre lignes à 30 JAS (x 2 doses)
thiodicarb (semevin)		Imidaclopride entre lignes à 30 & 60 JAS (x 2 doses)
témoin non traité		Fipronil entre lignes à 30 & 60 JAS (x 2 doses)
organique avec distillat de bois		
organique avec produits Brésil		

Collections Variétales Soja de cycle court et moyen

Tableau 2 **Matrice des systèmes de culture de Memot (1/2)**
Réalisations 2004, 2005 & programmation 2006

grandes bandes	2004	2005	2006
1	Soja / *Sorgho + Stylo + Cajanus*	Bio pompe Eleusine / Maïs + Brach	Bio pompe Eleusine / Soja cm
2	Bio pompe Eleusine / Riz	Bio pompe Eleusine / Coton	Bio pompe Eleusine + Cajanus / Maïs + Brach
3	Maïs / *Sorgho + Brach + Cajanus*	Bio pompe Eleusine / Soja cm	Bio pompe Eleusine / Coton
4	**Manioc x Labour (référence)**	**Manioc x Labour (référence)**	**Manioc x Labour (référence)**
5	Manioc + *Brachiaria*	Bio pompe Eleusine / Soja cm	Manioc + Brachiaria
6	Soja / *Sorgho + Stylo*	Manioc + Brachiaria	Brachiaria / Soja cm
7	Bio pompe Eleusine / Manioc + *Stylo*	Bio pompe Eleusine / Riz cm	Manioc + Stylo
8	Bio pompe Eleusine / Soja	Manioc + Stylo	Stylo / Riz cm
9	**Manioc x Labour (référence)**	**Manioc x Labour (référence)**	**Manioc x Labour (référence)**
10	**Vigna radiata / Riz x labour (référence)**	**Vigna radiata / Riz x labour (référence)**	**Vigna radiata / Riz x labour (référence)**
11	Bio pompe Eleusine / Riz	Bio pompe Eleusine / Riz cm	Bio pompe Eleusine / Riz cm*
12	**Riz cl (référence) x houe**	**Riz cl (référence) x houe**	**Riz cl (référence) x houe**
13	Riz cl (référence) x houe	Bio pompe Eleusine / Riz cm + Vigna ung.	Bio pompe Eleusine / Riz cm* + Vigna ung.
14	Bio pompe Sorgho / Riz	Bio pompe Eleusine + Cajanus / Riz cm	Bio pompe Eleusine + Cajanus / Riz cm*
15	**Vigna radiata / Riz x labour (référence)**	**Vigna radiata / Riz x labour (référence)**	**Vigna radiata / Riz x labour (référence)**

** en italique, les cultures & couvertures de 2ème cycle n'ayant produit ni grain ni biomasse : semis tardif et arrêt des pluies précoces (schéma de systèmes abandonné dès 2005)*

** Eleusine dans le Soja, semer au 1ères feuilles jaunes du Soja ; parcelle compactée et état de surface battant*

** spliter surface avec var. utilisée sur la bande en 2005 et nouvelle variété de plus haut potentiel*

N.B sur matrice, traiter contre insectes terricoles dès que apparaît 1 période sèche (4-5 jours sans pluies et ciel pur)

Matrice des systèmes de culture de Memot (2/2)

petites bandes d'ajustements des systèmes

A/ Evaluations de nouveaux systèmes

Bio pompe Eleusine + Cajanus / Riz cc* / Pastèque
Bio pompe Eleusine + Cajanus / Riz cc* / Sorgho + Cajanus
Bio pompe Eleusine + Cajanus / Riz cc* / Mil + Cajanus
** semis précoce du Riz cc, vers le 20/06*

Bio pompe Cajanus / Riz cc
Arachide* + Manioc + Brach
Bio pompe Eleusine + Cajanus / Coton
** Arachide semée en sec et en coque, fin Mars ; Manioc et Brach installés en interligne début Mai*

B/ Ajustement thématique

Comparaison de bio pompe

Bio pompe Mil + Cajanus / Riz cm
Bio pompe Sorgho + Cajanus / Riz cm
Bio pompe Eleusine + Cajanus / Riz cm
Bio pompe Eleusine / Riz cm
Bio pompe Mil + Crotalaire / Riz cm
Bio pompe Sorgho + Crotalaire / Riz cm
Bio pompe Eleusine + Crotalaire / Riz cm

Herbicide

Riz : Oxadiazon en PRE
Pendimethalin en PRE + Metsulfuron methyl en POS precoce (3-4 g/ha à 18-20 JAS)
Pendimethalin en PRE + 2,4 D amine en POS precoce (360 g/ha à 18-20 JAS)
Pendimethalin en PRE + 2,4 D amine en POS - fin tallage (720 g/ha à 40 JAS sur cc et 60 JAS sur cm)

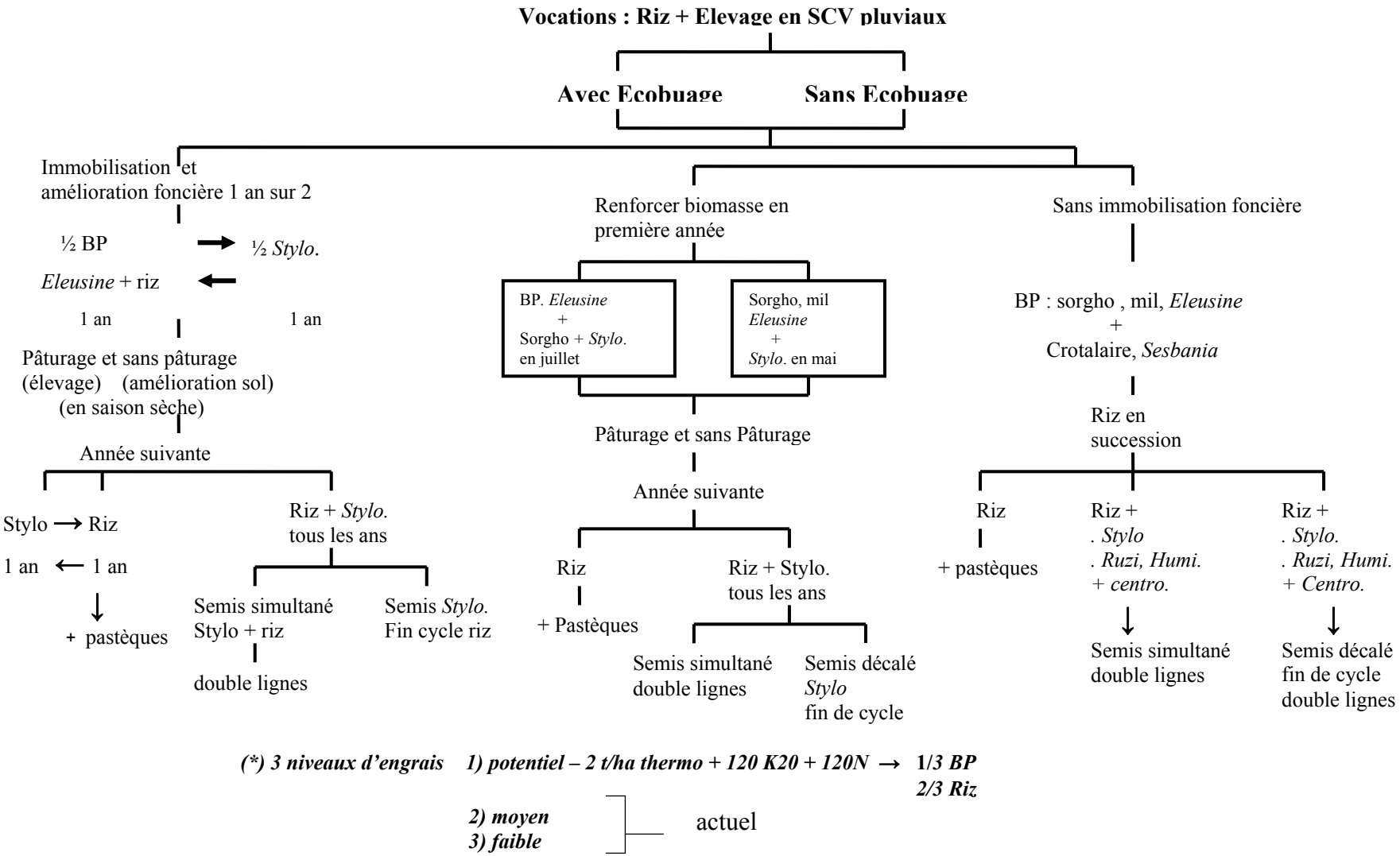
Insectes du sol (termites, vers blancs, rhopalosiphum, ...)

Traitement de semences	X	x compléments en végétation :
imidaclopride		Furadan 3G tous les 20 jours (protection totale)
fipronil		Imidaclopride entre lignes à 30 JAS
témoin non traité		Fipronil entre lignes à 30 JAS
organique avec distillat de bois		Imidaclopride entre lignes à 30 & 60 JAS
organique avec produits Brésil		Fipronil entre lignes à 30 & 60 JAS

Collections Variétales Riz

cc cm cl

Tableau 3 – Rizières sur sables et sur colluvions basaltiques –



. **Introduire dans les systèmes SCV**

- 1 niveau fort de fumure (non limitant → potentiel), comme amélioration foncière = 2 t/ha thermophosphate + 120 K_20 20 N/ha

- 1/3 de cette fumure sur biopompe précédent *(booster leurs fonctions)*
- 2/3 sur riz.

. Attention aux attaques d'insectes terricoles au cours des périodes sèches et que la culture de riz est strictement pluviale : traitement obligatoire des semences, ensuite compléter si périodes sèches.

. Tester les meilleurs Sebotas x F_1 , F_2 , F_3, avec 2 variétés locales + 1 Hiv, intercalés toutes les 5 variétés à tester.

(*) Très important → Introduire sur de nouvelles parcelles, la technique de l'écobuage (avec balles de riz comme combustible ou charbon de balles) → Introduction aux SCV sans intrants chimiques.

5. Premiers résultats significatifs après 2 ans (Highlights)

(*) Présentations de Stéphane Boulakia, Maître d'oeuvre du projet

1) Diagnostic agraire sur l'agriculture pluviale de Kampong Chan
Diagnostic agro-socio-économiques

Projet de Développement de l'Hévéaculture Familiale

Composante « diversification des cultures »

Rapport annuel 2004

Introduction

- Rappel sur les objectifs de la composante « diversification des cultures »

La composante diversification des cultures a démarré ses activités en 2004, alors que le PDHF réalisait sa 5ème campagne de plantation. Elle a pour principaux objectifs :

- l'amélioration des performances agro-techniques et économiques des cultures annuelles pluviales afin
  - (i) de faciliter le passage de la période immature des jeunes plantations d'hévéas (performances des cultures en intercalaires des jeunes hévéas)
  - (ii) proposer des itinéraires techniques à base de cultures annuelles attractifs et durables pour maintenir une diversité des productions au sein des exploitations agricoles et un équilibre entre cultures pérennes et cultures annuelles (+ élevage) dans la mise en valeur du fort potentiel de production des sols rouges sur basaltes de la province de Kampong Cham.

- tester des améliorations « à la marge » (*i.e* thématiques) du référentiel technique hévéa (on ne bouleverse pas ce qui marche !) afin
  - (i) de réduire le facteur risque (mortalité au cours de la première année) et la durée de la période immature en travaillant principalement sur l'accroissement de l'eau disponible et la fertilisation minérale
  - (ii) de diversifier l'offre clonale des plantations familiales et privées (mission d'appui de sélectionneur CIRAD-CP auprès de la recherche hévéicole khmère -IRCC)
  - (iii) optimiser l'exploitation des arbres dont les premières plantations de 1999 du PDHF, ouvertes en Décembre 2004 (missions d'appui de spécialiste des systèmes de saignée et de la physiologie du latex -CIRAD-CP)[1]

- la mise au point de références techniques pour la riziculture sur terrasses hautes (riziculture pluviale de zones basses = « rainfed lowland rice ») ; démarrage à partir de 2005, après 1ères multiplications du matériel végétale en 2004 (variétés de riz poly-aptitudes).

- Les principales activités de la composante « diversification … » en 2004.

Elles se sont divisées en 3 parties :

- connaissance du milieu d'intervention du PDHF par
  - (i) encadrement de 2 stages de diagnostic agraire sur 2 des principaux districts d'intervention du projet présentant les agricultures les plus contrastées : le district de Chamcar Loeu sur la rive droite du Mékong et celui de Memot situé à l'extrême Est de la province, le long de la frontière du Vietnam (provinces voisines de Tai Ninh et ex Song Be)
  - (ii) la réalisation d'une série d'essais sur les principaux systèmes de culture pluviaux pratiqués par les paysans (les références dans la construction de l'offre technologiques) : évaluations des performances techniques et économiques, contraintes et avantages agro-techniques.
  - (iii) participation à la conception et l'analyse d'une enquête sur la dynamique hévéicole familiale et privé (i.e hors compagnie et PDHF) dans la province pour les campagnes de plantations 2004 et 2005 (cf annexe XXX pour le compte rendu de ce

[1] Ces 2 thèmes ne seront pas abordés dans ce rapport – voir les rapports de missions de MM. André Clément-Demange (sélection) et Régis Lacote (exploitation – physiologie) disponibles auprès de l'IRCC et du PDHF .

travail). Base méthodologique pour la réalisation d'un observatoire sur les rythmes et répartitions des plantations par recensement des pépinières privées.

- Création – diffusion – formation sur des systèmes de cultures pluviaux à base de plantes annuelles en semis direct sur couvertures végétales (SCV).

La création, l'évaluation et la diffusion des innovations à base de SCV nécessitent la mise en place de plusieurs types de dispositifs en étroite interrelations (cf. références méthodologiques L. Séguy & S. Bouzinac, A. Leplaideur)

- collections pour l'introduction, l'évaluation et la pré-multiplication d'un important germoplasm portant sur
  - des cultures annuelles : riz pluviaux et polyaptitudes, Maïs composites, Sorgho, Mil, Eleusine, … Soja, Vigna unguiculata, V. umbellata, Dolique
  - des cultures fourragères servant au renforcement des productions de biomasse dans la parcelle (objectif agronomique) et aux articulations productions de grain – élevage (objectifs techniques) : genre Brachiaria, Panicum, … Stylosanthes, Pueraria, Centrosema, …
- dispositifs d'évaluation et de mise au point des systèmes de cultures à base de SCV
  - dispositifs centraux -semi contrôlés- de création (+ formation et démonstration) : les « matrices » croisant les systèmes de culture (références locales et innovations) avec une gamme de niveau d'investissement (fertilisation, protection des cultures, …) → évaluation économique (coût, marge brute et temps de travaux), techniques (rendement, calendrier de travaux et risques) et agronomiques (validation par critères simples de la durabilité de l'offre technologique –C du sol)
  - dispositifs satellites : premières mise en application des innovations dans des dispositifs simples, couplant innovation et référence agriculteur équivalente (en terme d'objectif de production) → évaluation de la variabilité des performances, perception des agriculteurs …

En plus de ce travail pour, chez et avec des paysans, la composante « diversification … » apporte son appuie à l'IRCC dans la conception et la réalisation d'essais agronomiques sur des systèmes de culture à base de SCV conduits en intercalaire d'hévéas.

- Evolution du référentiel technique hévéa
  - Travail « à court et moyen termes » sur des améliorations marginales du référentiel technique robuste promu par le PDHF
    - évaluation de l'intérêt d'un renforcement x fractionnement de la fumure minérale et/ou organique en vue d'une réduction de la période immature
    - intérêt des techniques de mulching dans la protection des jeunes plants (année de planting et année 1) et dans l'amélioration de la croissance initiale (vu la nécessité d'évaluer ces techniques sur une série d'année climatique plus ou moins sévère, ces derniers types de tests sont transférés à l'IRCC pour être systématisés et reproduits sur plusieurs années successives (avec enregistrement parallèle des données climatiques)
  - Travail de fond sur les modes de gestion de l'interligne ; cerner l'impact du passage des modes de gestion actuel -reposant sur un une préparation et un « entretien » de l'interligne à la charrue à disque (minéralisation accélérée de la matière organique du sol et massacre du mât de racines superficielles, assurant la nutrition minérale) et un sarclage manuelle de la ligne (glaçage de la surface du sol limitant l'infiltration de l'eau, concentrée sur cette zone par les canopées et l'écoulement de ces eaux de pluies collectées le long des troncs)- à des gestions –avec ou sans cultures intercalaires- centrée sur la protection du sol et le « recyclage » accéléré de matière organique dans l'espace intercalaire … décliner les bases agro-techniques des SCV au profit d'une culture pérennes. Ces thèmes seront abordés, à partir de 2005, au travers d'une série d'essais mis en place par la station expérimentale de l'IRCC (avec appui conceptuel et méthodologique de la composante « diversification … »).

I/ Grands traits de l'agriculture pluvial et des dynamiques agraires sur les terres rouges basaltiques de la province de Kampong Cham.

Pour plus de détails sur ces thèmes, se reporter aux rapports de stages de Mlles

- Laurène Feintrenie : *Diagnostic agraire du district de Memot, Province de Kampong Cham, Royaume du Cambodge*, 69 pp + annexes,
- Cécile Jacqmin : *Pression foncière et différenciation sociale – districts de Chamcar Loeu et de Stung Trang, Province de Kampong Cham, Royaume du Cambodge*, 70 pp + annexes.

Ces travaux permettent de mieux cerner le contexte dans lequel intervient le PDHF et les enjeux sociaux et économiques liés à l'amélioration des systèmes de cultures -vivriers et commerciaux- à base de plantes annuelles.

I-1/ Chamcar Loeu et Stung Trang

Sur ces districts, les terres rouges basaltiques se déploient sur de larges plateaux massifs intercalés de grandes plaines rizicoles donnant un paysage agricole nettement séparés en 2 domaines ; seule une petite minorité d'exploitations agricoles (EA) exploitent encore de façon équilibrée des terres de ces 2 ensembles. Cette structure des paysages explique également, en partie (+ causes historiques), une concentration de l'habitat en de gros bourgs, conduisant les EA à gérer des terres de plateaux éloignées (et souvent difficiles d'accès en saison des pluies) des lieux d'habitation.

- un mouvement actif de concentration foncière

La totalité de l'agriculture sur terres rouges basaltiques à Chamcar Loeu est à vocation commerciale ; leur mise en valeur se partage entre des cultures pérennes -principalement anacardier, hévéa et bananier- et des successions à base d'annuelles dont le Soja est la culture pivot principale (estimation -lue dans la presse- entre 50 à 60 000 ha de Soja à Kompong Cham).

Cette agriculture est en cours de mutation active notamment du fait d'une concentration rapide du foncier entre les mains de moyens propriétaires agriculteurs et de moyens et grands propriétaires, commerçants locaux et fonctionnaires de Kampong Cham ou de Phnom Penh. Le prix de la terre est très élevé, entre 2 500 et 3 500 USD/ha (fonction de la qualité et surtout de la facilité d'accès) à Chamcar Loeu.

- l'essor des cultures pérennes extensives : un moyen d'économiser le «facteur travail» devenu limitant

Cette concentration du foncier entre notamment les mains de propriétaires non agriculteurs et souvent urbains s'accompagne d'une extension des cultures pérennes d'anacardiers, d'hévéas et de bananiers. Un nombre de spéculations limité par le recours à des référentiels techniques bien connus et des filières commerciales rodées et par des choix de spéculations nécessitant de faibles niveaux d'investissement initial et surtout des besoins en main d'œuvre limité (y compris pendant la période immature avec la pratique courante de location des interlignes pour les cultures intercalaires).

Ces évolutions conduisent à une perte de diversité[1] des paysages agricoles et à une diminution de l'emploi en milieu rural (baisse du nombre requis d'actifs/ha). De plus, certains de ces systèmes -anacardiers, bananiers (hors bassin de production traditionnel de la filière), hévéas de basse technologie- constituent indéniablement une sous valorisation du fort potentiel pédo-climatiques (marges brutes/ha) des terres rouges sur basaltes de Kampong Cham.

Les tableaux ci-dessous présentent une estimation des résultats technico-économiques des principales cultures pérennes développées sur les terres rouges de Chamcar Loeu et Stung Trang

[1] D'autant plus que la culture de bananiers est confrontée à un problème de pression phytosanitaire (Maladie de Panama – Fusarium oxysporum) qui se traduit par une baisse de la production et une réduction de la durée de vie économique des bananeraies (l'introduction de collections et un renouvellement variétale serait probablement une des voies pour le maintien de cette filière).

Résultats technico-économiques d'une *plantation d'hévéas de « haute technologie »* mise en place avec l'appui du projet PDHF (hypothèse de production : 1 350 kg/ha de moyenne sur 24 ans de saignée - ouverture en 6ème année)

Tableau 1a : « investissement » en période immature

Période immature 0 – 5 ans		
Coût du travail (USD/ha) *	Intrant (USD/ha)	Total (USD/ha) **
770	750	1 520

* sur la base des relevés de temps de travaux du PDHF et d'une valorisation de la journée de travail à 1,35 USD/jour
** le capital emprunté moyen pour le financement des jeunes plantations s'élève à 565 USD/ha (Aide mémoire M. Julien Calas, AFD, 2005)

Tableau 1b : coûts et marges brutes en période de saignée

6-9 ans : 800 kg/ha/an				10-21 ans : 1 700 kg/ha/an				22-25 ans : 1 200 kg/ha/an				26-29 ans : 1 000 kg/ha/an			
W	In	Pro	MB	W	In	Pro	MB	W	In	Pro	MB	W	In	Pro	MB
270	50	570	250	420	20	1220	780	340	20	860	500	300	20	720	400
410	50	570	110	560	20	1220	640	480	20	860	360	440	20	720	260

W : coût moyen annuel du travail pour la saignée et l'entretien (USD/ha/an)
1ère ligne : coût du travail réduit (économie d'échelle, accord avantageux pour propriétaire …) : fixe moyen de 12,5 USD/ha/mois sur 11 mois + 0,05 USD par litre de latex (3,3 litres = 1 kg de caoutchouc sec)
2ème ligne : coût du travail élevé : fixe moyen de 25 USD/ha/mois sur 11 mois +0,05 USD par litre de latex
In : coût moyen annuel des intrants et petits équipements (USD/ha/an)
Pro : produit moyen annuel (USD/ha/an) sur base actuel d'une rémunération à hauteur de 65 % du FOB et prix FOB à 1 100 USD/t
MB : marge brute moyenne annuelle (USD/ha/an)

Résultats technico-économiques d'une *plantation d'hévéas de « basse technologie »*, mise en place spontanément, sans appui technique et avec du matériel végétale non clonale (hypothèse de production : 1 000 kg/ha de moyenne sur 24 ans de saignée - ouverture en 8ème année)

Tableau 2a : « investissement » en période immature

Période immature 0 – 7 ans		
Coût du travail (USD/ha) *	Intrant (USD/ha) **	Total (USD/ha)
590	300	890

* sur la base d'estimations du PDHF et d'une valorisation de la journée de travail à 1,35 USD/jour
** principalement achat de plants

Tableau 2b : coûts et marges brutes en période de saignée

8-11 ans : 500 kg/ha/an				12-23 ans : 1 200 kg/ha/an				24-27 ans : 800 kg/ha/an				28-31 ans : 600 kg/ha/an			
W	In	Pro	MB	W	In	Pro	MB	W	In	Pro	MB	W	In	Pro	MB
220	40	360	100	340	10	860	510	270	10	570	290	240	10	430	180
360	40	360	-40	480	10	860	370	410	10	570	150	380	10	430	40

W : coût moyen annuel du travail pour la saignée et l'entretien (USD/ha/an)
1ère ligne : coût du travail réduit (économie d'échelle, accord avantageux pour propriétaire …) : fixe moyen de 12,5 USD/ha/mois sur 11 mois + 0,05 USD par litre de latex (3,3 litres = 1 kg de caoutchouc sec)
2ème ligne : coût du travail élevé : fixe moyen de 25 USD/ha/mois sur 11 mois +0,05 USD par litre de latex
In : coût moyen annuel des intrants et petits équipements (USD/ha/an)
Pro : produit moyen annuel (USD/ha/an) sur base actuel d'une rémunération à hauteur de 65 % du FOB et prix FOB à 1 100 USD/t
MB : marge brute moyenne annuelle (USD/ha/an)

N.B. ces tableaux comparatifs n'intègrent pas les revenus du bois lors de l'abattage (actuellement de l'ordre de 5-7 USD/arbre -vente sur pied- soit de 2 000 à 2 800 USD/ha pour 400 arbres) ; ces revenus seront sans doute peu différents entre des plantations de haute et basse technologie mais sont à garder en mémoire dans les comparatifs avec les autres cultures pérennes (cf graphes).

La plus value technique du PDHF permet presque le doublement de la marge brute cumulée (hors revenu du bois) sur un cycle plantation-abattage (cf graphique). La marge brute cumulée devient positive vers la 12ème année pour une plantation de « haute technologie » et autour de la 14ème année pour une plantation « hors projet »[1]

[1] Les marges deviennent positives également autour de la 14ème année pour les plantations PDHF si l'on comptabilise les frais financiers.

Résultats technico-économiques d'une *plantation d'anacardiers* (hypothèse de production : 700 kg/ha de moyenne sur 22 ans de récolte – 1ère récolte significative en 3ème année)

Tableau 3a : « investissement » en période immature

Période immature 0 – 2 ans		
Coût du travail (USD/ha) *	Intrant (USD/ha)	Total (USD/ha)
140	10	150

* sur la base des données d'enquêtes PDHF et d'une valorisation de la journée de travail à 1,35 USD/jour

Tableau 3b : coûts et marges brutes en période de production

3-6 ans : 500 kg/ha/an				7-14 ans : 1 000 kg/ha/an				15-19 ans : 700 kg/ha/an				20-24 ans : 400 kg/ha/an			
W	In	Pro	MB	W	In	Pro	MB	W	In	Pro	MB	W	In	Pro	MB
50	5	250	195	70	10	500	420	60	5	350	285	45	5	200	150

W : coût moyen annuel du travail pour l'entretien et la récolte (USD/ha/an)
N.B. principalement de la récolte (30 kg de noix par homme.jour) → emploi réduit et très saisonnier
In : coût moyen annuel des intrants et petits équipements (USD/ha/an)
Pro : produit moyen annuel (USD/ha/an) sur base récente moyenne de prix producteur à 0,5 USD/kg de noix
MB : marge brute moyenne annuelle (USD/ha/an)

Résultats technico-économiques d'une *plantation de bananiers*, sur 2 zones contrastées (zone traditionnelle de production dans le Sud du district de Chamcar Loeu, plantation isolée sur nouvelle aire sur le plateau de Pre Kak -district de Stung Trang)

Tableau 4a : « investissement » en période immature

Période immature 0 & 1 an		
Coût du travail (USD/ha) *	Intrant (USD/ha) **	Total (USD/ha)
130	10	140

* sur la base d'estimations du PDHF et d'une valorisation de la journée de travail à 1,35 USD/jour
** principalement achat de plants

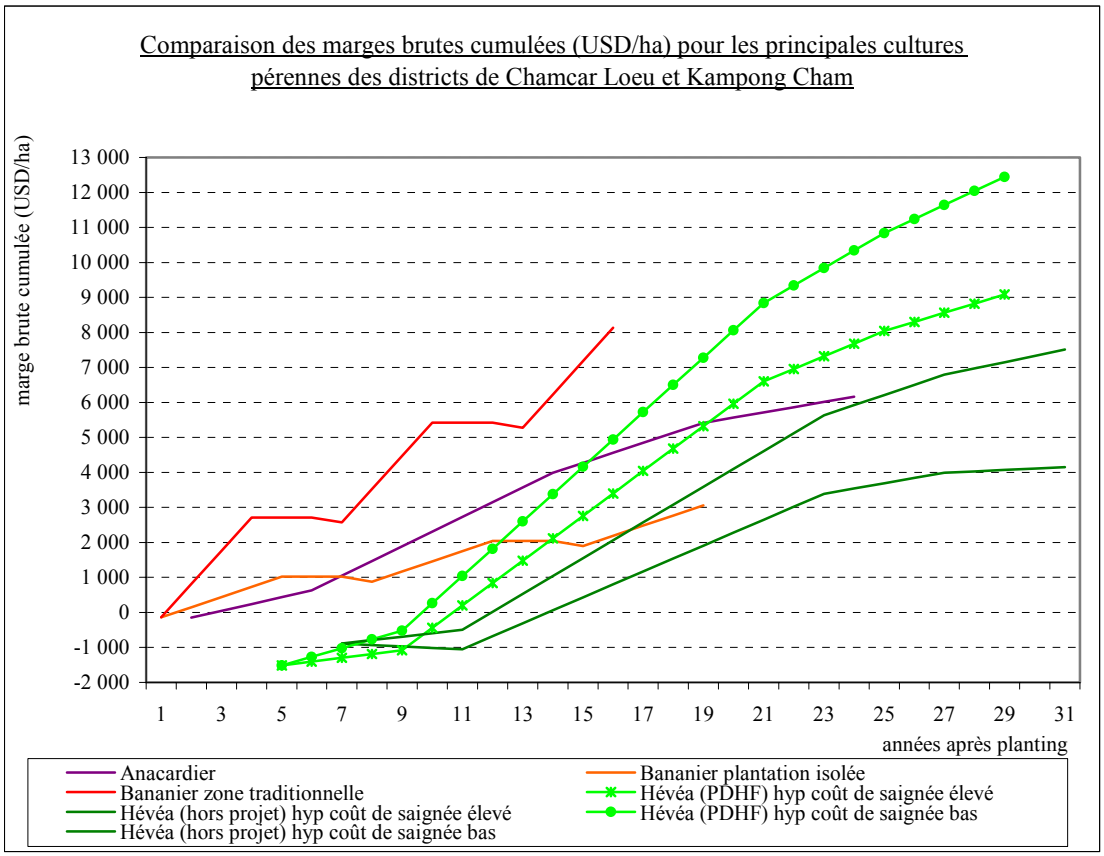
Tableau 4b : coûts et marges brutes en période de production

	2-4 ans				5 ans			
	W	In	Pro	MB	W	In	Pro	MB
Zone traditionnelle	110	20	1080	950				
Plantation isolée sur aire nouvelle	80	20	390	290	80	20	390	290

W : coût moyen annuel du travail pour l'entretien et les récoltes (USD/ha/an)
In : coût moyen annuel des intrants et petits équipements (USD/ha/an)
Pro : produit moyen annuel (USD/ha/an) sur base actuel
Zone trad. : sol fertile, coût de transport réduit et filière active (prix élevé) mais pression phytosanitaire forte (durée de production réduite) - 1 600 mains/mois/ha en saison des pluies (0,06 USD/main) ; 800 mains/mois/ha en saison sèche (0,1 USD/main)
Plantation isolée : sol moins favorable, coût de transport élevé et filière «diluée» (prix bas) ; pression phytosanitaire réduite (production sur 4 ans) - 1 000 mains/mois/ha en saison des pluies (0,04 USD/main) ; 400 mains/mois/ha (0,06 USD/main)
MB : marge brute moyenne annuelle (USD/ha/an)

Les graphes ci-dessous soulignent la grande disparité économique et sociale qui existe entre ces cultures :

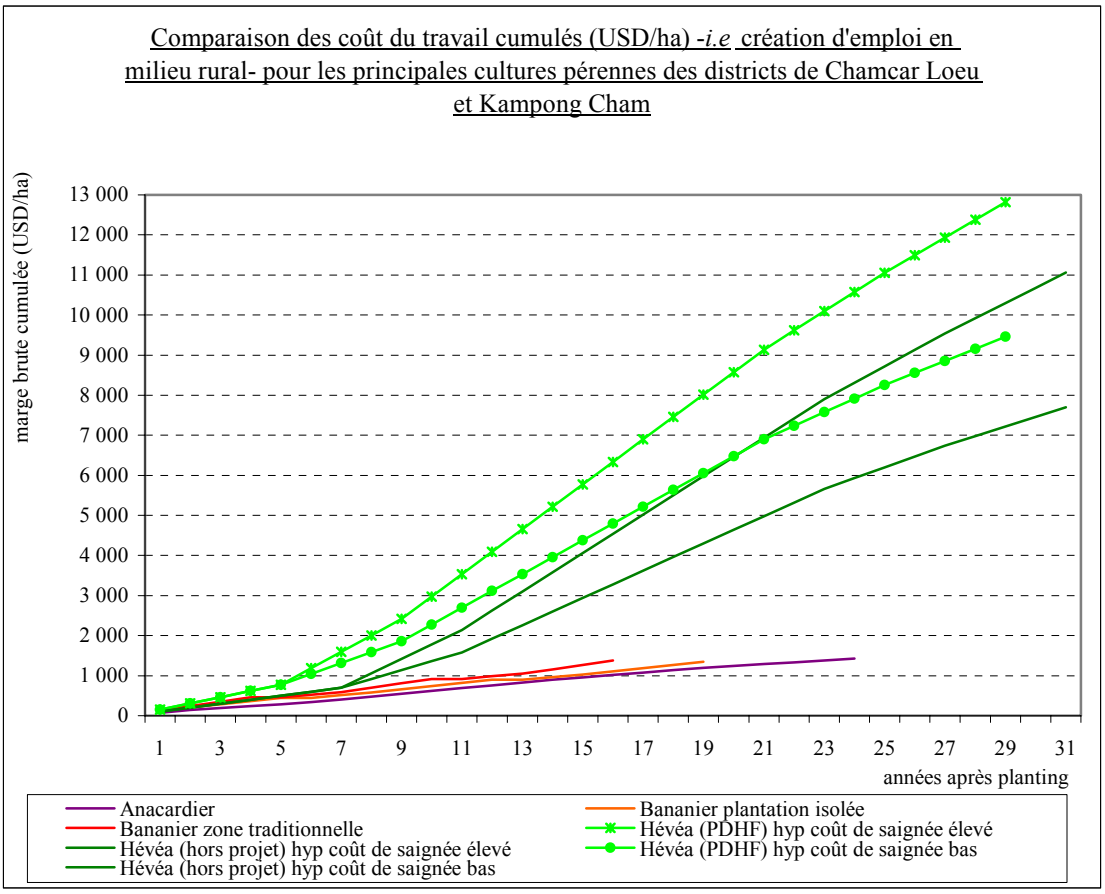
- l'hévéa -avec bonne maîtrise technologique- permet d'atteindre les marges brutes cumulées les plus élevées sur le long terme, en dépassant l'anacardier entre la 15ème et la 19ème année ; mais l'hévéa se singularise nettement par rapport aux 2 autres cultures par l'importante « masse salariale » qu'il requiert … ou génère (question de point de vue) : il permet la distribution d'une masse salariale moyenne comprise entre 294 et 371 USD/ha/an, pour un travail régulier tout au long de l'année, alors qu'un hectare d'anacardiers « n'apporte » que 57 USD/ha/an pour un travail essentiellement concentré à la récolte.



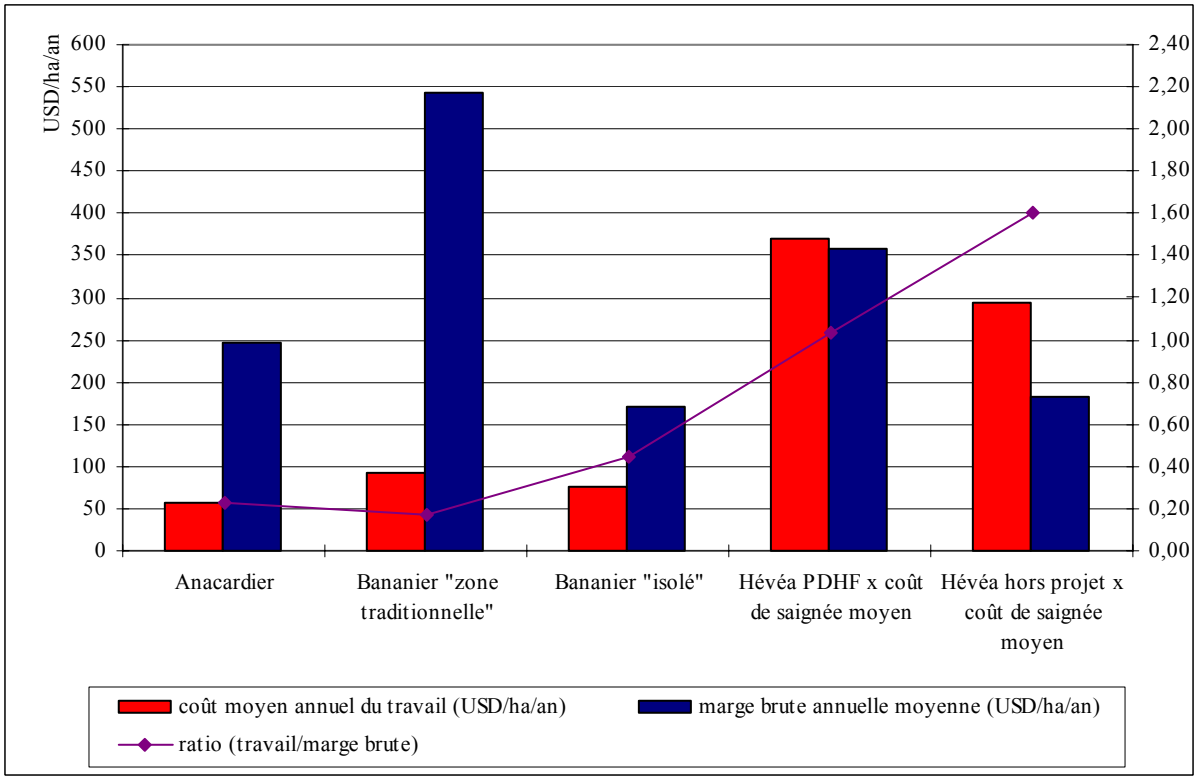
N.B. pour les cultures de bananiers, les marges brutes sont cumulées sur 3 cycles « abattage-replantation » successifs ; généralement les paysans intercalent au moins une année de cultures annuelles (dont la marge brute n'est pas nulle -cf infra- comme représenté sur ce graphe).

- l'anacardier est attractif par ses faibles coûts d'implantation, une courte période immature et de faible besoins en entretien ; sa marge brute -moyenne sur un cycle plantation-abattage- par hectare se situe entre celles de plantations d'hévéas de basse ou haute technologie ; par contre, le développement de cette culture sur de grandes surface par les nouveaux propriétaires fonciers, dans une région à forte densité de population, peut être considéré comme une **catastrophe sociale**, vu les faibles besoins en travail de cette culture : avec cette culture, le foncier n'offre plus d'emploi en milieu rural ;

- le bananier se rapproche de l'anacardier par ses coûts d'implantation et sa courte période immature ; il en diffère par des besoins en main d'œuvre limités mais continus tout au long de l'année pour l'entretien et les récoltes et la brièveté des cycles plantation-abattage ; ces cycles sont généralement intercalés -principalement pour des raisons phytosanitaires- de une ou plusieurs années de cultures annuelles (soja). Ceci explique en grande partie pourquoi la culture de la banane est rarement pratiquée sur de grande surface par les nouveaux propriétaires fonciers et demeurent une culture de petits et moyens agriculteurs. Les performances économiques d'une plantation de bananier sont très attractives dans les bassins de collectes traditionnels (Sud de Chamcar Loeu, commune de Ta Ong, Bos Khnor) mais beaucoup moins pour les plantations isolées (surcoût de transport, difficulté d'évacuation d'un produit périssable).



Comparaison du coût annuel moyen du travail (la création d'emploi / ha de plantation) et de la marge brute annuelle moyenne (le revenu du propriétaire) des principales cultures pérennes de Chamcar Loeu et Stung Trang.



N.B. pour l'hévéa, en intégrant les revenus du bois à l'abattage (2 400 USD/ha : 30 ans = 80 USD/ha/an), la marge brute annuelle moyenne passe de 360 à 440 USD/ha/an pour une plantation de « haute technologie ».

- des systèmes de culture commerciaux à base de plantes annuelles en recul

Le système de culture dominant repose sur une succession annuel sésame / soja (ou parfois pois mungo / soja) avec travail du sol à la charrue à disque (travail à façon) avant chaque cycle.

Le sésame et le pois mungo sont adaptés aux conditions pluviométriques aléatoires de début de saison (double aléas de la date des premières pluies significatives et de la date et durée de la « petite saison sèche ») ; ils sont semés en sec fin mars - début avril pour être récoltés fin juin - début juillet. En cas d'arrivée tardive des pluies (10-15 jours après le semis), les agriculteurs doivent ressemer ces cultures, les graines de sésame étant à cet égard moins résistantes que celle du pois mungo (forte température du sol nu exposé au rayonnement très important en avril).

Le soja est semé fin juin, début juillet, après récolte du premier cycle et 2nd labour au disque, une fois le régime des pluies et la réserve utile du sol, bien établis. En cas d'implantation tardive du soja (au-delà de la mi-juillet) liée à une récolte tardive du premier cycle, les paysans se rabattent sur des variétés de cycle court (90 jours au lieu de 115 jours), donc de moindre potentiel, afin de réduire les risques lié à un arrêt précoce des pluies (début Octobre) en fin de cycle comme ce fut le cas en 2004.

Sur ce système de culture, les paysans réduisent l'emploi de main d'œuvre extérieure en ayant recours à de la mécanisation à façon pour les labours, le battage et plus récemment pour les semis. La main d'œuvre extérieure est mobilisé pour les semis (encore manuels dans la plupart des cas), les sarclages et la récolte (battage mécanisé à poste fixe).

Ce système de culture présente donc un calendrier agricole serré et un facteur risque important sur le premier cycle qui peut se reporter en fin de 2ème cycle en cas de semis tardif du soja. La répétition sur plusieurs années de ce mode de gestion conduit à des problèmes agro-techniques qui augmentent les charges (de sarclage notamment avec la prolifération d'adventices agressives : Cyperus sp. et Borreria alata en premier lieu) et diminuent les rendements.

Les performances technico-économiques de ce système de culture sont présentées dans cet encadré pour deux cas de figures extrêmes :

- scénario 1/ terres avec longue mise en culture par annuels + climat défavorable en début de 1er cycle (double semis, récolte tardive moyenne)
- scénario 2/ culture sur défriche récente d'une vieille plantation d'hévéas (fertilité résiduelle élevée et faible pression d'adventices) + année climatique favorable

Tableau 5a : coûts et marges brutes du principal système de culture annuel : la succession sésame/soja

Scénario 1	W	In	Pro	MB	Scénario 2	W	In	Pro	MB
Sésame : 300 kg/ha	110	50	135	- 25	Sésame : 1000 kg/ha	105	30	450	315
Soja : 1 200 kg/ha	135	55	360	170	Soja : 2 200 kg/ha	125	65	660	470
Succession sésame/soja	245*	105	495	145	Succession sésame/soja	230*	95	1 110	785

W : coût moyen annuel du travail pour l'entretien et les récoltes
* : dont environ 80-100 USD/ha de mécanisation à façon pour les labours, les reprises et les battages
In : coût moyen annuel des intrants et petits équipements (USD/ha)
Pro : produit (USD/ha)
MB : marge brute moyenne annuelle (USD/ha/an)

Les résultats économiques sont comparables lorsque le pois mungo remplace le sésame (en fait la marge brute « potentielle » est légèrement inférieure mais le risque lié aux aléas climatiques est moindre).

Risque climatique -principalement sur le 1er cycle- et altération progressive des sols conduisent à une forte variabilité interannuelle des performances technico-économiques de ce système et de grande disparité entre parcelles (historique parcellaire et premières pluies -d'avril- très localisées). Les « bonnes années », les marges brutes de ce système à base d'annuelles sont comparables à celles d'une plantation d'hévéas de qualité en pleine production ; par contre les années climatiques défavorables fragilisent les petites exploitations qui s'endettent sur le 1er cycle et sont obligées d'emprunter à nouveau pour la préparation et le semis du 2nd cycle de Soja.

I-2/ Memot

Situé sur la rive gauche du Mékong, à l'extrême Est de la Province, frontalier du Vietnam, le district de Memot présente une agriculture et des structures agraires très différentes de Chamcar Loeu. Les terres rouges se déploient sur des plateaux plus élevés (200-300 m) et moins massifs qu'à Chamcar Loeu ; les unités de paysage sont plus « resserrées », avec des pentes -entre sommet de plateaux et bas fonds rizicoles- plus prononcées. La plupart des exploitations agricoles « traditionnelles » (*i.e.* qui ne se sont pas créées par une accumulation de foncier récente) recoupent la variabilité morpho-pédologique de ces unités de paysage que les paysans ont mis en valeur par des systèmes de culture adaptées :

- riziculture à 1 ou 2 cycles par an dans les bas fonds argileux (à caractères vertiques) ;
- verger à dominante de Durian (*Durio zibethinus*) en bordure des bas fonds (en contre bas des plateaux de terres rouges) sur des terres gris-rouges hydromorphes (transition avec résurgence des nappes d'eau peu profondes) ; cette situation permet d'assurer les besoins en eaux des Durians (plante équatoriale) pendant la longue saison sèche, sans mis en place de système d'irrigation ;
- les systèmes de culture sur plateaux de sols rouges basaltiques sont -comme à Chamcar Loeu- essentiellement commerciaux
    - des systèmes à bases de pérennes : dominante d'hévéas et anacardiers, pas de bananiers mais quelques rares vergers d'agrumes (mandariniers) et dans quelques villages sur la route nationale 7 des poivrières (surfaces réduites, à proximité des habitations)
    - des cultures annuelles dominées par le Manioc (à vocation commerciale) et le riz pluvial (vivrier), essentiellement pratiqué par les familles ne cultivant pas des surfaces rizicoles de bas fond suffisantes pour couvrir la consommation familiale ; le riz pluvial est également pratiqué en intercalaires des jeunes cultures d'hévéas et d'anacardiers (année de planting et 1ère année) car moins compétitifs pour les jeunes arbres que le Manioc. Les systèmes commerciaux à base de Soja ne sont pas pratiqués dans le district de Memot.

- une zone récemment désenclavée

La construction du pont sur le Mékong à Kompong Cham et la réfection de la nationale 7 -achevées début 2002- ont considérablement réduit la durée du transport entre Memot et Phnom Penh (# 210 km) : aujourd'hui 3 heures en voiture contre plus de 10-12 heures parfois lorsque la traversée du Mékong se faisait en Bac. Cet accès plus aisé permet un élargissement des filières commerciales qui ne sont plus exclusivement tournées vers le Vietnam voisin (investissement dans la transformation du Manioc, transport possible du coagulum vers les unités de transformation privées cambodgiennes, …) et a accru la pression sur le foncier (investisseurs locaux ainsi que de Kampong Cham et Phnom Penh) ; un mouvement de concentration du foncier s'est amorcé récemment, mais les petites exploitations traditionnelles, diversifiées avec des systèmes de cultures à faibles risques techniques semblent mieux amène d'y résister.

Le dynamisme de la région est renforcé par l'accès au réseau électrique vietnamien qui alimente les villages situés en bordure de la nationale 7 à partir de Krek (?).

- une forte influence du Vietnam voisin sur les pratiques agricoles

Cette influence s'exerce à deux niveaux :

(i) dans le choix des spéculations pour lequel le Vietnam offre des débouchés commerciaux (Manioc) et les référentiels techniques (poivre, développement du Robusta au milieu des années 90, aujourd'hui abandonné après la crise des cours amorcée en 2001), …

(ii) par la facilité de commercialisation des produits à la frontière et des prix plus favorable aux producteurs (plus grande concurrence entre les intermédiaires) ; ces intermédiaires qui fournissent les industries (ou atelier) de transformations vietnamiens et contribuent donc à un ajustement des prix des produits agricoles sur les prix CIF des ports du Sud Vietnam et par là répercutent instantanément les fortes variations de cours de certaines matières premières : anacarde, poivre, manioc (PSC), …

Les encadrés suivants présentent les performances économiques des systèmes de cultures pluviaux non pratiqués à Chamcar Loeu (annuelle : manioc et riz pluvial - Pérennes : vergers à dominante de Durian, poivre) ainsi que celles de la riziculture de bas-fond.

Les performances technico-économiques d'une culture de manioc sont présentées dans cet encadré pour deux hypothèses de prix et de rendements :

- hypothèse haute : 70 USD/t de Manioc-cossette (*i.e.* épluché et séché au soleil) (prix début 2005)
- hypothèse moyenne : 40 USD/t (prix 2004)

Tableau 6a : coûts et marges brutes du principal système de culture annuel de rente : la monoculture de Manioc

Prix bas : 40 USD/t	W	In	Pro	MB	Prix haut : 70 USD/t	W	In	Pro	MB
Rendement bas : 5 t/ha	110	25	200	65	Rendement bas : 5 t/ha	110	25	350	215
Rendement haut : 9 t/ha	145	40	360	175	Rendement haut : 9 t/ha	145	40	630	445

W : coût moyen annuel du travail pour l'entretien et les récoltes (valorisation de la journée de travail à 1,25 USD/jour)
* : dont environ 20 USD/ha de mécanisation à façon pour le labour
In : coût moyen annuel des intrants et petits équipements (USD/ha)
Pro : produit (USD/ha)
MB : marge brute moyenne annuelle (USD/ha/an)

Le manioc offre des résultats économiques de moindre potentiel que le soja, mais avec un aléas technique réduit (les différences entre hypothèses de rendements haute et basse sont davantage liées à l'age de mise en culture en manioc des parcelles -monoculture plus ou moins ancienne- que à des variations climatiques interannuelles) ; sur le manioc, l'aléas principal pesant sur les performances économiques réside dans le prix de vente qui peut passer du simple au triple d'une année à l'autre.

Les performances technico-économiques d'une culture de riz pluvial traditionnel sont présentées dans cet encadré pour deux hypothèses de rendements :

- rendement élevé : 1 500 kg/ha de riz paddy
- rendement bas : 500 kg/ha de riz paddy

Tableau 7a : coûts et marges brutes du d'une culture de riz pluvial traditionnel

Prix : 100 USD/t	W	In	Pro	MB
Rendement bas : 0,5 t/ha	140	10	50	- 100
Rendement haut : 1,5 t/ha	150	10	150	- 10

W : coût moyen annuel du travail pour l'entretien et les récoltes (valorisation de la journée de travail à 1,25 USD/jour)
In : coût moyen annuel des intrants et petits équipements (USD/ha)
Pro : produit (USD/ha)
MB : marge brute moyenne annuelle (USD/ha/an)

Le riz pluvial traditionnel est motivé par des « stratégies » de sécurité alimentaire familiale (où de valorisation de l'entretien des intercalaires de jeunes plantations d'anacardiers ou d'hévéas) ; le travail est exclusivement réalisée par la famille (ou l'entraide).

Par comparaison, les résultats économiques de la riziculture de bas fond (et de « plaines inondables » = rainfed lowland rice) à un ou deux cycles par an s'avère plus intéressant.

Les performances technico-économiques d'une culture de riz de bas fonds (1 cycle par an) sont présentées dans cet encadré pour deux hypothèses de rendements :

- rendement élevé : 2 500 kg/ha de riz paddy
- rendement bas : 1 000 kg/ha de riz paddy

Tableau 8a : coûts et marges brutes du principal de la riziculture de bas fond à 1 cycle/an

Prix : 100 USD/t	W	In	Pro	MB
Rendement bas : 1,0 t/ha	105	15	100	- 20
Rendement haut : 2,5 t/ha	120	20	250	110

W : coût moyen annuel du travail pour l'entretien et les récoltes (valorisation de la journée de travail à 1,25 USD/jour)
In : coût moyen annuel des intrants et petits équipements (USD/ha)
Pro : produit (USD/ha)
MB : marge brute moyenne annuelle (USD/ha/an)

Les performances technico-économiques d'une culture de riz de bas fonds (2 cycles par an) sont présentées dans cet encadré pour deux hypothèses de rendements :

- rendement élevé : 2 000 kg/ha (saison) + 3 000 kg/ha (contre saison) de riz paddy
- rendement bas : 1 000 kg/ha (saison) + 2 000 kg/ha (contre saison) de riz paddy

Tableau 8b : coûts et marges brutes du principal de la riziculture de bas fond à 2 cycles/an

Prix : 100 USD/t	W	In	Pro	MB
Rendement bas : 1,0 + 2,0 = 3,0 t/ha/an	255	55	300	- 10
Rendement haut : 2,0 + 3,0 = 5,0 t/ha/an	280	60	500	160

W : coût moyen annuel du travail pour l'entretien et les récoltes (valorisation de la journée de travail à 1,25 USD/jour)
In : coût moyen annuel des intrants et petits équipements (USD/ha)
Pro : produit (USD/ha)
MB : marge brute moyenne annuelle (USD/ha/an)

Résultats technico-économiques d'un *verger à Durian (100 arbres/ha) et ramboutan (20 arbres/ha)*

Tableau 9a : modélisation de la production

Période immature 0 – 7 ans pour les Durians				
8ème année	9ème année	10ème année	11-20ème année	21-30ème année
1000 kg/ha durian + 200 kg/ha ramboutan	1800 kg/ha durian + 600 kg/ha ramboutan	2500 kg/ha durian + 1000 kg/ha ramboutan	3000 kg/ha durian + 1500 kg/ha ramboutan	2500 kg/ha durian + 1000 kg/ha ramboutan

Tableau 9b : « investissement » en période immature

Période immature 0 – 7 ans		
Coût du travail (USD/ha) *	Intrant (USD/ha)	Total (USD/ha)
460	310	770

* sur la base des données d'enquêtes PDHF et d'une valorisation de la journée de travail à 1,35 USD/jour

Tableau 3b : coûts et marges brutes en période de production

8ème année				9ème année				10ème année				11-20ème année			
W	In	Pro	MB	W	In	Pro	MB	W	In	Pro	MB	W	In	Pro	MB
50	115	1050	895	60	120	1950	1770	80	120	2750	2550	95	130	3375	3150

21-30ème année			
W	In	Pro	MB
80	120	2750	2550

W : coût moyen annuel du travail pour l'entretien et la récolte (USD/ha/an)
In : coût moyen annuel des intrants et petits équipements (USD/ha/an)
Pro : produit moyen annuel (USD/ha/an) sur base récente moyenne de prix producteur à 1,0 USD/kg de durian et 0,25 USD/kg de ramboutan
MB : marge brute moyenne annuelle (USD/ha/an)

Le poivre tient une place à part dans le paysage agricole du district ; par ses besoins d'irrigation en saison sèche et la nécessité d'une étroite surveillance (produit et matériel de pompage) à l'approche de la récolte, la culture du poivre est essentiellement pratiquée à proximité des habitations.

Les performances technico-économiques d'une poivrière sont présentées dans cet encadré pour une hypothèse de rendements moyens et deux hypothèses de prix :

- hypothèse haute : prix d'achat moyen (toutes qualités confondues) aux paysans de 3 USD/kg (prix de la fin des années 90 et 2000)
- hypothèse basse : prix d'achat moyen aux paysans de 1,3 USD (niveau de prix sur la période 2002-2005)

Tableau 10a : modélisation de la production

	Période immature 0 – 1 an (1ère production significative en fin de 2ème année)				
	2ème année	3ème année	4ème année	5ème année	6-10ème année
Hypothèse basse	600	1200	2000	2000	1500
Hypothèse moyenne	900	1800	3000	3000	2500
Hypothèse haute	1200	2400	4000	4000	3500

Tableau 10b : investissement et amortissement annuel

	Coût (USD)	Durée d'amortissement (an)	Amortissement (USD/an)
Motopompe	600	3	200
Tuyau	60	3	20
Tuteur bois (2500 x 2,5)	6 250	10	625
Boutures (5000 x 0,1)	500	10	50
Bâche	60	3	20
Amortissement total			**915**

Tableau 10c : coûts et marges nettes sur la durée de vie d'une poivrière (10 ans) pour une hypothèse de production moyenne et deux hypothèses de prix (basse = 1,3 USD/kg & haute = 3 USD/kg)

	1ère année				2ème année				3ème année				4ème année			
	W	In	Pro	MN	W	In	Pro	MN	W	In	Pro	MN	W	In	Pro	MN
Hypothèse basse	365	790	0	-2070	285	590	1170	-620	270	595	2340	560	290	595	3900	2100
Hypothèse haute	365	790	0	-2070	285	590	2700	910	270	595	5400	3620	290	595	9000	7200

	5ème année				6-10ème année			
	W	In	Pro	MN	W	In	Pro	MN
Hypothèse basse	290	595	3900	2100	290	595	3250	1450
Hypothèse haute	290	595	9000	7200	290	595	7500	5700

W : coût moyen annuel du travail pour l'entretien et la récolte (USD/ha/an) (valorisation de la journée de travail à 1,25 USD/jour)
In : coût moyen annuel des intrants et petits équipements (USD/ha/an)
Pro : produit moyen annuel (USD/ha/an) sur double hypothèse de prix : récent 1,3 USD/kg et ancienne (1999-2000) 3 USD/kg.
MN : marge nette moyenne annuelle (USD/ha/an) i.e avec prise en compte de l'amortissement

La chute des cours du poivre au début des années 2000 -en grande partie due à une surproduction de la filière poivre vietnamienne- a mis un terme au développement de nouvelles plantations dans le district de Memot. Car si la culture du poivre permet de dégager des marges nettes élevées -et en apparence encore attractives avec les prix actuels (1,2-1,3 USD/kg)-, elles nécessitent des investissement initiaux importants. L'importance de ces investissements (ainsi que le coût du diesel pour l'irrigation en saison sèche) limitent la taille des plantations (généralement entre 10 et 20 ares) et le nombre des paysans pouvant accéder à cette spéculation.

N.B. Pour plus de détails sur le calcul des marges, voir les tableaux détaillés en annexes (+ rapports de stages L Feintrenie -Memot- et C. Jacqmin -Chamcar Loeu-) ainsi que les tableaux de simulation de performances des principaux systèmes d'exploitation (S. Fauveaud).

I-3/ Un mot sur l'élevage bovin

L'élevage bovin est traditionnellement associé à la riziculture de plaine. Il constitue également une forme de « capitalisation » et de fond de sécurité pour les besoins soudain de trésorerie (maladie, cérémonie, scolarité, …). Il n'est pratiquement jamais pratiqué par les agriculteurs de « Chamcars ».

Il semble que le cheptel soit -depuis quelques années- en phase de croissance importante. Cette augmentation a lieu alors que la part d'occupation des terres exondées par les cultures pérennes est également en forte augmentation. Ce double mouvement conduit à une pression de (sur)pâturage croissante sur les rizières et les terres pluviales non couvertes de plantations pérennes[1], en saison sèche et à une alimentation de plus en plus insuffisante pour le bétail. Dans la pratique, ce cheptel apparaît sous-alimenté quasiment toute l'année ; les seules périodes de relatives abondances correspondants aux intersaisons : *i.e.* à l'arrivée des premières pluies, avant l'achèvement des labours sur rizières (reverdissement des rizières sous les premières ondées) et après la récolte du riz (paille fraîche et repousses de riz sur humidité résiduelle), avant le dessèchement complet de la pleine saison sèche.

Seule une augmentation conséquente des ressources fourragères, aussi bien en saison des pluies qu'en saison sèche, pourrait permettre le passage d'un « cheptel-épargne » à une exploitation rentable du troupeau, source de revenu pour les familles.

I-4/ Positionnement d'une offre technologique sur les cultures annuelles ?

Cette nouvelle offre technologique doit :

- répondre aux problèmes agro-techniques immédiats auxquels les agriculteurs sont confrontés dans les modes de gestion actuels des cultures annuelles pluviales ; ces problèmes sont (i) une mauvaise valorisation des eaux de pluies du fait de la constitution de croûte de battance (favorisant le ruissellement au détriment de l'infiltration des pluies) et de semelle de labour (limitant la profondeur d'enracinement des cultures et donc leur accès à une réserve utile en eau conséquente) et (ii) la prolifération d'adventices agressives devenant ingérables par des moyens physiques (aussi bien manuels que mécanisés).

N.B. ces problèmes sont directement nés d'un recours systématique au labour

- limiter les risques qui sont liés aux cultures annuelles dans les modes de gestion actuelles ; ces risques sont de deux ordres, climatiques (fort aléas du régime pluviométriques en début et fin de saison sèche) et économiques (variations de cours interannuelles importantes pour certaines spéculations). Ce contrôle des aléas est un préalable incontournable à l'intensification en capital des systèmes de cultures.
    - limitation des risques climatiques en évitant les investissements -temps et argent- sur les périodes marginales de la saison des pluies (Avril - Juin et Novembre) pour mieux centrer les systèmes sur la période pluvieuse (Juillet – Octobre) avec des cultures de hautes productivités
    - limitations des « risques prix » en diversifiant la sole sur 2 ou 3 cultures en donnant une priorité aux spéculations dont les cours sont les plus stables (Soja, Riz, …) ou pouvant -à terme- faire l'objet de contrat avec des prix garantis entre acheteurs et paysans (Coton, …)
- proposer aux paysans une intensification des systèmes de culture s'appuyant non pas sur un deuxième cycle d'annuelle (risques climatiques) mais par la mise en place de fourrage pouvant traverser la longue saison sèche (permettre le glissement progressif vers une gestion marchande d'une partie du cheptel bovin) ; diversification au travers d'associations agriculture-élevage.

Ces objectifs seront recherchés au travers des techniques de semis direct sur couverture végétale, techniques qui seront testées et évaluées dans un premier temps sur les terres rouges basaltiques avant d'être également mises en oeuvre sur les terrasses rizicoles hautes (à partir de 2005).

[1] Les dégâts sur les jeunes plantings d'hévéas par du bétail divagant constituent une des craintes majeures –avec les incendies- des planteurs du PHF.

II/ Création de l'offre technologique sur les systèmes de culture de semis direct sur couverture végétale.

II-1/ Deux approches pour le montages des systèmes de cultures SCV

La construction des systèmes de cultures s'est orientée dans un premier temps sur les systèmes de semis direct sur couverture morte où la biomasse (résidus + plantes de couverture fourragère) est produite dans la parcelle puis contrôlée (par voies chimique et/ou mécanique -rouleau, fauche-) avant le semis de la culture principale.

N.B. l'option technique « paillage » avec transfert de biomasse, jugée inadaptée au contexte (déficit générale de biomasse pour nourrir le cheptel et relative importance des surfaces cultivées par exploitation agricole) n'a pas été introduite. Les systèmes de semis direct sur couverture vivante, dont la maîtrise technique est plus délicate (implantation de plante de couverture moins compétitive, absence des herbicides sélectifs de post émergence en « rattrapage » au Cambodge) seront éventuellement introduits plus tard (voir annexe pour la présentation des différents types de systèmes de SCV)

Deux options ont été *a priori* envisagées pour la « construction » des systèmes de semis direct sur couverture morte et testées au cours de cette première année.

1ère option : la culture principale est conduite de Mai à Septembre, puis suit une « petite culture », adaptée aux conditions pluviométriques marginales, en association avec l'implantation d'une plante de couverture fourragère (qui traverse la saison sèche) → *i.e* production de la biomasse sur les pluies de la fin de saison des pluies et l'eau résiduelle du profil au cours de la saison sèche.

Exemple : Soja / Sorgho + Brachiaria ruziziensis

Avantages : permet la récolte de 2 productions de grain, implantation d'un pâturage exploitable au cours de la saison sèche, « vrai » semis direct avec couverture permanente du sol

Inconvénients : fort aléas sur la culture principale (arrivée tardive des 1ères pluies, petite saison sèche prononcée sur jeune culture), implantation trop tardive de la seconde culture en cas de semis retardé du 1er cycle, disponibilité des semences de plantes fourragères.

2ème option : une « pompe biologique » (ou bio-pompe) conduite sur les premières pluies entre Avril et fin Juin suivi précède l'implantation de la culture principale entre Juillet et Octobre → i.e production de la biomasse sur les 1ères pluies du début de saison.

Exemple : Bio-pompe Eleusine coracana / Soja

Avantages : aléas climatiques réduits sur la culture principale, facilité d'implantation de la bio-pompe (semis à la volée, multiplication des semences aisée),

Inconvénients : sol nu pendant la saison sèche, léger travail du sol à l'implantation de la bio-pompe (« faux » semis direct dont le bilan carbone au niveau du sol est médiocre)[1], faible production de biomasse de la bio-pompe en cas d'arrivée tardive des pluies pouvant amener à réaliser un semis direct sur sol partiellement couvert.

II-2/ Introduction, évaluation et multiplication de matériel végétal

- Plantes vivrières annuelles

Une centaine de variétés d'une dizaine d'espèces (cultivée traditionnellement et d'introduction nouvelle) ont été introduites au cours de cette première année.

Les petites quantités de semences initialement disponibles et la réalisation des premières multiplications sur des cycles décalés (contre saison sous irrigation et semis de saison tardif, avec irrigation d'appoint en fin de cycle, après l'arrêt des pluies) n'ont pas permis une évaluation rigoureuse de l'ensemble du nouveau matériel végétal manipulé. Mais les premiers tests sont prometteurs et laisse deviner une amélioration sensible du potentiel génétique traditionnel : potentiel de Soja supérieur à 3 t/ha, rendement de riz pluvial au-delà de 5 t/ha … . Outre l'amélioration de la productivité, ces introductions visent également une amélioration de la qualité des productions : variétés de riz à grains longs, fins et parfumés.

[1] Cf. article de Joao Carlos de Moraes Sa et al (2004) : O plantio direto como base do sistema de produçao visando o sequestro de carbono

La liste des espèces et variétés introduites sur le projet figure dans les tableaux suivants :

Tableau 11 a : Introduction et multiplication de variétés de riz pluvial

		2004	CS 2004-2005	**Total**
cc	Primavera		0,90	**0,90**
	Sebota 68		0,35	**0,35**
	Sebota 69		0,05	**0,05**
	Sebota 70		0,10	**0,10**
ci	Sebota 147	2,5		**2,50**
	Sebota 182	17,0		**17,0**
	Sebota 47-12	5,0		**5,00**
cm	CIRAD 141		0,60	**0,60**
	Sebota 4		0,30	**0,30**
	Sebota 41	2,0	0,30	**2,30**
	Sebota 43		0,30	**0,30**
	Sebota 48		0,25	**0,25**
	Sebota 55		0,15	**0,15**
	Sebota 63		0,10	**0,10**
	Sebota 65	0,6	0,25	**0,85**
	Sebota 69		0,10	**0,10**
	Sebota 94	2,0 - mix	0,50	**0,50**
	Sebota 101	8,0 - mix	0,30	**0,30**
	Sebota 177		0,10	**0,10**
	Sebota 200	68,0		**68,0**
	Sebota 281	71,0		**71,0**
	Sebota 330	23,0		**23,0**
	CIRAD 400		0,65	**0,65**
	Sebota 8 FA 337-1	2,0 - mix	0,30	**0,30**
ci ar	Sebota 175		0,35	**0,35**
cm ar	Sebota 1		0,10	**0,10**
	Sebota 28		0,10	**0,10**
	Sebota 36			
	Sebota 224		0,25	**0,25**
	Sebota 254		0,08	**0,08**

cc : cycle court, < 105 jours
ci : cycle intermédiaire, 105-110 jours
cm : cycle moyen, 110-130 jours
cl : cycle long, > 130 jours
ar : aromatique, variété de riz parfumé

Tableau 11 b : Introduction et multiplication de variétés de Soja

		2004	CS 2004-2005	**Total**
cc	A 7002		1,50	**1,50**
	Carrera		0,25	**0,25**
	CD 204	0,70	0,40	**1,10**
	CD 211		0,85	**0,85**
	CD 217		0,90	**0,90**
	Conquista		1,10	**1,10**
	Splendor		0,65	**0,65**
	Uirapuru	3,50	1,40	**4,90**
cm	98 C 81	1,50	1,00	**2,50**
	Curio		0,70	**0,70**
	Jatai	5,00	0,50	**5,50**
	Kaiabi	1,50	0,85	**2,35**
	Monsoy 8411	0,10	0,80	**0,90**
	Monsoy 8550	0,07	0,85	**0,92**
	Monsoy 8757	0,70	0,95	**1,65**
	Monsoy 8866	0,50	0,80	**1,30**
	Monsoy 8870	7,50	9,15	**16,65**
	Monsoy 9030	2,50	0,50	**3,00**
	Monsoy 9350		0,70	**0,70**
	Mutum	0,50	0,70	**1,20**
	Perdiz	0,60	0,90	**1,50**
	Pintado	0,20	0,80	**1,00**
	Sambaiba	0,10	0,95	**1,05**
	Santa Cruz	0,20	0,80	**1,00**
	Siriema		1,40	**1,40**
	Tabarana	0,15	1,25	**1,40**
	Tucunare	1,50	1,10	**2,60**
cl	Emgopa 316		0,17	**0,17**
	Flora		0,50	**0,50**
	Monsoy 6101		0,70	**0,70**
	Nina		0,78	**0,78**
	Rosa		0,72	**0,72**
	Asca*			**10,00**

* variété locale

Tableau 11c : Introduction et multiplication de variétés de Maïs composite

		2004	**Total**
cc& cm	A 4*		**10,0**
	CMS 06	19,0	**19,0**
	IRAT 200	23,0	**23,0**
	IRAT 340	117,0	**117,0**

* variété issue des collections de la station cotonnière de Bos Khnor (district de Chamcar Loeu - K. Cham)

Tableau 11d : Introduction et multiplication de variétés de Niébé (*Vigna unguiculata*)

		2004	**Total**
cc& cm	Black Eye	2,5	**2,5**
	CNC 870-7E	3,0	**3,0**
	David	5,0	**5,0**
	Morondava Blanc	2,5	**2,5**
	Morondava Rose	3,5	**3,5**
	Morondava Rouge	3,0	**3,0**
	SPLM1	3,0	**3,0**
	SPLM2	12,5	**12,5**
	U46-2	5,5	**5,5**
	Vigna 1	3,0	**3,0**

Tableau 11e : Introduction et multiplication de variétés de Sorgho (*S. bicolor*)

En italique, les espèces à double vocation : production de grains et de biomasse

		2004	**Total**
cc&cm	*CEP 322-36-11*	20,0	**10,0**
	CEP 357-621	12,0	**12,0**
	CEP 396-10-12	8,0	**8,0**
	CEP 396-12-31	8,0	**8,0**
	CEP 418-13-21	5,0	**5,0**
	IRAT 203	6,4	**6,4**
	IRAT 321	13,8	**13,8**
	IRAT 377	16,0	**16,0**
	IRAT 378	3,0	**3,0**
	*Pool Preto**	117,0	**117,0**

* *S. guineensis* ; photopériodique

Tableau 11f : Introduction et multiplication d'autres espèces de graminées (production de grain et biomasse)

	2004	**Total**
Mil (P. typhoïdes)	15,0	**15,0**
Coïx Lacryma Jobi var. Blanc	7,0	**7,0**
Coïx Lacryma Jobi var. Noir	11,0	**11,0**
Eleusine coracana var. PG5323	145,0	**145,0**

Tableau 11g : Introduction et multiplication d'autres espèces de légumineuses (production de grain et biomasse)

	2004	**Total**
Dolichos lablab	8,5	**8,5**
Vigna umbellata	1,5	**1,5**
Cajanus cajan var. Arata dwarf	9,0	**9,0**
Cajanus cajan var. PPI 256	22,0	**22,0**
Cajanus cajan var. Fava Larga	11,0	**11,0**
Cajanus cajan var. Bonamigo	2,0	**2,0**

Ces variétés seront progressivement intégrées dans les dispositifs -semi-contrôlés et paysans- de mise au point et d'évaluation des systèmes de culture. L'évaluation des variétés se fera par collections testées, conduites dans les systèmes de culture pour lesquelles elles sont destinées.

Un certain nombre de variétés de différentes espèces ont été introduites et abandonnées dès les premières étapes de multiplication. La plupart de ces cultivars étaient issus de la zone subtropicale et se sont avérés inadaptés aux fortes températures du Cambodge.

Tableau 12 : La liste des espèces et variétés introduites et abandonnées

Espèce	Variété	Espèce	Variété
Soja	OC 2	Haricot (*Phaseolus sp.*)	Carioca
	OC 6		Iapar 16
	OC 8		Iapar 20
	FT 5		Iapar 44
	FT 7		Paulistinha
	Br 16	Avoine (*Avena sp.*)	
		Vesce (*Vicia sativa*)	
		Radis fourrager (*Raphanus sp.*)	

N.B. bon développement du radis fourrager, avec bonne formation de « tubercules » ; mais pas de production de semences

- Plantes de couverture et fourragères

Une collection de plantes de couverture et fourragères, pouvant répondre à différents objectifs (pâturage, production de foin et/ou plante de couverture dans des systèmes SCV) dans différents milieux (différents types de sols, culture pluviale strict, terrasses rizicoles hautes - « rainfed lowland rice ») a été montée sur la station de recherche de l'IRCC. Chaque espèces est implantées sur des parcelles de 100 ou 400 m².

Certaines espèces (*Stylosanthes guianensis*, *Brachiaria ruziziensis*, …), bien connues pour leur rusticité et « plasticité », ont été dores et déjà intégrées dans les dispositifs de mise au point et d'évaluation des systèmes de culture (cf. infra).

Tableau 13 : Liste des principales espèces de plantes de couverture et fourragères introduites sur le PHF

Espèce/variété ou origine	Production de biomasse	Comportement en saison sèche	Cycle	Utilisation – observation
Graminée				
Brachiaria brizantha var. MG4	++++	Très résistant	Pér.	Pâturage, foin & couverture MT
Brachiaria brizantha var. MG5	++++	Très résistant	Pér.	Idem
Brachiaria brizantha var. Marandu	++++	Très résistant	Pér.	Idem
Brachiaria humidicola orig. Brésil	*	*	Pér.	Idem
Brachiaria ruziziensis orig. Brésil	+++	Résistant	2-3 ans	Pâturage, foin & couverture CT
Panicum maximum var. Mombasa	++++	Très résistant	Pér.	Pâturage, foin
Panicum maximum var. Tanzania	++++	Très résistant	Pér.	Pâturage, foin
Panicum sp. orig. Cameroun	+++	Très résistant	Inc.	Pâturage, foin
Paspalum notatum var. Pensacola	abandonné			Rugby, couverture vive
Cynodon dactylon orig. locale	++	Résistant	Pér.	Pâturage & couverture vive
Légumineuses				
Arachis pintoï orig. ?	*	*	Pér.	Pâturage, couverture vive, ombre
Calopogonium mucunoïdes orig. locale	++	Dessèchement	Annuel	Couverture morte**
Canavalia ensiformis orig. Brésil	+++	Dessèchement	Annuel	Couverture morte**, alimentation a[al]
Centrosema pascuorum var. Cavalcade	++	Dessèchement	Annuel	Foin et couverture dans riz
Centrosema pubescens orig. Locale	++	Résistant	Pér.	Pâturage, couverture vive, ombre
Crotalaria atrorubens orig. Cameroun	++	Dessèchement	Annuel	Bio pompe & décompaction sol
Crotalaria juncea orig. Brésil	+++	Dessèchement	Annuel	Bio pompe & décompaction sol
Macrotyloma axillare var. Java	++	Très résistant	à évaluer	Foin et couverture dans riz
Pueraria phaseoloïdes orig. Locale	+++	Dessèch[t]. partiel	½ Pér.	Couverture morte
Stylosanthes guianensis var. CIAT 184	++++	Très résistant	Pér.	Pâturage, foin & couverture CT
Stylosanthes sp var BR5 Campo grande	++	Résistant	Pér.	Idem

* problème d'implantation en collection
** espèces pouvant être intégrée dans la construction de systèmes SCV sans herbicide

Ces introductions seront complétées en 2005 par 2 nouveaux *Brachiaria sp*. (*B. humidicola* var. Tully et un *Brachiaria* hybride de *B. brizantha* x *B. ruziziensis* var. Mulato) et par la *Mucuna sp*. (production de biomasse rapide, très compétitive des adventices).

De nouveau type de plantes seront également introduits pour tester la possibilité d'initier une production de biomasse dans les cultures de Riz et Soja (cf infra.) : *Echinochloa sp*., *Panicum milaeceum* (annuel) & *Amaranthus sp*.

II-3/ Caractérisation des principaux systèmes de culture annuelle pratiquées

Parallèlement à la création de nouveaux systèmes de culture SCV, les performances des principaux systèmes de culture à base d'annuelles en pratique sont cernés à travers les essais semi contrôlés et les tests et démonstrations conduits chez et avec les agriculteurs.

- Succession annuelle Sésame / Soja sur labour aux disques

Les principales étapes techniques de ce système sont :

- Sésame :
  - labour aux disques (travail à façon) en fin de saison sèche (Février-Mars)
  - sillonnage avec araire en traction animale
  - semis en ligne manuel (graine au fondu sillon sans recouvrement) avant les premières pluies (fin Mars-début Avril) ; ce semis doit être refait si une pluie significative, permettant la levée, ne survient pas dans les 15 jours
  - généralement un sarclage suffit si la levée est précoce et régulière

- récolte par fauche manuelle, pré-séchage au champ, battage au champ (batteuse mécanique à poste fixe – travail à façon)

- Soja :
  - labour aux disques (travail à façon)
  - semis manuel après sillonnage à l'araire ou -de plus en plus fréquemment- semis mécanique (travail à façon en plein essor)
  - généralement 2 sarclages suffisent, sauf cas de fortes pressions de Cyperus sp. qui obligent à des sarclages dès la levée du Soja
  - certains agriculteurs réalisent un ou plusieurs traitements insecticides en fin de cycle (lutte contre les punaises principalement).
  - Récolte par fauche manuelle et battage à poste fixe (travail à façon)

Quelques résultats techniques obtenues sur les dispositifs conduits par le projet.

La matrice des systèmes de culture de Chamcar Loeu a volontairement été installée sur une parcelle fortement dégradée -physique de sol limitante et forte pression d'adventices- par plusieurs années de cultures annuelles (labour, aucun apport de fertilisants minéraux ou organiques) ; les performances technico-économiques obtenues sur le dispositif « matrice » représente donc un « point bas », lié à un processus avancé de dégradation de la ressource sol ; point avant lequel, généralement, les agriculteurs décident une conversion de la parcelle vers les cultures pérennes (anacardiers, hévéa).

Le sésame est semé 2 fois, le premier semis n'ayant pas levé faute de pluies significatives au cours de la première moitié d'avril. La levée tardive du sésame a conduit à une implantation différée du Soja (fin Juillet) qui a d'autant plus pesé sur les rendements que les pluies se sont arrêtées tôt (dernière pluie le 10 Octobre).

Tableau 14 : Rendement (kg/ha) des 2 répétitions de la succession annuelle de référence
Sésame / Soja sur labour aux disques sur le dispositif matrice de Chamcar Loeu

	F0	**F1**	**F2**
1ère rep.	270 / 260	250 / 525	135 / 875
2ème rep.	340 / 420	345 / 860	100 / 855
Moyenne	***305 / 340***	***300 / 665***	***120 / 865***

Fi : niveau de fertilisation minérale (détails en annexes)
Parcelle élémentaire de 200 m².

Les performances de ce système de culture ont également été évaluées sur des suivies de parcelles paysannes, en situation plus favorable (sur défriche de bananeraie pour la première, en 2ème année de culture après abattage d'une vieille plantation d'hévéa pour la seconde).

Tableau 15 : Rendement (kg/ha) de la succession annuelle de référence
Sésame / Soja sur labour aux disques sur 2 parcelles de suivies chez des agriculteurs de Chamcar Loeu

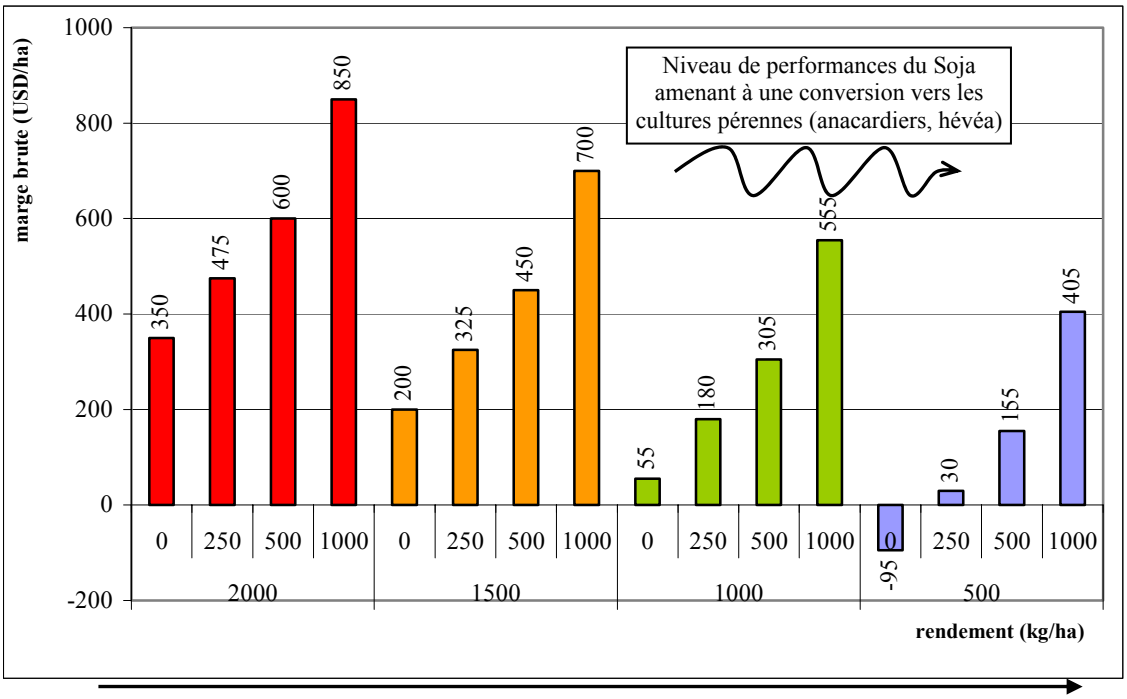
	F0	**F1**
Démonstration 1 (M. Pav Tho)	n.r. / 1970	n.r. / D.M.
Démonstration 2 (M. Peuv)	n.r. / 1990	n.r. / 2070

F0 : aucun engrais ; F1 : 2 x 150 kg/ha de 16-16-8 à 0 et 30 JAS
n.r. : non récolté (jugé insuffisant et maturation trop tardive pour le premier ; pas de levée -malgré 2 semis- pour le second)
D.M. : donnée manquante

N.B. Ces deux parcelles de suivie des systèmes de référence sont conduites sur des défriches récentes, de plantation de bananiers (démo 1) et d'hévéas (démo 2).

L'analyse économique de cet itinéraire, basé sur les mesures conduites sur la matrice, figure en annexe. Le graphe 1 montre l'évolution des marges brutes de ce système en fonction des rendements des deux cultures. L'évolution des rendements de la culture de Soja est liée en premier lieu au degré de dégradation du sol ; les fortes variabilités interannuelles des rendements du sésame sont d'abord conditionnées par les pluies de Avril-Mai.

Graphe 1 : Variation des marges brutes par hectare (USD/ha) du système référence sésame/soja en fonction des rendements des cultures



Evolution progressive des rendements de Soja sous l'effet de la dégradation des sols liée au mode de gestion du sol de ce système de culture

Forte variabilité interannuelle des rendements du sésame, lié en premier lieu aux conditions pluviométriques de Avril-Mai

N.B.1 les rendements de Soja de l'ordre de 2 t/ha se rencontrent principalement sur les défriches récentes de vieille plantation d'hévéa ; les rendements de Soja de l'ordre de 500 kg/ha sont rarement observés, car les agriculteurs pratiquent généralement avant une conversion de leur parcelle en plantation de pérennes (Anacardiers ou hévéas)
N.B.2 les hauts rendements de sésame (> 750 kg/ha) deviennent de moins en moins probable sur des sol dégradés même en année climatiquement favorable

- Monoculture de Manioc

Les principales étapes techniques de ce système sont :

- Manioc :
  - labour
  - préparation des boutures et Planting (1 bouture de 15 cm env., à 1 m x 1 m)
  - sarclage avant fermeture des interlignes (généralement 2 passages)
  - récolte en Janvier-Février
  - épluchage, découpe en cossette et séchage

Quelques résultats techniques obtenues sur les dispositifs conduits par le projet.

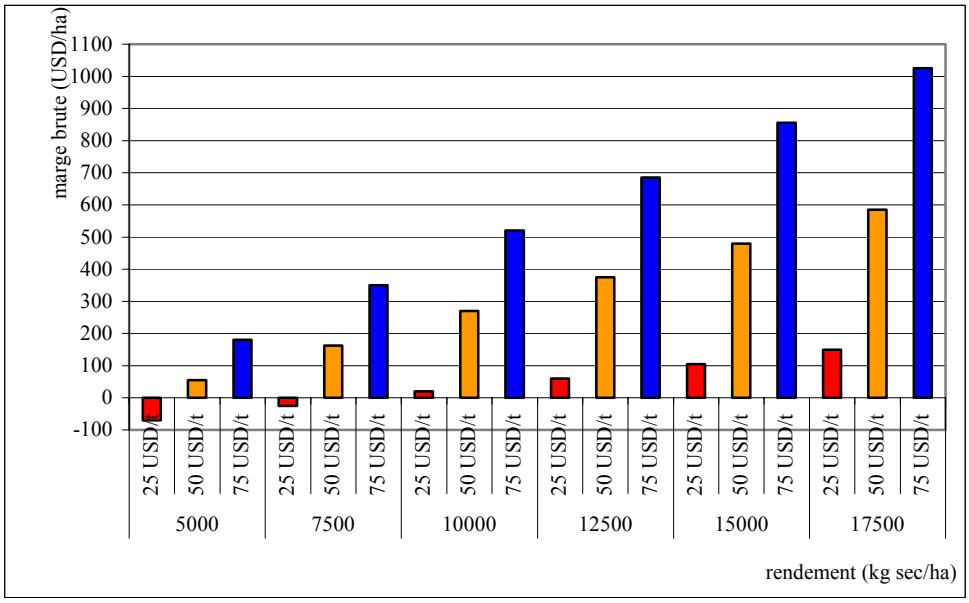
La matrice des systèmes de culture de Memot a été installée sur une parcelle envahie d'Imperata, peste végétale fréquente dans cette zone dont la mise en valeur est plus récente. La présence d'Imperata a conduit à pratiquer un traitement herbicide au glyphosate, rarement réalisé par les paysans de la zone.

Tableau 16 : Rendement (kg/ha) des 2 répétitions du système de référence
Monoculture de Manioc sur labour aux disques sur le dispositif matrice de Memot

	F0	F1	F2
1ère rep.	30 600	30 700	26 900
2ème rep.	30 100	31 200	32 400
Moyenne (tubercule frais)	***30 350***	***30 950***	***29 150***
Moyenne (« cossette séchée »)	***14 400***	***14 700***	***15 050***

Fi : niveau de fertilisation minérale (détails en annexes)
Parcelle élémentaire de 200 m².

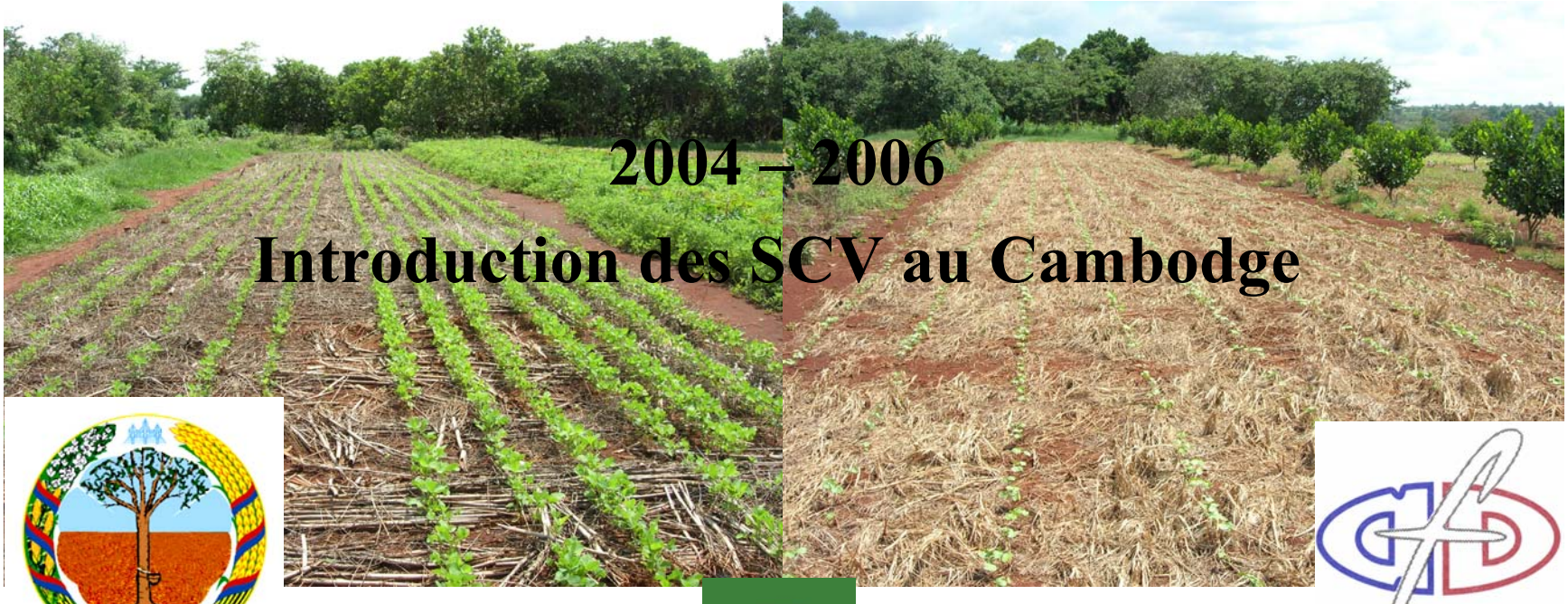
Bon rendement ; faible impact en 1ere année des engrais ; lente érosion probable comme atteste suivi réalisée chez paysan (Manioc en IL hevea, 2ème année manioc après Soja …



2) Premiers highlights

Résultats Cambodge

Composante
« Diversification des Cultures »
du Projet Hévéaculture Familiale



2004 – 2006

Introduction des SCV au Cambodge

Ministère de l'Agriculture,
des Forêts et de la Pêche

CIRAD

Une Province : Kampong Cham

2 agro-écosystèmes

<u>Les Terres rouges basaltique</u>

<u>des bas plateaux</u>

> 500 000 ha au Cambodge

<u>Les hautes terrasses rizicoles</u>

<u>à « rainfed lowland rice »</u>

50 % des rizières cambodgiennes

(i.e. > 1 million d'hectares)

1/ Les Terres rouges basaltiques

Un potentiel pédo-climatique énorme …

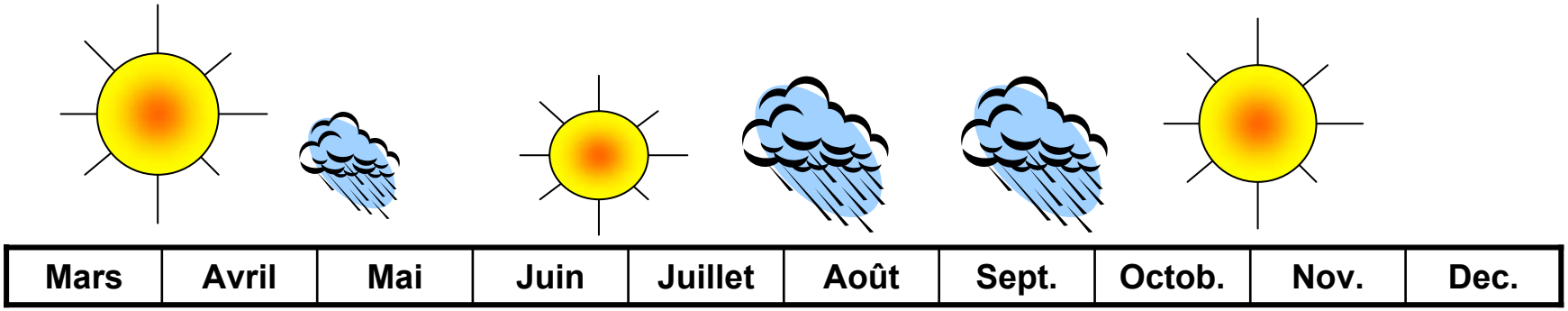
Sol :

Argileux & profond, M.O, P. échangeable, forte CEC total, mais acide et désaturé

Climat :

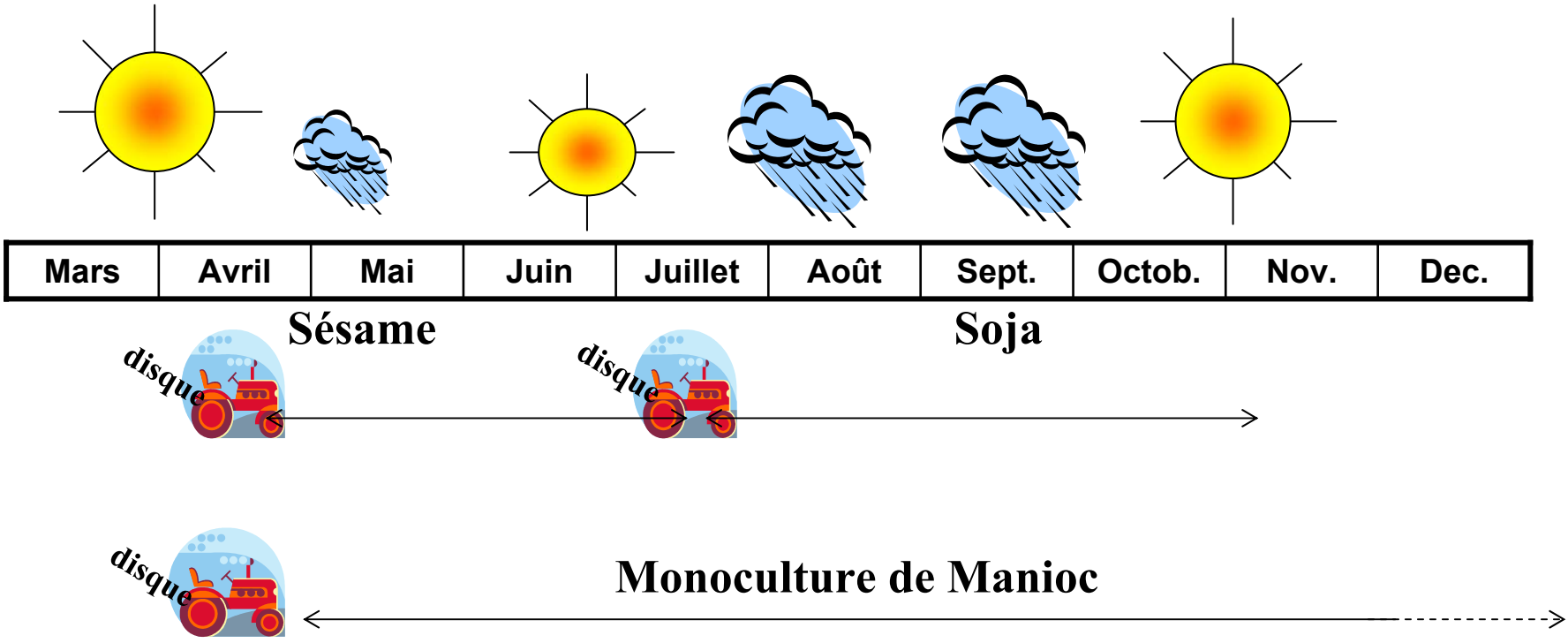
6 mois de pluie (1200 à 1600 mm), temp. élevées (moy. 28°C)

Mais fort aléas sur 1ère pluie utile & « petite saison sèche »



1/ Les Terres rouges basaltiques

… sous valorisé par les systèmes traditionnels à base d'annuelles



forts aléas techniques et économiques + dégradations des sols

marges irrégulières et en baisse ⟶ abandon progressifs des CA

1/ Les Terres rouges basaltiques

La tradition dans l'impasse …

Sésame labouré

Battance et érosion

Cyperus sp.

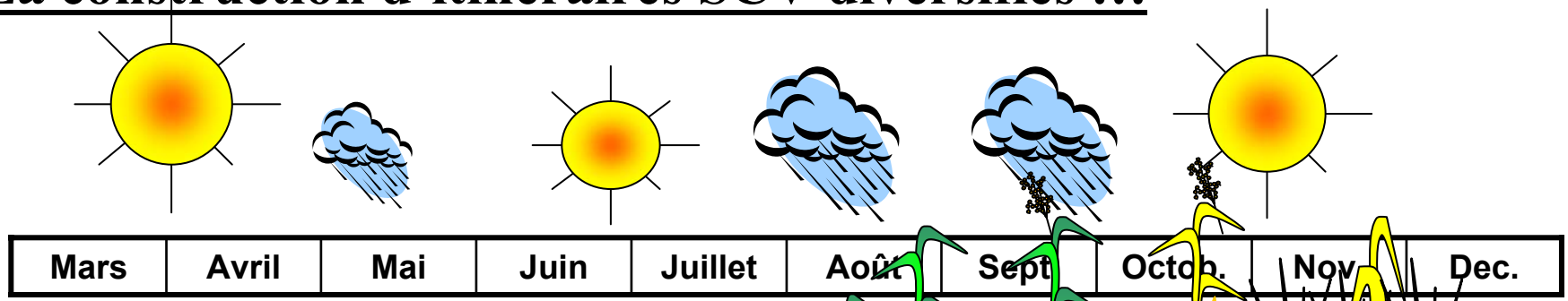
Imperata cylindrica

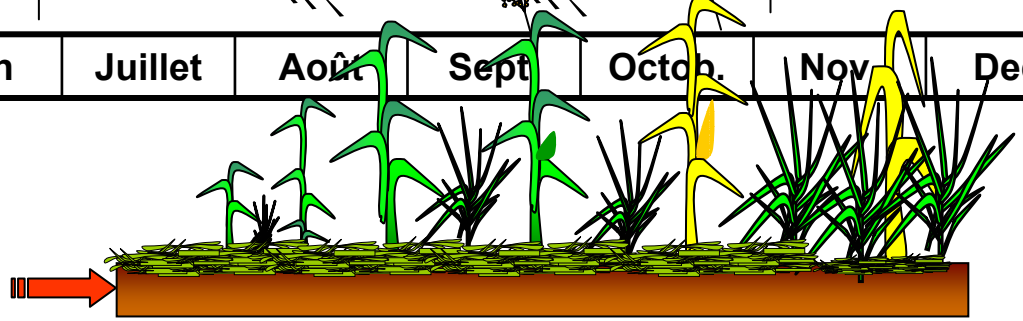
Manioc sur Manioc

Fin du potentiel !

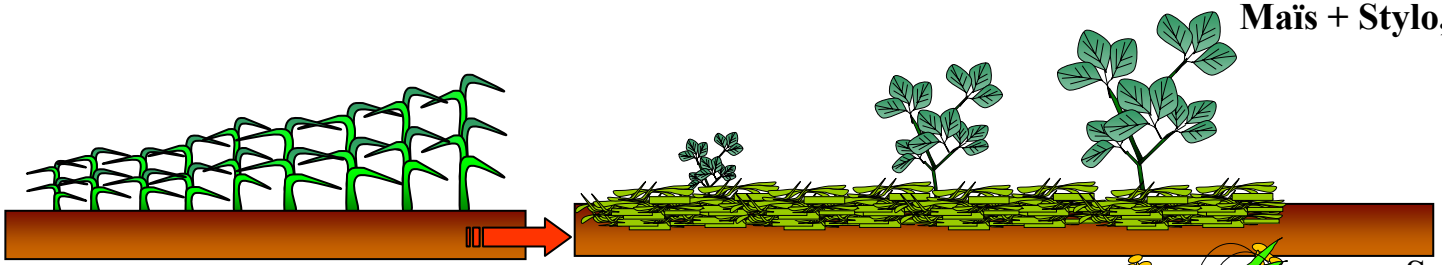
1/ Les Terres rouges basaltiques

La construction d'itinéraires SCV diversifiés …





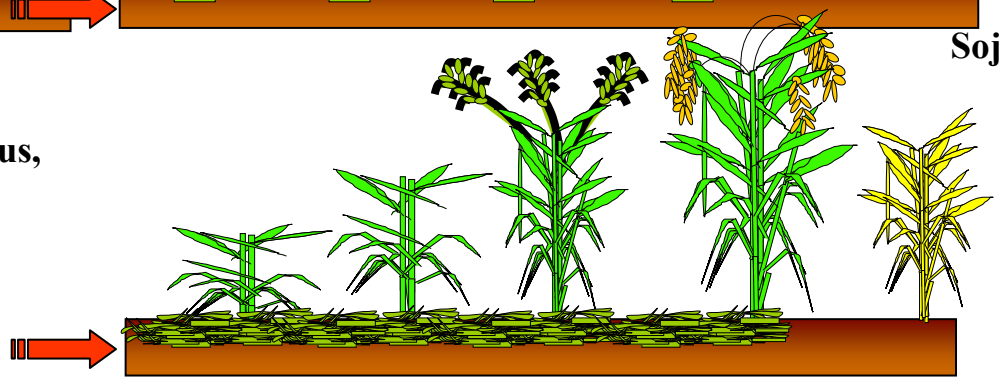
Maïs + Stylo, Brach. …



Soja

Bio pompe :

Eleusine, Eleusine + Cajanus, Sorgho …



Riz …

1/ Les Terres rouges basaltiques

La construction d'itinéraires SCV diversifiés … en images

1/ Les Terres rouges basaltiques

Systèmes avec pompe biologique avant cycle

exemple : Bio pompe Eleusine / Soja & Bio pompe Eleusine /Riz

1/ Les Terres rouges basaltiques

Systèmes avec pompe biologique avant cycle

exemple : Bio pompe Eleusine / Soja & Bio pompe Eleusine /Riz

1/ Les Terres rouges basaltiques

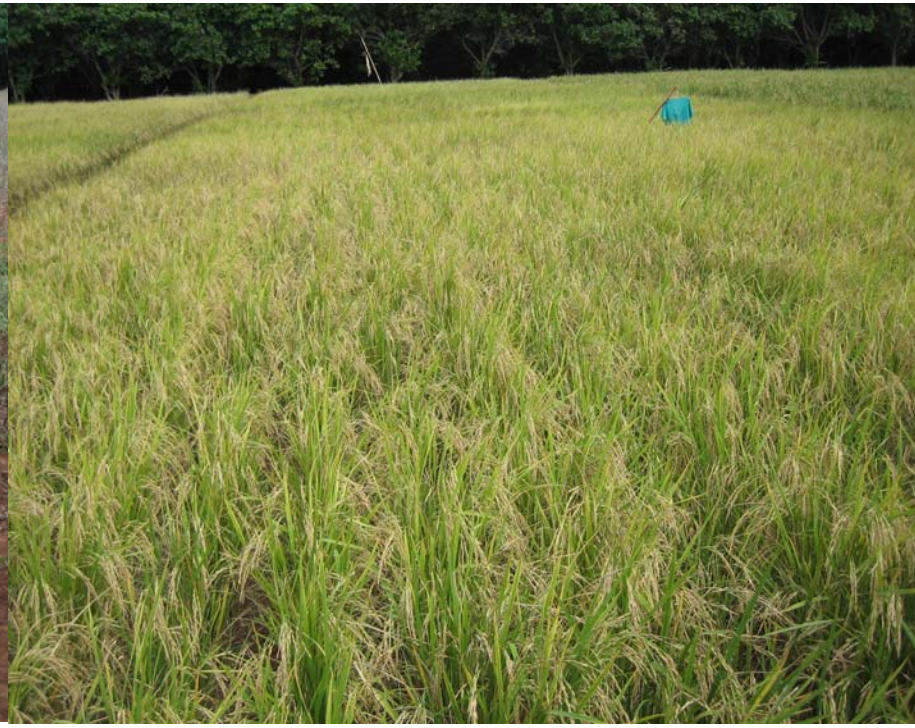
Systèmes avec pompe biologique avant cycle

exemple : Bio pompe Eleusine / Soja & Bio pompe Eleusine /Riz

1/ Les Terres rouges basaltiques

Systèmes avec pompe biologique avant cycle

exemple : Bio pompe Eleusine / Soja & Bio pompe Eleusine /Riz



1/ Les Terres rouges basaltiques

Systèmes avec plante de couverture associée

exemple : Association Maïs + Brachiaria & Manioc + Brachiaria

1/ Les Terres rouges basaltiques

Systèmes avec plante de couverture associée

exemple : Association Maïs + Brachiaria & Manioc + Brachiaria

1/ Les Terres rouges basaltiques

Systèmes avec plante de couverture associée

exemple : Association Maïs + Brachiaria & Manioc + Brachiaria

1/ Les Terres rouges basaltiques

Systèmes de semis direct sur plante de couverture installée

exemple : Association Soja sur Brachiaria & Riz sur Brachiaria

1/ Les Terres rouges basaltiques

Systèmes de semis direct sur plante de couverture installée

exemple : Association Soja sur Brachiaria & Riz sur Brachiaria

1/ Les Terres rouges basaltiques

Systèmes de semis direct sur plante de couverture installée

exemple : semis direct de Soja sur Brachiaria & Riz sur Brachiaria

1/ Les Terres rouges basaltiques

Systèmes de semis direct sur plante de couverture installée

exemple : Semis direct de Soja sur Brachiaria & Riz sur Brachiaria

1/ Les Terres rouges basaltiques

Comparaison des performances techniques entre Labour et Semis Direct (2ème année de cultures) pour des cultures de Riz et Soja

Soja (Kg/ha)

	F0	F1	F2
Labour	500	800	1400
SCV sur Eleusine	1200	2200	2500
SCV sur Brachiaria	1500	2500	3000

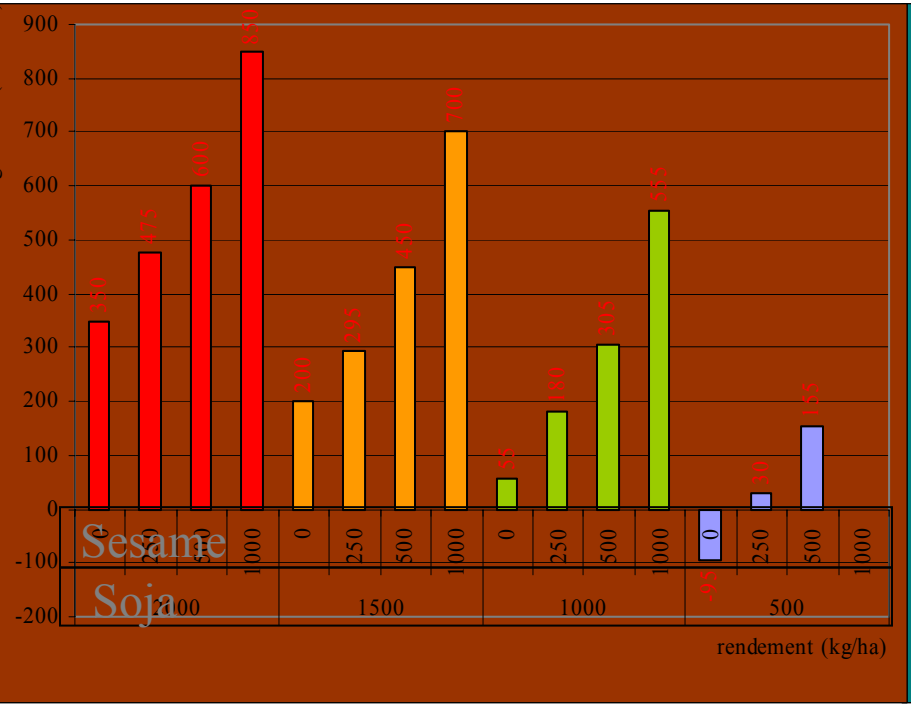
Riz (Kg/ha)

	F0	F1	F2
Labour	2000	2500	3000
SCV sur Eleusine	2500	4000	4500
SCV sur Brachiaria	3000	4500	5000

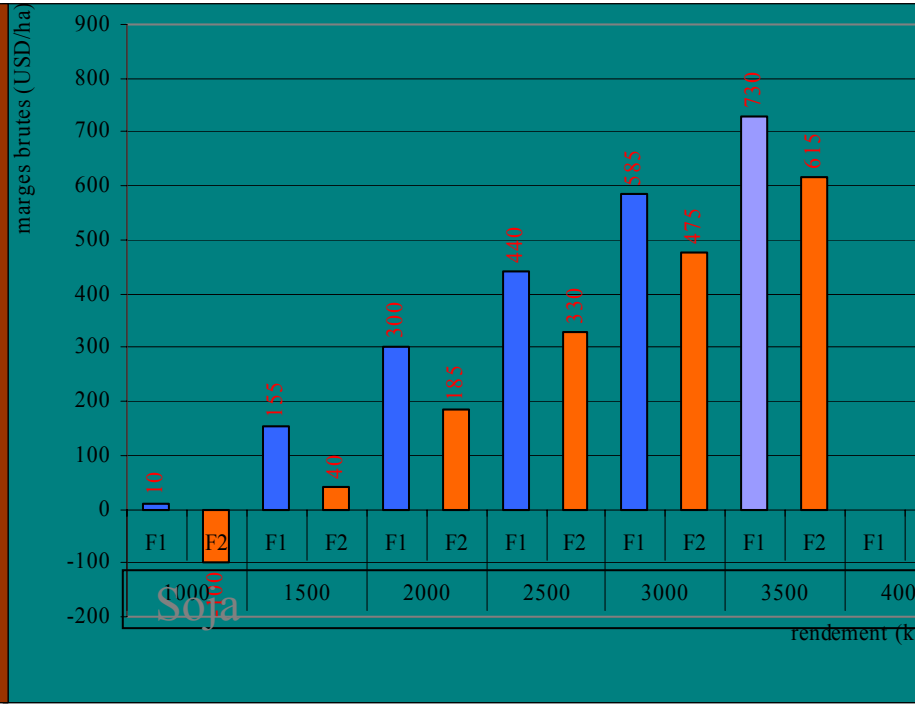
1/ Les Terres rouges basaltiques

Comparaison des performances techniques et économiques de 2 systèmes de cultures : Sesame / Soja sur Labour et Bio pompe Eleusine / Soja

Succession Sésame Soja sur Labour



Soja en semis direct sur Eleusine



Evolution générale du système liée à la dégradation des sols sous labour

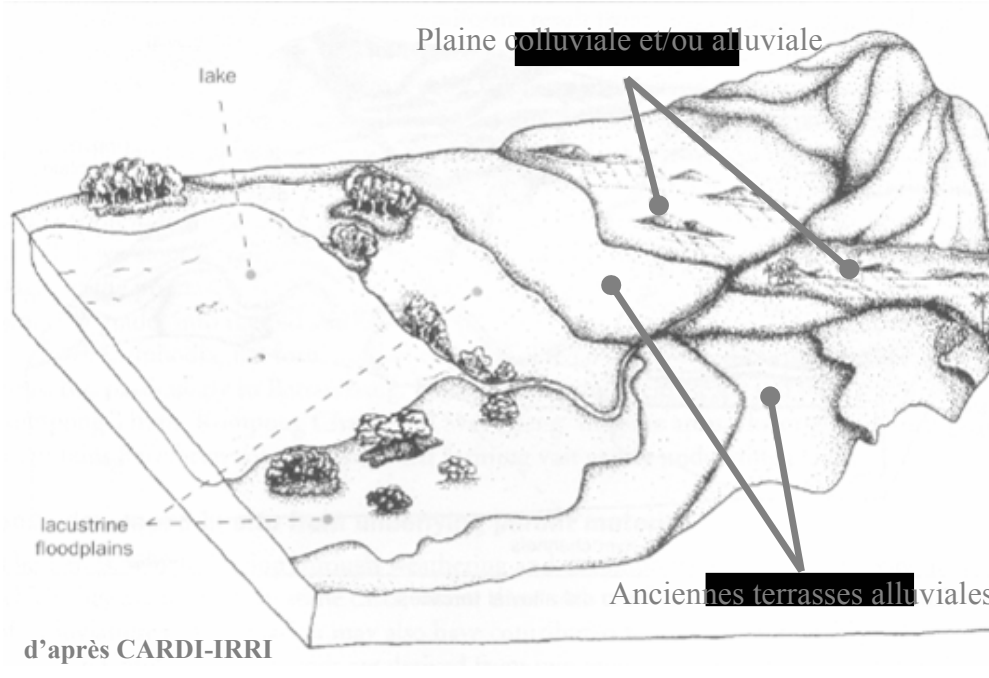
Amélioration des sols et des performances des cultures sous SCV

2/ Les hautes terrasses rizicoles

Une situation topographique de terres pluviales

transformées par l'homme
pour « suspendre » une lame
d'eau …

* diguette et planage
* création de semelle de labour
* compaction des sols par surpâturage



d'après CARDI-IRRI

une grandes variétés de sols au potentialités contrastés

* sols sableux pauvres dominants
* vertisols (sur calcaire ou basaltes) …

2/ Les hautes terrasses rizicoles

Quelques paysages rizicoles sur hautes terrasses …

Jeune rizière sur défriche

Plaine rizicole à Borassus sp.

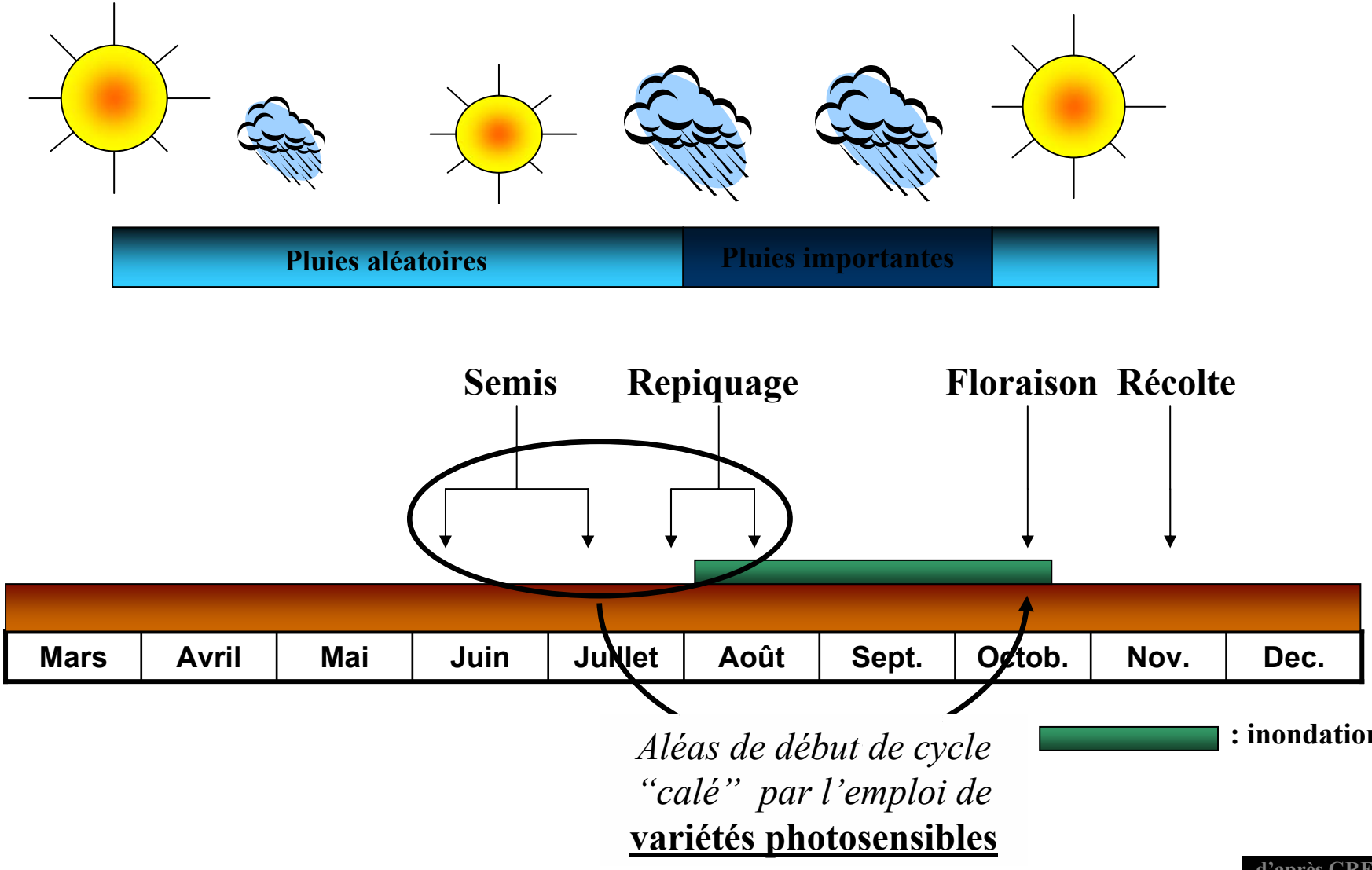
Grande plaine mécanisée

Sols vertiques sur basaltes

Sables

2/ Les hautes terrasses rizicoles

Repères sur les modes de gestion traditionnels …



2/ Les hautes terrasses rizicoles

Forces et faiblesses des modes de gestion traditionnels …

Forces

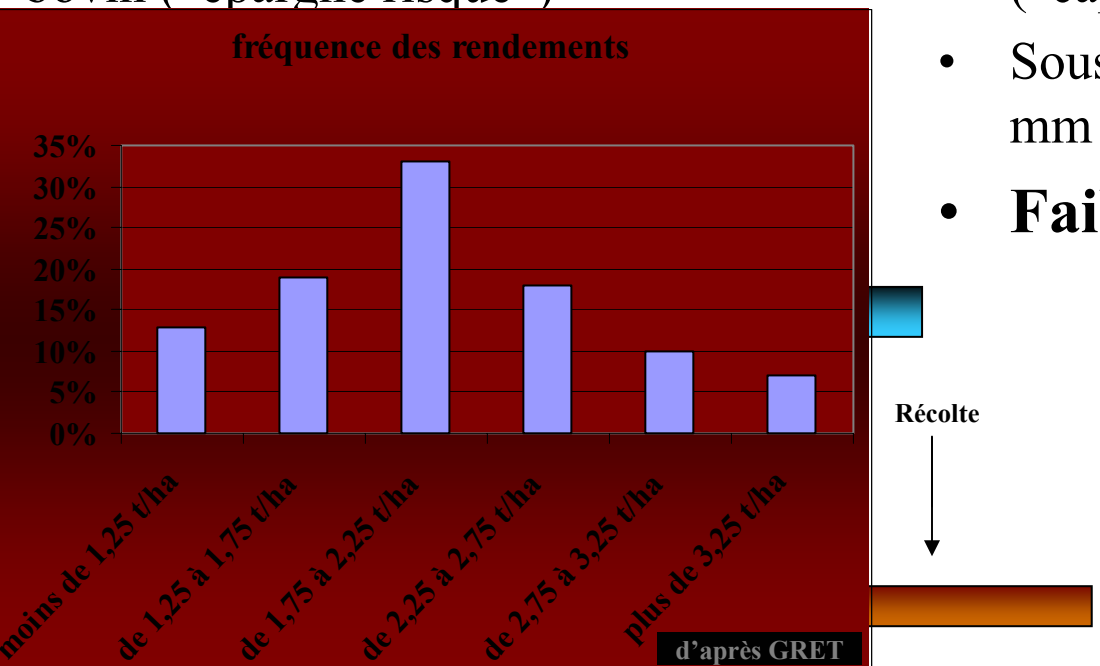
Gestion partielle du risque climatique de début de saison

Système de culture extensif en foncier et travail

Association systématique avec élevage bovin (“épargne risque”)

Faiblesses

- Un risque en fin de cycle en cas d’arrê précoce des pluies
- Pointe de travail importante au labour – repiquage
- Des animaux sous nourris 7 mois / 12 (“capital dormant ”)
- Sous valorisation de l’eau : 600-700 mm avant repiquage
- **Faibles rendements**



2/ Les hautes terrasses rizicoles

2/ Les hautes terrasses rizicoles

2/ Les hautes terrasses rizicoles

SCV Riz sur Eleusine

Riz traditionnel repiqué

2/ Les hautes terrasses rizicoles

Des plantes de couvertures à associer pour la mobilisation de fertilité

Association Brachiaria ruziziensis
+ Centrosema pascuorum

Stylosanthes guianensis

2/ Les hautes terrasses rizicoles

es plantes de couvertures à associer pour la mobilisation de fertilité

Association Brachiaria ruziziensis
+ Centrosema pascuorum

... 4 mois après semis ...

Stylosanthes guianensis

Vers des associations performantes

Riz – Elevage bovins

Le Semis Direct, des technologies en phase avec les grands enjeux de l'agriculture cambodgienne

- Intensification et sécurisation de la riziculture pluviale de plaine (*rainfed lowland Rice*) sans investissement coûteux dans l'irrigation
- Fixation de systèmes de cultures vivriers et commerciaux à bases de plantes annuelles
- Quelques exemples :
    - Riziculture semi-mécanisée des grandes plaines de sols noirs de l'Ouest
    - Stabilisation des Fronts Pionniers de l'Ouest et du Nord
    - Contribution à la mise en défend des « Hot Spots » de biodiversité par stabilisation de l'agriculture sur les périmètres tampons

6. Questions de recherche plus fondamentales

(*) issues de l'exercice de l'agriculture, posées par des problématiques majeures de développement, donc prioritaires.

. 3 GRANDS THEMES PRIORITAIRES

a) Résilience des sols dégradés sous SCV, par rapport aux systèmes traditionnels avec travail du sol.

b) SCV et contrôle des insectes terricoles = problématique majeure en sols ferrallitiques dégradés*, (qui ont perdu une part importante de la M.O et de leur activité biologique, originelle)* commune au Laos, Madagascar et Cambodge… un obstacle important à l'agriculture durable.

c) SCV organiques, sans molécules chimiques, ou comment pratiquer une vraie agriculture biologique *(sol non labouré, sans apports d'amendements organiques exogènes).*

. Le thème RESILIENCE des sols sous SCV, sa dynamique, est étudié grâce à l'outil méthodologique : matrice des systèmes SCV x traditionnels ; la nature et les performances agronomiques très différenciées des systèmes modélisés et pérennisés, induisent des modes de fonctionnement de profil cultural, également très différenciés, dont on étudie scientifiquement les impacts sur la transformation des sols, les relations sols-cultures, etc…

. Le thème « Contrôle des insectes terricoles », ravageurs des cultures, peut être abordé par 3 voies complémentaires, dans une première étape :

a) Nature différenciée des SCV et incidence des attaques, de ces insectes sur les cultures pures ou associées.

ex. : - pompes biologiques de longue action, qui précèdent les cultures, telles que :
- *Brachiaria Ruzi.* + Maïs
- *Stylo.* + Maïs
- *Brachiaria Ruzi.* + *Cajanus* + Maïs

- pompes biologiques d'action courte, mais puissante, qui précèdent les cultures :
- *Eleusine*
- *Eleusine* + *Crotalaires (Retusa, Spectabilis)*
- *Eleusine* + *Cajanus*
- Mil, sorgho *(Poop Preto)* + *Cajanus,* Crotalaires.

b) Tests de traitement pour contrôle chimique et organique :

- Traitement chimique des semences :
  - Imidaclopride, Fipronil, Thiodicarb, Carbosulfan, Carbofuran.
- Traitement organique des semences,
- Traitement chimique ou organique, en cours de végétation, dont protection totale et témoin non traité ; ces traitements seront réalisés en coïncidence avec des périodes sèches *(à partir du 5ème jour sans pluie, ciel bleu).*

c) Recherche de variétés résistantes (riz, soja, maïs)
- collection de variétés x .fumure minérale
.fumure organique

(*) l'appui de notre collègue et ami JL. Boyer est sollicité pour coordonner ces recherches au Laos et au Cambodge (+ liaison opérationnelle avec le SCRID à Madagascar) :
- Inventaire des insectes terricoles ravageurs x nature des systèmes,
- Evolution dans les systèmes des populations de ravageurs et incidence des attaques en fonction de la nature des systèmes et de leur mode de gestion chimique ou organique,
- Mécanismes de contrôle…

. Le thème « GESTION ORGANIQUE DES CULTURES EN SCV » est déjà abordé au Brésil depuis 3 ans par L. Séguy et S. Bouzinac, il pourra être initié dès 2006 *(fourniture des produits organiques et fiches techniques d'utilisation, par L. Séguy).*

. Enfin, le thème « ECOBUAGE » devra être traité en priorité sur les rizières hautes *(sableuses et argiles noires)* pour libérer leur fertilité au moindre coût et ouvrir la voie des SCV organiques et des SCV sans intrants.

7. Evolution opérationnelle du projet Hévéaculture Familiale (2007-2008) – Propositions

. Elle est résumée dans les tableaux 4 et 5.

. Le succès du projet SCV à court et moyen termes, est conditionné à la fois par :

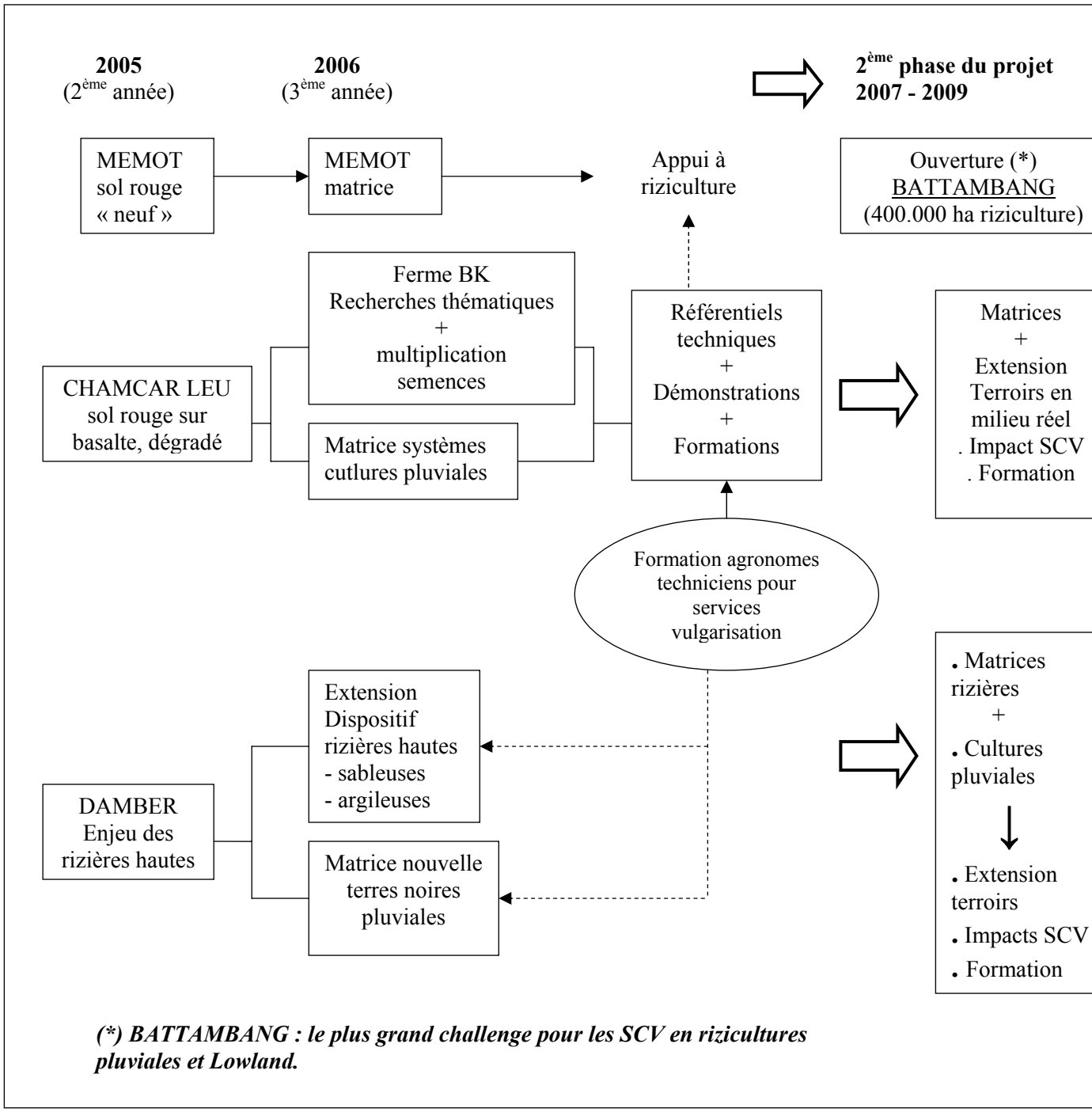
- la maîtrise technique des SCV, leur reproductibilité sur tous les terrains, leurs performances de production *(et leur stabilité)* et technico-économiques, leur simplicité d'utilisation, à des niveaux d'intrants variables dont les plus modestes *(sans intrants ou basés sur la restitution des nutriments exportés).*

- La formation de longue durée, dès 2006, de 4 à 5 agronomes ou techniciens qui vont assurer ensuite avec les services de vulgarisation, le changement d'échelle : transfert – diffusion sur les terroirs villageois *(quelques dizaines à quelques centaines d'ha).*

- La bonne et fréquente communication auprès des utilisateurs, autorités cambodgiennes, bailleurs de fonds, cette bonne communication est basée sur un référentiel explicatif convaincant *(lois de fonctionnement agronomique reproductibles, leurs limites ; impacts sur la production, sur les performances économiques, sur l'environnement, etc…)* démonstratif, reproductible et également sur l'ampleur de l'offre technologique, sa simplicité d'utilisation et de maîtrise, sur l'effectif de compétences formées.

. Le dossier de faisabilité de la phase 2007-2009, pourrait être confiée à M. Patrick Julien qui maîtrise bien cet exercice et les SCV.

Tableau 4 – Evolution des activités de recherche – action, *(2005 – 2009)*



(*) BATTAMBANG : le plus grand challenge pour les SCV en rizicultures pluviales et Lowland.

Tableau 5 – Evolution projet Hévéaculture Familiale

	Objectifs	Outils méthodologiques	Produits
1ère PHASE 2004 / 2006	**. Transfert** - ajustement SCV - intercalaires - Hors Hévéa **. Résilience** sols sous SCV **. Diversification** des productions **. Formation** multi-acteurs pour approche terroirs	**. Matrices systèmes** x Ecosystèmes différenciés et représentatifs conditions pédo-climatiques systèmes exploitation ↓ Réseau Régional Matrices + Démonstration milieu réel ↓ **Modules formation**	**. Systèmes SCV vivriers** diversifiés en intercalaire Hévéa, **. Systèmes SCV hors maille** **.** Agronomes et techniciens formés. **. Connaissances scientifiques** sur fonctionnement agronomique comparé des systèmes ↓ Rapports annuels, conférences plaquettes présentation
2ème PHASE 2006 / 2009	**. Changement d'échelles** d'intervention : terroirs et unités de paysage ↓ **. Evaluation des impacts** agro, socio-éco, environnementaux. **. Poursuite perfectionnement** SCV. **. Elargissement réseau SCV** à Battambang au cœur des rizicultures. **. Connaissances scientifiques** Résilience sols SCV sans intrants, contrôle ravageurs. **. Formation multi-acteurs.**	**. Matrices systèmes** en optimisation. **. Ouverture nouvelles matrices :** adéquation avec stratégies des acteurs. **. Enquêtes sur impacts SCV :** - Production - adoption/rejet -socio-éco - indicateurs de durabilité **. Méthodo.** de recherche-action	**. Performances SCV** en grande culture : agro-éco-techniques. **. Connaissances scientifiques,** publications. **. Surfaces SCV** (dynamique évolution) **. Nombre d'agents** SCV formés **. Base de données** SCV (SIG)

8. CONCLUSIONS

. Le chemin parcouru en seulement 2 ans sur ce projet, est énorme et exemplaire ; il illustre parfaitement ce qu'est, et à quoi peut servir l'Agronomie pilotée par une démarche de recherche-action holistique *(et rustique !)* en prise directe dans les agricultures du sud.

. Les premiers résultats spectaculaires obtenus mettent en évidence et confirment :

- la qualité des agronomes et des méthodes SCV du CIRAD,
- la reproductibilité des lois de fonctionnement des SCV qui permet de les transférer, adapter très vite sous toutes les conditions pédoclimatiques tropicales (la preuve irréfutable de la qualité d'analyse scientifique sur le fonctionnement agronomique des SCV, réalisé par l'équipe d'agronomes GEC *(cf. doc. L. Séguy, 2001, Systèmes de culture et dynamique de la matière organique).*

- l'importance du savoir-faire, de la création de l'innovation avec les partenaires-source les plus diversifiés, les plus riches et les plus complets qui soient : la nature et les hommes qui la cultivent.

. Ce projet, sans nul doute, à l'instar de nos projets SCV au Laos et à Madagascar, va prendre rapidement une très grande ampleur qui va nécessiter des moyens humains importants et à court terme. Il faut s'y préparer, car ce projet est fondamental aussi bien pour l'avenir des SCV, que pour l'Asie où rizicultures et cultures pérennes de rente sont la base de la production agricole.

ANNEXE II – CAMBODGE

- Commentaires de M. Stéphane BOULAKIA sur les analyses récentes des sols rouges ferrallitiques sur basalte et des sols hydromorphes, rizières

- Comparaison de méthodes d'analyses sur sols ferrallitiques.

- Illustrations du « Tour de plaine » Cambodge

Commentaires sur les analyses de sols
Sols rouge ferallitique sur substrat basaltique

Matrice de Chamcar Loeu

Zone des cultures annuelles dominées par la succession annuelle Sésame / Soja avec double labour au disque.
La matrice a été installée sur une parcelle où ce système a été longuement pratiqué.

- Granulométrie très argileuse : argiles ≥ 80%
- Matière organique : C de l'ordre de 1,6 % sur [0-10], soit des taux de matière organique autour de 2,7 % ; situation initiale non limitante

→ M.O. (+ argile) fournissent une CEC total moyenne à élevée, > 10 cmol/100cm3

- pHCaCl2 bas (4,4 – 5,0) à très bas (≤ 4,3) ; en corollaire, des taux de saturation en bases échangeables bas (<50%) à très bas (< 25 %), incompatibles avec des production de Soja et Maïs de hautes productivités (dans le cadre des modes gestion traditionnelle) ; le taux de saturation en Al (m%) est moyen (16 – 35 %) à élevé (> 35 %)
- Concernant les bases échangeables, on note (i) une forte présence relative de Mg (Ca/Mg entre 1 et 2) et (ii) des déficiences en K prononcées, qui peuvent être accentuées par l'importance relative de Mg dans le complexe d'échange
- Phosphore échangeable colossal : compte tenu des taux d'argile élevés, les mesures de P échangeable (par la méthode de Mehlich – double acide) très variables mais toujours supérieures à 12 mg/dm3 (soit 12 ppm pour une densité apparente de 1) révèlent une réserve de Pech. très importante (limite classe haute de P mehlich pour sol argileux > 8 ppm) ; ces taux croissent en profondeur (jusqu'à 45 ppm) indiquant que ce P provient du substrat (renfermant de l'apatite)
- Ces taux de P doivent inciter à surveiller de près sur les cultures les déficiences en Zinc (bloqué par le phosphore).

Autres parcelles de la zone de Chamcar Loeu

- Plantation d'anacardiers (> 8 ans) voisine de la Matrice

Paramètres physico-chimiques de sols similaires à ceux de la matrice voisine ; plusieurs années d'anacardiers n'ont pas induit d'amélioration du sol, notamment sur les taux de M.O et les niveaux de saturations en bases des horizons de surfaces (pas d'effets pompe de cette culture pérennes, probablement lié au fait que les feuilles sont souvent balayées et brûlées).

- Autres parcelles

Les constantes entre parcelles :

- granulométrie argileuse,
- taux de C relativement constant autour de 1,6% (apparemment faible impact du précédent Hévéa sur ce paramètre, dans les modes de gestion traditionnels),
- un Phosphore échangeable pléthorique,
- une importance relative (/Ca) du Magnésium dans le complexe de bases échangeables

Les variations entre parcelles :

- pH varient de 4,5 à 5,3
- des taux de saturation également variables (donc), entre 30 et 55%
- des niveaux de potassium pouvant être très élevés (jusqu'à 0,46 cmol/100cm3) ; effet précédent hévéa sur réserve en K de surface ?

Matrice de Memot

Zones à l'extrême est de la province ; les cultures annuelles pluviales sont dominées par la monoculture de Manioc avec labour aux disques.

- Granulométrie très argileuse : argiles ≥ 80%
- Matière organique : C de l'ordre de 2,5 à 3,0 % sur [0-10], soit des taux de matière organique sensiblement plus élevée qu'à Chamcar Loeu autour de 4 - 5 % ; situation initiale très favorable, (héritage forêt récent ?)

→ M.O. (+ argile) fournissent une CEC total moyenne à élevée, 11 - 12 cmol/100cm3

- pHCaCl2 bas (4,4 – 5,0) à très bas (≤ 4,3, parcelle 15 en bas de toposéquence), légèrement supérieur à ceux de la matrice de Chamcar Loeu ; en corollaire, … idem matrice de Chamcar Loeu
- Concernant les bases échangeables, on note (i) toujours une forte présence relative de Mg (Ca/Mg entre 1 et 2) et (ii) mais des teneurs en K variables mais toujours élevées à très élevées (jusqu'à 0,5 cmol/100cm3)
- Phosphore échangeable (toujours en tenant compte des taux d'argile élevés) atteint des valeurs bien moindres qu'à Chamcar Loeu, mais demeure moyen (4,1 – 6 ppm) à suffisant (6,1- 8 ppm) ; plus rarement haut (> 8 ppm)

Autres parcelles de la zone de Memot

- Jeune plantation d'hévéas (2004) de M. Sum Mao

M. Sum Mao est passé à l'hévéa après 3 ans de monoculture d'hévéa, la dernière culture n'ayant rien produit.

Par rapport à la matrice de Memot, les paramètres physico-chimiques de cette parcelle se distinguent principalement par des taux de C plus faibles (mais encore acceptables), une acidité plus prononcée, des taux de saturation en bases plus bas (# 20 %) avec notamment des taux de Potassium très faibles (fortes exportations par Manioc). Les rendements de Manioc se sont effondrés du fait en premier lieu d'une baisse de K (et très probablement de N, non mesuré dans ces analyses).

Les taux de Pech. restent très élevés.

- Vieille plantation d'hévéas industrielle (Snuol, deux blocs voisins de 1940, l'un venant d'être abattu (+ préparation de sol) l'autre encore sur pieds

Pas de différence frappante entre ces deux blocs : pas d'effet défriche notoire !

pH et niveau de saturation en bases demeurent faibles, les niveaux de C en surface ne sont pas sensiblement plus élevés qu'ailleurs ; 65 ans de « jachère à Hévéas » ne semblent pas marquer de façon très sensible les principaux paramètres chimiques.

Les niveaux de K sont corrects et ceux de P ech moyens à suffisant … sans plus.

Rizières

- « Rizière riche » sur vertisol.

Ces rizières se situent en bas des longues toposéquences des plateaux basaltiques. A noter que si ces rizières apparaissent riches, elles ne produisent qu'entre une et 2 t/ha de paddy sous les modes de gestion traditionnel.

- Granulométrie très argileuse : argiles autour de 70%
- Matière organique : C de l'ordre de 2,5 à 3,0 % sur [0-10], soit des taux de matière organique autour de 4 - 5 %

→ M.O. (+ argile) fournissent une CEC total élevée, 14 - 16 cmol/100cm3 en surface ; à noter que la fraction argileuse doit porter une bonne part de cette CEC puisque le passage de taux de C -entre surface et profondeur- de 2,7 % à 0,8% n'induit qu'une baisse modérée de la CEC total (de 14,6 à 11,2 cmol/100cm3).

- pHCaCl2 sont moyens (5,1 – 5,5) à bas (4,4 – 5,0) ; en corollaire, les niveaux de saturation en bases sont plus élevés, autour de 50-60 %, a priori largement suffisant pour des hautes productivités en riz et l'aluminium « disparaît » du complexe d'échanges
- Concernant les bases échangeables, on note (i) les forts taux de Calcium, (ii) un meilleur équilibre Ca/mg (autour de 4-5) et (iii) des teneurs en K qui restent basses (plus élevées en profondeur)
- Phosphore échangeable (toujours en tenant compte des taux d'argile élevés) est, tout comme sur les plateaux en contre haut, très élevé (autour de 15 ppm)

- « Rizière pauvre » sur sols sableux de grandes plaines alluviales

Profil totalement différent de tous les sols précédant issus de substrat d'origine volcanique.

- Granulométrie très sableuse : sables autour de 75%
- Matière organique : C de l'ordre de 0,9 % sur [0-10], soit des taux de matière organique autour de 1,5 %

→ faible taux de M.O. et taux d'argiles limités (10 - 15 %) « portent » une CEC total très limitée, 4 - 5 cmol/100cm3 en surface.

- pHCaCl2 sont hauts (> 6,0) donc pas d'acidité, pas d'aluminium et des niveaux de saturation en bases assez élevés, autour de 50-65 % (mais CEC total faible, donc réserve en bases échangeables faible)
- Concernant les bases échangeables, les niveaux sont faibles.

- Phosphore échangeable (toujours en tenant compte des taux d'argile, ici, très bas) est à des niveau très bas (entre 3 et 8 ppm).

Commentaires généraux et interrogations

- sur sols rouges

Il faut :

- chercher à remonter les pH et les taux de saturations en bases, notamment K, déficient à Chamcar Loeu
- attention aux équilibres en bases sur le complexe, notamment rapport Ca/Mg parfois bas et surtout forte probabilité de déficience en K induite par les forts taux de Mg.
- surveiller les carences en Zn que peuvent induire les forts taux de P échangeable (pas ou peu de risques de blocage de P par la matière organique qui n'est pas excessive - probablement pas de blocage comme en altitude –cf sols rouges de Pleiku avec 7-8 % de M.O en surface) ;

Rappel : les déficiences en Zn sur Hévéa se traduise par une déformation des limbes de feuilles, « atrophiées et anormalement étroites » (R. Compagnon) ; celles en K, par une chlorose généralisée.

On peut s'interroger sur la pertinence de l'emploi de Thermophosphate comme source d'amendement calco magnésien compte tenu des taux disponibles de Pech ; n'y a t'il pas risque d'accentuation de blocage, notamment Zn ? Mais peu d'autres sources calco-mg disponibles sur la place.

La recherche pourrait également se pencher sur d'autres formulations de fumure, faisant l'impasse sur P, pour ne travailler qu'avec N & K (+ tester apport d'oligo en foliaire en pépinières avant planting -sacs débourrés- et sur jeunes cultures)

- sur les « vertisols »

Pas de remarques particulières : il faut rouvrir les profils. Une gestion pluviale avec drainage de ces sols devrait permettre d'atteindre des hauts niveaux de productions de riz, à moindre coût.

- sur les sols sableux de plaines rizicoles

C'est l'assiette percée (pas de M.O, pas de CEC) et vide (pas P échangeable, peu de bases puisque CEC très faibles).

Sur ces sols, il faut remonter les taux de M.O et conjointement remonter bases et Pech par des apports progressifs de thermophosphate.

Commentaires sur esquisses de corrélations entre analyses de sols Brésiliennes et analyses CIRAD

Objectifs.

Voir si des "transformations" des résultats d'analyses du CIRAD en résultats d'analyses brésiliennes sont possibles de façon à pouvoir bénéficier des normes d'interprétations et conseils de fertilisations associés aux secondes sur la base d'analyses CIRAD.

Les données.

1- issues de prélèvements réalisés en 1994 au Gabon.
2- Les analyses Brésiliennes sont réalisées en 1994, dans la foulée des prélèvements, par le Laboratoire de Campinas (Laboratorio Agronomico) dirigé par M. F. HAAS ; celles du CIRAD sont réalisées en 1998, à partir des talons d'échantillons conservés en sec pendant 3 ans ½.
3- Sols ferralitiques jaunes argileux (50 à 63 % d'argiles).
4- Les prélèvements sont réalisés sur 4 parcelles cultivées du périmètre agro-industriel de Boumango.
5- 3 de ces parcelles parcelles ont des caractéristiques chimiques assez proches, issues d'un mode de fertilisation minérale uniforme, appliqué pendant plus de 10 ans sur l'ensemble des parcelles du périmètre. La 4ème parcelle (les deux dernières colonnes des séries de données) s'avère beaucoup plus "riche" : cette "richesse" provenant d'un apport de fientes de Poulet, en 1992, 2 ans avant les prélèvements.
6- Cette structure des données présente l'avantage d'étendre le domaine de validité des corrélations obtenues entre les résultats des deux labos ; mais elle a probablement tendance à "donner plus de poids" (accroître r^2) aux équations de corrélations –linéaires et non linéaires- calculées pour les différents paramètres : cf les graphes où les courbes de régression joignent souvent un nuage de points concentrés (les 3 premières parcelles) au 2 points "excentrés" issus de la 4ème parcelle.

I-Phosphore échangeable (en ppm).

Les comparaisons portent sur la méthode **Olsen-Dabin** pratiquée par le CIRAD et deux méthodes pratiquées par Campinas : **Melhich** (il semble me souvenir qu'il s'agit de Melhich II) et **Résine**.

- domaine de variation.
  Olsen-Dabin : [12,33 ; 172,25]
  Melhich : [1,0 ; 64,6]
  Résine : [1,2 ; 117,6]

- commentaires (cf figure).

L'objectif est de transformer les classes d'interprétations existant pour P résine et P Melhich (cf compilation Lucien Séguy sur conseil fumure, amendement, diagnostic foliaire, …) en classes d'interpretation pour P Olsen-Dabin.

P résine (classes d'interprétaion Brésil).

Très Bas	<6
Bas	6-16
Moyen	16-40
Haut	40-80
Très Haut	>80

P	Bas	<6	**Melhich** (classes d'interprétation Brésil).
	Moyen	6-12	
	Haut	>12	

Par la très bonne corrélation linéaire entre P résine et P Melhich (graphe 1), on peut transformer les 5 classes P résine en 5 classes P Melhich :

P	Très Bas	<4,9	**Melhich.**
	Bas	4,9-10,2	
	Moyen	10,2-23,1	
	Haut	23,1-44,6	
	Très Haut	>44,6	

Transformation en classe P Olsen Dabin à partir des 5 classes P résine (cf graphes 2).

	Linéaire	**Puissance**	**Polynomiale**	**3. Compilation**
Très Bas	<35,0	<30,5	<29,7	**<30**
Bas	35,0-46,5	30,5-51,9	29,7-54,3	**30-53**
Moyen	46,5-74,3	51,9-85,2	54,3-81,7	**53-82**
Haut	74,3-120,7	85,2-124,0	81,7-94,7	**82-95**
Très Haut	>120,7	>124,0	>94,7	**>95**

La "compilation" retient les valeurs issues des courbes de regression les mieux ajustées aux points (P résine,P Olsen-Dabin) pour chaque classes de P résine ; en particulier pour la borne supérieure de la classe haute du P résine (80 ppm), les régressions linéaire et puissance fournissent des valeurs très au dessus du point (77,4,93,78), la transformation des classes pour cette valeur utilise la regression polynomiale d'ordre 3.

Transformation en classe P Olsen Dabin à partir des 5 classes P Melhich (cf graphes 3).

	Linéaire	**Puissance**	**Polynomiale**	**4. Compilation**
Très Bas	<34,8	<33,8	<34,5	**<34**
Bas	34,8-46,3	33,8-51,7	34,5-53,4	**34-53**
Moyen	46,3-74,4	51,7-82,8	53,4-76,8	**53-77**
Haut	74,4-121,2	82,8-121,0	76,8-96,3	**77-96**
Très Haut	>121,2	>121,0	>96,3	**>96**

Par compilation de cette double transformation, on pourrait retenir en première approximation comme classes d'interprétation pour Olsen-Dabin :

	P Olsen-Dabin (ppm)
Très Bas	**<32**
Bas	**32-53**
Moyen	**53-80**
Haut	**80-96**
Très Haut	**>96**

Les graphes 2 et 3 donnent les équations de corrélation P-Olsen-Dabin en fonction de P résine et P Melhich, la série de graphe 4 donne les équations inverses (avec matérialisation intervalle de 10% autour des points).

II- Complexe absorbant (meq/100g de sol).

Les deux laboratoires travaillent avec des méthodes différentes :

- le CIRAD évalue la CEC totale au pH du sol, extrait les cations échangeables au cobaltihexamine ;
- Campinas évalue la CEC totale en milieu tamponné à pH = 7 ; les bases échangeables sont évaluées par la méthode TFSA (?).

II-1 Conséquences de ces différences de méthode sur l'estimation des bases échangeables.

Potassium.

Les ordres de grandeur sont comparables. Il existe une bonne corrélation linéaire sur l'ensemble du domaine de variation.

K (CIRAD) = 0,5727 K (Brésil) + 0,0294

K (Brésil) = 1,5637 K (CIRAD) – 0,0254

$R^2 = 0,981$

K **échangeable** (classes d'interprétaion Brésil).

Bas	<0,10
Moyen	0,10-0,30
Haut	>0,30

(cf document Lucien Séguy, voir conseils de fumure associés)

K **échangeable** (transformation en classes d'interprétaion CIRAD).

Bas	<0,09
Moyen	0,09-0,20
Haut	>0,20

Calcium.

Idem Potassium.

Ca (CIRAD) = 0,6710 Ca (Brésil) + 0,1497

Ca (Brésil) = 1,4806 Ca (CIRAD) – 0,2092

$R^2 = 0,994$

Magnesium.

Idem Potassium, mais les équations de régression linéaire "resistent" mal à la suppression des deux valeurs extrèmes de la 4ème parcelle (cf graphe 7).

Mg (CIRAD) = 0,9308 Mg (Brésil) – 0,0387

Mg (Brésil) = 1,0365 Mg (CIRAD) + 0,0584

$R^2 = 0,965$

Calcium + Magnesium.

Idem Potassium ; très bonne corrélation, resistant à la suppression des valeurs extrèmes.

[Ca+Mg] (CIRAD) = 0,7163 [Ca+Mg] (Brésil) + 0,1361

[Ca+Mg] (Brésil) = 1,3895 [Ca+Mg] (CIRAD) + 0,1776
R^2 = 0,995

[Ca + Mg] échangeable (classes d'interprétaion Brésil).

[Ca + Mg] échangeable (transformation en classes d'interprétation CIRAD).

Bas	<2,40
Moyen	2,40-4,80
Haut	>4,80

Bas	**<1,86**
Moyen	**1,86-3,57**
Haut	**>3,57**

S : somme des bases échangeables (K + Ca + Mg + Na).

Idem Potassium et [Ca + Mg]
S (CIRAD) = 0,7118 S (Brésil) + 0,1883
S (Brésil) = 1,3962 S (CIRAD) – 0,2468
R^2 0,994.

Sur les bases échangeables, les méthodes employées par les deux laboratoires aboutissent à des résultats d'ordre de grandeur similaire. Les corrélations obtenues sont "robustes" sur l'ensemble du domaine de variation pour K et Ca, moins pour Mg. Mg étant minoritaire par rapport à Ca dans S, les corrélations obtenues pour [Ca + Mg] et S sont également "robustes".

II-2 Conséquences de ces différences de méthode sur l'estimation de l'Aluminium échangeable et du degré de saturation aluminique.

Aluminium échangeable.

Les ordres de grandeur sont comparables :

domaine de variation Al (CIRAD) : [0,00 ; 1,21]
domaine de variation Al (Brésil) : [0,00 ; 1,70]
Al (CIRAD) = 0,6971 Al (Brésil) + 0,0185
Al (Brésil) = 1,2628 Al (CIRAD) + 0,1018
R^2 = 0,880

A noter qu'en supprimant les deux valeurs de la 4ème parcelle, R^2 diminue fortement (R^2 = 0,42), mais l'équation de la droite de regression linéaire sur les 9 points varie peu par rapport à celle calculée sur 11 points : Al (CIRAD) = 0,636 Al (Brésil) + 0,098.

Degré de saturation aluminique.

S et Al étant du même ordre de grandeur, il en va de même pour m (m (%)= Al x 100/(Al + S)).
domaine de variation m (CIRAD) : [0,00 ; 66,24]
domaine de variation m (Brésil) : [0,00 ; 63,16]
m (CIRAD) = 0,9504 m (Brésil) – 1,4112
m (Brésil) = 1,0082 m (CIRAD) + 2,9948
R^2 = 0,9582

A noter qu'en supprimant les deux valeurs de la 4ème parcelle, R^2 diminue légèrement (R^2 = 0,90), mais l'équation de la droite de regression linéaire sur les 9 points varie peu par rapport à celle calculée sur 11 points : m (CIRAD) = 1,0683 m (Brésil) – 7,1981

m (classes d'interprétaion Brésil).

Bas	<5,0%
Moyen	5,0-45,0%
Haut	>45,0%

m (transformation en classes d'interprétation CIRAD).

Bas	**<3,3%**
Moyen	**3,3-41,4%**
Haut	**>41,4%**

II-3 Conséquences de ces différences de méthode sur l'estimation de l'"Acidité d'échange" : H^+ (meq/100 g sol).

Les ordres de grandeur changent … de planète :

domaine de variation H (CIRAD) : [0,00 ; 0,13]
domaine de variation H (Brésil) : [1,80 ; 4,00]

En langage "profane", … :

Le CIRAD travaille en milieu non tamponné ; les ions hydronium dosés sont ceux en solution en présence de l'extractant (chlorure de cobaltihexamine) ; le CIRAD fournit généralement une mesure du pH supplémentaire nommé pHcobalt, valeur du pH du sol en présence de l'extractant.

La matière organique "fonctionnant" comme un acide faible de pKa compris entre 4,5 et 5,0 :

$$\mathbf{[M.O.]\text{-}COOH + H2O \rightleftharpoons [M.O.]\text{-}COO^- + H_3O^+}$$

… lorsque le pHeau est de l'ordre du pKa, forme acide et base conjuguée de la matière organique sont en quantité équivalente (50%-50% à pH = pKa) ; les concentrations en H_3O^+, issus de la dissociation de la M.O. sont limités (environ 50 % des groupements carboxyliques sont dissociés).

H+ (CIRAD)	0,11	0,12	0,12	0,12	0,10	0,13	0,13	0,09	0,09	0,00	0,01
pHeau (CIRAD)	4,95	4,85	4,80	4,70	4,70	4,85	4,75	5,15	5,15	6,10	6,05
pHCobalt (CIRAD)	4,27	4,24	4,23	4,23	4,29	4,19	4,20	4,34	4,34	5,94	5,40
pHKCl (CIRAD)	4,05	4,05	4,05	4,05	4,10	4,00	4,05	4,10	4,15	5,40	5,05

… lorsque le pHeau est supérieur au pKa, la M.O. est essentiellement sous sa forme base conjuguée, [M.O.]-COO^-, les ions hydroniums issus de sa dissociation sont en concentrations nulles ou quasi nulle ({100-ε} % des groupements carbolxyliques sont dissociés).

Campinas travaille en milieu tamponné, à pH = 7, la méthode TSFA (?) étant en cela comparable à la methode Acetate d'ammonium. A pH = 7, les groupements carbolxyliques de la M.O. sont presque complétement dissociés (pH >> pKa), d'où libération de protons en solution (par ailleurs "absorbés" par le tampon) :

$$\mathbf{[M.O.]\text{-}COOH + H2O \longrightarrow [M.O.]\text{-}COO^- + H_3O^+}$$

La M.O. étant presque totalement dissociée, les charges variables de la matière organiques sont maximales ; la CEC ainsi évaluée constitue une valeur potentiel maximum (à l'origine ce type de mesure a été mis au point pour calculer des doses d'amendement nécessaire à la neutralisation de l'acidité potentiel, i.e en saturant les charges potentiel par des bases).

H+ (Campinas)	3,50	3,70	3,90	3,70	3,50	3,40	3,50	3,60	4,00	1,80	2,00
pHeau (Campinas)	5,00	5,00	4,90	5,00	5,00	5,00	4,90	5,10	5,00	6,40	5,70

Des corrélations mathématiques entre H+(CIRAD) et H+(Brésil) seraient donc sans fondement chimiques : le H+(CIRAD) representant les ions hydroniums issus de la dissociations des groupements carboxyliques de la M.O. au pH du sol en présence de l'extractant (pHcobalt légèrement inférieur au pHeau) ; alors que le H+(Brésil) représente la création de charge potentiel par dissociation de la "totalité" des groupements carboxyliques de la M.O., ce H+ sera donc d'autant plus élevé que la M.O est peu dissociée avant mise en solution tampon, i.e. d'autant plus élevé que le pHeau est faible. Par ailleurs, la kaolinite présente également des charges variables (Fallavier, 95) qui, dans des sols aussi riche en Argile (50-60 %, kaolinite + hydroxydes metalliques) et relativement pauvre en M.O., ne peuvent être négligée.

N.B. ces charges variables liées aux argiles pourraient expliquer pourquoi dans les analyses Brésiliennes, sur les deux points de la 4ème parcelle, bien que le pHeau soit > au pKa de la M.O., les ions H+ ne sont pas négligeables. Ils proviendraient sur ces deux points, non pas de la dissociations des groupes carboxyliques de la M.O. (essentiellement sous forme de base conjuguée à pH = 6,4), mais de l'apparition de charge sur la kaolinite essentiellement).

II-3 Conséquences de ces différences de méthode sur l'estimation de la CEC total et des taux de saturations.

CEC Total.

On a vu :

- CEC (CIRAD) = S (CIRAD) + Al (CIRAD) + εH+
- CEC (Brésil) = S (Brésil) + Al (Brésil) + $\mathbf{H}^+$

… et S+Al (CIRAD) du même ordre de grandeur que S+Al (Brésil). Donc toutes relations entre S (CIRAD) et S (Brésil) est dépendante de $\mathbf{H}^+$. $\mathbf{H}^+$ représente les charges de la CEC créées lors du "passage" du pH, du pH du sol à la neutralité (tampon pH = 7), i.e. la "matérialisation" des charges variables non exprimées au pH du sol.

Ces charges $\mathbf{H}^+$ proviennent essentiellement :

- de la dissociation des groupements carboxyliques de la M.O.; elle seront d'autant plus importantes que les taux de M.O. seront élevés et que cette M.O. sera peu dissociée initialement, i.e. d'autant plus importantes que le pHeau du sol sera faible et inférieur au pKa de la M.O. (de l'ordre de 4,5-5).
- De l'expression des charges variables de la fraction argileuse lié à la kaolinite et dans une moindre mesure aux oxyhydroxy-metalliques. Les autres argiles minéralogiques ne présente que des charges permanentes.

(N.B.: voire également cas particulier des charges variables liées aux allophanes, charges positives formant des liaisons stables avec la matière organiques → diminution de la CEC effective).

Donc les relations que l'on établit entre CEC (CIRAD) et CEC (Brésil) n'ont donc qu'un caractère local, éventuellement applicable en première approximation à des sols ferralitiques présentant des taux de M.O et d'argile proche de ceux de Boumango.

Cf graphes 13.

Taux de saturation en bases échangeables.

Mêmes précautions que pour la CEC totale. Les relations calculées sur les graphes 14 n'ont qu'une "valeur locale".

Pour des sols ferralitiques, argileux (>50 %), présentant des taux de M.O. < 4,0%, en première approximation :

$$\mathbf{CEC(CIRAD) = 0{,}1125\ [CEC(Brésil)]^2 - 0{,}8214\ [CEC(Brésil)] + 3{,}0344}$$

$$\mathbf{R^2 = 0{,}942}$$

$$\mathbf{5.\ V(CIRAD) = 39{,}417\ \ln[V(Brésil)] - 69{,}989}$$

$$\mathbf{R^2 = 0{,}980}$$

CEC(Brésil) = - 0,0521 [CEC(CIRAD)]² + 1,3967 [CEC(CIRAD)] + 3,3983
R^2 = 0,911
V(Brésil) = 0,0120 [V(CIRAD)]² - 0,6742 [V(CIRAD)] + 23,5722
R^2 = 0,995

III- Matière organique et Azote totale.

III-1 Matière organic (%).

Les résultats diffèrent. Est-ce lié à des différences de méthode, à une évolution (augmentation !) de la matière organique durant les 3 années de stockage ?

Une petite préférence au résultats Brésiliens, pour différentes raisons :

- Si ces différences sont dues à une évolution de la M.O en cours de stockage, les analyses Campinas ont été réalisées peu de temps après l'échantillonnage ;
- En estimant la CEC de la matière organique à pH = 7, connue pour être comprise entre 1 meq/100g et 3 meq/100g (Fallavier, 95), 2 meq/g et 5 meq/g (Duchaufour, 91), on obtient sur la base de deux hypothèses (haute et basse pour la CEC liée aux argiles) :
    - CEC M.O (Campinas) 1,06 – 2,35 meq/1g de M.O.
    - CEC M.O (CIRAD) 0,71 – 1,52 meq/g de M.O.
- le rapport C/N est compris entre 9,9 et 16,8 pour le CIRAD entre 10,2 et 11,6 pour Campinas, ce qui semble plus conforme aux valeurs d'un sol ferralitique cultivé sous climat équatorial.

Corrélation linéaire statistiquement satisfaisante (mais quel est son sens ?) :

M.O (CIRAD) = 1,066 M.O (Campinas) + 0,8100
M.O (Campinas) = 0,9066 M.O (CIRAD) – 0,6654
R^2 = 0,966

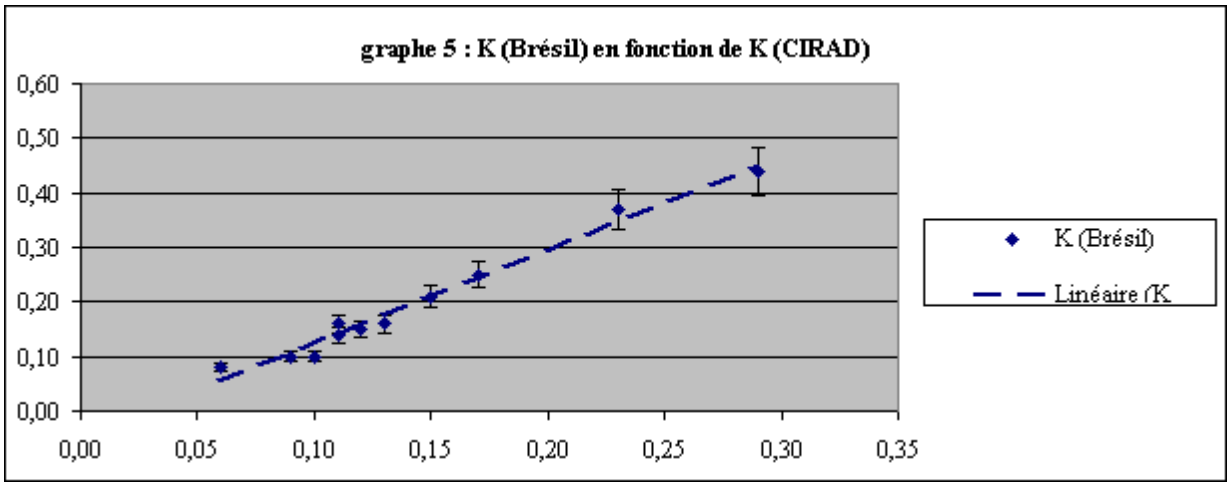
III-2 Azote (‰).

Aucune corrélation possible. L'évolution (augmentation !) de l'azote au cours du stockage est-elle possible (valeurs CIRAD > ou = aux valeurs brésiliennes) ?

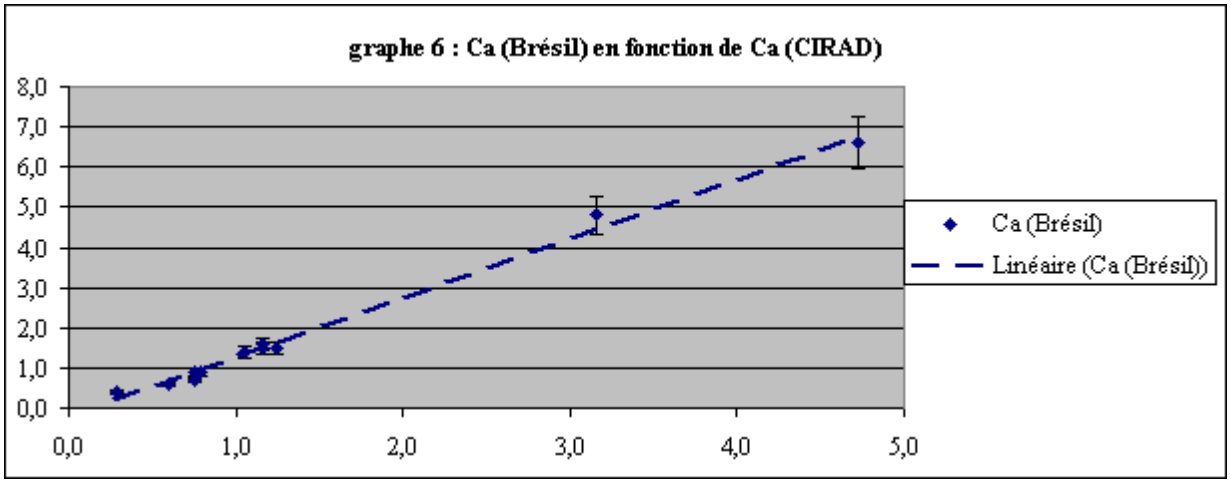
…

Bases échangeables (meq/100 g) 1/2

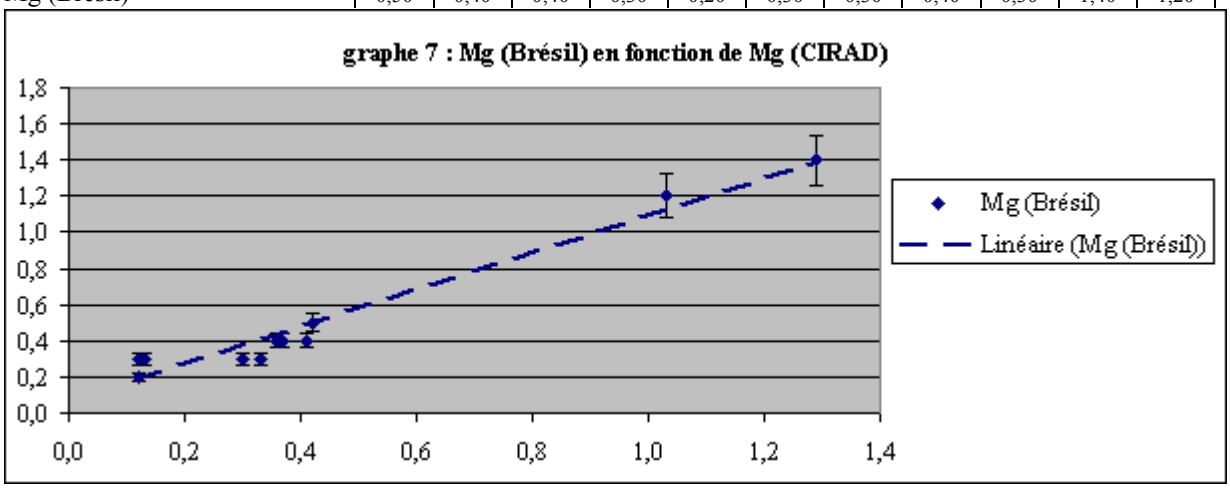
K (CIRAD)	0,29	0,23	0,15	0,12	0,06	0,13	0,09	0,11	0,10	0,11	0,17
K (Brésil)	0,44	0,37	0,21	0,15	0,08	0,16	0,10	0,16	0,10	0,14	0,25



Ca (CIRAD)	1,24	1,16	1,05	0,75	0,29	0,75	0,60	1,16	0,79	4,72	3,16
Ca (Brésil)	1,50	1,50	1,40	0,90	0,40	0,70	0,60	1,60	0,90	6,60	4,80

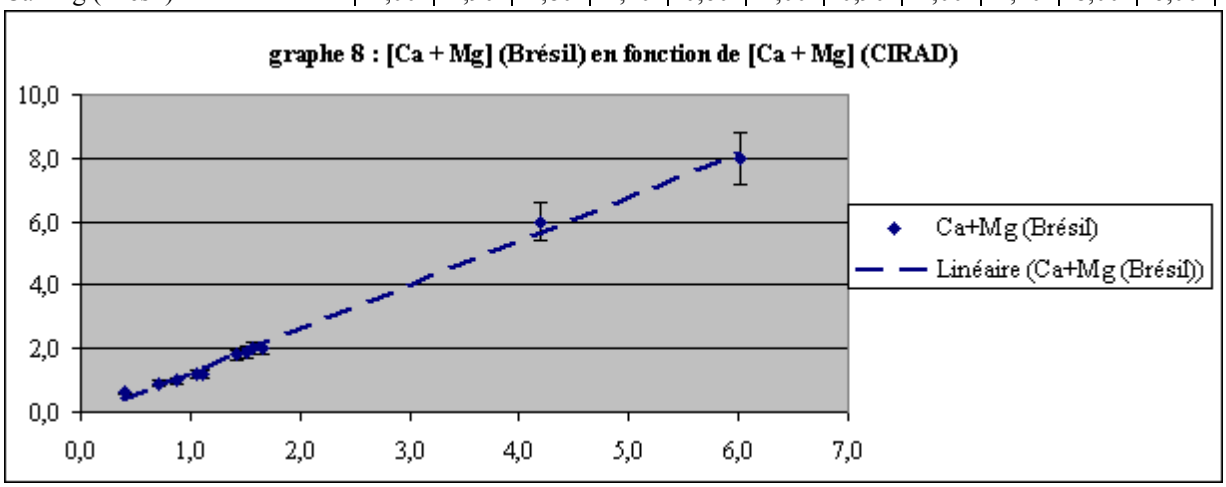


Mg (CIRAD)	0,42	0,36	0,37	0,30	0,12	0,13	0,12	0,41	0,33	1,29	1,03
Mg (Brésil)	0,50	0,40	0,40	0,30	0,20	0,30	0,30	0,40	0,30	1,40	1,20

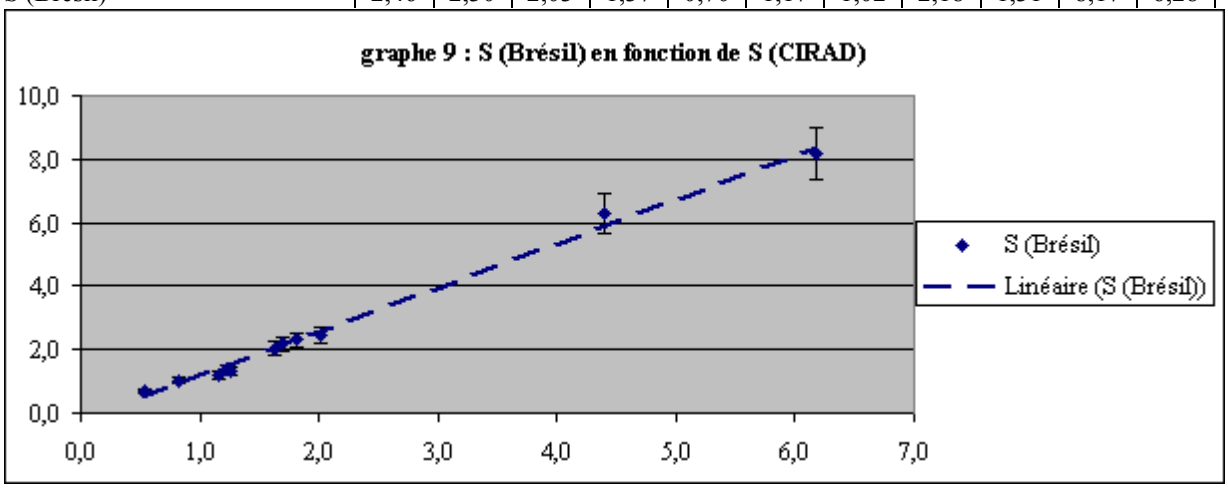


Bases échangeables (meq/100 g) 2/2.

Ca+Mg (CIRAD)	1,66	1,52	1,42	1,05	0,41	0,88	0,72	1,57	1,12	6,01	4,19
Ca+Mg (Brésil)	2,00	1,90	1,80	1,20	0,60	1,00	0,90	2,00	1,20	8,00	6,00

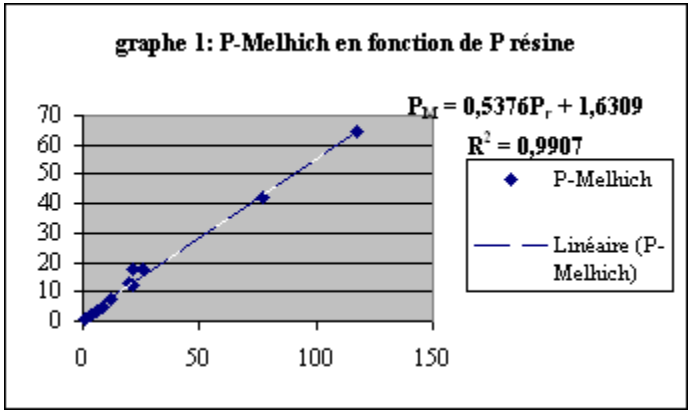


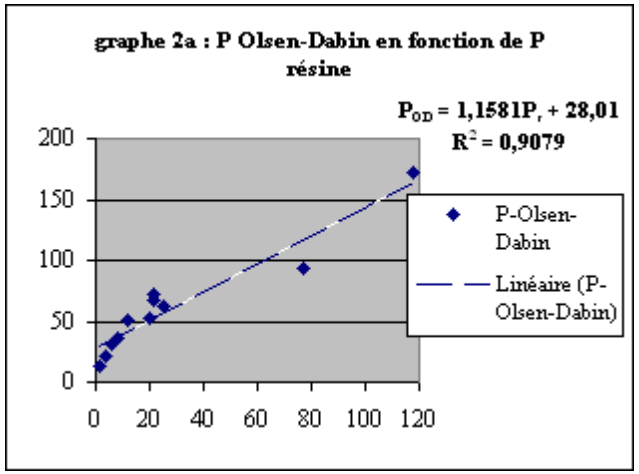
S (CIRAD)	2,01	1,81	1,62	1,22	0,53	1,15	0,83	1,70	1,26	6,18	4,39
S (Brésil)	2,46	2,30	2,03	1,37	0,70	1,17	1,02	2,18	1,31	8,17	6,28

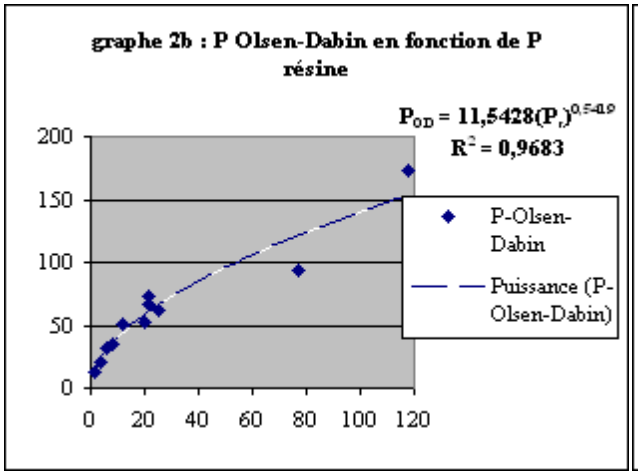


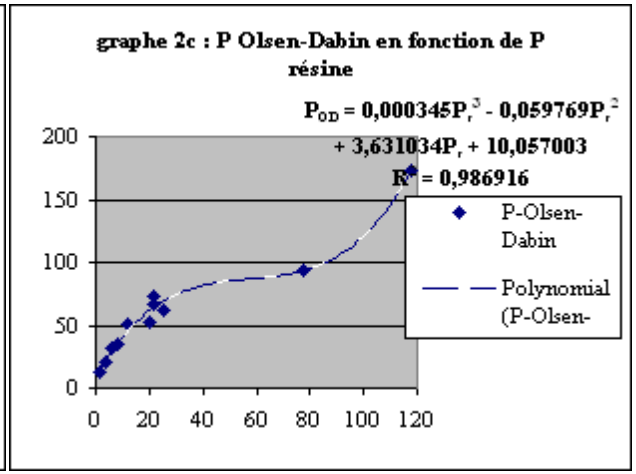
Phosphore échangeable (ppm) 1/2.

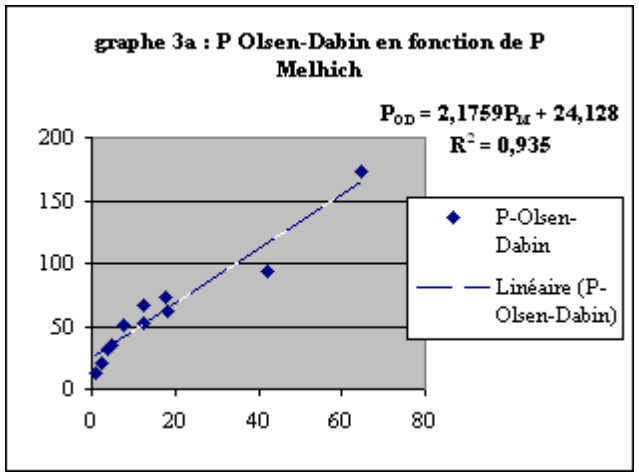
P-Olsen-Dabin	72,68	52,69	50,60	21,21	12,33	62,61	35,30	67,30	31,12	172,25	93,78
P-Résine	21,30	20,00	12,10	3,50	1,20	25,50	8,30	21,30	5,90	117,60	77,40
P-Melhich	17,60	12,60	7,80	2,30	1,00	18,00	5,00	12,30	3,60	64,60	42,00

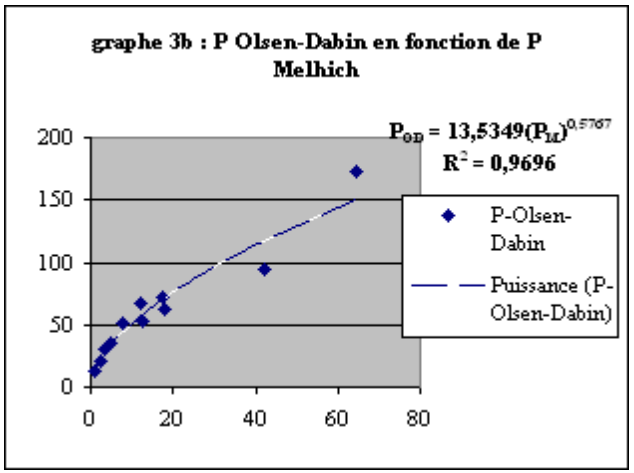


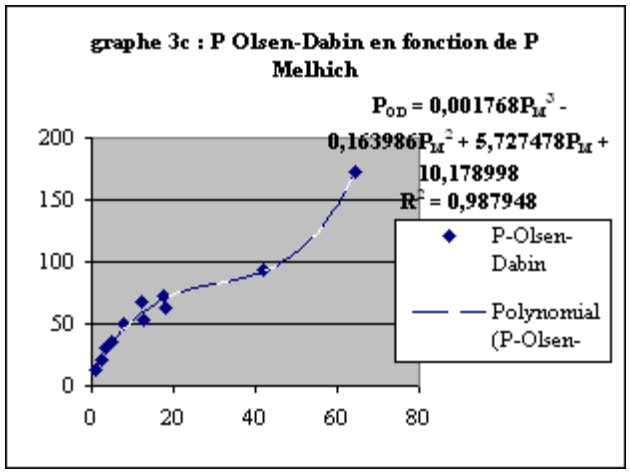




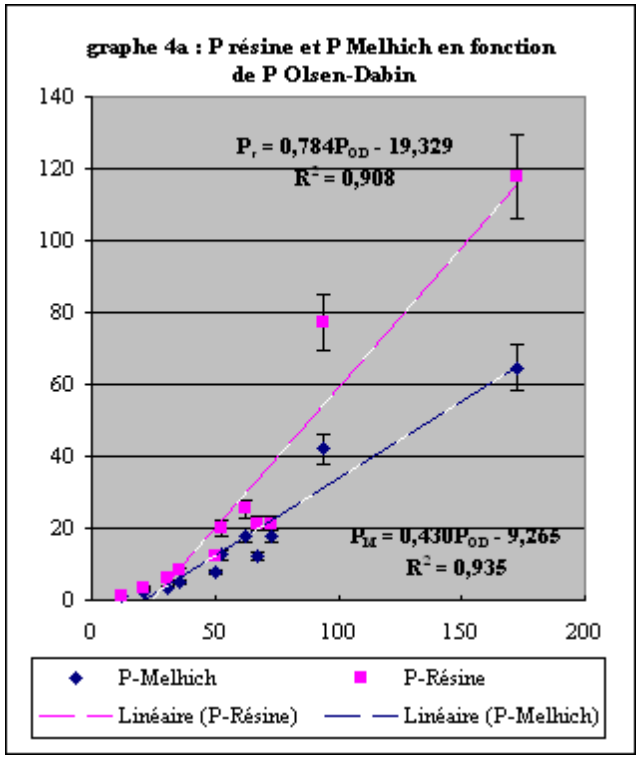


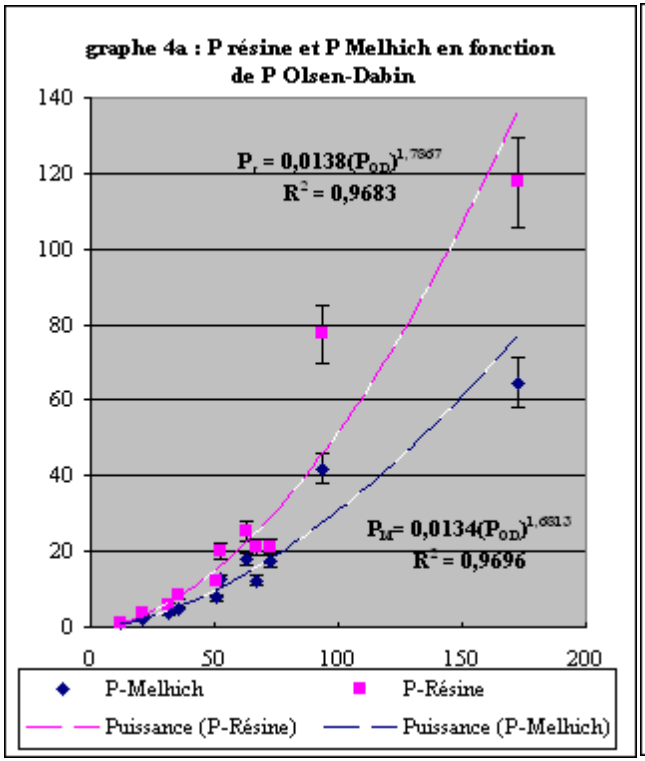


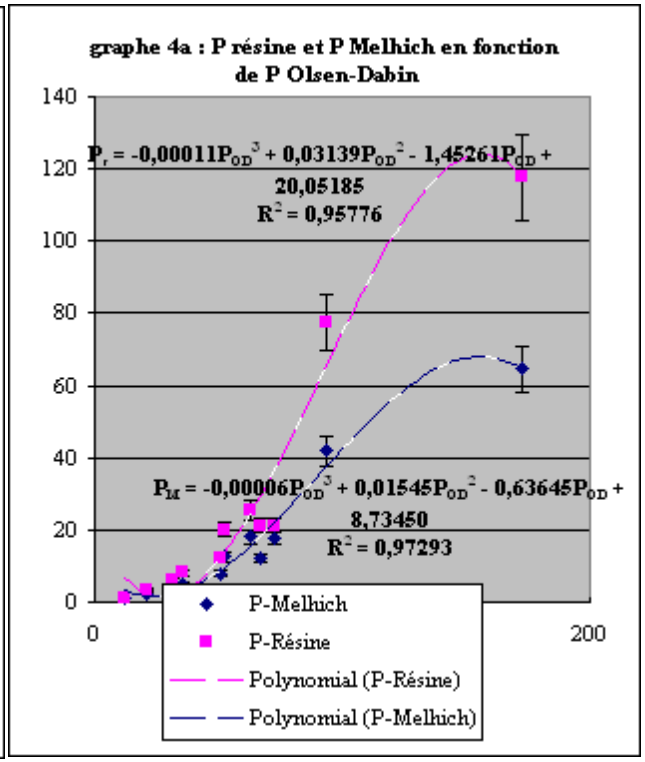




Phosphore échangeable (ppm) 2/2.

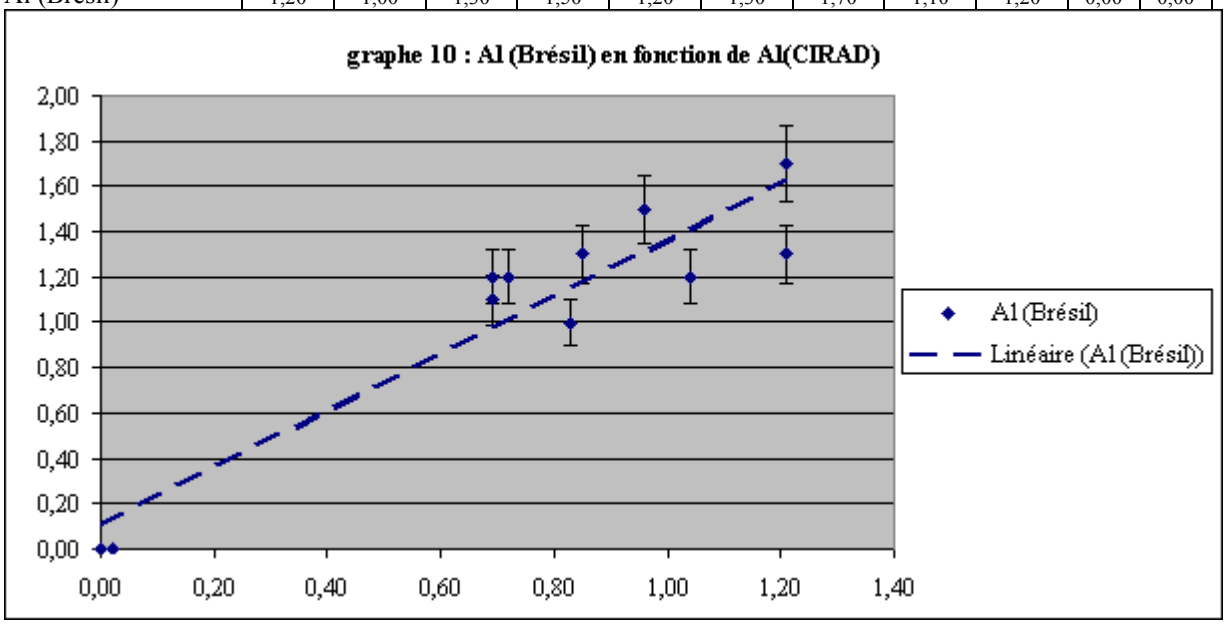




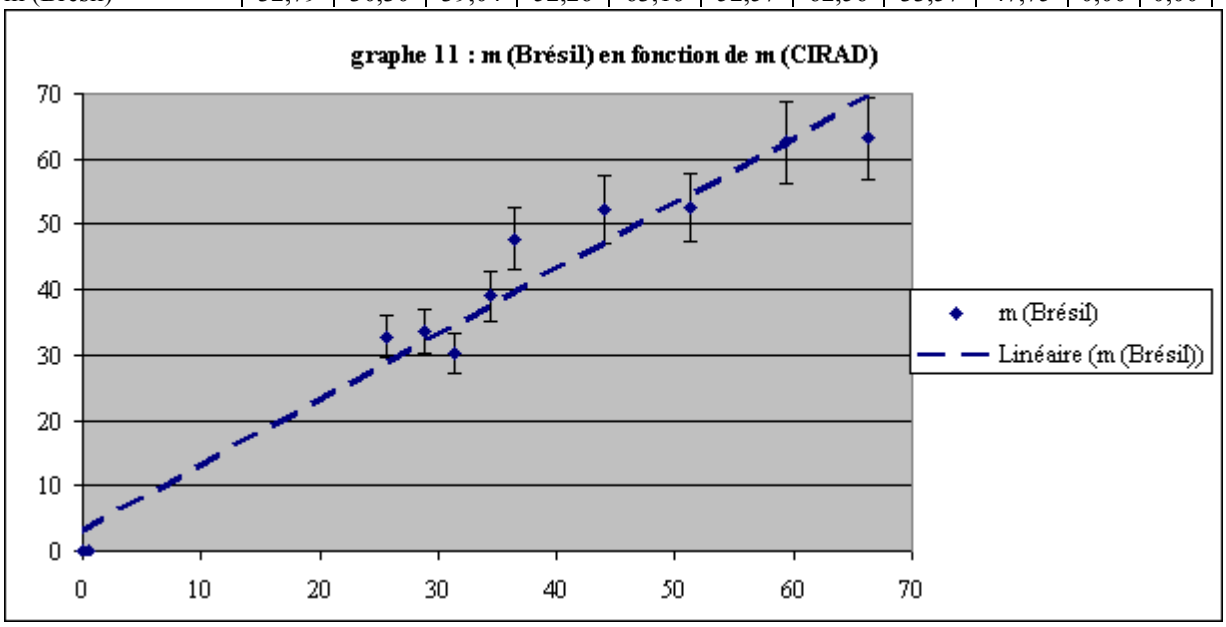


Aluminium échangeable (meq/100 g) 1/1.

Al (CIRAD)	0,69	0,83	0,85	0,96	1,04	1,21	1,21	0,69	0,72	0,00	0,02
Al (Brésil)	1,20	1,00	1,30	1,50	1,20	1,30	1,70	1,10	1,20	0,00	0,00

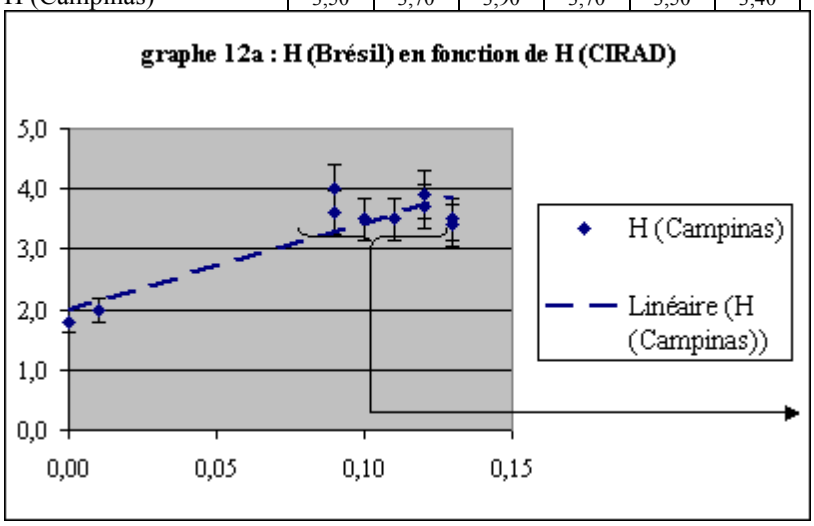


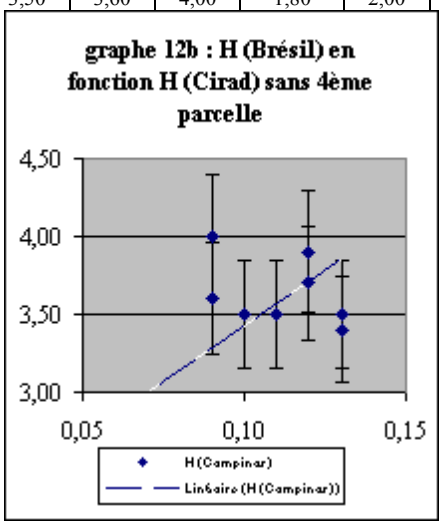
m (CIRAD)	25,56	31,44	34,41	44,04	66,24	51,27	59,31	28,87	36,36	0,00	0,45
m (Brésil)	32,79	30,30	39,04	52,26	63,16	52,57	62,56	33,57	47,75	0,00	0,00



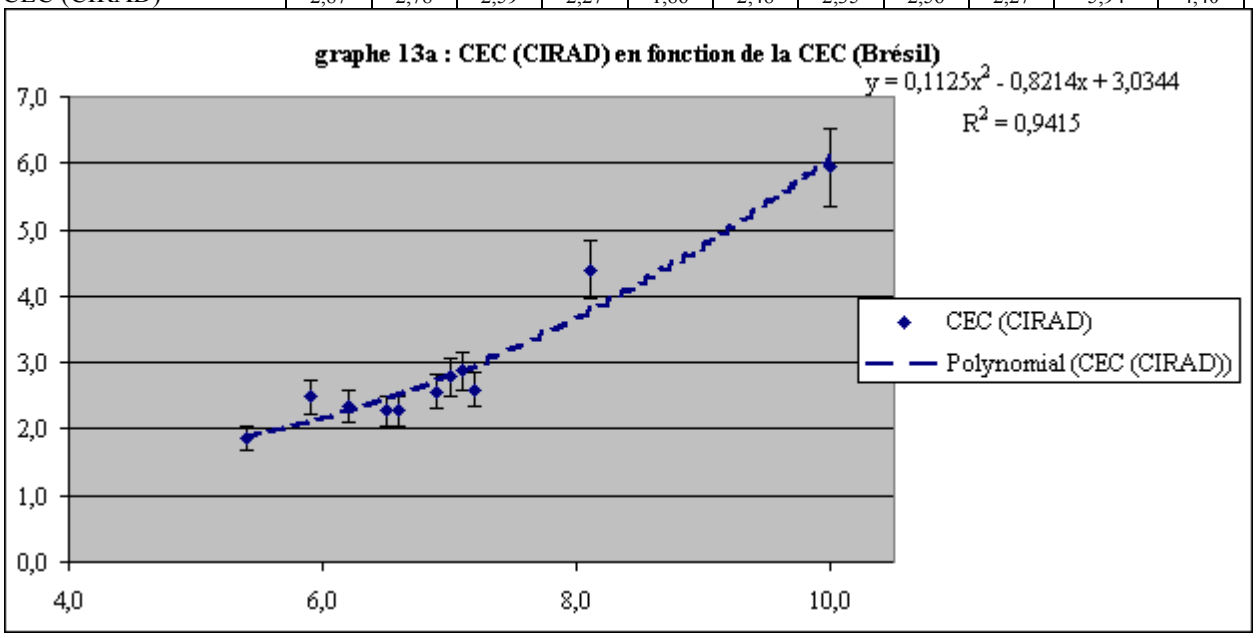
H+ et CEC totale (meq/100g) 1/1.

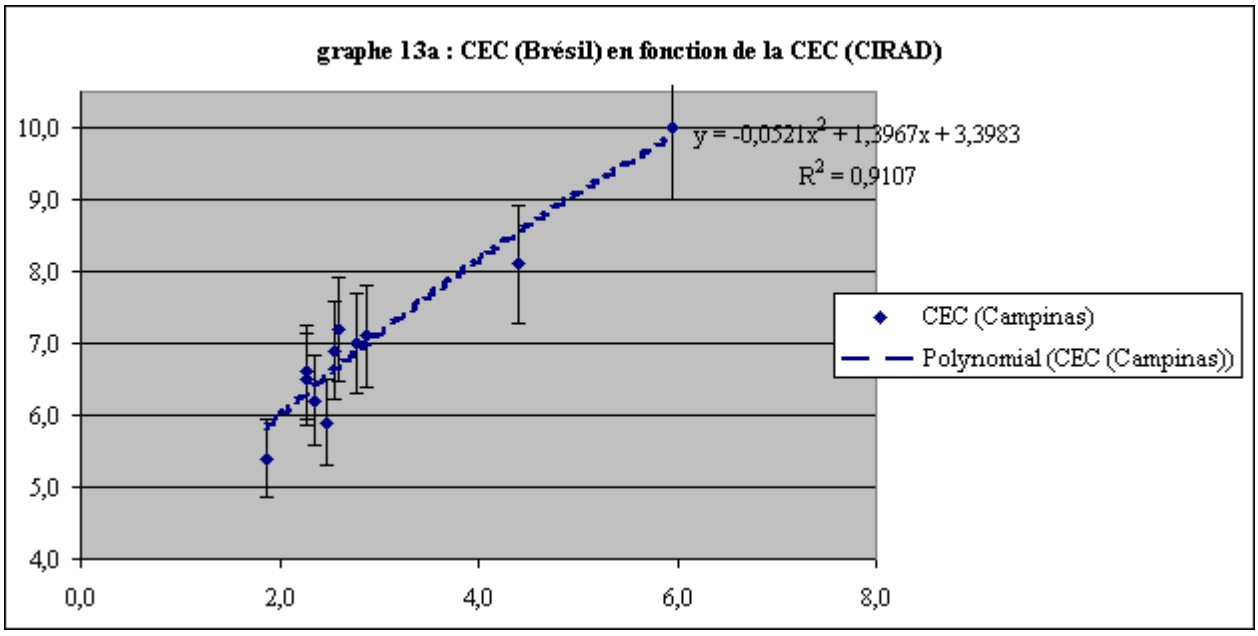
H (CIRAD)	0,11	0,12	0,12	0,12	0,10	0,13	0,13	0,09	0,09	0,00	0,01
H (Campinas)	3,50	3,70	3,90	3,70	3,50	3,40	3,50	3,60	4,00	1,80	2,00





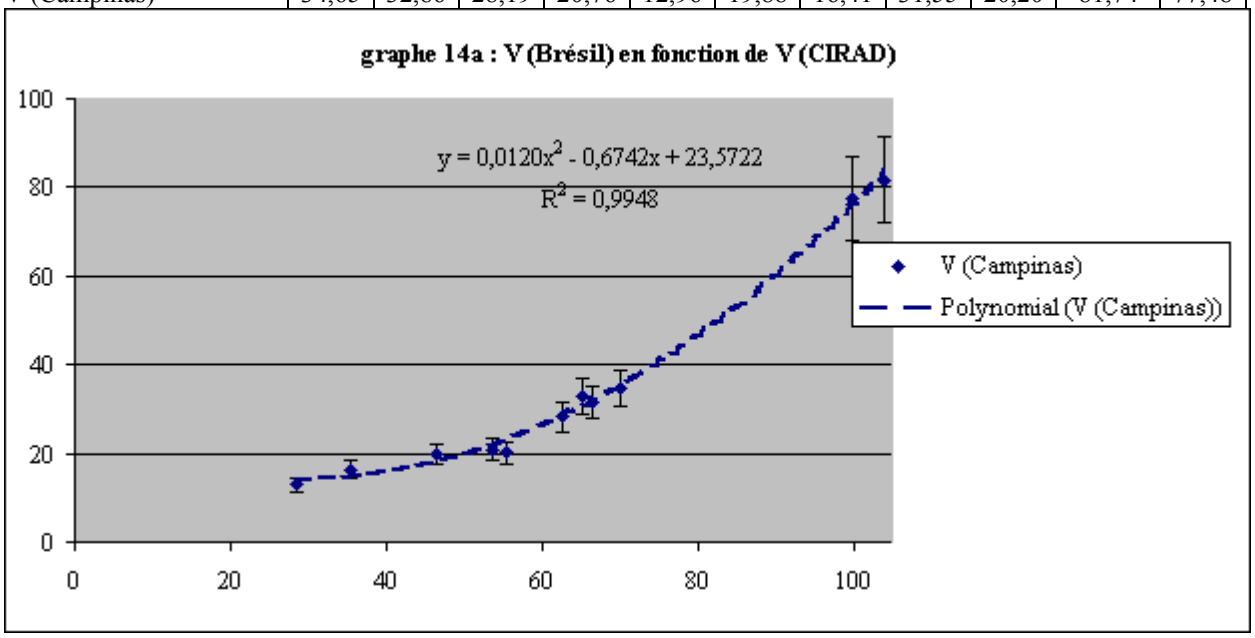
CEC (Campinas)	7,10	7,00	7,20	6,60	5,40	5,90	6,20	6,90	6,50	10,00	8,10
CEC (CIRAD)	2,87	2,78	2,59	2,27	1,86	2,48	2,35	2,56	2,27	5,94	4,40

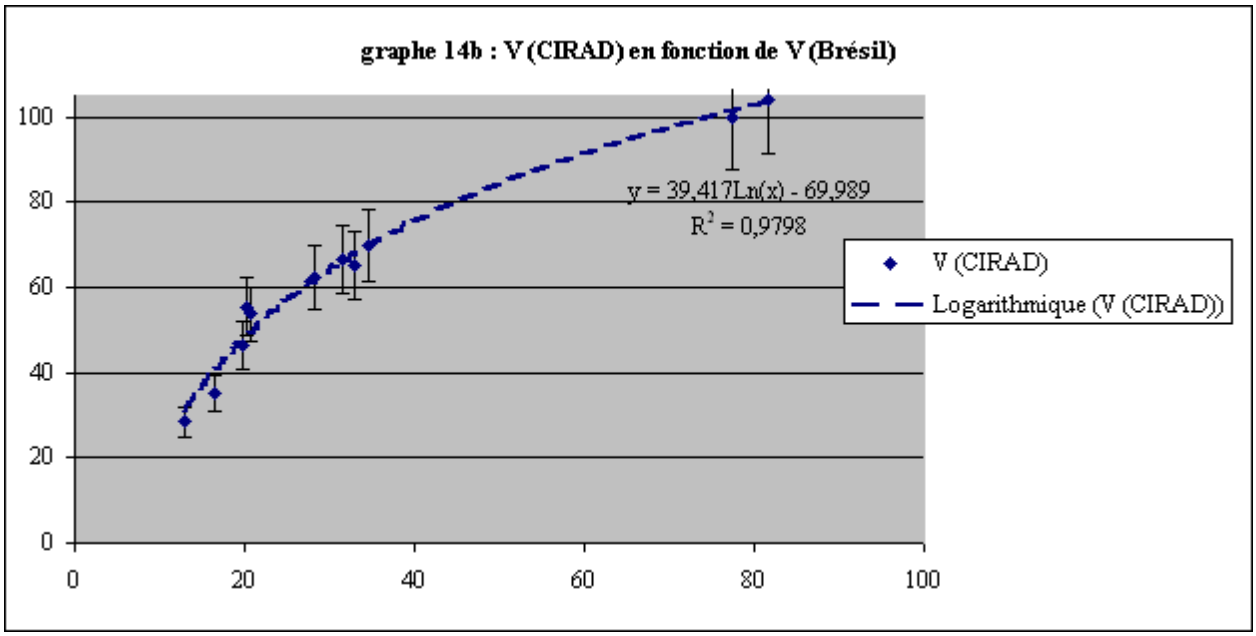




Taux de saturation en bases échangeables (%) 1/1.

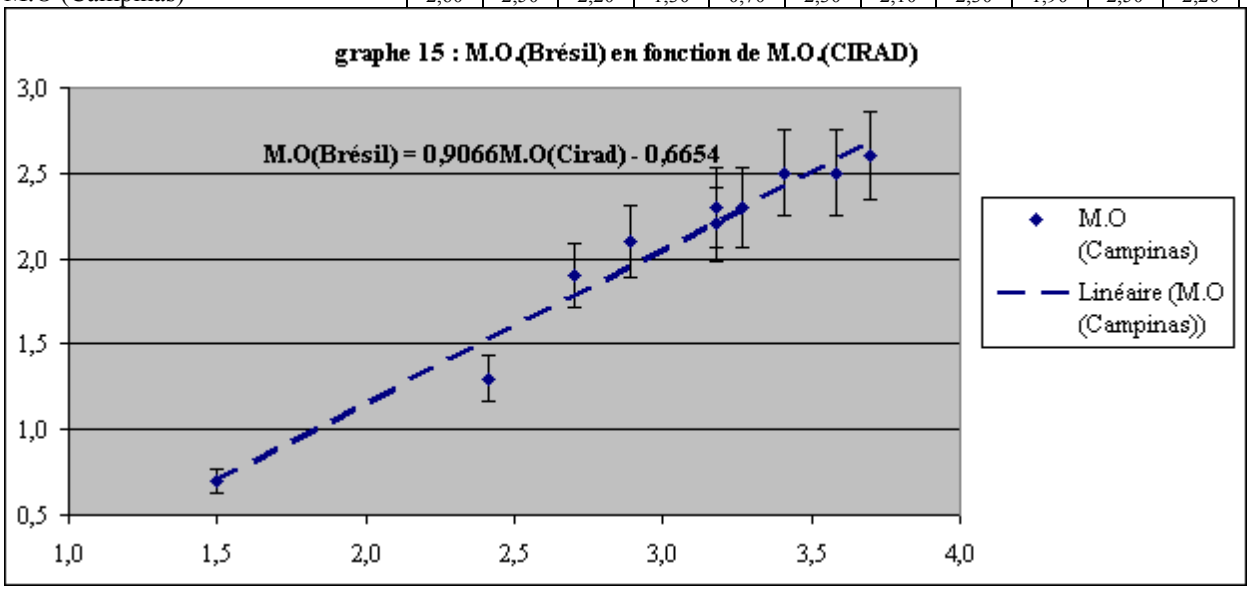
V (CIRAD)	70,03	65,11	62,55	53,74	28,49	46,37	35,32	66,41	55,51	104,04	99,77
V (Campinas)	34,65	32,86	28,19	20,76	12,96	19,88	16,41	31,55	20,20	81,74	77,48



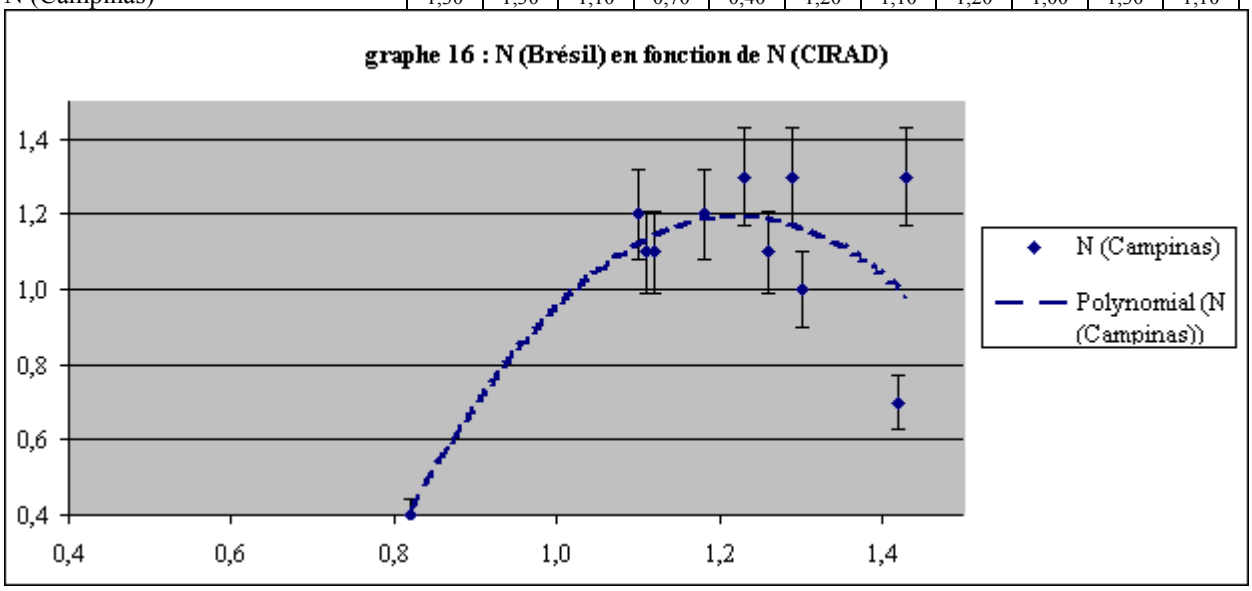


Matière organique (%) et azote (‰) 1/1

M.O (CIRAD)	3,70	3,41	3,18	2,41	1,50	3,27	2,89	3,18	2,70	3,58	3,18
M.O (Campinas)	2,60	2,50	2,20	1,30	0,70	2,30	2,10	2,30	1,90	2,50	2,20



N (CIRAD)	1,43	1,23	1,26	1,42	0,82	1,18	1,12	1,10	1,30	1,29	1,11
N (Campinas)	1,30	1,30	1,10	0,70	0,40	1,20	1,10	1,20	1,00	1,30	1,10



ANNEXE III

OUTIL DE CARACTERISATION DU FONCTIONNEMENT AGRONOMIQUE DES SYSTEMES DE CULTURE

Quelques propositions constructives (décembre 2004 – L. Séguy)

OUTILS DE CARACTERISATION DU FONCTIONNEMENT AGRONOMIQUE DES SYSTEMES DE CULTURE

Quelques propositions

L. Séguy, Décembre 2004

I) INTRODUCTION

Un des rôles fondamentaux de la recherche finalisée, est, au même titre que la création de l'innovation de technologique pour, avec et chez les acteurs, de perfectionner ses outils, ses méthodes de travail pour gagner en rigueur scientifique, efficacité d'intervention aussi bien au Nord qu'au Sud.

Dans le cadre de l'UR 1 qui a pour mandat d'œuvrer au Sud, dans des milieux physiques et des conditions socio-économiques souvent dégradées, il s'agit, en priorité, d'imaginer – adapter des outils et des méthodes fiables rigoureux dans ces conditions difficiles, soit de s'engager dans une véritable démarche «d'excellence » qui doit d'abord répondre à la question = comment faire de la science vraiment utile et de qualité pour les agricultures du Sud, avec et chez elles, lorsque l'on ne dispose que de moyens dérisoires, en tout cas, très loin des moyens matériels, humains et financiers du Nord.

A l'évidence, pour ceux qui ont contribué à transformer les agricultures du Sud à des niveaux d'échelle convaincants, la source de cette science, son opérationnalité, donc ses outils, doivent être d'abord puisés dans des méthodes d'intervention directement engagées dans la transformation *in situ* des agro systèmes et écosystèmes cultivés avec la participation active des agriculteurs. La démarche d'intervention fait plus appel à celle du naturaliste, qui, en adéquation avec les problématiques et aspirations des sociétés rurales du Sud, construit et étaye ses cheminements scientifiques dans les réponses de la propre nature elle-même, soumise à des modes de gestion systématisés, modélisés, plus qu'à un simple transfert Nord – Sud de moyens matériels, financiers, de formation, le plus souvent hors de portée des pays du Sud et inadaptés (*efficacité chronique, dérisoire, dans la résolution des problématiques majeures au Sud*).

Il faut donc, comme nous l'avons toujours fait pour bâtir l'agriculture de conservation en milieu tropical (GEC), continuer à perfectionner nos méthodes, outils, indicateurs pour les rendre accessibles aux plus démunis ; c'est l'objet essentiel des propositions pragmatiques qui suivent.

II) OBJECTIFS

● Développer, valider au niveau du réseau tropical « Systèmes SCV x Traditionnels » des outils performants et des indicateurs pertinents, puissants et accessibles à tous les acteurs, et en particulier aux agriculteurs les plus démunis (*analphabètes*), de caractérisation scientifique du fonctionnement agronomique comparé des systèmes de culture.

● Les outils et indicateurs privilégiés seront ceux qui s'adressent en priorité à la compréhension-caractérisation *in situ* du fonctionnement différencié des systèmes « SCV x Traditionnels »

- Ces outils devront satisfaire aux exigences des conditions économiques de nos partenaires du Sud, soit être à la fois :
    - Très bon marché,
    - Faciles à utiliser,
    - Très discriminants et en particulier à partir de la seule lecture visuelle si possible.

III) EXTERNALITES ET BILAN HYDRIQUE

3.1 Représentativité des mesures

Les sols sont des milieux anisotropes ; mêmes ceux qui paraissent les plus homogènes comme les vieux sols ferrallitiques sont par nature anisotropes ; leur anisotropie s'accroît très fortement sous l' influence des modes de gestion inadaptés à la conservation de toutes leurs potentialités originelles (*travail du sol intensif, systèmes des monocultures, ….*).
L'hétérogénéité du profil cultural s'accentue encore davantage lorsque ces modes de gestion destructeurs s'exercent sur des unités de sols, en pente : doigts basaltiques, colluvions sur grès, karst, zones montagneuses.
Même les sols couverts de pâturages (*hors espèces vivaces à stolons, rhizomes*) révèlent lorsqu'ils sont constitués d'espèces annuelles, un microrelief souvent important de surface, de touffes perchées sur monticules de sols structurés séparés par des chemins d'eau de ruissellement, plus ou moins profonds suivant la pluviométrie, la pente, le type de sol où le profil présente un état de dégradation net.
La première question fondamentale qui se pose pour une caractérisation rigoureuse des propriétés du profil cultural en milieu tropical où les sols sont plus fragiles, plus affectés par des conditions climatiques plus agressives, est bien de déterminer la surface et la profondeur minimums représentatives du comportement général du profil cultural (*diagnostic- prédiction du comportement*) :

- **Etats de surface** (*rugosité, indice de couverture, dynamique d'évolution*)
- **Propriétés hydrodynamiques** (*importance des externalités, capacité et vitesse d'infiltration de l'eau et des fluides, en général*),
- **Résistance à la pénétration racinaire** (*état structural, porosité: quantité et qualité, humidité)*,
- **Dynamique racinaire des espèces cultivées** comme résultante des propriétés physico-chimiques et biologiques

Par exemple: sur sols de pente fortement dégradés, présentant une rugosité et hétérogénéité marquées des états de surface, quelle signification peut avoir la mesure du ruissellement sur 1 m², 5 m², 10 m² ? Même si les conditions de mesures et les mesures elles mêmes sont contrôlées et rigoureuses, leur représentativité par rapport au comportement réel du sol, est dérisoire, car elle ne prend pas suffisamment en compte, à la fois, ni la variabilité du sol, ni la réalité des flux de surface, donc leurs effets réels sur le profil cultural.

Or, les mesures qui doivent permettre de caractériser la nature et l'importance des externalités, constituent des indicateurs précieux du comportement différencié du profil cultural en fonction de son mode de gestion : par exemple, sur SCV continu avec couvert permanent, qui conduit à une macroporosité élevée, le stockage de l'eau de pluie est pratiquement total et l'évaporation réduite au minimum. Dans ces conditions, une pluviométrie faible de 600 à 700 mm (*zone soudanienne*), permet des productivités élevées, stables, à l'abri des accidents climatiques, même pour des cultures exigeantes en eau telles que le riz pluvial et le maïs ; à contrario, une pluviométrie élevée de 1.200 à 1.400 mm, sur sol nu travaillé, compacté, à microporosité dominante, le ruissellement peut atteindre 50 à 70%, réduisant fortement la réserve utile d'eau et exposant les cultures à un risque climatique très élevé qui peut conduire à un choix de cultures résistantes à la sécheresse.

Il est donc très important de prendre en compte une surface minimum qui soit représentative de la dynamique « Flux hydriques – Sols – Cultures » sur les unités de sol et de paysage sur lesquelles nous intervenons.

3.2 Mesure simple des externalités

Si, dans le cas de sols où la pente est très faible, 10 m² suffisent pour évaluer les externalités, il en va tout autrement dans le cas de sols sur pentes supérieures à 3-4%, où les sols ont déjà subi une dégradation visible importante: une surface de 50 m² est alors recommandée.
Cette surface importante, sur laquelle s'exerce les flux hydriques, nécessite alors d'une capacité importante de réception des externalités ; je propose, pour éviter des travaux de terrassement et réceptacles importants de prévoir (*Fig. 1*) :

- une surface importante à l'aval de la parcelle système, réservée à la réception à plat des externalités ;
- une bâche imperméable (*de camion*), déformable et modulable, facile à manipuler (*récupération des eaux, dépôts solides*), pour récupérer les externalités.

L'eau de ruissellement peut être très rapidement récupérée par ce dispositif, sa quantité mesurée, un échantillon[1] prélevé pour analyse des nutriments majeurs (*NO3, NH4, P, K, Ca, Mg, SO4,*) et des oligo-éléments (*Zn, Mn, B, Cu,…*) par réflectométrie (*réflectomètre calibré au préalable – mesures rapides et bon marché*).

Les dépôts solides peuvent être stockées dans des fûts adjacents au cours de la saison des pluies ; en saison sèche, le total sera séché et pesé. Quelques échantillons moyens seront analysés par réflectométrie sur les mêmes éléments nutritifs majeurs et les oligo-éléments.

L'analyse globale des pertes de nutriments dans les compartiments « sol-eau » permettra de calculer l'importance des restitutions de compensation nécessaires (*correspondants en engrais*) : quantité et coût.

3.3 Lysimètrie « bon marché » installable partout

La conception et la réalisation de ces lysimètres date de 1974 dans l'Ouest Cameroun[2] pour caractériser l'importance du drainage interne des sols ferrallitiques en zone tropicale humide et évaluer l'influence de certaines pratiques culturales (*écobuage, phosphatage, techniques de travail du sol*) sur la lixiviation des éléments minéraux et colloïdaux.

La figure 2 décrit comment installer ces lysimètres « bon marché », en partant de fûts d'huile de 200 l., présents partout au Sud.

Il est recommandé (*expérience du Cameroun*) de mettre en place 2 lysimètres par système de culture retenu (*un de chaque côté de la parcelle système*). Il est évident que seuls les systèmes de culture les plus différenciés au plan de leur fonctionnement (*L. Séguy et al. 1996, 2001, 2003, 2004*) seront sélectionnés pour cette évaluation.

Au cours de l'enfoncement du fût dans le sol en place, prélever des échantillons sur la terre retirée sur le pourtour du fût, sur toute sa hauteur, pour mesurer la réserve d'eau utile du fût.

Les fûts en place devront présenter les mêmes états de surface (*même culture, couverture ou sol nu*) que la parcelle système correspondante, adjacente.

---

[1] Il est souhaitable de conserver de petits échantillons en boîtes plastiques hermétiques bien identifiées pour faire analyser les résidus de pesticides (*grands groupes chimiques*)
[2] Rapport de synthèse IRAT – Dschang – Ouest Cameroun -1974– Dispositif conçu et mis en place par L. Séguy.

On disposera donc, à peu de frais, en couplant ces mesures de drainage interne du profil cultural avec celles des externalités des parcelles adjacentes, de tous les termes du bilan hydrique dont l'ETR des cultures dans divers systèmes comparés.
Sur les eaux de drainage, on analysera, comme dans les eaux de ruissellement:

- NO3, NH4, SO4, P, K, Ca, Mg, Na, oligo-éléments (*réflectométrie*),
- Les xénobiotiques (*familles chimiques principales*).

(*) Ces analyses de drainage sont plus rigoureuses et plus complètes que celles obtenues avec les bougies poreuses qui présentent 2 défauts majeurs :

- En sols ferrallitiques, dépôt de fer colloïdal en surface, qui peut jouer le rôle de membrane sélective d'ions ;

- Ne renseigne pas sur l'importance du drainage interne et nécessite une bonne syntonie entre la mise sous dépression et les pluies importantes.

IV) PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES *In situ* ET COMPORTEMENT HYDRODYNAMIQUE DU PROFIL CULTURAL

(*) Rappel : le sol est un milieu anisotrope, et ce d'autant plus qu'il a été dégradé par le travail intensif du sol, sous les tropiques.

Les paramètres: densité apparente, infiltrométrie (*méthode du double anneau*), pénétrométrie (*couplée avec H°*), densité racinaire, couplés à la lecture fine du profil cultural (*sur fosse*) constituent des indicateurs précieux pour caractériser le comportement du profil cultural en fonction des modes de gestion des sols et des cultures.

Lorsque la mesure relative à chaque paramètre s'effectue sur des échantillons différents, on accroît artificiellement l'hétérogénéité des mesures qui ne reflètent pas rigoureusement le fonctionnement global du profil cultural.

De plus, l'évaluation de la densité racinaire par examen et comptage du nombre d'interceptions racinaires sur une grille quadrillée constitue également un outil très approximatif d'appréciation du profil racinaire ; la répétition de 5 ou 6 tranchées d'observation (*fortement et définitivement perturbatrices des parcelles d'étude*) à courte distance montrent toujours des réponses très différentes du profil racinaire ; une meilleure approche de la réalité de répartition du système racinaire dans la matrice organo-minérale (*en surface*) et minérale (*en profondeur*) consiste à ramener l'observation racinaire sur un volume de sol, à l'image de sa propre structure dans le profil, plutôt que sur un plan dont la position par rapport au rhizo-cylindre n'est pas souvent prise en compte. Pour effectuer cette transformation plus rigoureuse, il faut laver le profil doucement à l'eau sur la moitié d'un interligne (*1/2 rhizo-cylindre*) qui reflète alors plus réellement la densité racinaire par volume de sol ; Des photos de ce nouveau plan (*effectuées à la floraison*), couplées avec le prélèvement d'un parallélépipède correspondant à ½interligne de part et d'autre de la ligne de semis sur 40 cm de longueur et 40 cm de profondeur constituent des outils de comparaison plus fiables de l'enracinement en fonction des systèmes de culture.

Pour contourner les difficultés précédentes, qui pénalisent la caractérisation rigoureuse du fonctionnement de divers compartiments du profil cultural (*dynamique Sol-Racines*), j'ai imaginé, il y a plus de 15 ans déjà, deux outils plus performants pour la mesure de ces paramètres :

A**) Des cylindres compartimentés, démontables** qui permettent, à la fois (*Fig. 3*):

- De prélever des échantillons de sol non remaniés (300 cc) ;
- D'effectuer la mesure de plusieurs paramètres explicatifs du fonctionnement du profil cultural, sur un même échantillon non remanié:

- Densité apparente,
- Densité racinaire,
- Coefficient K de la loi de Darcy,
- MWD (*caractérisation de l'état d'agrégation*).

On pourrait rajouter à cette liste de paramètres effectués sur le même échantillon, d'autres indicateurs précieux :

- La faune du sol,
- Les propriétés chimiques analysées par réflectométrie: NO3, NH4, SO4, P, K, Ca, Mg, Na, oligo-éléments,
- La biomasse microbienne

(*) *Réflectomètre MERCK, préalablement calibré, étalonné en laboratoire par rapport aux analyses conventionnelles :*

- *Même rapport sol/volume eau*
- *Agitation (centrifugeuse manuelle)*
- *Analyses chimiques sur liquide surnageant, au réflectomètre.*

Les prélèvements d'échantillons de sols non remaniés avec les cylindres sont réalisés à la floraison des cultures, systématiquement, horizon par horizon, de 10 en 10 cm jusqu'à 40 cm (*limite inférieure de travail des outils mécanisés*).

B) L'injection, à différentes profondeurs, de micro doses d'herbicides à forte absorption racinaire, fixés par les colloï des du sol

Cette méthode, appliquée à la caractérisation de la dynamique racinaire du riz pluvial, qui a fait l'objet d'une publication (*Cf. annexe*), a été mise au point pour les sols ferrallitiques profonds sur roches acides ou basiques, soit sur le réservoir de sols le plus important de la planète, et qui constitue la composante dominante de notre réseau SCV.
Cette méthode présente divers avantages comparatifs, sous réserve de bien l'utiliser, soit, entre autre, de bien vidanger et rincer l'aiguille d'injection à l'eau distillée avant de la retirer du sol pour ne pas polluer le sol au-dessus du plan d'injection:

- **Non destructive pour le profil cultural** ; c'est un argument important pour ne pas perturber-transformer très rapidement les parcelles systèmes, qui ont souvent des surfaces limitées ;
- **Facile à utiliser**, elle permet de faire de nombreuses répétitions (*une couleur différente pulvérisé avec un aérosol pour chaque profondeur d'injection*) et d'évaluer ainsi très vite l'homogénéité physique du profil cultural traduite par la cinétique de descente du front racinaire ; elle constitue aussi un outil précieux de sélection pour le critère vitesse d'enracinement en profondeur de lignées F3, F4, F5, de cultivars de riz pluvial ;
- **Permet également de mesurer, en temps réel**, grâce à la vitesse d'avancée du front racinaire, **la réserve utile d'eau et de nutriments** ; c'est donc un outil important d'évaluation de l'influence différenciée des modes de gestion des sols et des cultures sur la dynamique racinaire (*outil de modélisation du fonctionnement agronomique différencié des systèmes de culture*).

Les limites d'utilisation de ce test sont liées, soit à des structures de sol qui rendent plus difficile la pénétration des aiguilles : sols très caillouteux, horizons à concrétions, etc.…, soit à des textures très sableuses, friables, à très faible teneur en colloï des, dans lesquelles les herbicides sont peu ou pas fixés et à des profondeurs imprécises, liées à la forte dispersion du produit.

V) OUTILS ET INDICATEURS DE DIAGNOSTIC VISUEL SUR LE FONCTIONNEMENT AGRONOMIQUE DES SYSTEMES.

(*) *Seuls quelques exemples succincts sont exposés ici, il ne sera pas fait état des antagonismes entre plantes, sujet trop vaste pour être développé dans ce cadre indicatif.*

5.1 Les Adventices

Enrichir la liste des espèces d'adventices indicatrices :

- Genre *Sida* et malvacées, *Waltheria* => ***Compaction du profil***
- Genre *Chrysopogon* => ***Compaction du profil***
- Cypéracées et Genre *Aeschynomene* => ***Hydromorphie de surface***
- *Ipomea fistulosa* => ***Hydromorphie et Richessse en éléments fins (colloïdes), Ca, Mg***
- etc…

5.2 Les Plantes Cultivées indicatrices

- Déficience en calcium: *Arachis pintoï* ;
- Forte acidité (*H + Al Saturation > 60%*): genres *Brachiaria*, *Cássia rotondifolia* ;
- Sensibilité croissante des cultures à l'acidité : Riz pluvial, Soja, Maïs, Coton.

5.3 Détermination rigoureuse des besoins en N

(*) Cette méthode a été imaginée en 1994 par L. Séguy et S. Bouzinac dans les Cerrados du Centre-Ouest brésilien, mais n'a pas été publiée.

Sur céréales pour lesquelles l'azote est le moteur du rendement, installer des bandes de semis à double densité (*entrée, milieu et fin de la parcelle*)pour lesquelles la demande en Nest plus forte.

Cette méthode simple et pratique permet :

- de déterminer le moment exact des besoins en N en conditions réelles (*fonction complexe : Reliquats N x Etat du profil cultural x conditions climatiques*) ;
- l'intensité et la vitesse d'apparition du jaunissement sur ces bandes indiquent l'importance du besoin.

5.4 Indicateurs de l'état physique du sol sur la culture de riz

Les déterminants du profil cultural pour cette culture, au cœur des SCV de la ZTH très représentée sur notre réseau tropical, sont : la macroporosité et la nutrition N (*en dehors de tout problème sanitaire Sol-Plante*).

Le diagnostic visuel des conditions de croissance du système racinaire : on peut installer au centre de chaque parcelle système, deux (2) mini-parcelles additionnelles de variétés référence (*quelques m²*) à réaction différentielle à l'exploitation de l'espace poral, qui permettent d'évaluer le comportement de nouveaux cultivars :

- 1 variété de type Cabassou, CIRAD 141 par exemple qui possèdent un enracinement extrêmement puissant (*pouvoir pénétrométrique élevé*),

- 1 variété indica, d'origine irriguée, qui, au contraire, est très sensible à des conditions de porosité délicate

Les variétés exceptionnellement rustiques, telles que Cabassou (*ou IRAT 101, makouta*), CIRAD 141 sont également très résistantes aux maladies et à la séchresse, et servent aussi de référence pour ces critères fondamentaux d'adaptation du Riz Pluvial.

VI) EXPORTATIONS DE NUTRIMENTS

[***Cf. Annexe sur les exportations des différentes cultures en sols ferrallitiques***]

Ces données relatives aux exportations de nutriments par les cultures sont fondamentales pour les SCV.
En effet, ces derniers fonctionnent en circuit fermé, à l'image de l'écosystème forestier, sans perte notable de nutriments (*L. Séguy et al., 2003*), et ces derniers sont concentrés dans la phytomasse ; cette propriété fondamentale des SCV, permet, partant d'objectifs de rendement de gérer parfaitement la restitution de nutriments à partir des exportations par les cultures.
Ce mode de fonctionnement des SCV peut être validé scientifiquement à partir de nos matrices systèmes de culture SCV x Traditionnels, où des niveaux d'intrants croissants (*dont la fumure minérale*) sont expérimentés : du minimum à l'expression du potentiel génétique des cultivars sur l'ensemble du réseau SCV tropical.

L'ensemble métrologique: externalités, drainage interne, exportations des nutriments par les cultures, mis en regard avec l'évolution de la productivité agronomique des systèmes de culture doit permettre d'apporter des éclairages scientifiques rigoureux sur la capacité du sol à produire durablement et à quel prix, en fonction des modes de gestion des sols et des cultures utilisés (*gestion du capital sol et évaluation des conséquences*).

VII) LES INDICATEURS DE DURABILITE

Notre rôle principal d'agronomes intégrateurs - créateurs de l'innovation technologique pour, avec et chez les acteurs, consiste à bien maîtriser le continuum « Diagnostic – Création des systèmes de culture innovants – Pré-diffusion jusqu'à l'échelle des terroirs villageois et des unités de paysage – Formation des acteurs » ; il est évident qu'au cours de ce processus de Recherche-Action participative, au même titre que le développement de produits appropriables « Systèmes SCV » toujours plus performants, de variétés adaptées à ces systèmes (*optimisation des relations Génotypes x Modes de gestion des sols et des cultures*), la production de connaissances scientifiques occupe une place déterminante, notamment pour ce qui concerne l'énorme chantier de Récupération – Restauration au moindre coût de la fertilité et de la qualité biologique des sols tropicaux (*état sanitaire, externalités, résilience*), compatible avec la pratique d'une agriculture lucrative et durable.
Il est également évident qu'au-delà de notre échelle maximale d'intervention des terroirs et des unités de paysage, il faut pouvoir ensuite, avec des collaborations efficaces, évaluer les impacts de notre action intégrée jusqu'au niveau des bassins versants, unités physiographiques qui permettent d'estimer la gestion de l'environnement, car leur dimension intègre l'ensemble des processus naturels, sociaux et politiques.
A cet égard, des travaux remarquables, réalisés par l'EMBRAPA /CNPMA, tant au plan conceptuel très bien documenté des indicateurs de durabilité, qu'au plan de leur maîtrise pratique, sont réunis dans l'ouvrage du CNPMA: « Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas », et peuvent servir de guide à des actions intégrées d'équipes scientifiques à l'échelle des bassins versants. [***ouvrage à consulter absolument au*** sac@cnpma.embrapa.br et www.cnpma.embrapa.br]

FIG. 1 **RÉCUPÉRATION DES EXTERNALITÉS SUR SURFACE REPRÉSENTATIVE**

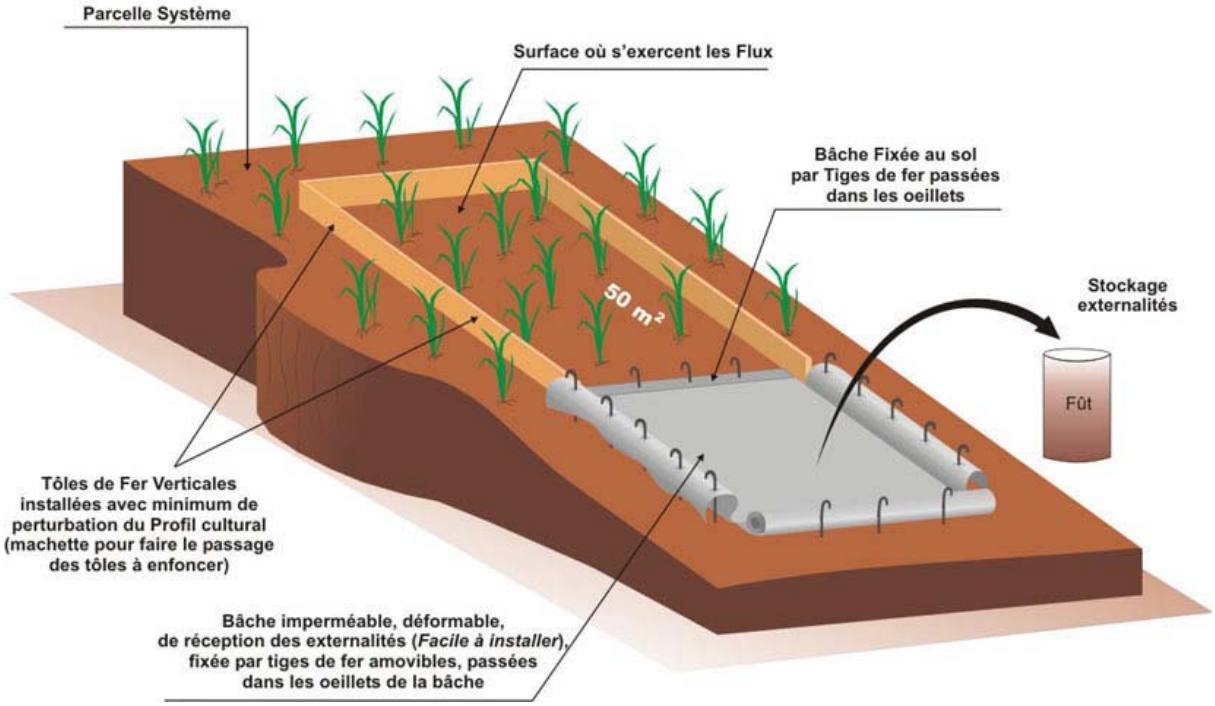


Fig. 2 INSTALLATION DE LYSIMÈTRES BON MARCHÉ

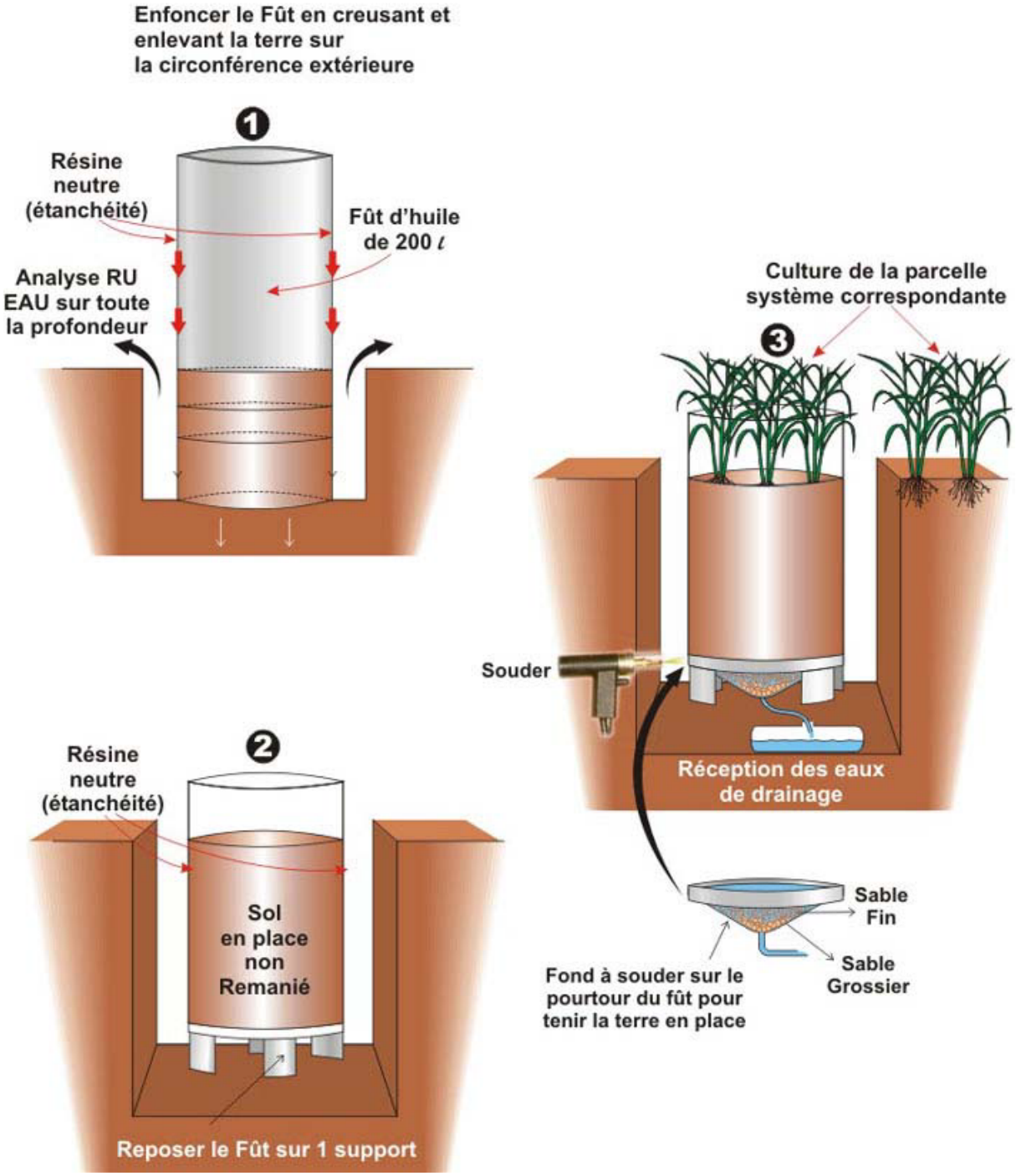
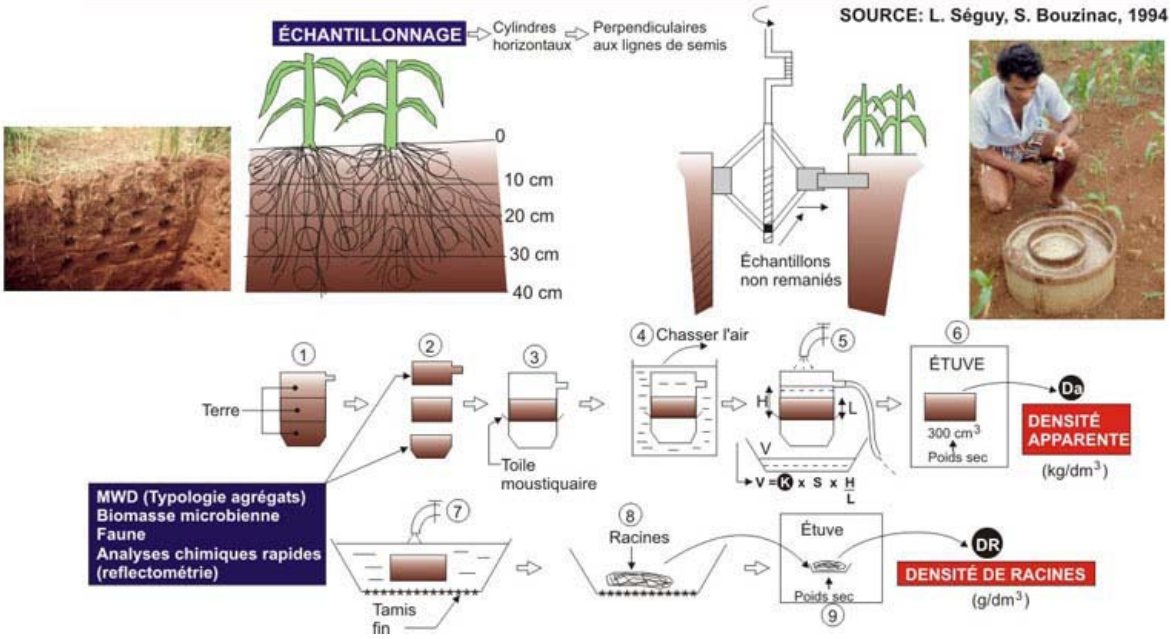


FIG. 3

PRÉLÈVEMENTS D'ÉCHANTILLONS DE SOL NON REMANIÉS SUR LE PROFIL CULTURAL POUR ANALYSES DES PARAMÈTRES

- Da - (densité apparente)
- DR - (densité de racines)
- K - (conductivité hydraulique)
- MWD - (Typologie agrégats)
- Biomasse microbienne
- Faune
- Analyses chimiques rapides (reflectométrie)

SOURCE: L. Séguy, S. Bouzinac, 1994



LE POINT SUR...
synthèses, notes techniques et actualiés

Cette rubrique est consacrée des articles qui offrent au lecteur des mises au point, des notes techniques, des travaux de synthèse, dans le domaine de l'agronomie tropicale, s'ajoutant aux travaux originaux de recherche publhés par la revue.

Un test simple à l'usage des agronomes et des sé1ectionneurs pour évaluer l'enracinement du riz pluvial

L. SEGUY (1), S. BOUZINAC (1), A. PACHECO (2)

RESUME — Un système d'injection d'herbicides par aiguilles flexibles, simple et facile d'utilisation, permettant de nombreuses répétitions *in situ,* à été mis au point. II permet de suivre Ia dynamique de colonisation racinaire du riz pluvial, dès le début du cycle végétatif, par l'injection, à différentes profondeurs, d'herbicides non sélectifs du riz, l'atrazine et le diuron, à la concentration de 5 grammes de matière active par litre. Ces deux matières actives sont absorbées par les racines dans le profil et provoquent une chlorose très caractéristique sur les feuilles dès le 7e jour après l'injection; les symptômes sont cependant reconnaissables à la pointe des feuilles dès le 4e jour. Ce test facilement répétitif, sans destruction du profil cultural, est basé sur l'absorption effective par les racines, indépendamment de leur nombre, de leur longueur, de leur surface, de leur poids ou de toute autre caractéristique morphologique.

Mots clés: *riz pluvial. dynamique racinaire. absorption. lixiviation. chlorose*

La capacité du riz pluvial à développer un système racinaire puissant dans tous les compartiments du profil cultural et surtout dans les horizons profonds constitue sans aucun doute la meilleure garantie d'une alimentation minérale et hydrique compatible avec de hauts niveaux de rendement. Cette aptitude à produire un fort enracinement dépend à la fois du génotype (AHMADI, 1983) et des modes de gestion du sol et des cultures (Nicou *et al.,* 1970 CHOPART et Nicou, 1976 SEGUY *et al.,* 1989).

Diverses méthodes analytiques permettent de caractériser *in situ* le système racinaire:
- le nombre de racines par horizon (DREW et SAKER, 1977; KOPKE, 1979,1981);

- leur poids total (BOHM, 1979 ; SEGUY *et al.,* 1989);

- leur surface (BOHM, 1979; EVANS, 1977; KOLESNIKOV, 1971);

- leur volume (AYCOCK et MAC KEE, 1975 ; ATKINSON *et al.,* 1976);

- leur diamètre (WIERSUM, 1957);

(1) CIRAD-CA, Programe Cl, a/c Dr. Tasso de Castro, BP 504, Agencia Central CEP 74000 Goiânia Goiás, Brésil
(2) CNPAF/EMBRAPA, CP 179, Goiânia 74001-970, Brésil

- leur longueur, considérée comme un des meilleurs paramètres pour les études de nutrition minérale et hydrique (NYE et TINKER, 1969; MOLZ, 1971; TAYLOR *et al.,* 1973 ; TAYLOR et KLEPPER, 1975 ; TENNANT, 1975).

Cependant, toutes ces méthodes présentent des limites à la fois d'ordre pratique et théorique quant à leur capacité explicative des phénomènes de croissance de la partie aérienne. Sur le plan pratique, ces méthodes sont destructrices, coûteuses en temps de travail et nécessitent de nombreuses répétitions, si l'on veut avoir une vue représentative du système racinaire dans le profil cultural. Elles ne sont donc adaptées que si l'on veut étudier l'effet sur l'enracinement d'une technique culturale, pour un milieu donné. Dans le cas de la sélection variétale, ces méthodes sont trop lourdes et ne peuvent pas être utilisées par le sélectionneur quand il veut cribler ses lignées pour l'aptitude à l'enracinement. Certaines de ces techniques restent cependant utilisables lorsque l'on veut comparer les performances racinaires d'un nouveau cultivar par rapport à celles des variétés déjà cultivées.

D'autres techniques non destructrices ont été proposées. C'est le cas notamment des méthodes qui font appel aux marqueurs, tels que ^{86}Rb (ELLIS et BARNES, 1973), ^{32}P (REYNIERS *et al.,* 1979) et ^{15}N (MASSE et *al.,* 1989). Depuis quelques années, de nouvelles techniques apparaissent, comme l'endoscopie à observation visuelle (MAERTENS et CLAUZEL, 1982), ou le rhizoscope avec traitement d'image par caméra vidéo et ordinateur (FOUERE et PICARD, 1989). Ces techniques restent le fait de quelques spécialistes pour ce qui concerne les marqueurs, ou sont souvent difficiles à mettre en oeuvre sans une logistique importante et nécessitent un gros investissement, dans le cas de l'endoscopie avec traitement d'image.

D'autre part, Ia plupart de ces méthodes ne permettent de caractériser les relations sol-plante que de façon très approximative.

II était donc important de développer un outil de diagnostic basé sur l'absorption racinaire effective, qui soit non destructif pour le sol et facile d'utilisation, permettant notamment de nombreuses répétitions afin de mieux caractériser le système racinaire dans le profil cultural de la parcelle expérimentale, quelle que soit sa taille.

A l'exemple du ^{32}P qui a, lui, une portée répétitive très limitée dans un essai expérimental, et n'est donc pas utilisable pour la sélection, un système simple a été mis au point, qui permet, sans perturber les relations sol-racines, d'injecter dans le profil cultural des solutions herbicides à une profondeur fixée entre zéro et un mètre de profondeur. Ces matières actives détruisent rapidement le système pigmentaire, ce qui a pour effet de provoquer le jaunissement puis le dessèchement des feuilles, dès lors que l'herbicide a été effectivement absorbé et que le système racinaire est donc présent à ce niveau, indépendamment de son poids, du nombre de racines, de sa surface et d'autres paramètres.

Matériel et méthode

La mise au point du test analytique a été réalisée en serre dans des pots contenant 25 kg de terre de bonne fertilité, ayant reçu une forte fertilisation minérale.

L'irrigation a été régulièrement assurée, à la demande, sans limitation; les pots ont été percés à la base pour laisser s'écouIer l'eau excédentaire.

Le matériel exptérimental

Matériel d'injection

II est constitué d'aiguilles d'un millimètre de diamètre, de différentes longueurs, 20, 40, 60, 80 et 100 cm, percées, un peu au-dessus de leur extrémité pleine, par trois orifices horizontaux, ce qui permet au liquide d'être injecté à l'horizontale dans trois directions à 60º. Le plan "mouillé" par l'injection est ainsi très proche de la profondeur d'injection en sol humide.

Les aiguilles s'adaptent sur une seringue classique en verre gradué, disponible dans le commerce.

Pour faciliter la pénétration de l'aiguille dans le sol, et éviter toute pollution du profil, les orifices de sortie du liquide sont obturés avec de la graisse pour machine, appliquée sur toute la surface de l'aiguille.

A chaque profondeur, 20 cm^3 de solution sont injectés en plusieurs applications, ce qui permet de balayer un plan de surface plus vaste a la profondeur d'injection.

La pénétration des aiguilles est extrêmement facile sur ce type de sol sans cailloux.

Après chaque injection, on exerce deux à trois pressions sur le piston de la seringue, à vide, pour bien vider l'aiguille et ne pas polluer le profil en retirant l'aiguille, il est recommandé d'injecter quelques cm^3 d'eau distillée ensuite.

Herbicides

Deux herbicides réunissent les conditions complémentaires suivantes:

- ils sont absorbés par le système racinaire en priorité ou exclusivement;

- ils sont énergiquement fixés par les colloïdes du sol, et sont donc peu mobiles dans le sol;

- ils bloquent très vite la réaction de Hill sur les cultures pour lesquelles ils ne sont pas sélectifs, ce qui se traduit par l'apparition d'une chlorose, qui ne peut être confondue avec d'autres symptômes tels que carences em N, S ou autre élément.

Les deux Matières actives qui répondent à ces critères sont le diuron et l'atrazine.

Matériel végétal

Trois génotypes différents ont été retenus pour établir que les conditions d'absorption et les manifestations des symptômes pour une même dose d'herbicide sont ind~pendantes de la nature du génotype et sont similaires sur toutes les variétés de riz;

- Metica 1, type *indica* (riz irrigué);
- Rio Paranaiba, type *japonica* (riz pluvial);
- IRAT 216, intermédiaire.

Protocole expérimental

Le dispositif mis en place avait pour but de déterminer la dose minimale efficace qui provoque l'apparition la plus rapide des symptômes caractéristiques et de montrer que la

vitesse de réaction est indépendante de la partie supérieure ou basale du système racinaire. L'échelle des concentrations, pour les deux matières actives, a été conçue à partir des doses normales utilisées pour les herbicides: 0,5 g l^{-1}; 2,5 g l^{-1}; 5g l^{-1} et 25 g l^{-1}.

Les injections ont été réalisées 60 jours après le semis (début de l'initiation paniculaire).

Deux profondeurs d'injection pour chaque niveau de concentration ont été retenues en surface (5-8 cm) et à 20 cm de profondeur.

Chaque traitement a été répéte quatre fois.

Les plantes ont été examinées quotidiennement après les injections et les jaunissements dès leur apparition.

Les résultats sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1. Test d'enracinement sur trois variétés de riz: délai d'apparition (en jours) des premiers symptomes de chlorose après l'injection (application au début de l'initiation) selon deux profondeurs d'application.

Produit et dosage (g l^{-1})	Rio Paranaíba		Metica 1		IRAT 216	
	5 cm	20 cm	5 cm	20 cm	5 cm	20 cm
Diuron						
0,5	-	-	-	-	-	-
2,5	9	8	8	9	7	7
5,0	9	8	8	8	7	5
25,0	8	8	9	8	7	7
Atrazine						
0,5	10	-	-	-	-	-
2,5	9	9	6	8	10	8
5,0	8	9	10	8	8	7
25,0	7	7	8	8	7	6

Résu1tats et discussion

On constate que le temps de réaction est le même pour toutes les variétés et que les symptômes très caractéristiques de chlorose apparaissent entre sept et huit jours après l'injection. Quinze jours après l'absorption, le riz se dessèche complètement.

Les deux matières actives testées fournissent des résuItats très voisins et peuvent être utiIisées de façon similaire.

La dose minimale la plus sûre, qui garantit l'apparition des symptômes de chlorose significatifs, est la dose de 5 g l^{-1} pour les deux produits.

Conclusion

Compte tenu de sa facilité et de sa flexibilité d'utilisation, ce test analytique pourra être utilisé par les sélectionneurs pour le criblage selon le critère d'enracinement au champ. Dix à quinze jours après le semis, il suffira simplement d'injecter l'herbicide sur des lignées fixées à partir de F4*, sur cinq plants différents correspondant aux profondeurs de 20, 40, 60, 80 et 100 cm, chaque profondeur d'injection sera repérée par une couleur spécifique (bombe spray de peinture) et les lectures seront faites ensuite régulièrement.

Ce test analytique, qui permet des répétitions très nombreuses, pourra être aussi extrêmement prècieux pour aider les agronomes à préciser la cinétique de descente des racines, qui conditionne la réserve utile d'eau au cours du cycle de la plante. II pourra donc servir également à différencier l'influence des modes de gestion des sols et des cultures selon le critère de la profondeur d'enracinement, mais aussi selon le volume latéral d'enracinement, en injectant l'herbicide à des profondeurs différentes dans l'interligne des cultures. Le test permettra de suivre à la fois la dynamique et la cinétique de colonisation racinaire.

Les limites d'utilisation de ce test semblent essentiellement liées aux imprécisions dans l'injection des herbicides: si le sol est caillouteux ou d'une structure très grossière, les profondeurs d'injection ne seront pas très précises. Enfin, quelques risques de contamination du profil lors du retrait de l'aiguille existent, mais ils paraissent limités, compte tenu des précautions de vidange de la seringue.

L'intérêt principal de cette méthode reside dans sa facilité de mise en oeuvre, lui permettant de nombreuses répétitions et ainsi de mieux approcher la dynamique réelle d'enracinement dans le profil cultural, aussi bien à l'échelle de la parcelle expérimentale, même petite, qu'à celle de la grande culture.

Références bibliographiques

AHMADI N., 1983. Variabilité génétique et hérédité des mécanismes de tolérance à la sécheresse chez le riz *(Oryza sativa* L.). I. Développement du système racinaire. L'Agron. Trap., 38 (2) 110-117.

ATKINSON D., NAYLOR D., COLDRUCK G.A., 1976. The effect of tree spacing on the apple root system. Hortic. Res., 16 89-109.

AYCOCK M.K., MAC KEE 0G., 1975. Root size variability among several cultivars and breeding lines of Maryland tobacco. Agron. J., 67: 604-606.

BOHM W., 1979. Methods of studying roots systems. New York, Springer Verlag, 189 p.

CHOPART J.-L., NICOU R., 1976. Influence du labour sur le développement radiculaire de différentes plantes cultivées au Sénégal. Conséquence sur leur alimentation hydrique. L'Agron. Trop., 31(1): 7-28.

DREW M.C., SAKER L.R., 1977. Relationship between root number determined in the field on the horizontal faces of soil and the lengths and weights of roots extracted from the soil. *In* Annual report 1976. Agricultural Research Council, Leicombe Laboratory, p.34-35.

ELLIS F.B., BARNES B.T., 1973. Estimation of the distribution of living roots of plants under field conditions. Plant Soil, 39 : 81-91.

EVANS P.S., 1977. Comparative root morphology of some pasture grasses and clovers. New Z. J. Agric. Res., 20: 331-335.

FOUERE A., PICARD D., 1989. Pour observer la croissance des racines : le rhizoscope. *In* Perspectives agricoles "Les racines". Paris, ITCF, p. 17-18.

KOLESNIKOV V.A., 1971. The root system of fruit plants. Moscow, Mir Publishers, 269 p.

KOPKE U., 1979. Em Vergleich von Feldmethoden zur Bestimmung des Wurzelwachstums landwirtschaflicher Kulturpflanzen. Diss. Agric., Gömtingen.

KOPKE U., 1981. Methods for studying root growth. *In* The soil root system in relation to Brazilian agriculture. Russel R.S., Igue K., Metha J.R. (Eds). Londrina, APAR, p. 303-318.

MAERTENS C., CLAUZEL Y., 1982. Premières observations sur l'utilisation de l'endoscopie dans l'étude de lenracinement *in situ* de plantes cultivèes. Agronomie, 2: 677-680.

MASSE J., REMY J.C., MARY B., CROSSON P., 1989.Fonctionnement racinaire : l'utilisation du marquage isotopique des nitrates. *In* Perspectives agricoles : "Les racines". Paris, ITCF, p. 23-27.

MOLZ J., 1971. Interaction of water uptake and root distribution. Agron. J., 63 : 609-610.

NICOU R., SEGUY L., HADDAD G., 1970. Comparaison de l'enracinement de quatre variétés de riz pluvial en présence ou absence de travail du sol. L'Agron. Trop., 25 (8) 633-659.

NYE P.K., TINKER P.B., 1969. The concept of a root demand coefficient. J. AppI. Ecol., 6 : 293-300.

REYNIERS F.N., TRUONG B., BOIS J.F., BONN IN E., THOMIN G., 1979. Caractérisation de l'enracinement du riz pluvial in *situ* avec le phosphore 32. *In* Isotopes and radiation in research on soil-plant relationships. International symposium, Colombo, Sri Lanka, 11-15 December 1978. Vienna, IAEA, p. 635-647.

SEGUY L. BOUZINAC S., PATCHECO A., KLUTHCOWSKI J., 1989. Des modes de gestion mécanisés des sols et des cultures aux techniques de gestion en semis direct, sans travail du sol, appliquées aux cerrados du centre-ouest brésilien. Montpellier, CIRAD-IRAT, 165 p.

TAYLOR H.M., HUCK MG., KLEPPER B., 1973. Rooting density and water extraction patterns for corn *(Zea mays* L.). Agron. J., 65 965-968

TAYLOR H.M., KLEPPER B., 1975. Water uptake by cotton root systems. An examination of assumptions in the single root model. Soil Sci., 120 57-67.

TENNANT D.A., 1975. A test of a modified line intersect method of estimating root length. J. Ecol., 65 995-1001.

WIERSUM L.K., 1957. The relationships of the size and structural rigidity of pores to their penetration by roots. Plant Soil, 9 75-85.

Summary

L.SEGUY, S. BOUZINAG, A. PACHECO - A **simple test for agronomists and breeders for the evaluation of rainfed rice rooting.**

A system of injection of herbicides using flexible needles has been developed. It is simple and easy to use in numerous *in situ* replicates. It is used to monitor the dynamics of rainfed rice root growth from the beginning of the vegetative cycle by the injection of 5 g active ingrdient per litre of atrazine and diuron (non-selective herbicides for rice) at different depths. The two active ingredients are taken up by the roots in the soil profile and cause extremely characteristic leaf chlorosis on Day 7 after injection; the symptoms are nevertheless identifiable in leaf tips on Day 4. The test is easy to repeat and does not damage the crop profile. It is based on effective uptake by roots regardless of their number, lenght, area, weight or any other morphological characteristic.

Key words: rainfed rice, root dynamics, uptake, leaching, chlorosis.

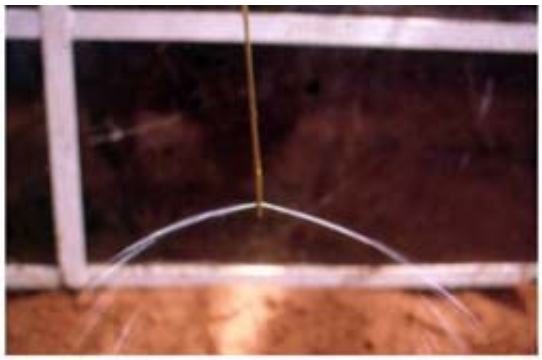
Resumen

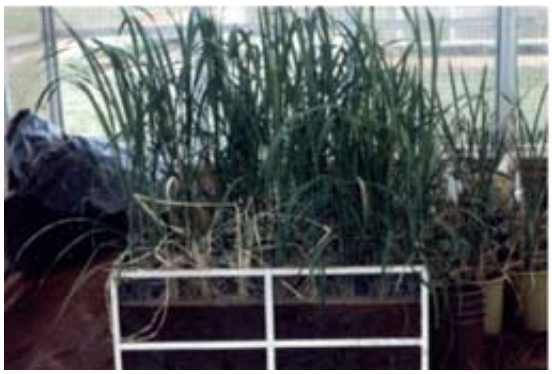
L.SEGUY, S. BOUZINAC, A. PACHECO - **Un método sencillo de evaluación del enraizamiento del arroz de secano destinado a los agronomos y fitogenetistas.**

Se ha elaborado un sistema sencillo y fácil de utilizar repetidamente *in situ* que consiste en la inyección de herbicidas por medio de agujas flexibles. Este sistema permite observar, desde el comienzo del ciclo vegetativo, la dinâmica de colonización radicular del arroz de secano mediante la inyección a distintas profundidades de atrazines y diuron, herbicidas no selectivos del arroz, concentrados a razón de 5 gramos de materia activa por litro. Las rafces absorben en el perfil estas dos materias activas que provocan una clorosis muy característica en las hojas el **7º** dia consecutivo a la inyección, aunque a partir del **4º** dia se reconocen ya los sintomas en la punta de las hojas. Este método, que se puede repetir con facilidad y no deteriora el perfil de cultivo, se basa en Ia absorción efectiva de la materia activa por las raices, independientemente del número, la longitud, la superficie, el peso o cualquier otra caracteristica morfológica de estas

Palabras-clave: arroz de secano, dinámica radicular, absorción, lixiviación, clorosis.

INJECTION D'HERBICIDES ET SYMPTÔMES





INTERPRÉTATIONS P ET K EN SOLS FERRALLITIQUES

Fig. 1 - P et K Résine

Teneur	Production relative (%)	K échangeable $mmol_c\ dm^{-3}$	P Résine $mg\ dm^{-3}$
Très bas	0-70	0,0-0,7	0-6
Bas	71-90	0,8-1,5	7-15
Moyen	91-100	1,6-3,0	16-40
Haut	>100	3,1-6,0	41-80
Très Haut	>100	>6,0	>80

Fig. 2 - Interprétation d'analyses de sol pour recommandation de fertilisation phosphatée (*Extracteur = Mehlich 1*)

Teneur en argile	Teneur de P ($mg\ dm^{-3}$)			
	Très bas	Bas	Moyen	Adéquat
61-80	0 a 1,1	1,1 a 2,0	2,1 a 3,0	> 3,0
41-60	0 a 3,0	3,1 a 6,0	6,1 a 8,0	> 8,0
21-40	0 a 5,0	5,1 a 10,0	10,1 a 14,0	> 14,0
< 20	0 a 6,0	6,1 a 12,0	12,1 a 18,0	> 18,0

SOURCE: EMBRAPA-CPAC (SOUZA et al., 1997)

Fig. 3 - Interprétation d'analyses de sol pour recommandation de fertilisation potassique (*Extracteur = Mehlich 1*)

Interprétation	Teneur de K ($mg\ dm^{-3}$)*
Très bas	0-25
Bas	26-50
Moyen	51-80
Adéquat	> 80

* $mmol_c\ dm^{-3} = mg\ dm^{-3}/40$
SOURCE: EMBRAPA (1997)

EXTRACTIONS DE NUTRIMENTS PAR LES CULTURES EN SOLS FERRALLITIQUES

Fig. 1 - Quantité de nutriments exportés par les grains, pour chaque tonne de Soja produite.

	N	P	K	S	Ca	Mg	B	Cl	Mo	Cu	Fe	Mn	Zn	Al
	kg/tonne						g/tonne							
Restes culturaux	31	2,5	7,5	10	9,2	4,7	-	23	2	-	-	-	-	172
Grains	51	5,0	17	5,4	3,0	2,0	2,0	237	5	10	70	30	40	15

1 - Feuilles, pétioles et tiges qui sont restitués au sol
SOURCE: embrapa (1993a)

Fig. 2- Extraction et exportation de nutriments par tonne de grains de Haricot

Nutriment	Extraction (kg/ha)	Exportation (kg/ha)	%
N	102	37	36
P	9	4	44
K	93	22	24
Ca	54	4	7
Mg	18	4	22
S	25	10	40
Cultivar		Roxinho	

Fig. 3 - Production et accumulation de nutriments par la culture de Riz pluvial

Fertilité du sol	Partie de la plante	Production (kg/ha)	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	Fe
			kg/tonne					g/ha			
Basse	*Partie aérienne*	2.110	20	4	53	7,00	5,00	97	16	445	1.517
	Grains	1.684	51	5	3	0,69	1,86	38	26	54	120
	Total	3.794	71	9	56	7,69	6,86	135	42	499	1.637
Moyenne	*Partie aérienne*	2.992	28	7	72	10,00	7,00	152	20	639	1.454
	Grains	2.117	88	7	4	0,83	2,36	46	31	72	137
	Total	5.109	116	14	76	10,83	9,36	198	51	711	1.591
Haute	*Partie aérienne*	3.494	35	7	77	14,00	9,00	178	20	814	2.062
	Grains	2.104	106	7	4	0,84	2,40	46	32	78	119
	Total	5.598	141	14	81	14,84	11,40	324	52	892	2.181
Moyenne + Engrais vert	*Partie aérienne*	3.524	26	10	67	11,00	7,00	176	15	914	3.109
	Grains	2.403	39	15	5	0,96	2,79	63	31	113	142
	Total	5.927	65	25	72	11,96	9,79	239	46	1027	3.251

Les valeurs sont les moyennes de 3 cultivars

SOURCE: EMBRAPA-CNPAF - Potafos Nº 9 - Juin, 1995

Fig. 4 - Extraction moyenne de nutriments pour la culture de Maïs destinée à la production de grain et ensilage

Type d'exploitation	Production (t/ha)	Nutriments extraits				
		N	P	K	Ca	Mg
		kg/ha				
Grains	3,65	77	9	83	10	10
	5,80	100	19	95	17	17
	7,87	167	33	113	27	25
	9,17	187	34	143	30	28
	10,15	217	42	157	32	33
Exportations par les grains(%)		70-77	77-86	26-43	3-7	47-69
Ensilage (Matière sèche)	11,60	115	15	69	35	26
	15,31	181	21	213	41	28
	17,13	230	23	271	52	31
	18,65	231	26	259	58	32

SOURCE: COELHO & FRANÇA (1995)

Fig. 5 - Extraction moyenne de nutriments par la culture de Sorgho

Matière sèche totale (kg/ha)	Grains (%)	Nutriments extraits [1]				
		N	P	K	Ca	Mg
		kg/ha				
7.820[2]	37	93	13	99	22	8
9.950[3]	18	137	21	113	27	28
12.540[3]	16	214	26	140	34	26
16.580[3]	18	198	43	227	50	47

Pour convertir P en P_2O_5, K en K_2O, Ca en CaO et Mg en MgO, multiplier par 2,29, 1,20, 1,39 e 1,66, respectivement

SOURCE: 2 - PITTA et al. (2001) 3 - FRIBOURG et al. (1976)

OLIGOS ÉLÉMENTS EN SOLS FERRALLITIQUES
Normes d'interprétation et recommandations pour la correction de déficiences

Fig. 1 - Interprétation d'analyses de sol (*extraction par Mehlich 1*)

Niveau	B[1]	Cu[2]	Mn[2]	Zn[2]
	mg dm^3			
Bas	0-0,2	0-0,4	0-1,9	0,1,0
Moyen	0,3-0,5	0,5-0,8	2,0-5,0	1,1-1,6
Haut	>0,5	>0,8	>5,0	>1,6

1 - Eau chaude
2 - Mehlich 1 (Hcl 0,05 mol L^{-1} + H_2SO_4 mol L^{-1}) relation sol/solution 1:10
3 - SOURCE: GALRÃO (2002).

Fig. 2 - Recommandations pour la correction de deficiences par voie foliaire

0,5% de Borax (B) ou 0,3% d'acide borique
0,5% de sulfate de Manganèse (Mn)
0,5% de Sulfate de Zinc (Zn)
0,5% de Sulfate de Cuivre (Cu)

Dans 400 *l* d'eau/ha

SOURCE: GALRÃO (2002).

Traitement de semences recommandé pour Mo et Co
Mo = 2-3 g ha^{-1} Co = 12-20 g ha^{-1}

Source: EMBRAPA(2003).

Fig. 3 - Recommandations d'oligos éléments pour le Soja, appliqués au sol, pour un effet résiduel de 5 ans

Niveau	B	Cu	Mn	Zn
	kg ha^{-1}			
Bas	1,5	2,5	6,0	6,0
Moyen	1,0	1,5	4,0	5,0
Haut	0,5	0,5	2,0	4,0

SOURCE: EMBRAPA (2003).

Fig. 4 - Contenu d'oligos éléments dans les produits récoltés

Culture	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	(g t^{-1})					
Coton	33,00	10,00	243,00	14,60	0,15	12,30
Riz	4,40	6,30	60,90	25,20	0,16	40,90
Pomme de Terre	2,00	2,00	20,00	20,00	1,00	4,00
Cacao	12,00	16,00	80,00	28,00	0,04	47,00
Café	25,00	16,50	105,00	25,00	0,01	39,30
Canne à sucre	2,00	1,80	25,00	12,00	0,02	5,00
Citrus	2,20	1,20	6,60	2,80	0,01	0,90
Haricot	70,00	10,00	0,00	17,00	1,00	30,00
Manioc	1,80	0,80	24,00	1,60	0,00	4,60
Maïs	1,50	8,00	40,00	8,00	1,00	40,00
Soja	30,00	15,00	100,00	20,00	3,00	42,50
Blé	3,00	8,00	50,00	55,00	0,00	17,00

SOURCE: Divers auteurs cités par Yamada et Lopes (1999)

Fig. 5 - Interprétation des teneurs de S-SO_4 du sol avec 2 extracteurs

Teneur	S-SO_4 (mg dm^{-3})	
	NH_4 OAc.HOAc	$Ca(H_2PO_4)_2$ 500ppm
Très bas	0,0-5,0	0-2,5
Bas	5,1-10,0	2,5-5,0
Moyen	10,1-15,0	5,1-1,0
Haut	>15,00	>10

SOURCE: VITTI, 1989