



Athénée Saint Joseph Antsirabe
(A.S.J.A)
Université Privée à Vocation Professionnalisante

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLOME D'INGENIEUR**

Filière : Sciences Agronomiques

Option : Production Végétale



Présenté par : **Jeannet RAZAFIMAHERY**

Soutenu le : 10 Novembre 2010

Devant les membres de jury composés de :

Président : Monsieur Eugène RABARY, Agronome sélectionneur

Rapporteurs : Monsieur Jean Marc RANDRIANAIVOARIVONY, Ingénieur Agronome
Madame Julie DUSSERE, Docteur en Ecophysiologie

Examineurs : Monsieur Jean Marie DOUZET , Ingénieur Agronome

Monsieur Joseph Léon RAHERIMANDIMBY, Ingénieur chef d'agriculture



URP/SCRiD

SRR FOFIFA Antsirabe 110



Athénée Saint Joseph
Antsirabe

BP.287 Tél: 4448319/20

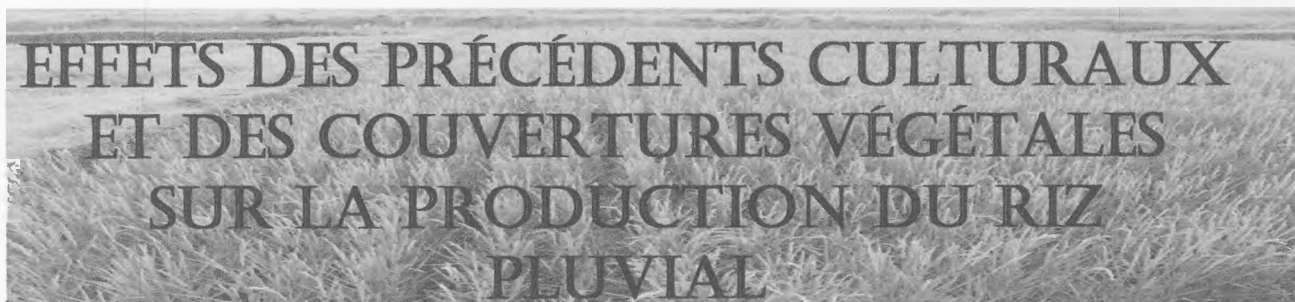


Athénée Saint Joseph Antsirabe
(A.S.J.A)
Université Privée à Vocation Professionnalisante

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLOME D'INGENIEUR**

Filière : Sciences Agronomiques

Option : Production Végétale



Présenté par : **Jeannet RAZAFIMAHERY**

Soutenu le : 10 Novembre 2010

Devant les membres de jury composés de :

Président : Monsieur Eugène RABARY, Agronome sélectionneur

Rapporteurs : Monsieur Jean Marc RANDRIANAIVOARIVONY, Ingénieur Agronome
Madame Julie DUSSEY, Docteur en Ecophysiologie

Examineurs : Monsieur Jean Marie DOUZET, Ingénieur Agronome

Monsieur Joseph Léon RAHERIMANDIMBY, Ingénieur chef d'agriculture



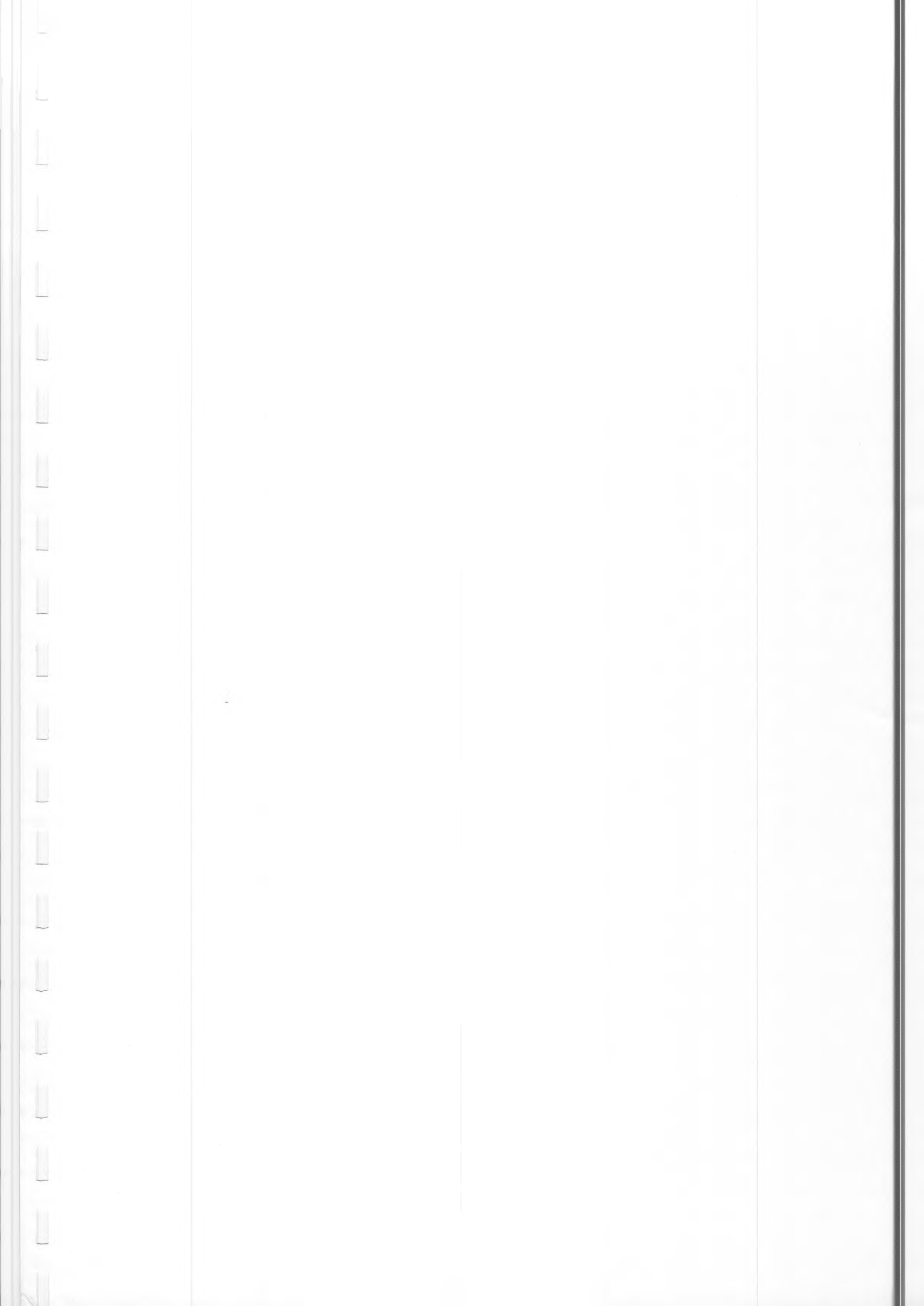
URP/SCRiD

SRR FOFIFA Antsirabe 110



Athénée Saint Joseph
Antsirabe

BP.287 Tél: 4448319/20



LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

Abréviations

ASJA : Athénée Saint Joseph Antsirabe

CORUS : COopération pour la Recherche Universitaire et Scientifique

CIRAD : Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

Echt : Echantillon

FM : Fertilisation Minérale

Fu : Fertilisation organique

FOFIFA : FOibem-pirenena momba ny Flkarohana ampiharina ho Fampanandrosoana ny tontolo Ambanivohitra

GLM : General Linear Model

GP : Grain Plein

GV : Grain Vide

JAS : Jours Après Semis

LAB : Labour

LER: Land Equivalent Ratio

Nbr : Nombre

NT : Non Traité

ONG TAFA : Organisme Non Gouvernemental TAny sy FAMpanandrosoana

Pan : Panicules

PMG : Poids Moyen des Grains

PS : Poids Sec

Plts : Plants

PF : Poids Frais

SAS : Statistical Analyses System

SCV : Système de Culture avec Couverture Végétale

SPAD: Soil Plant Analyses Development

URP SCRiD : unité de recherche en partenariat « système de cultures et riziculture durable »

Vs : Versus

Symboles et formules chimiques

N : Azote

P : Phosphore

K : Potassium

Ca : Calcium

Unités de mesure

% : pourcentage

°C : degré Celsius

g : gramme

ha : hectare

j : jour

kg : kilogramme

mg : milligramme

NPK : engrais complexe composé d'Azote, de Phosphore et de Potassium

cm : centimètre

m : mètre

t : tonne

Liste des tableaux

Tableau 1 : Calendrier de culture du riz pluvial sur les hauts plateaux.....	5
Tableau 2 : Dispositif en association.....	20
Tableau 3 : Dispositif en couverture seul.....	21
Tableau 4 : Itinéraire technique cultural du riz pluvial 2009-2010.....	27
Tableau 5 : Recouvrement (en %) par le riz, les adventices et recouvrement total sur le dispositif « couverture seule ».....	32
Tableau 6 : Durée en jours après semis (JAS) des stades floraison et maturité sur le dispositif « association ».....	33
Tableau 7 : Rendement et composantes obtenus sur le dispositif « couverture seule » par précédent toutes fertilisations confondues et sur les 2 fertilisations tous précédents confondus.....	35
Tableau 8: Rendement et composantes obtenus sur le dispositif « association » par précédent toutes fertilisations confondues et sur les 2 fertilisations tous précédents confondus.....	37
Tableau 9: Les points forts et points faibles du FOFIFA 172.....	ix

Liste des figures

Figure 1 : Les différentes phases du cycle du riz et la formation des composantes du rendement du riz.....	9
Figure 2: Moyenne des pluviométries depuis 2002.....	16
Figure 3 : Dispositif URP SCRiD à Andranomanelatra Campagne 2009-2010.....	22
Figure 4 : Dispositif association 2009-2010.....	23
Figure 5 : Dispositif couverture seule 2009-2010.....	24
Figure 6 : Cadre à filet	25
Figure 7 : Repérage des 8 poquets.....	28
Figure 8 : Hauteur en cm du riz en fonction du précédent et de la fertilisation sur le dispositif « association », mesure sur 5 plants par placette réalisée fin mars 2010.....	31
Figure 9 : Hauteur en cm du riz en fonction du précédent et de la fertilisation sur le dispositif « couverture seule», mesure sur 5 plants par placette réalisée le 9 février 2010.....	32
Figure 10 : Valeurs SPAD mesurées sur le riz en fonction du précédent et de la fertilisation sur le dispositif « couverture seule», mesure sur 10 plants par placette réalisée le 1er février 2010.....	34
Figure 11 : Rendement en riz (en t/ha) en fonction du précédent et de la fertilisation sur le dispositif « association ».....	35
Figure 12 : Rendement en riz (en t/ha) en fonction du précédent et de la fertilisation sur le dispositif « couverture seule».....	36
Figure 13 : Comparaison des rendements en riz (en t/ha) sur le précédent trèfle avec ou sans maïs.....	38
Figure 14 : Comparaison des rendements en riz (en t/ha) sur le précédent brachiaria avec ou sans maïs.....	38
Figure 15 : Comparaison des rendements en riz (en t/ha) sur le précédent radis fourrager avec ou sans maïs.....	39
Figure 16 : Comparaison des rendements en riz (en t/ha) sur les précédents lupin et vesce avec ou sans maïs.....	39
Figure 17 : Comparaison des rendements en riz (en t/ha) sur les précédents crotalaire, cajanus et éleusine avec ou sans maïs, et stylosanthès avec maïs.....	40

Figures 18 : Comparaison des biomasses totales produites (en t/ha) par précédent lors de la campagne dernière (en FM et Fu).....	41
Figure 19 : Localisation géographique d'Andranomanelatra.....	vii

Liste des photos

Photo 1 : Le cajanus.....	10
Photo 2 : La crotalaire.....	10
Photo 3 : L'éléusine.....	11
Photo 4 : Le lupin.....	11
Photo 5 : Le radis fourrager.....	12
Photo 6 : Le trèfle.....	13
Photo 7 : La vesce.....	13
Photo 8 : Le brachiaria.....	14
Photo 9 : Le stylosanthès.....	15
Photo 10 : Le maïs.....	15
Photo 11 : Le SPAD.....	26
Photo 12 : Echantillon dans l'étuve.....	29

Listes des annexes

Annexe 1 : Morphologie et croissance du riz.....	i
Annexe 2 : Présentation de l'URP SCRiD.....	iv
Annexe 3: Zone d'intervention.....	vi
Annexe 4: Fiche technique.....	viii
Annexe 5 : Analyses statistiques à l'aide du logiciel SAS des rendements sur le dispositif « association ».....	x
Annexe 6 : Analyses statistiques à l'aide du logiciel SAS des rendements sur le dispositif « couverture seule ».....	xxi

INTRODUCTION

Le riz constitue la source principale d'alimentation pour environ 50% de la population mondiale. La culture a une croissance estimée à 600000 ha/an, et la production mondiale a atteint 455,5 millions de tonnes de riz blanc en 2009. Cependant, 90% de la production mondiale en riz sont fournis par l'Asie Orientale avec 33% pour la Chine.

Dans les années 60 et 70, Madagascar était l'un des pays exportateurs de riz. Face aux problèmes de la riziculture alourdis par la pression démographique, la filière n'arrive plus à satisfaire le besoin de consommation locale. Ce problème conduit à de grandes quantités de riz importées chaque année. Des recherches ont donc été entreprises afin d'améliorer la situation, par exemple sur la pratique de la culture pluviale avec des variétés améliorées. De plus, le développement durable de la riziculture pluviale passe par la mise au point de systèmes de culture performants, conservant la fertilité du sol et respectant l'environnement, dont les différents SCV (Systèmes de Culture avec Couverture Végétale). Ces systèmes, impliquant des rotations culturales, nous amènent à étudier les possibles précédents du riz qui assureront de bons rendements. En effet, en pratiquant la rotation culturale, les paysans ne savent pas si les plantes qu'ils ont utilisées comme précédents du riz auront des impacts bénéfiques ou néfastes sur ce dernier. Par la suite, nombreuses sont les questions pouvant être posées : L'étude des effets de ces précédents est-elle possible ? ; Aura-t-elle une valeur scientifique ? Qui seront les principaux bénéficiaires ?

La riziculture pluviale est pratiquée dans plusieurs régions de Madagascar. Etant donné l'attachement de la population au riz et la saturation des terres inondées, il y a actuellement une forte expansion des surfaces cultivées en riz pluvial. Cependant, il y aura toujours des précédents avant le riz, soit une culture vivrière, soit un jachère, soit un pâturage. Dans la région du Vakinankaratra, la culture de riz pluvial est déjà connue par les paysans. Cette étude intitulée : «*Effets des précédents culturaux et des couvertures végétales sur la production du riz pluvial* » est basée sur l'analyse des effets de quelques variétés de légumineuses et de graminées, en tant que précédents, sur le riz. La recherche va être effectuée au sein de la station d'expérimentation URP SCRiD dans la région du Vakinankaratra.

Le mémoire comportera 3 parties :

- Première partie : les contextes et domaines de l'étude
- Deuxième partie : les matériels et méthodes
- Troisième partie : les résultats, analyses et discussions

Première partie:

Contexte et

Justification

Chapitre I : Connaissance sur le riz pluvial

1.1 Le riz pluvial à Madagascar et sur les Hautes Terres

La riziculture irriguée est la plus représentative sur les Hautes Terres centrales malgaches. La surface cultivée est ainsi limitée par la surface disponible en terre inondée. Par ailleurs, la forte hausse du nombre de la population malgache a conduit à la surexploitation des rizières jusqu'à la saturation des bas fonds. Face à ce problème, il est logique d'exploiter toutes les possibilités techniques pour accroître ainsi la production d'une manière durable. La riziculture pluviale constitue un moyen d'extension des surfaces rizicoles. D'où la création et la diffusion des variétés de riz pluvial d'altitude, issues du programme de création variétale du riz pluvial initié au milieu des années 70 par FOFIFA et CIRAD. La culture du riz pluvial est possible sur les collines qualifiées de « tanety ». Malgré les efforts entrepris par les organismes de recherche, Madagascar présente encore un déficit rizicole, d'où le recours à l'importation.

La riziculture pluviale se caractérise essentiellement par l'absence de toute submersion ou irrigation du terrain de culture. Elle est pratiquée sur les terres fortement en pente des collines (riz de montagne) ou sur des terres de plateau ou de faible pente (riz de plateau) et enfin sur les bas de pente, avec l'assistance de la nappe phréatique. [Mémento, 1991]

La riziculture pluviale est donc pratiquée principalement sur les « tanety ». Elle peut se faire selon deux systèmes : le système avec labour et le système avec SCV.

1.2 L'itinéraire culturel du riz pluvial

Le riz est la nourriture de base des malgaches. Etant donné l'importance de la croissance démographique, l'amélioration du système de riziculture pluviale est indispensable en vue d'augmenter la production. Pour cela il est plus que nécessaire de connaître les besoins écologiques et les techniques de culture du riz pluvial.

Défrichage et préparation du sol

Cette phase de travail a pour but d'améliorer les caractéristiques chimiques et physiques du sol. Elle permet aussi de lutter contre les mauvaises herbes. Le sol peut avoir, à la surface, des arbres et d'autres végétaux et les restes des cultures précédentes qui doivent être enlevés par le dessouchement et le débroussaillage.

Labour

Le riz pluvial est souvent cultivé sur des terrains accidentés où le risque d'érosion est élevé. Aussi, le sens du labour doit-il être impérativement perpendiculaire au sens de la plus grande pente et parallèle aux courbes de niveau. Le labour doit être entrepris aussitôt que l'état du sol le permet, c'est-à-dire dès les premières pluies.

Affinage du sol

Cette opération culturale revêt une importance particulière en riziculture pluviale. L'affinage se fait avec l'angady et se fait pratiquement en une seule fois ou plus rarement en deux phases. Il est pratiqué dans le but de réduire les mottes du labour en éléments plus ou moins fins et de détruire les mauvaises herbes.

Fertilisation

La principale fumure est la fumure organique. Cette dernière est apportée au moment du labour ; il est conseillé d'apporter 5 à 10 t à l'ha (15 à 20 charrettes).

Les principales fumures minérales utilisées sont le NPK 11-22-16, l'urée et quelquefois la dolomie.

On prescrit souvent les doses suivantes :

- 200 à 300 kg à l'ha de NPK 11-22-16 au semis
- 35 kg à l'ha d'urée au premier sarclage
- 30 kg à l'ha d'urée au second sarclage
- 150 à 300 kg à l'ha de dolomie au semis

Semis

Les semences utilisées sont issues soit des récoltes des cultures précédentes, soit de l'achat au niveau des organismes vulgarisateurs, soit d'échanges entre les paysans eux-mêmes. Pour éviter que les grains ne pourrissent dans le sol ou ne soient dévorés par les prédateurs, il est préférable de les traiter au préalable avec un mélange de produits fongicides et insecticides.

Le semis se fait soit:

- suivant des lignes écartées de 20 à 40 cm ;
- dans des poquets suivants des lignes écartées de 20 à 40 cm : il est fait manuellement avec un nombre de grains par poquet variant de 5 à 6. Les écartements entre poquets varient de 10 à 25 cm. Les graines distribuées par trou sont placées à environ 3 ou 4 cm de profondeur.

Entretien

La croissance des adventices est très rapide durant les premières semaines qui suivent le semis. Elles peuvent étouffer la plantule et gêner le développement des plants de riz. Il est toujours nécessaire de faire le sarclage à ces moments là, soit à la main soit avec l'angady.

Récolte

La date de récolte est située entre le 95^{ème} et le 150^{ème} jour suivant les variétés du riz ; elle dépend aussi du devenir du riz, selon qu'il est destiné à être consommé ou à servir de semences :

- à la maturité technologique, quand 80 à 90 % du champ vire au jaune. Une méthode plus précise consiste à mesurer l'humidité des grains. La maturité est atteinte quand les grains ont une teneur en eau voisine de 22 %.

- à la « maturité physiologique », surtout pour les grains destinés à la semence Elle est décalée d'environ 7 à 10 jours après la maturité technologique. La teneur en eau est alors d'environ 19 %. [MAEP, 2008]

Tableau 1 : Calendrier de culture du riz pluvial sur les hauts plateaux

	juillet	août	sept	oct	nov	déc	jan	fév	mars	Avril	Mai	juin
<i>préparation du sol</i>			←→									
<i>semis</i>					←→							
<i>sarclage</i>					←→							
<i>récolte</i>								←→				

Source : Rural Madagascar

1.3 Les types de systèmes de riziculture pluviale

Deux systèmes ont été utilisés : système avec labour et système en semis direct avec couverture végétale.

1.3.1 Le système avec labour

Principe

Le labour consiste à retourner les couches superficielles du sol en enfouissant les résidus végétaux, les amendements et les engrais, en détruisant les adventices et en ameublissant le sol sur une couche plus ou moins profonde. Il soumet un certain volume de terre à l'action des agents atmosphériques (air, pluie, rayonnement solaire).

Avantage

Le labour a les effets bénéfiques suivants:

- il améliore la structure du sol en augmentant le volume de terre meuble, la capacité de rétention en eau du sol et sa perméabilité ; il intervient ainsi dans la régulation de l'humidité du sol.

- il améliore les propriétés chimiques : il mélange dans tout le profil du sol les éléments insolubles ou retenus par le complexe argilo humique.

- il active la vie microbienne du sol : la faune et la flore du sol ont besoin pour vivre de matière organique. Le travail du sol favorise la vie de ces microorganismes par l'incorporation des matières organiques, par la structure grumeleuse qu'il favorise et par l'écoulement de l'eau qu'il assure.

Inconvénient

Le labour peut aussi avoir des effets négatifs sur le sol comme:

- la remontée possible à la surface d'éléments inertes comme les galets, graviers, remontée qui peut entraîner une diminution du rendement ou même rendre le sol infertile durant des années.

- l'accentuation des effets de l'érosion surtout pour les terrains en pente.

- * - la possible dessiccation du sol

- la formation d'une semelle de labour dure et imperméable.

1.3.2 Système avec des couvertures végétales

Principe

Le plus courant est le système SCV (ou Semis Direct avec Couverture Végétale). C'est tout système de culture suivant les techniques fondées sur les deux principes suivants:

- remplacer le labour mécanique par une amélioration biologique de la structure du sol (à zéro labour),

- toujours garder le sol couvert avec une couverture vive ou morte suffisante. [Lucien SEGUY, 1998]

Avantage

Ce système a les effets bénéfiques suivants :

- il protège le sol contre les érosions éolienne et hydrique ;
- il maintient le stock de matières organiques et recycle les éléments minéraux ;
- la semelle de labour disparaît et permet un enracinement plus profond des plantes ;
- la présence de mulch augmente la disponibilité de l'eau dans le sol, d'où une meilleure valorisation des précipitations ;
- dans un sol plus humide avec des variations de température moins marquées, la vie des microorganismes du sol est favorisée ;
- les temps de sarclages sont diminués ;
- il aide à contrôler la flore adventice et les organismes parasites par la compétition pour la lumière et par le phénomène d'allélopathie.

Inconvénient

Des effets négatifs peuvent aussi subvenir :

- une couverture permanente peut maintenir une humidité qui va permettre la prolifération de germes pathogènes et de ravageurs qui attaqueront la culture et la plante de couverture
- lors des applications d'herbicides ou des traitements insectifuges et fongicides, le couvert végétal permanent forme un écran. Avec une augmentation de l'infiltration de l'eau dans le sol, et par conséquent l'entraînement en profondeur des pesticides interceptés dans le mulch, les risques de pollution sont augmentés.
- En cas de faible disponibilité en résidus végétaux (lors de la première année d'installation du SCV), certains termites humivores consomment la matière organique du sol [WIELEMAKER, 1984].

1.4 L'élaboration du rendement

Plusieurs systèmes de cultures accueillent la culture du riz et les techniques culturales utilisées sont variées. Cependant, considérons que les processus physiologiques et morphologiques à la base de l'élaboration du rendement restent sensiblement les mêmes. Ainsi la méthodologie et les connaissances rapportées ici sont d'utilisation très large.

Par définition, le rendement du riz correspond au poids des grains par unité de surface. Le cycle du riz peut être divisé en trois phases : la phase végétative, la phase de reproduction et la phase de maturation. L'élaboration des composantes du rendement du riz est réalisée au cours de ces trois phases.

La phase végétative s'étend du semis jusqu'au début de la formation des organes reproducteurs. Durant cette période se forment les organes végétatifs : racines, feuilles et tiges. Un pied donne naissance à plusieurs tiges également appelées talles.

La phase reproductive est le temps durant lequel se mettent en place les organes reproducteurs appelés panicules. Chaque talle porte au maximum une panicule, comportant de nombreux épillets. Chaque épillet peut donner naissance à une fleur puis un grain. La phase reproductive se termine avec la floraison. Pendant la maturation, les grains vont se remplir pour atteindre la maturité en fin de cycle.

Durant chacune de ces phases, des composantes participant l'une après l'autre à l'élaboration du rendement final vont être mises en place :

- le nombre de pieds / m^2 (NP/ m^2)
- le nombre de panicules / pied (NPa/P)
- le nombre d'épillets / panicule (NEpts/Pa)
- le pourcentage de grains pleins (%GP)
- le poids moyen d'un grain (PG) [D Moreau, 1987]

Ces différents éléments peuvent être repris dans la figure 1 :

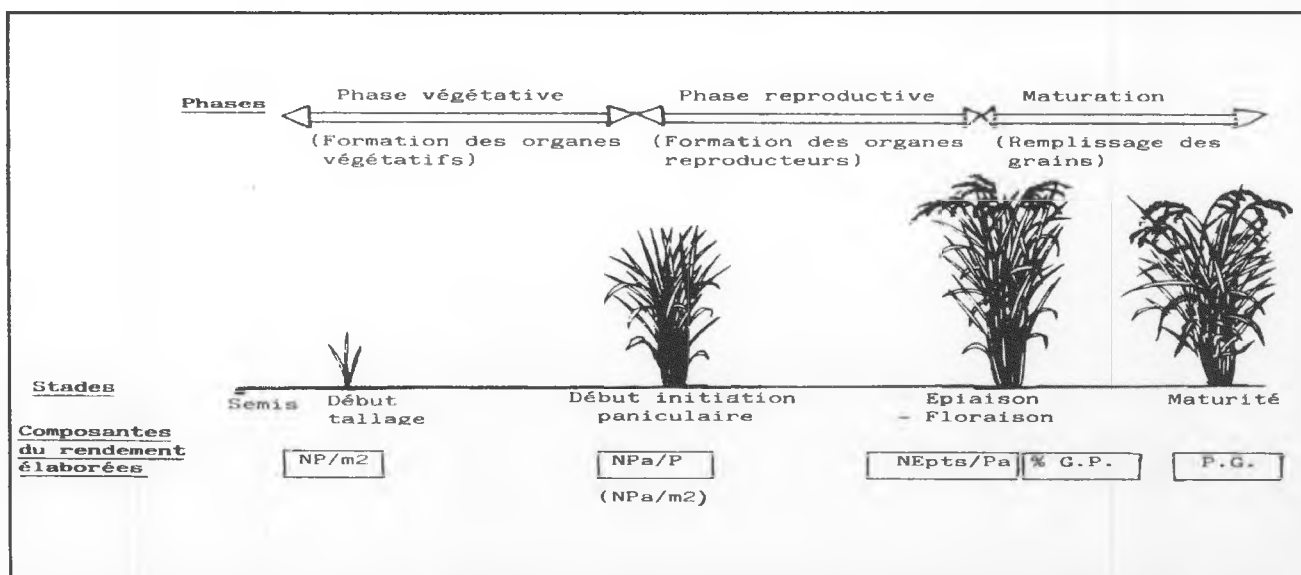


Figure 1: Les différentes phases du cycle du riz et la formation des composantes du rendement du riz

Source : D. Moreau

Chapitre II : Les plantes utilisées comme précédents du riz

2.1 Généralités sur le précédent

On appelle généralement précédent toutes culture mise en place avant la culture principale. Dans le cas de cette étude, la culture principale est le riz pluvial (variété FOFIFA 172).

2.2 Caractéristiques des différentes plantes utilisées comme précédent

Neuf plantes ont été utilisées comme précédent du riz pluvial. La majorité sont des légumineuses.

a) *Cajanus* (*Cajanus cajan*)

Le cajanus est une légumineuse vivace qui peut prendre le port d'un arbrisseau dont les rameaux sont cylindriques à côtes saillantes et blanchâtres finement velues.

Les feuilles sont tripennées à folioles lancéolées, très aiguës au sommet, vertes au dessus et très poilues en dessous. Son inflorescence se présente en grappe pédonculée et pédicellée courtement veloutée. Ses fruits sont des gousses linéaires sessiles contenant 3 à 5 graines, globuleuses roussâtres ou marbrées.



Photo 1 : Le cajanus

Source : <http://www.discoverlife.org>

Le cajanus présente un enracinement très traçant. Le rendement en vert du cajanus peut atteindre 20 à 40 t/ha. C'est une bonne plante d'ensilage.

[<http://photosynthese.fr/plantes/plante-6113-cajanus-cajan.html>]

b) Crotalaire (*Crotalaria grahamiana*)

Les crotalaires sont des légumineuses herbacées ou ligneuses pouvant aller jusqu'à 1,5 m de hauteur. Les feuilles des crotalaires sont simples, unifoliolées ou composées palmées à 3-5 folioles sur un pétiole commun.



Photo 2 : La crotalaire

Source : agroecologie.cirad.fr

Leurs inflorescences sont terminales ou opposées à une feuille, ordinairement en grappe de couleur jaune et rarement pourpre. Leurs fruits sont des gousses globuleuses ou oblongues, bivalves sans fausses cloisons d'un vert foncé. Les graines sont réiniformes, brillantes à funicules allongés. Le rendement en vert de la crotalaire atteint les 25 t/ha. [HAVARD, 1967]

c) Eleusine (*Eleusine corocana*)

L'éleusine est une plante annuelle de la famille des Poacées (graminées). C'est une plante de 40 cm à 1 m de haut qui pousse en touffes denses.



Photo 3 : L'éleusine

Source : agroecologie.cirad.fr/eleusine

L'éléusine a des feuilles à limbe étroit. L'inflorescence est formée d'une grappe de 4 à 6 épis denses de 5 à 15 cm de long. Les graines sont des caryopses ovoïdes de 1 à 2 mm, de couleur orange-marron. Cette plante a aussi un système racinaire fasciculé pouvant explorer un volume considérable de sol. Le rendement en vert de l'éléusine (en deux coupes) est de 60 t/ha soit l'équivalent de 10 t/ha de foin. Le rendement en grain est de 1500 à 2000 kg/ha. L'éléusine est un excellent fourrage très prolifique.

[<http://fr.wikipedia.org/wiki/éléusine>]

d) Lupin (*Lupinus sp.*)

Les lupins sont des légumineuses annuelles ou vivaces, herbacées ou ligneuses de 30 à 100 cm de hauteur. Les lupins ont des feuilles composées palmées. Le nombre de folioles varie de 5 à 11.



Photo 4: Le lupin

Source : <http://www.francetop.net/images/Lupin>

L'inflorescence est en forme de grappes terminales dressées. Ils se caractérisent par la richesse en protéines de leurs graines (jusqu'à 50 %). Leur teneur importante en matières grasses (8 %) leur confère une valeur énergétique élevée. Le lupin est d'un grand intérêt car c'est une plante rustique et résistante ce qui lui donne la capacité de supporter l'absence de traitements insecticides et fongicides.

[<http://fr.wikipedia.org/wiki/Lupin>]

e) Radis (*Raphanus sativus*)

Le radis appartient à la famille des « *Brassicaceae* » (Crucifères). C'est une plante bisannuelle qui émet une tige florale de 80 cm de haut environ.



Photo 5: Radis fourrager

Source : www.samen.ch/fr/shop

Les fleurs de radis ont 4 pétales et sont de couleur blanche. Après la fécondation, elles donnent des gousses contenant les graines de radis. Les feuilles sont entières, oblongues. La racine du radis est charnue. Elle a une très grande vitesse de croissance et est très facile à cultiver. Le pourcentage en matière sèche dans le tubercule de radis est très bas, autour de 8 à 10 %. Il est moins sensible au stress hydrique. Les tubercules de radis ont des effets allélopathiques vis à vis des insectes et des nématodes et même pour d'autres plantes. Le radis a une bonne valeur alimentaire (riche en éléments nutritifs) donc constitue un bon fourrage. Le radis peut continuer la production de biomasse en saison froide. [BERTRAND, 2001]

f) Trèfle (*Trifolium sp.*)

Les trèfles sont des légumineuses herbacées très basses, rampantes à stolons, à peau très glabre, dont les tiges atteignent de 10 à 40 cm. Ils peuvent être vivaces, annuels ou bisannuels. Ils sont caractérisés par leurs feuilles composées à trois folioles (parfois quatre), qui sont à l'origine du nom de la plante.

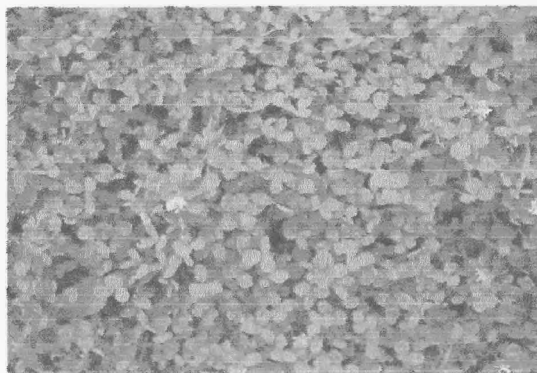


Photo 6 : Le trèfle

Source : <http://fr.wikipedia.org/wiki>

L'inflorescence comporte de nombreuses fleurs hermaphrodites groupées en têtes sphériques à long pédoncule d'une couleur blanche. Les fruits sont des gousses bosselées et étroites à trois ou quatre graines. Le trèfle ne pousse généralement pas en terrain acide (minimum 6-6,5) et aime le phosphate. Son rendement est de 18,5 t/ha. C'est une plante bioindicatrice d'un sol riche en bases et en matières organiques et subissant de forts contrastes hydriques. Le trèfle est un excellent fourrage, résistant bien au piétinement et améliorant la qualité du sol. Toutefois, la plante en fleur contient des cyanures qui peuvent nuire à la santé des bovins. [HAVARD, 1967]

g) Vesce (*Vicia sativa*)

La vesce commune est une légumineuse annuelle largement cultivée comme plante fourragère. Les fleurs sont violettes ou pourpres plus ou moins violacées de 1 à 3 cm, insérées par 2, rarement solitaires, sur des pédoncules très courts.



Photo 7: La vesce

Source : jeantosti.com/Fleurs/vesce.htm

Le calice est dentelé (denture égale) et se rompt à maturité. La feuille est pennée renfermant entre 3 et 8 paires de folioles et terminée par une vrille ramifiée. La tige à croissance hypogée est simple ou ramifiée, grimpante et peut atteindre 70 cm de hauteur. Elle est fréquemment ridée. La gousse est allongée, cylindrique ou légèrement aplatie pouvant atteindre 60 mm de longueur. La graine est d'un brun jaunâtre à brun châtain, polymorphe et à paroi lisse. La vesce est une plante particulièrement économe en eau et en intrants. Elle peut pousser à partir de 250 mm de pluviométrie. [<http://fr.wikipedia.org/wiki/Vesce>]

h) Brachiaria (*Brachiaria ruziziensis*)

C'est une graminée assez haute, les feuilles poilues sont courtes et très pointues et possèdent des nervures parallèles.



Photo 8: Le brachiaria

Source : www.agro21.com.ar/images/fotos

Elle est utilisée en vert ou ensilée, mais rarement en foin. En général, la qualité de ce fourrage est moyenne. Le rendement moyen en matière sèche à partir de la deuxième année est de 15 à 25 t /ha.

Grâce à ses systèmes racinaires fasciculés et puissants, elle améliore et stabilise la structure du sol.

i) Stylosanthes (*Stylosanthes guyanensis*)

Le stylosanthes est une légumineuse herbacée, érigée à semi érigée, non volubile. Il forme de petits buissons (de 1m à plus de 1,8m), aux feuilles trifoliolées. Ses fleurs sont d'un jaune intense. Ses graines sont très petites. Son système racinaire est très puissant : autour du pivot central se développent de longues tiges rampantes qui s'enracinent et finissent par couvrir un cercle de 2 m de diamètre. Par conséquent, il améliore la structure du sol.



Photo 9: Le stylosanthes

Source : www.lookfordiagnosis.com

Le stylosanthes est adapté à de nombreux types de sols, en particulier aux sols pauvres et acides. Son caractère pérenne et sa forte production de biomasse lui permettent de dominer les adventices. Il peut rester vert même en saison sèche. Le rendement en vert du

stylosanthes est de 25 t/ha soit l'équivalent de 9,5 t/ha de matière sèche. [HAVARD, 1967]

j) Maïs (*Zea mays*)

Le maïs est une plante de la famille des Poacées, à très grand développement végétatif. Elle est capable de produire de la biomasse en très peu de temps. Ses limbes foliaires sont très développés. Contrairement aux autres graminées, le pied de maïs ne talle pas. C'est une plante annuelle à tige unique érigée et pleine à la différence des tiges creuses de la plupart des autres graminées. Sa hauteur est très variable, certaines variétés n'atteignent que 60 cm de haut à maturité tandis que d'autres peuvent dépasser 6 m. Au niveau de chaque nœud est insérée une feuille.



Photo 10: Le maïs

Source : <http://geopanorama.rncan.gc.ca>

Elle exige des températures assez élevées à la germination, qui est impossible en dessous de 10°C. Au cours de sa végétation, elle a besoin d'une température optimum de 19°C. [RAKOTOARISOA, 2009]

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude

3.1 Cadre institutionnel

Le travail a été effectué sur les champs d'expérimentation de l'Unité de Recherche en Partenariat « Systèmes de Culture et Rizicultures Durables » (URP SCRiD), se trouvant dans la Commune rurale d'Andranomanelatra. L'URP SCRiD a été créée en 2001. Elle associe des chercheurs du CIRAD, du FOFIFA et de l'Université d'Antananarivo et a pour but principal de produire des connaissances et outils permettant d'intégrer le riz pluvial, et en particulier le riz pluvial cultivé en SCV (système avec couverture végétale), aux systèmes de culture et de production et à la filière riz malgache.

L'objectif principal du travail est l'augmentation durable de la production rizicole malgache. Afin de réaliser ses objectifs, l'URP SCRiD inscrit son travail dans une approche pluri disciplinaire en combinant des analyses agronomiques, environnementales, sociologiques et économiques. Depuis sa création, un nombre important de recherches et d'études ont porté sur la riziculture pluviale, en terme de diagnostic des exploitations rizicoles, d'analyse de filière et de marché, de techniques culturales, de semences améliorées et de diffusion.

3.2 Zone d'intervention

La zone d'intervention se trouve dans la Commune rurale d'Andranomanelatra, district d'Antsirabe, région du Vakinankaratra.

Le sol y est du type ferrallitique lessivé, fortement désaturé roux ou ocre, sur alluvions volcano-lacustres.

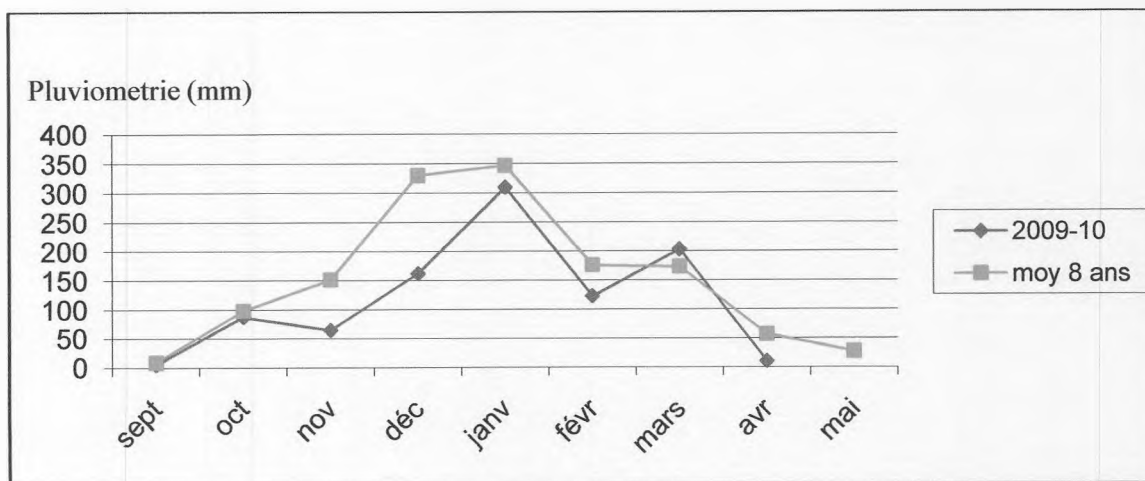


Figure 2: Moyenne de la pluviométrie durant 8 ans à Andranomanelatra

Source : Station CIMEL Andranomanelatra

La figure 2 montre la moyenne de la pluviométrie sur le site d'expérimentation depuis huit ans et pendant la campagne 2009/2010. Le pic de précipitation se situe entre Janvier et Février. Depuis huit ans, les précipitations pendant les grosses pluies ont été irrégulières. L'écart a été très grand surtout en Décembre.

Pour cette campagne, les premières pluies ont débuté avec une intensité de 90 mm en Octobre. Les précipitations sont mieux réparties cette année. Le pic de précipitation le plus élevé a été observé au mois de Janvier avec 300 mm de pluie. Ainsi, il constitue le mois le plus arrosé.

La hauteur mensuelle en 2009/2010 est remarquablement inférieure à la hauteur moyenne mensuelle sur 8 ans.

La courbe de répartition est en-dessous de celle des moyennes sur 8 ans. Cette année, il est tombé moins de pluie par rapport à la moyenne et la répartition est moins régulière.

Cependant, ni la hauteur, ni la répartition n'a été défavorable aux cultures.

Deuxième partie :
Matériels et
Méthodes

Chapitre I : Présentation de l'étude

1.1 Choix du thème et objectifs.

Le mois de janvier 2010, l'URP SCRiD (Annexe 2) a proposé d'effectuer un projet de recherche concernant les effets des précédents culturaux et des couvertures végétales sur le riz pluvial.

L'objectif est d'améliorer la vie quotidienne des paysans en leur fournissant des méthodes culturales rentables, de chercher des techniques nouvelles (en faisant des expérimentations et des recherches), et d'avoir des idées de projet. Grâce à ce projet, nous serions en mesure de réaliser ces objectifs.

En tant que recherche, ce projet a des enjeux scientifiques qui sont :

- L'identification des mécanismes biologiques et physico-chimiques sous-tendant les performances des systèmes SCV à base de riz pluvial ;
- L'identification des facteurs socio-économiques et institutionnels favorables ou contraignants à leur adoption par les producteurs ;
- Ainsi que le renforcement de nos capacités à travers les formations supérieures.

1.2 Problématique

Pour répondre à une forte demande et face à la saturation des terres inondées permettant la riziculture, des cultures pluviales ont été développées sur les versants. Les conséquences environnementales et socio-économiques ont été importantes. Pour contrer ces effets néfastes, des systèmes particuliers sans labour, utilisant les techniques de Semis Direct Sous Couverture Végétale (SCV) ont été mis au point par l'ONG TAFA et le CIRAD depuis une quinzaine d'années environ. Cependant, le développement de ces systèmes a été limité par les besoins, en matière fourragère, de l'élevage qui est en forte expansion dans notre zone d'étude. Une forte concurrence existe entre SCV et élevage pour l'utilisation des résidus de récolte (paillage du sol vs alimentation du bétail). Cette contrainte sur les résidus de récolte est d'autant plus accentuée lors de la longue période sèche qui peut couvrir 6 à 8 mois. Afin de lever cette contrainte, ce travail s'intéressera aux plantes de couverture dans les systèmes SCV en considérant leur dimension potentielle de fournisseur de fourrage. D'où la problématique suivante : **quel système de culture fournisseur de fourrage favorise le bon développement et le rendement du riz pluvial ?**

Des hypothèses sont donc à vérifier, comme :

- Des précédents du riz à base d'associations n'ont pas d'impact négatif sur la production du riz ;
- Certaines plantes fourragères font de bons précédents pour le riz ;
- L'effet de la fertilisation reste sensible pour le riz, quel que soit le précédent.

Chapitre II : Expérimentation agronomique

2.1 Le site d'expérimentation

Le terrain d'expérimentation de l'URP SCRiD à Andranomanelatra a été installé depuis fin 2002 sur une surface totale de 3,2 ha, sur un ancien terrain de la ferme de l'usine KOBAMA.

Différents systèmes de culture y sont testés et comparés. La répartition de ces systèmes de culture sur le terrain suit un dispositif statistique en « split plot ». Ce dispositif consiste à répartir au hasard les parcelles suivant un nombre déterminé de facteurs. Sur l'ensemble de ce site, deux principaux facteurs sont étudiés :

↳ Le système de culture, qui combine à la fois la rotation culturale et le mode de gestion du sol. Cette dernière est constituée par le labour et le SCV.

↳ La fertilisation qui comporte 2 niveaux :

- le fumier minéral « FM » : composé de 300 kg/ha de NPK (11-22-16), 500 kg/ha de dolomie pour corriger l'acidité du sol ferrallitique et faciliter le développement de l'activité microbienne du sol, 100 kg/ha d'urée apportée en deux apports et 5 t/ha de fumier.
- le fumier organique « Fu » : Fumier seul à la dose de 5 t/ha

Ce deuxième facteur est considéré comme sous-facteur du premier car tous les systèmes présents à Andranomanelatra ont été menés en FM et en Fu. 12 systèmes de culture sont conduits chaque année dont les 2 cultures principales de la rotation sont le riz et le maïs. Chaque dispositif du site est subdivisé en quatre blocs A, B, C, D ou 1, 2, 3, 4 et les 12 systèmes sont répétés respectivement dans chaque bloc. Chaque bloc contient 30 parcelles de dimension variable selon les essais proposés. Un dispositif est donc constitué de 120 parcelles.

Le travail n'a pas été réalisé sur l'ensemble du système de l'URP SCRiD (Figure 3) mais sur des dispositifs séparés comparant différentes couvertures, dispositif que l'on nommera « couverture seule », ou association avec le maïs, dispositif appelé « association ».

Tout ceci est détaillé dans la figure 3.

Les traitements sont donc:

- la fertilisation, considérée comme traitement principal ;
- les précédents culturaux en couvertures seules ou en associations avec le maïs, comme traitements secondaires.

Les tableaux 2 et 3 montrent les 2 dispositifs de l'expérimentation :

Tableau 2 : Dispositif en association

Traitements principaux	Traitements secondaires
<p>Fumure minéral :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 300 kg/ha de NPK 11/22/16 ; - 5 t/ha de fumier ; - 500 kg/ha de dolomie ; - 100 kg/ha d'urée. 	<p>Plantes+maïs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - R1 : Stylosanthes - R2 : Eleusine + Crotalaire - R3 : Radis - R4 : Brachiaria + Cajanus - R5 : Lupin + Vesce - R6 : Eleusine + Cajanus - R7 : Trèfle - R8 : Maïs simple ligne
<p>Fumure organique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 5 t/ha de fumier. 	<p>Plantes+maïs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - R1 : Stylosanthes - R2 : Eleusine + Crotalaire - R3 : Radis - R4 : Brachiaria + Cajanus - R5 : Lupin + Vesce - R6 : Eleusine + Cajanus - R7 : Trèfle - R8 : Maïs simple ligne

Source : Auteur

Tableau 3 : Dispositif en couverture seul

Traitements principaux	Traitements secondaires
<p>Fumure minéral :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 300 kg/ha de NPK 11/22/16 ; - 5 t/ha de fumier ; - 500 kg/ha de dolomie ; - 100 kg/ha d'urée. 	<p>Précédents culturaux:</p> <ul style="list-style-type: none"> - C1 : Brachiaria - C2 : Cajanus - C3 : Crotalaire - C4 : Eleusine - C5 : Lupin - C6 : Radis - C7 : Trèfle - C8 : Vesce
<p>Fumure organique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 5 t/ha de fumier. 	<p>Précédents culturaux:</p> <ul style="list-style-type: none"> - C1 : Brachiaria - C2 : Cajanus - C3 : Crotalaire - C4 : Eleusine - C5 : Lupin - C6 : Radis - C7 : Trèfle - C8 : Vesce

Source : Auteur

2.2 Dispositif « association »

Sur des parcelles menées en SCV, on s'est intéressé aux arrière effets de tests d'association de maïs avec des plantes fourragères de l'année précédente. Les parcelles sont conduites en riz pur simple ligne ; seule la couverture de trèfle de l'année précédente a été laissée en place (couverture vive) après traitement avec 0.5 l/ha de Glyphosate ou pour affaiblissement. Chaque parcelle est pour un demi en Fu et un demi en FM.

Le maïs a été associé à différentes plantes (Tableau 2).

Ces parcelles (notées R) sont représentés, sur la figure 3 en couleur orange (Te). Celles en orange pointillés sont en FM et celles en orange clair sont en Fu.

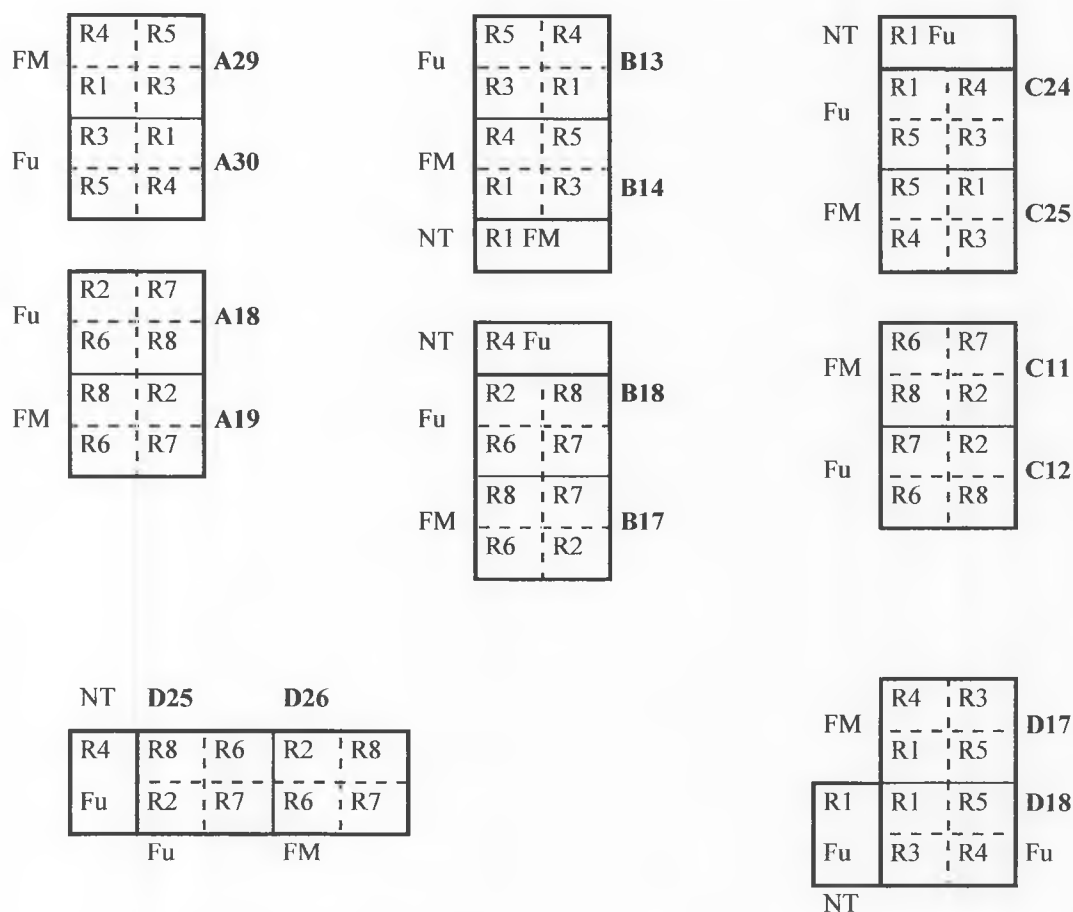


Figure 4 : Dispositif association 2009-2010

Source : URP SCRiD

2.3 Dispositif « couverture seule »

Un essai plantes de couvertures en pur avait été installé en 2008-09, sur un précédent riz ; toutes les parcelles étaient en SCV. Après passage d'herbicide, le riz en simple ligne pour cette campagne a été installé par notre soin. Seul le trèfle a été laissé comme couverture vive. Chaque parcelle est pour un tiers en Fu et deux tiers en FM.

Il y a donc par bloc et par plante, 7 lignes de 9.60 m de long, séparées de 40 cm.

8 plantes de couverture étaient cultivées (Tableau 3)

Le semis a commencé à 10 cm de la bordure, avec ensuite 7 lignes de chaque couverture séparées de 40 cm.

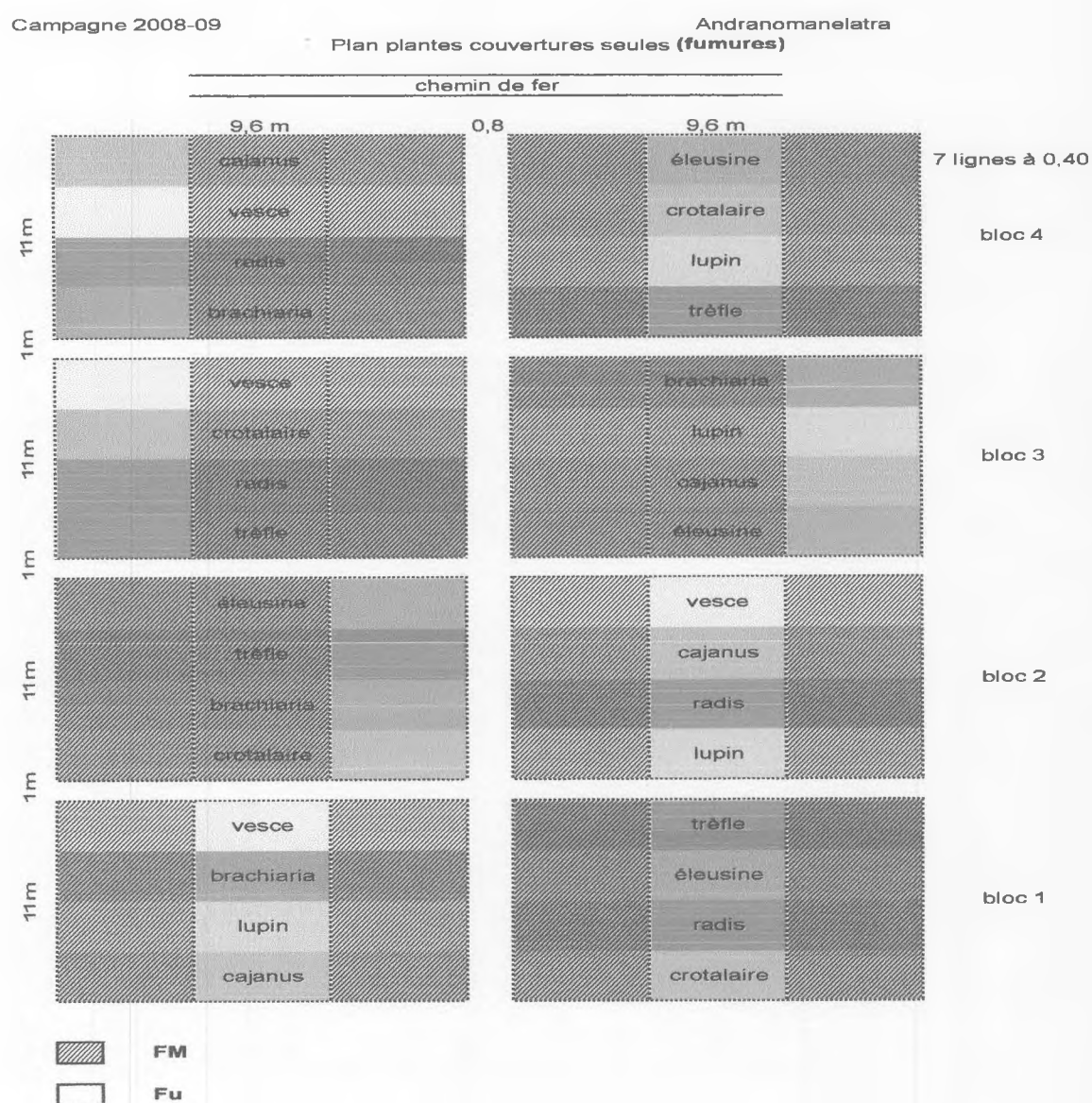


Figure 5 : Dispositif couverture seule 2009-2010

Source : URP SCRiD

Chapitre III : Collecte des données et traitement des résultats

3.1 Suivi de la croissance du riz

Des mesures de hauteur des plants de riz ont été réalisées, sur 5 poquets pris au hasard par parcelle élémentaire. Ces mesures peuvent être mises en relation avec la croissance des plantes dans l'association. La comparaison entre les différents systèmes a permis d'étudier les relations de dominance ou de complémentarité. L'opération a été effectuée à l'aide d'une règle pliable de 1m. La mesure a été faite du ras du sol jusqu'au point le plus haut, au-dessus du poquet en étirant les feuilles avec les mains.

Des mesures de recouvrement ont aussi été faites sur le dispositif « couverture seule », pour s'assurer de la croissance du riz. Ce sont :

- ✓ recouvrement par le riz
- ✓ recouvrement par les résidus
- ✓ recouvrement par les adventices

Ces mesures ont été faites à l'aide d'un cadre à filet (Figure 6). Le filet sur ce cadre comprend 100 intersections de fils à la verticale desquelles il y a lieu de noter ce qu'on voit.

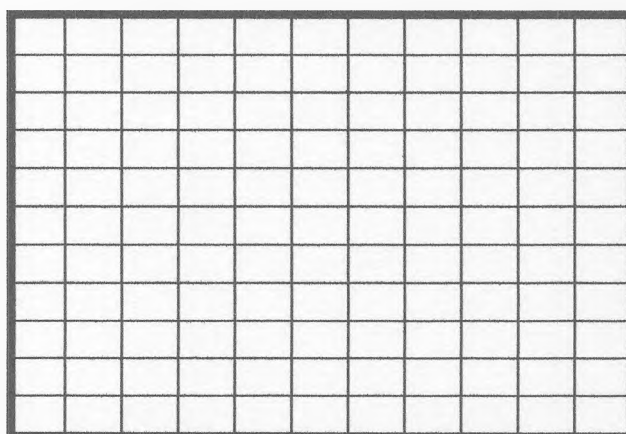


Figure 6 : Cadre à filet

Source : Auteur

3.2 Suivi de la nutrition azotée du riz avec le SPAD

Pour connaître le statut azoté de la culture de riz au cours de son cycle sur les systèmes en rotation et en associations, le SPAD (Photo 11) a été utilisé.

Le SPAD ou chlorophyll meter (Soil Plant Analyses Development), est un outil de diagnostic simple, portable. Il est utilisé pour estimer la teneur en chlorophylle *in situ* d'un végétal, en mesurant la quantité de lumière transmise à travers la feuille (valeur SPAD, développée par la société Minolta). Cette teneur peut être mise en relation avec le statut azoté de la plante. Les valeurs SPAD sont obtenues par mesure directe et non destructive. La connaissance de la valeur estimative du taux d'azote permet de corriger les carences en cet élément.

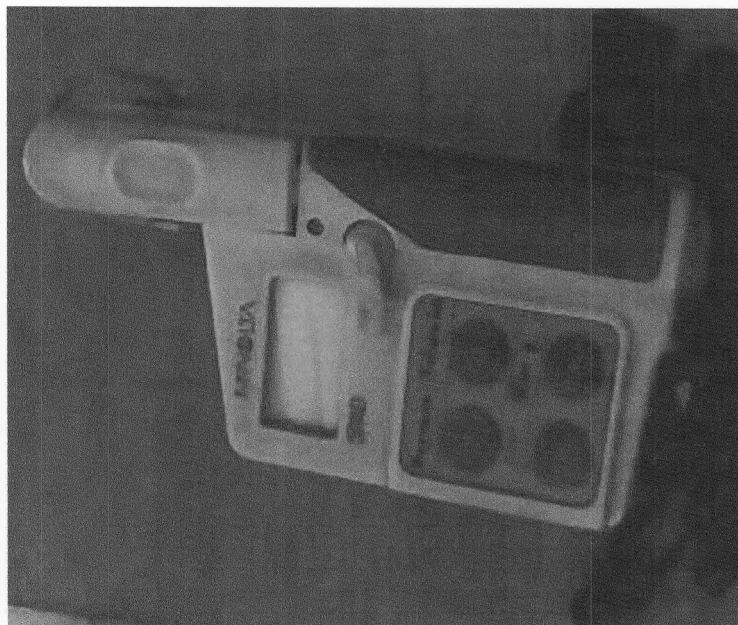


Photo 11 : Le SPAD

Source : Auteur

Pour cette mesure, 10 poquets ont été pris au hasard, en traversant la parcelle en diagonale ; les mesures sont réalisées sur trois points de la dernière feuille ligulée. En général l'avant-dernière feuille, (au 1/3, 1/2 et 2/3 de la feuille). 30 mesures par parcelle ont été donc réalisées et, par la suite, la moyenne a été faite pour n'obtenir qu'une seule valeur (1 donnée/parcelle).

Les mesures n'ont été réalisées qu'une fois et seulement sur le dispositif « couverture seule », faute de disponibilité de temps (en raison de la période de stage qui n'a pu réellement commencer qu'au mois de mai 2010, le temps nous a manqué).

3.3 Calendrier d'exécution des opérations culturales

Un relevé des dates d'exécution des différentes opérations culturales a été réalisé sur l'ensemble des dispositifs.

Tableau 4 : Itinéraire technique cultural du riz pluvial 2009-2010

Opération	Travaux à effectués	Périodes d'exécution
Préparation du sol	épandage dolomie	Fin Août
	Labour	-
	passage(s) d'herbicides	Début septembre
	émottage	-
	affinage nivellement	-
Semis & fertilisation	traitements semences	Début Octobre
	Poquets	Fin Octobre – Début Novembre
	NPK 11/22/16 ou 12/24/12	Fin Octobre – Début Novembre
	préparation et épandage Fumier	Fin Octobre – Début Novembre
	Semis	Fin Octobre – Début Novembre
	traitement du sol	Fin Octobre – Début Novembre
	herbicide	Novembre D
	terre fine & fermeture poquet	Fin Octobre – Début Novembre
Entretien	premier désherbage	Début Décembre
	premier traitement insecticide	-
	Démariage	-
	premier apport urée	Début Décembre
	deuxième désherbage	Début Janvier
	deuxième traitement insecticide	-
	deuxième apport urée	Fin Janvier
	troisième désherbage	Fin Février Début Mars
	troisième traitement insecticide	-

récolte	Moisson	Début Avril
	castration	
	pré séchage	
	battage ou dégoussage	Début Avril
post récolte	séchage des graines	Avril
	séparation du rafle	
	Vannage	Fin Avril
	désherbage de fin de cycle	Fin Juin
	fauche & restitution/exportation de la biomasse	Fin Juin

Source : URP SCRiD

3.4 Mesure des composantes du rendement

La mesure des composantes du rendement a été réalisée sur des carrés de 2 m x 2 m et le reste de la parcelle a été récolté normalement. Plusieurs procédures étaient suivies pour la récolte :

- Repérage des carrés avec 4 piquets (dans nos dispositifs semés en 20 x 20 cm = 10 x 10 poquets)
- Comptage du nombre de poquets présents (**Nbpo**) par carré
- Repérage de 8 poquets aux 4 coins du carré (Figure 6)

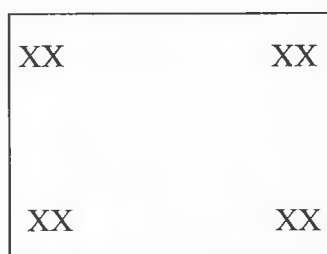


Figure 7 : Repérage des 8 poquets

Source : URP SCRiD

- Arrachage des 8 poquets, les plants sont déposés sur une bâche pour éviter de perdre des grains
 - Comptage du nombre de plants (**Nbpl**), de talles (**Nbta**) et de panicules (**Nbpan**) par plant, prélèvements des panicules; après égrenage, les grains pleins et les grains vides sont séparés, (sac GP et sac GV). Ils seront pesés après passage à

l'étuve 72h à 60°C (**PS GP** et **PS GV**). Deux sous échantillons de 200 grains pleins et 200 grains vides sont réalisés et repesés pour l'obtention du poids d'un grain et calcul du taux de stérilité (**200GP** et **200GV**).

- Après coupe aux ciseaux des racines, l'échantillon de pailles + les rachis est mis dans un sac (sac paille), l'échantillon est pesé après passage à l'étuve 72h à 60°C (**PSpa**) (Photo 12).



Photo 12 : Echantillons dans l'étuve

Source : Auteur

- Coupe à la base des plants restants dans le carré ; battage
- Pesée grains du carré (**PFgr**) ; pesée pailles du carré (**PFpa**).
- Prélèvement d'un échantillon de grain et d'un échantillon de paille (1 échantillon de chaque uniquement); pesée de ces échantillons frais (**PFechgr** et **PFechpa**) ; mise en sac pour séchage à l'étuve (72 h à 60 °C). Pesée sec (**PSechgr** et **PSechpa**). Le reste des pailles du carré est remis sur le sol à l'endroit du prélèvement ; le reste des grains peut être mélangé pour séchage et mis à disposition de l'URP.

La formule du rendement est la suivante :

$$\text{Rendement} = \text{Nb plt/m}^2 \times \text{Nb Pa/plt} \times \text{Nb Ep/Pa} \times \% \text{ GP} \times \text{PMG (en g/m}^2\text{)}$$

Avec :

- ✓ **Nb plt/m²** : nombre de plants par m²
- ✓ **Nb Pa/plt** : nombre de panicules par plant

- ✓ **Nb Ep/Pa** : nombre d'épillets par panicules
- ✓ **% GP** : pourcentage de grains pleins
- ✓ **PMG** : poids moyen d'un grain (en g)

3.5 Analyse des résultats avec le logiciel SAS

Le traitement statistique des données a été réalisé avec le logiciel SAS version 9.1 pour Windows (SAS Institute, Cary, NC, USA). Les analyses de variance ont été réalisées avec la procédure GLM (General Linear Model), c'est-à-dire des analyses de variance des moyennes avec le Test Student Newman Keuls au seuil de 5 %. L'interaction entre les deux traitements (système et fertilisation) a été analysée. Les tableaux et les graphiques ont été réalisés sur le tableur Microsoft Excel.

Troisième partie :

Résultats et

Discussions

Chapitre I : Résultats sur les effets des précédents culturaux sur la culture du riz

1.1 Effets sur la physiologie et la nutrition azotée des plants

1.1.1 Croissance du riz

a) Sur le dispositif « association »

D'après la figure 8, on observe que sur le dispositif « association » :

- ✓ Le riz après stylosanthès + maïs est le plus développé (96 cm en FM, 88 cm en Fu).
- ✓ Le riz après trèfle + maïs est le plus en retard (77 cm en FM contre 66 cm en Fu).
- ✓ Le riz en FM est plus développé que le riz en Fu, ce qui indique un effet positif de la fertilisation minérale sur la croissance du riz.

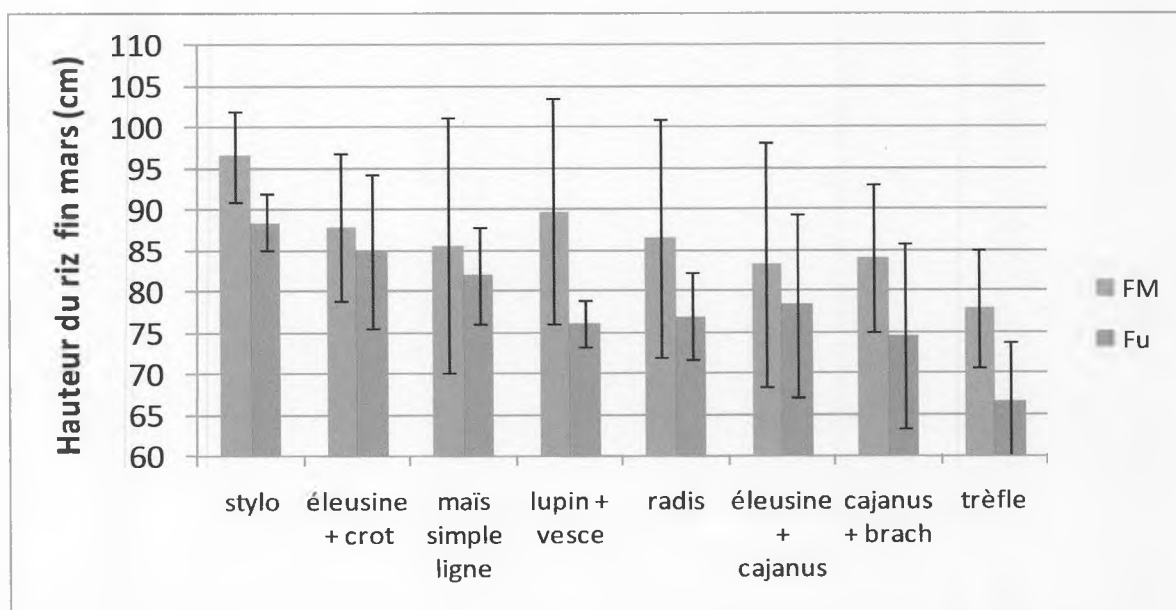


Figure 8 : Hauteur en cm du riz en fonction du précédent et de la fertilisation sur le dispositif « association », mesure sur 5 plants par placette réalisée fin mars 2010

b) Sur le dispositif « couverture seule »

D'après la figure 9, nous observons que sur le dispositif « couverture seule » :

- ✓ Le riz après crotalaire est le plus développé (60 cm en FM contre 53 cm en Fu)
- ✓ Le riz après brachiaria est le plus en retard (44 cm en FM contre 38 cm en Fu)
- ✓ Le riz en FM est plus développé que le riz en Fu.

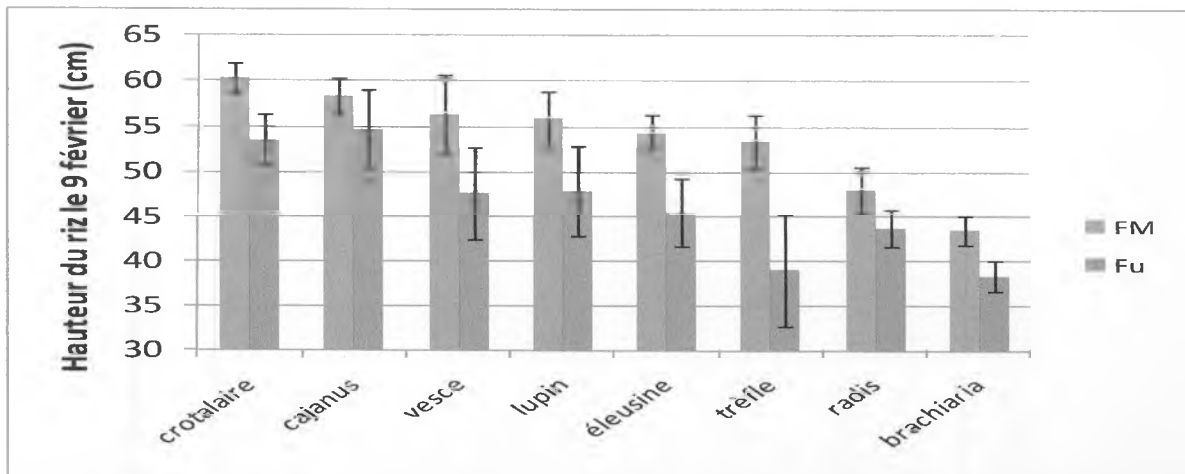


Figure 9 : Hauteur en cm du riz en fonction du précédent et de la fertilisation sur le dispositif « couverture seule», mesure sur 5 plants par placette réalisée le 9 février 2010.

1.1.2 Taux de recouvrement du riz et des adventices

Pour le recouvrement par le riz, un bon pourcentage sur les précédents cajanus, crotalaire, éleusine, lupin et vesce indique une meilleure croissance du riz que sur les précédents brachiaria, radis et surtout trèfle, où le pourcentage est moins bon. Ceci montre aussi que les parcelles en FM sont mieux couvertes par le riz que celles en Fu.

De plus, avec les précédents crotalaire et cajanus, le riz est moins concurrencé par les mauvaises herbes, alors que sur les précédents radis, trèfle et brachiaria, les adventices sont plus nombreuses.

On note également que la présence d'adventices sur Fu est plus élevée que sur FM (moins quantité de résidus, moins compétition du riz).

Tableau 5: Recouvrement (en %) par le riz, les adventices et recouvrement total sur le dispositif « couverture seule »

Précédent	FM			Fu			Moyenne des 2 fertilisations		
	riz	adventices	total	riz	Adventices	total	riz	adventices	total
brachiaria	81,25	5,75	99,25	69,75	3,00	100,00	75,50	4,38	99,63
cajanus	95,25	1,00	99,75	93,00	1,50	100,00	94,13	1,25	99,88
crotalaire	99,25	0,75	100,00	95,00	1,50	99,75	97,13	1,13	99,88
éleusine	90,25	3,75	99,75	87,75	7,75	99,50	89,00	5,75	99,63
lupin	96,50	1,25	100,00	85,25	7,25	96,75	90,88	4,25	98,38
radis	82,75	7,75	100,00	81,00	11,25	99,50	81,88	9,50	99,75
trèfle	66,25	6,50	100,00	27,25	9,50	100,00	46,75	8,00	100,00
vesce	94,25	2,00	100,00	90,50	4,25	99,75	92,38	3,13	99,88
	88,22	3,59	99,84	78,69	5,75	99,41	83,45	4,67	99,63

NB : le recouvrement total est le fait des plants de riz, des adventices et des résidus laissés au sol.

1.1.3 Développement (phénologie)

Les mesures n'ont été réalisées que sur le dispositif « association ». Les dates de floraison et de maturité ont été relevées pour chaque traitement et sont données en Jours Après Semis (JAS). On note qu'il y a peu de différences de développement entre les précédents et entre fertilisations (tableau 6). Seul le précédent trèfle présente quelques jours de retard de phénologie par rapport aux autres précédents.

Tableau 6: Durée en jours après semis (JAS) des stades floraison et maturité sur le dispositif « association »

Fertilisation Précédents	Floraison en JAS		Maturité en JAS	
	FM	Fu	FM	Fu
brachiaria+cajanus	115	116	160	161
éleusine+ cajanus	115	114	161	160
éleusine+ crotalaire	115	114	161	162
lupin+vesce	114	114	159	159
maïs simple ligne	114	114	160	159
Radis	115	114	160	159
Stylosanthès	113	114	159	159
Trèfle	116	118	162	163

Source : Auteur

1.1.4 Nutrition azotée

Peu de différences entre précédents ont été observé pour les valeurs SPAD (figure 10). Seul le riz sur précédent trèfle présente des valeurs significativement plus faibles que les autres précédents, indiquant un déficit de nutrition azotée du riz pour ce traitement. Par comparaison des moyennes, on note toutefois des valeurs proche de 42 pour les précédents cajanus, radis, vesce et crotalaire, qui se réduisent à 40 pour l'éleusine et le brachiaria (graminées) et tombent à 35 pour le trèfle. Aucun effet de la fertilisation n'a été noté à ce stade. Pour certains précédents (cajanus, crotalaire), la valeur SPAD moyenne en Fu est même supérieure à celle en FM.

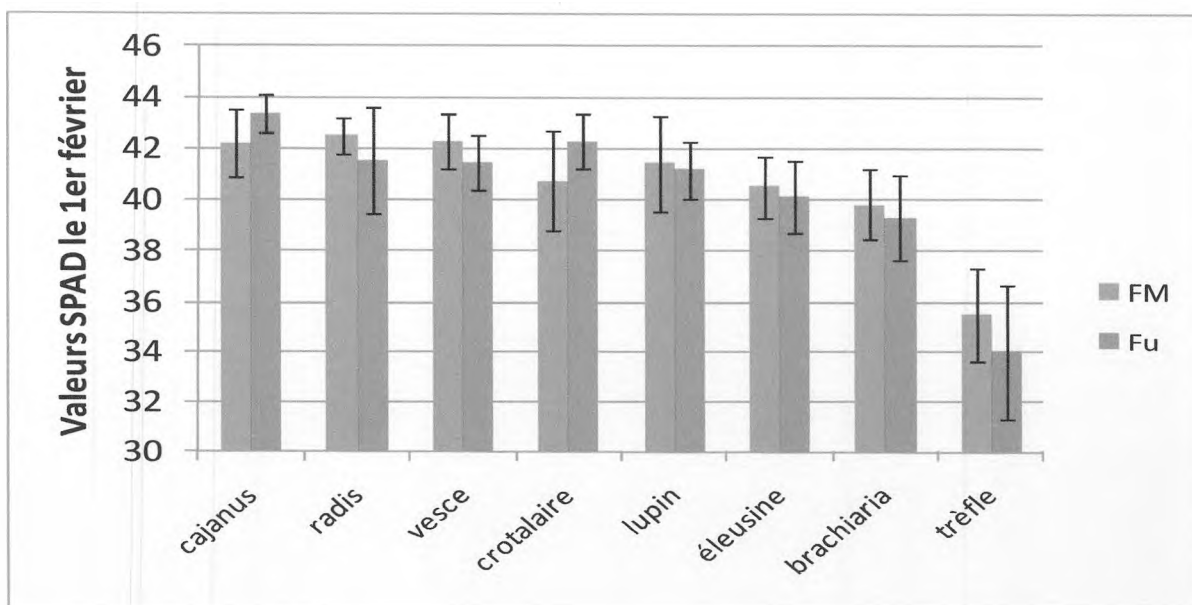


Figure 10 : Valeurs SPAD mesurées sur le riz en fonction du précédent et de la fertilisation sur le dispositif « couverture seule», mesure sur 10 plants par placette réalisée le 1er février 2010.

1.2 Rendement en riz

1.2.1 Comparaison des rendements par dispositif

Une analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel de statistique SAS.

a) Sur le dispositif association

La figure 11 montre, en effet, que la variabilité (représentée par les intervalles de confiance) est importante sur le dispositif « association ».

✗ Mise à part le précédent maïs+trèfle, peu de différences ont été constatées entre les précédents. En effet, les valeurs sont comprises entre 2 et 3 t/ha.

Il en est de même pour la fertilisation. Les différences de valeur entre FM et Fu sont minimales pour chaque précédent (sauf après maïs+trèfle).

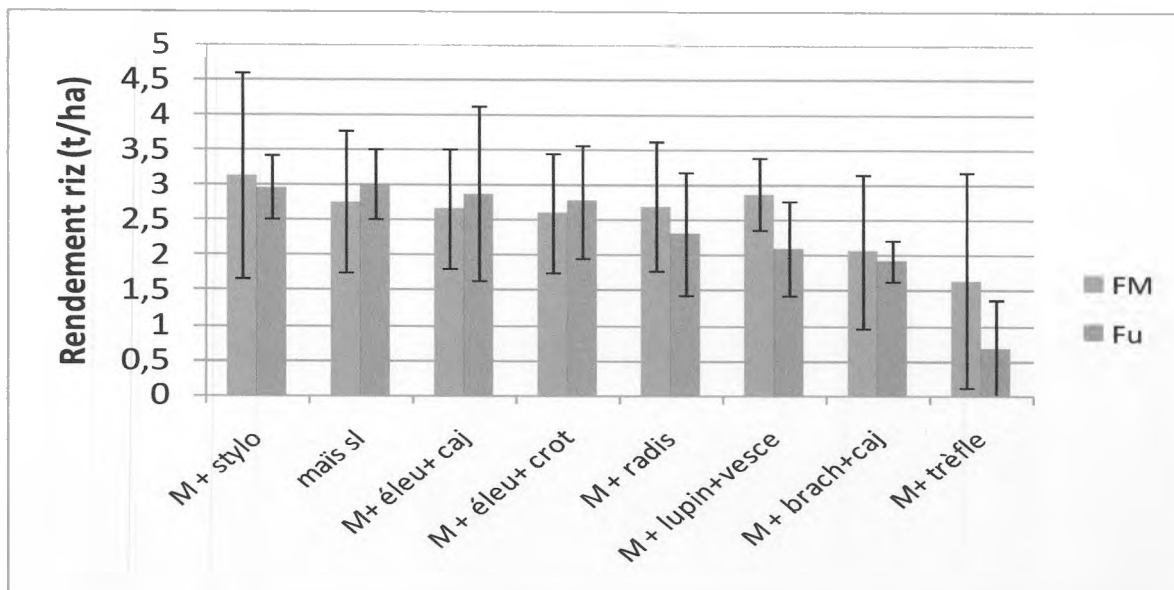


Figure 11 : Rendement en riz (en t/ha) en fonction du précédent et de la fertilisation sur le dispositif « association ».

D'après le tableau 7, sur le dispositif « association », les rendements les plus faibles sont observés sur le précédent maïs + trèfle. Cela est dû à des valeurs plus faibles de l'ensemble des composantes du rendement. Les meilleurs rendements sont liés également au nombre de grains élaborés par m².

Tableau 7: Rendements et composantes obtenus sur le dispositif « association »

		Nbr plants /m ²	Nbr panicules /m ²	Nbr épillets /panicule	Nbr épillets /m ²	% GP	Nbr GP /m ²	PMG	Rendement (t/ha)
Précédents	M + stylo	116,0 a*	464,5 a	45,8 ab	6875 a	89,3 a	6119 a	25,1 ab	3,06 a
	M + éleu + crot	109,4 ab	428,5 ab	44,9 ab	6079 ab	85,7 a	5179 ab	24,7 abc	2,70 a
	M + radis	102,0 abc	355,0 bcd	40,2 abc	4947 bcd	85,0 ab	4279 bc	25,3 a	2,52 ab
	M + brac + caj	94,9 bc	336,3 cd	37,3 bc	4067 cd	77,8 b	3311 c	24,5 abc	2,01 b
	M + lup + ves	109,8 ab	409,4 abc	40,8 abc	5444 abc	86,7 a	4710 b	23,8 c	2,50 ab
	M + éleu + caj	100,4 bc	392,2 abc	44,0 abc	5805 ab	89,1 a	5068 ab	24,9 ab	2,78 a
	M + trèfle	91,0 c	300,0 d	34,8 c	3664 d	85,9 a	3066 c	24,3 bc	1,17 c
	Maïs seul	107,0 ab	379,3 bc	47,9 a	5707 ab	90,3 a	5160 ab	25,3 a	2,90 a
Fertilisations	FM	103,2 a	401,1 a	46,2 a	5978 a	83,3 b	5025 a	24,4 b	2,57 a
	Fu	104,4 a	370,2 a	37,7 b	4669 b	89,1 a	4197 b	25,1 a	2,34 a

b) Sur le dispositif « couverture seule » :

Constatons, d'après la figure 12, que :

- En FM : le meilleur rendement est obtenu après crotalaire avec 4,3 t/ha, suivi de près par le précédent vesce avec 4 t/ha. Ensuite, viennent les précédents cajanus et lupin qui donnent des valeurs très proches. Puis les précédents radis, éleusine et brachiaria. En dernière place, il y a le précédent trèfle avec une valeur inférieure à 1 t/ha.
- En Fu : l'ordre des meilleurs précédents est très proche, le meilleur rendement étant obtenu après cajanus avec 4 t/ha, suivi de près par crotalaire avec 3,8 t/ha et vesce avec 3,5 t/ha. Ensuite, le précédent lupin donne une production de 3 t/ha. Les rendements obtenus après radis et éleusine ne sont pas différents. Le précédent brachiaria vient, ensuite, suivi du précédent trèfle, qui donne un rendement inférieur à 1 t/ha, précédée.

En résumé, les meilleurs rendements sont obtenus après les légumineuses, puis crucifères, puis les graminées et en fin après trèfle, une légumineuse très envahissante.

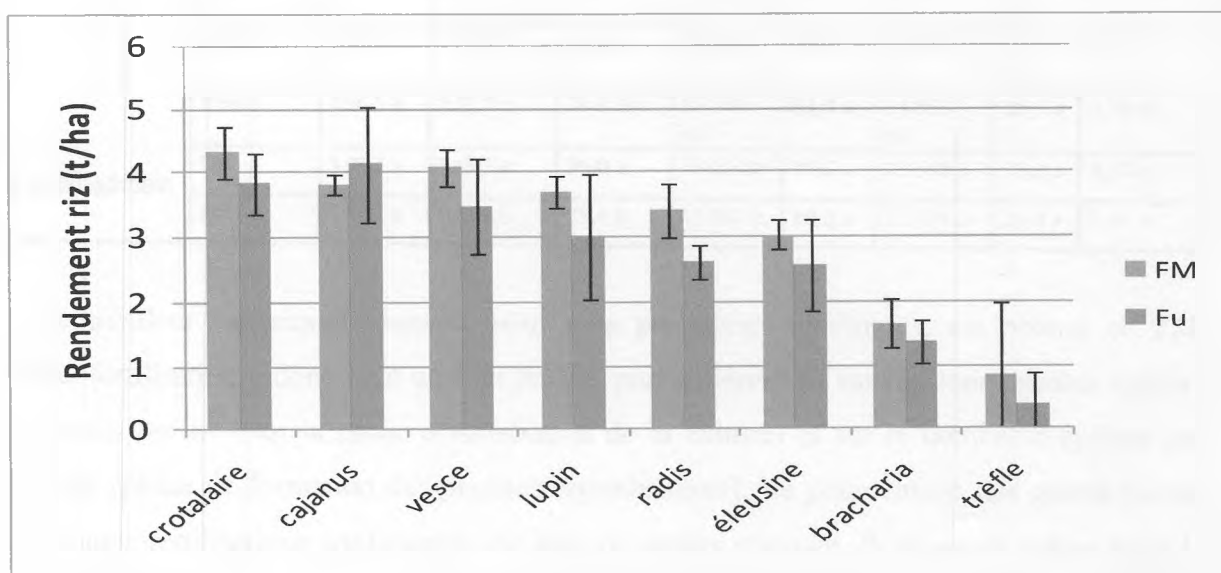


Figure 12 : Rendement en riz (en t/ha) en fonction du précédent et de la fertilisation sur le dispositif « couverture seule»

Le tableau 8 montre que le meilleur rendement est obtenu avec le précédent crotalaire, alors que le rendement le plus bas est obtenu avec le précédent trèfle. La différence est due essentiellement à un nombre de grains pleins/m² supérieur, lié aux nombres d'épillets et de panicules/m² élevés. Les différences entre précédents s'observent dès la mise en place de la

une plante trop envahissante pour le riz, et le concurrence fortement pour l'accès aux ressources (et donc aux fertilisants).

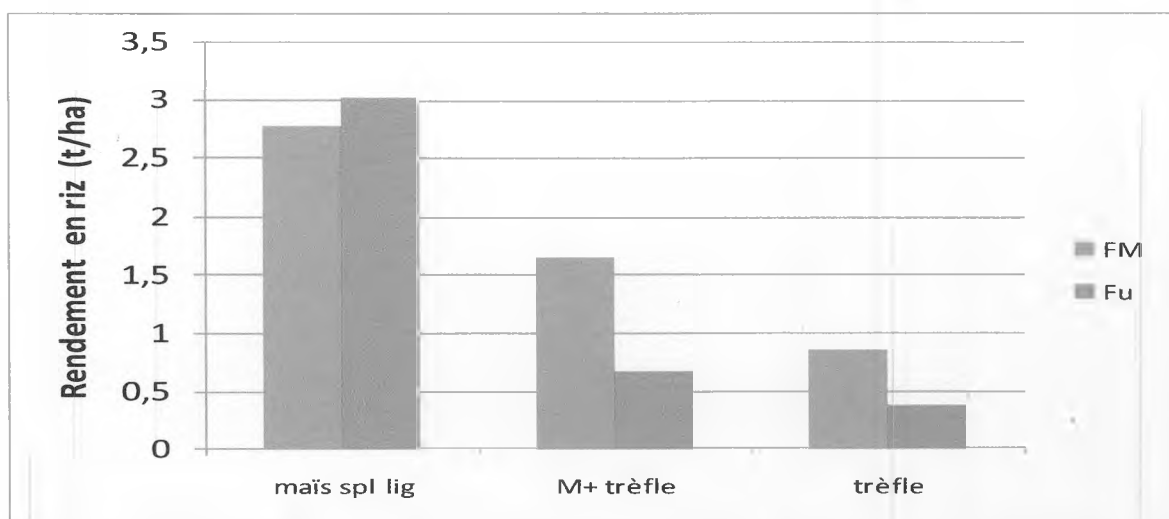


Figure 13 : Comparaison des rendements en riz (en t/ha) sur le précédent trèfle avec ou sans maïs

Conclusion partielle : le trèfle n'est pas un bon précédent pour le riz.

b) Le brachiaria (avec ou sans maïs)

Le rendement du riz sur maïs simple est meilleur qu'après maïs associé avec le brachiaria, lui-même meilleur qu'après brachiaria seule. L'effet de la fertilisation reste faible (Figure 14).

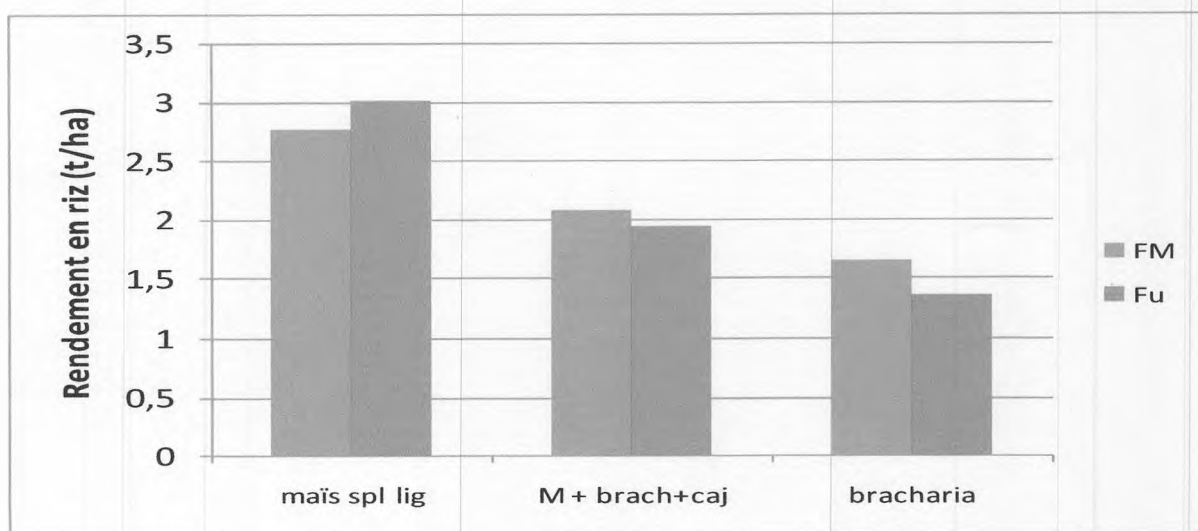


Figure 14 : Comparaison des rendements en riz (en t/ha) sur le précédent brachiaria avec ou sans maïs

Conclusion partielle : le brachiaria, plante très exigeante en azote, n'est pas un bon précédent pour le riz, même en association avec le maïs.

c) Le radis fourrager (avec ou sans maïs)

La figure 15 montre que le rendement obtenu sur radis en couverture seule est supérieur à celui obtenu sur radis+maïs, surtout en FM.

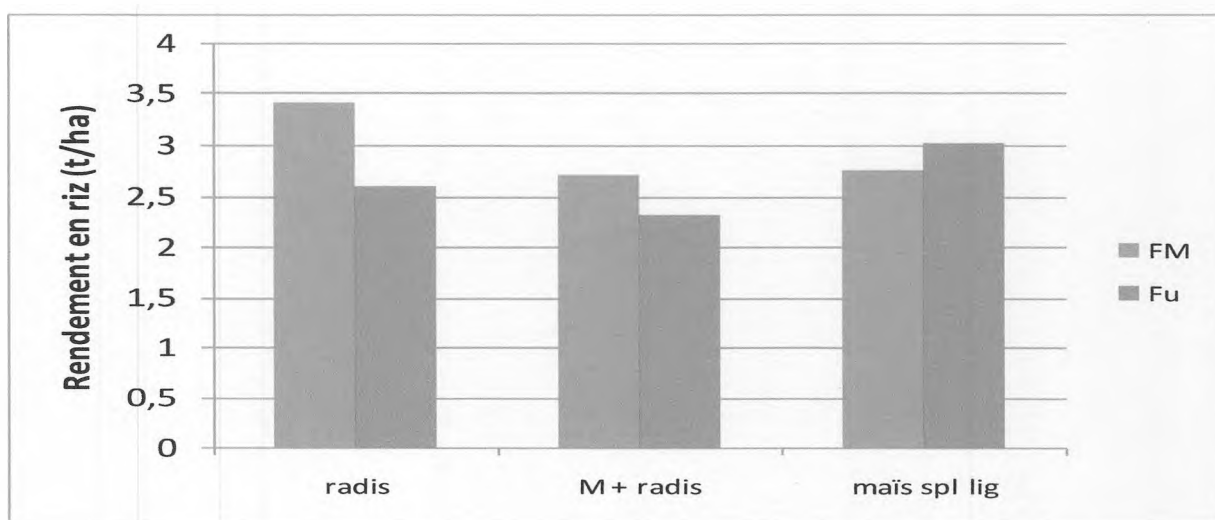


Figure 15 : Comparaison des rendements en riz (en t/ha) sur le précédent radis fourrager avec ou sans maïs

Le radis est donc un précédent intéressant pour le riz, avec utilisation d'intrants.

d) Le lupin et la vesce (avec ou sans maïs)

La figure 16 montre que les rendements obtenus sur vesce et lupin seul sont supérieurs à celui obtenu sur vesce et lupin associés au maïs.

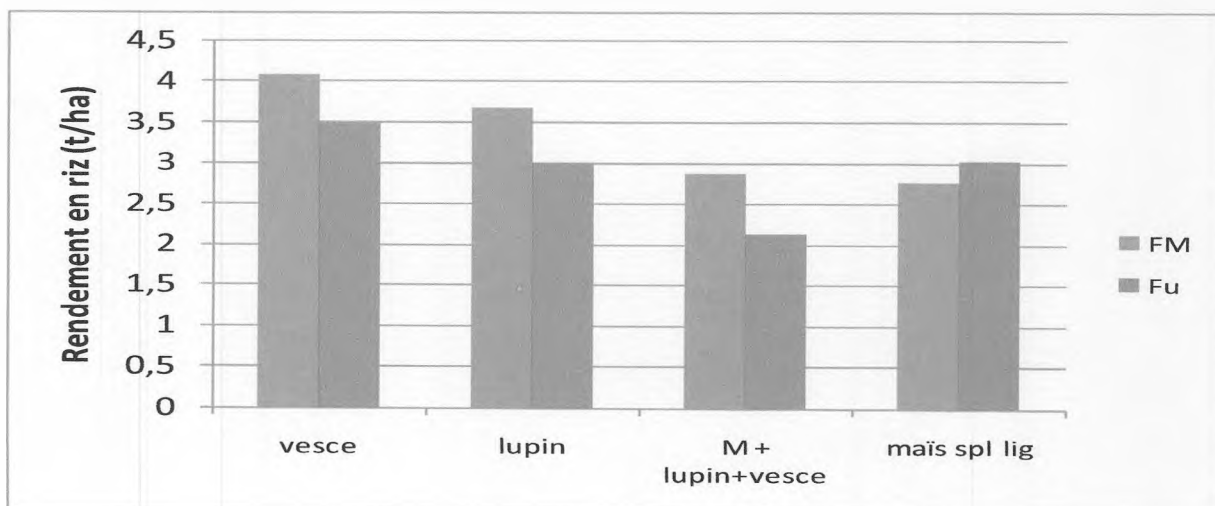


Figure 16 : Comparaison des rendements en riz (en t/ha) sur les précédents lupin et vesce avec ou sans maïs

La vesce et le lupin seul sont donc des bons précédents pour le riz ; leur association avec le maïs apparaissent moins intéressante.

A noter que le rendement obtenu sur vesce seule est supérieur à celui obtenu sur lupin seul. En FM, les valeurs sont plus élevées qu'en Fu.

e) La crotalaire, le cajanus, l'éléusine et le stylosanthes (avec ou sans maïs)

La figure 17 montre que les meilleurs rendements sont obtenus après crotalaire seule et après cajanus seul.

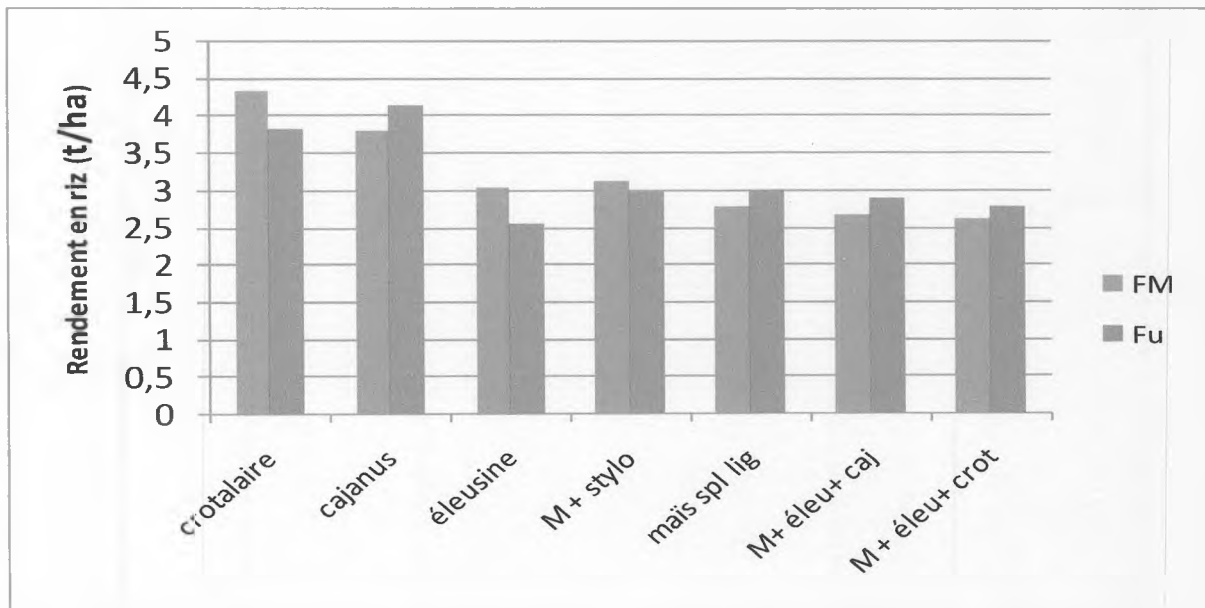


Figure 17 : Comparaison des rendements en riz (en t/ha) sur les précédents crotalaire, cajanus et éléusine avec ou sans maïs, et stylosanthes avec maïs

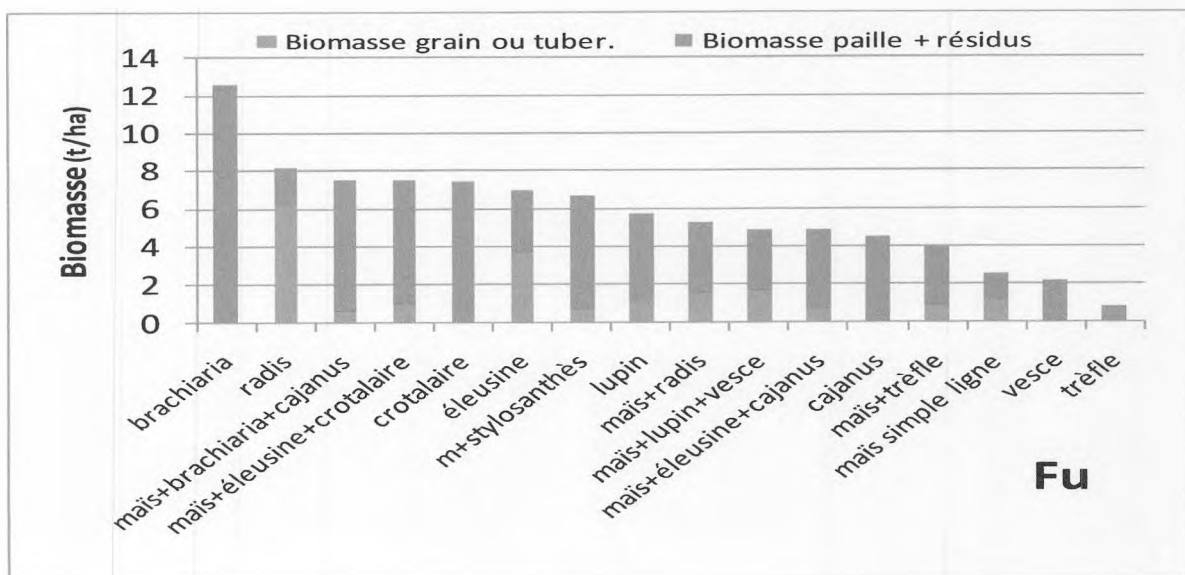
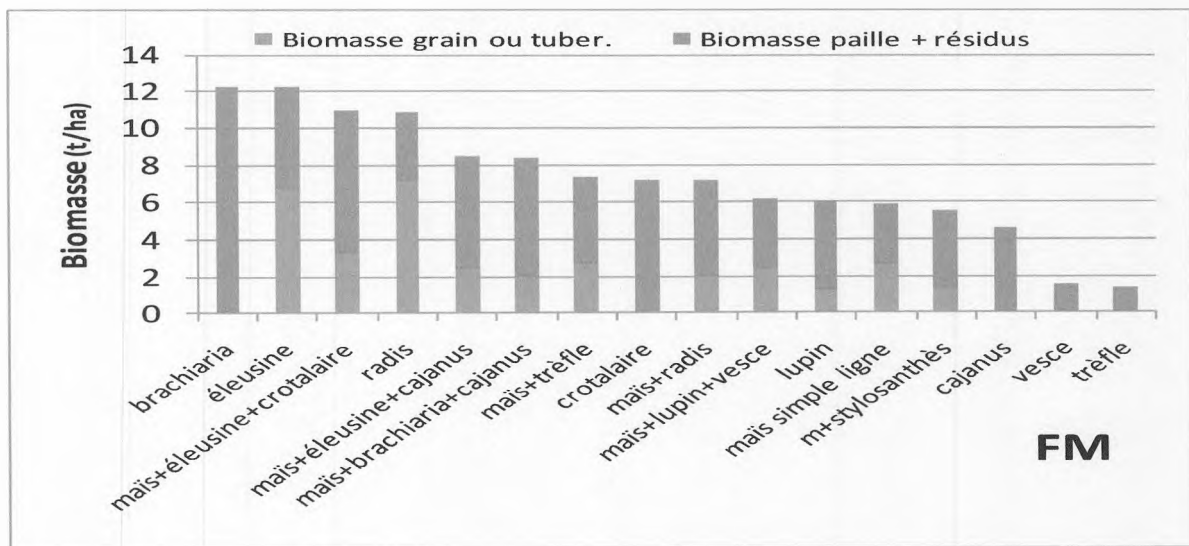
Un petit effet de la fertilisation sur la crotalaire a été constaté, puisque le rendement en FM est un peu supérieur à celui obtenu en Fu déjà conséquent.

Pour le cajanus, le meilleur rendement est observé en Fu, indiquant que la fertilisation n'est pas nécessaire sur ce précédent.

L'éléusine seule ne permet pas l'amélioration de rendement par rapport à son association avec d'autres plantes comme le cajanus et la crotalaire, ou même par rapport au maïs seul.

1.2.3 Comparaison des biomasses produites par type de précédents lors de la campagne précédente (2008-09)

Les figures 18 montrent que les quantités de biomasse les plus importantes laissées sur le sol sont obtenues avec le brachiaria seul, quelle que soit la fumure. Viennent ensuite la crotalaire en association ou non et certaines associations à base de légumineuses (cajanus, stylosanthès) et de brachiaria. Les plus faibles productions de biomasse sont sur vesce et sur trèfle seul, que se soit en FM ou en Fu. Le pH du sol sur le dispositif est acide, c'est pour cela que le trèfle n'arrive pas à exprimer toute sa potentialité en matière de production de biomasse.



Figures 18 : Comparaison des biomasses totales produites en t/ha par précédent lors de la campagne dernière (en FM et Fu)

Ceci montre que la production de riz en SCV n'est pas uniquement fonction de la quantité de biomasse laissée par le précédent, mais aussi par la qualité de cette biomasse. Le brachiaria, qui laisse les quantités les plus importantes de biomasse au sol, est aussi un des précédents les moins bons pour le riz. Inversement, la vesce seule est un bon précédent pour le riz, alors que sa production de biomasse est une des plus faibles.

Un certain nombre d'associations permettent des productions intéressantes de grain de riz, tout en assurant une production de biomasse importante (figure 17).

Chapitre II : Discussion des résultats

2.1 Discussion

Divers systèmes de cultures ont été mis au point et testés sur la matrice. Plusieurs plantes fourragères y sont utilisées comme précédents du riz, soit en couverture seule soit associées au maïs. Des suivis ont été effectués au cours du stade végétatif et à la récolte. Les résultats issus de ces suivis ont été analysés statistiquement afin de démontrer l'existence ou non de différence entre les facteurs systèmes et fertilisation.

Les différents résultats obtenus nous permettent de confirmer ou infirmer les hypothèses de départ.

✓ Les associations avec le maïs peuvent être aussi intéressantes que le maïs seul en précédent pour le riz : certaines associations à base de légumineuses ont permis des productions de riz équivalentes à celles obtenues après maïs seul. Toutefois, certaines associations sont très pénalisantes pour le riz, en particulier avec trèfle et brachiaria.

✓ En culture pure, certaines plantes fourragères donnent de très bons précédents pour le riz, en particulier les légumineuses telles que le cajanus et dans une moindre mesure la vesce.

✓ La 3^{ème} hypothèse n'est que partiellement vérifiée : si, dans l'essai couverture seule, le rendement en riz avec FM est supérieur à celui obtenu avec Fu. Les différences ne sont pas significatives sur l'essai association, où l'effet de la fumure semble très variable selon les précédents.

D'autres résultats intéressants ont pu être tirés de ces expérimentations :

- Même si en général les associations à base de légumineuses font un bon précédent pour le riz, l'association avec le trèfle, plante vivace très envahissante et difficilement contrôlable reste le plus mauvais précédent pour le riz. Cependant, elle reste une légumineuse très intéressante du fait de sa résistance aux vers blancs et aux pucerons [Baptiste Quaranta].
- La quantité de biomasse laissée sur le sol en précédent du riz ne semble pas le facteur le plus important pour la production du riz ; la qualité de cette biomasse semble encore plus importante, avec un effet très positif des couvertures à base de légumineuses. Ainsi, la plus forte biomasse de résidus, laissée par le brachiaria, entraîne un des rendements les plus faibles de riz, alors qu'une des plus faibles biomasses, laissée par la vesce, permet un rendement très intéressant. Ceux-ci sont peut-être liés au fait que le brachiaria a un système

racinaire très développé entraînant une biomasse élevée ; par contre la vesce a un système racinaire faible, d'où le biomasse faible [HAVARD D, 1967].

- La crotalaire, légumineuse non fourragère, reste un précédent intéressant pour le riz, en pur ou en association. Les systèmes qui intègrent cette plante en association avec d'autres semblent donc intéressants, car permettant de proposer des fourrages tout en conservant de la couverture au sol

Nous pouvons d'ores et déjà dire que certains systèmes où le riz est en rotation avec une culture de maïs associé à certaines plantes fourragères ou non sont intéressants : ils permettent d'obtenir autant de production de grain de maïs et de riz que la rotation des cultures pures, tout en introduisant une ou des cultures supplémentaires. On a vu que ces cultures supplémentaires avaient des productions non négligeables, mais le problème de la valorisation de ces productions reste entier.

Ainsi, il reste difficile de répondre avec précision à notre question de départ, *quel système de culture fournisseur de fourrage favorise le bon développement et le rendement du riz pluvial ?* Si nous avons montré qu'un certain nombre de systèmes à base de plantes fourragères pouvaient conduire à de bonnes productions de riz, nous n'avons pas encore étudié les possibilités fourragères de ces systèmes. Nous n'avons utilisé que la fonction couverture du sol des biomasses produites, en laissant de côté la fonction fourragère de celles-ci.

2.2 Perspectives d'avenir

Ces études ont donné des résultats intéressants, mais ont également soulevé un certain nombre de questions qui pourraient amener à de nouvelles recherches.

Ainsi, la dimension fourragère des plantes utilisées n'a pas encore pu être mesurée ; des essais de coupes des plantes fourragères incluses dans les associations (date, fréquence et intensité des coupes) pourraient ainsi être menés. En complément, des analyses sur la qualité des fourrages obtenus à partir de ces coupes devraient être faites.

Si les associations avec des plantes de couverture vivaces, pouvant être utilisées comme couvertures vives, n'ont pas encore donné de bons résultats (trèfle et brachiaria trop

envahissants et difficiles à contrôler, stylosanthès mal adapté à la zone), d'autres plantes telles que le desmodium pourraient être testées.

Enfin, un certain nombre de plantes de couverture testées peuvent donner des productions qui pourraient être valorisées ; ainsi, les graines d'éleusine, produites en abondance, sont consommées dans d'autres pays ; de même pour les graines de cajanus qui peuvent servir à faire du café.

CONCLUSION

Notre étude n'a été qu'une infime partie de la recherche sur le développement du riz pluvial à Madagascar. Néanmoins, nous espérons qu'elle a pu contribuer aux efforts de chacun sur la recherche du meilleur précédent de culture du riz pluvial à adopter pour avoir un résultat satisfaisant.

Notre but était de vérifier si :

- Des précédents du riz à base d'associations n'ont pas d'impact négatif sur la production du riz ;
- Certaines plantes fourragères font de bons précédents pour le riz ;
- L'effet de la fertilisation reste sensible pour le riz, quel que soit le précédent.

Les résultats confirment que les meilleurs rendements en riz sont obtenus après avoir utilisé des légumineuses comme précédents. En seconde place, il y a les crucifères, puis les graminées. Cependant, le trèfle est classé en dernier lieu, même si c'est une légumineuse, car c'est une plante très envahissante. Les rendements obtenus après ce précédent sont très bas. Nous pouvons donc affirmer que le trèfle n'est pas un bon précédent pour le riz. Les rotations du riz qui associent du maïs avec des légumineuses semblent au moins égales, et parfois supérieures, à la rotation avec maïs seul.

Cette étude mérite encore d'être poursuivie, c'est pourquoi, nous suggérons pour l'avenir :

- Une ou plusieurs coupes des plantes fourragères durant la campagne, pour mesurer leurs potentiels fourragers combinés à leurs arrières effets sur le riz en tant que précédents ;
- L'étude de la qualité des fourrages produits, pour un meilleur rendement ;
- L'utilisation d'autres couvertures vives comme le desmodium ;
- La valorisation des productions des plantes de couverture, comme par exemple les grains élusine, consommés dans d'autres pays ; ou les graines de cajanus qui peuvent servir à faire du café.

Bibliographie

1. ANDRIANJAFY Lala Herizo, 2004. –*Etudes et évaluation de la capacité d'installation de variétés de riz pluvial dans la région du Vakinankaratra*. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de diplôme d'ingénieur. Antananarivo. 81p.
2. Baptiste Quaranta. - *Effet des plantes de service sur les bio-agresseurs des cultures. - Etude bibliographique sur les plantes utilisées dans les systèmes de culture sur couverture végétale (SCV) à Madagascar*. CIRAD. 81p (fichier PDF)
3. BERTRAND C., 2001. -*Lutter contre les nématodes à galles en Agriculture Biologique*. GRAB. 4 p (fichier PDF)
4. CIRAD- GRET ; 2002. - *Mémento de l'agronome*.- Editions du GRET, Editions du CIRAD, Ministère français des Affaires Etrangères.- France.- 1691p.
5. CIRAD-CA/FOFIFA, 1993. –*Programme riz d'altitude campagne 1992/93, Rapport analytique – Volet Amélioration Variétale*. 128p.
6. CIRAD-CA/FOFIFA, 1994. –*Programme riz d'altitude campagne 1993/94, Rapport analytique – Volet Amélioration Variétale*. 86p.
7. GSDM-TAFA-FIFAMANOR, -*Conduite des systèmes de culture sur couverts végétaux et affouragement des vaches laitières*. Guide pour les Hautes Terres de Madagascar
8. GUYOU Cecile, 2003. –*Analyse de la filière riz pluvial dans la Région des Hauts Plateaux de Madagascar*. Edition INAP, GIEDES
9. HAVARD D, 1967. -*Les plantes fourragères tropicales*. Maisonneuve et Larose. Paris 397 p.
10. Henri de LAULANIE , 2003. -*Le Riz à Madagascar un développement en dialogue avec les paysans*. Editions Ambozontany. Madagascar
11. Hugues DE CHERISEY et al., 2007. –*La valorisation de la Biomasse : Guide d'information à l'attention des administrations et des établissements publics*. Edition du Ministère de l'écologie et du développement durable, Ministère délégué à l'industrie. France. 39p.
12. L. SEGUY, S. Bouzinac et al., 1998. - *Choix des plantes de couverture : Thèmes scientifiques, critères et méthodes*.- CIRAD CA- GEC.
13. LACHARME Marc, 2001. –*Le plant de riz : Données morphologiques et cycle de la plante*. Editions du Ministère du développement Rural et de l'Environnement, Direction de la recherche Formation Vulgarisation. France. 22p.
14. MAEP, 2008. - *Fiche technique : Riz pluvial*. 6p.
15. MOREAU D. ,1987. -*L'analyse de l'élaboration du rendement du riz : les outils de diagnostic*. GRET .Paris. -110p

16. RABARIJAONA Tsihafandrimirija, 2009. *-Evaluation de variétés de riz pluvial dans différentes conditions climatiques*. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de diplôme d'ingénieur. Antsirabe. - 69p
17. RABEARISOA Maximin Yves, 2006. *-Effet du mode de gestion des sols et des systèmes de culture sur les vers blanc en culture pluviale*. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de diplôme d'ingénieur. Antsirabe.
18. RAJAONERA Tahina Ernest, 2005. *-Influence du mode de gestion du sol et du système de culture sur la macrofaune du riz pluvial*. Rapport de stage. 58p.
19. RAKOTOARISOA Hery Lalaina, 2009. *-Mise au point des systèmes de culture durable à base de maïs productif intégrant les fourrages*. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de diplôme d'ingénieur. Antsirabe.
20. RASOLOMANJAKA Andriatiana Joachin, 2007. *-Utilisation et connaissance des variétés de riz pluvial, approvisionnement en semences des riziculteurs pluviaux*. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de diplôme d'ingénieur. Antananarivo. 68p.
21. RAVELOJAONA Haja Mathieu, 2006. *-Effet du semis sous couverture végétale permanente (SCV) sur le stock en carbone dans le sol : cas du Sud-Est malagasy, Manakara*. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de diplôme d'ingénieur. Antananarivo. 130p
22. RAZAFIMBELO Tantely Maminiaina, 2005. *-Stockage et protection du carbone dans un sol ferrallitique sous systèmes en semis direct avec couverture végétale des Hautes Terres malgaches*. Thèse de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Science du sol. France. 162p.
23. RAZAFINDRAKOTO Alice Noël, 2008. *-Evaluation de systèmes de culture à base de Riz pluvial intégrant des plantes fourragères*. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de diplôme d'ingénieur. Antsirabe. - 83p
24. RAZAFINDRAZAKA Ando Lalaina, 2009. *-Conception et évolution de systèmes de culture, à base de riz pluvial, producteurs de fourrage*. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de diplôme d'ingénieur. Antananarivo.
25. SEGUY Lucien, RAKOTONDRAMANANA. *-Le Semis Direct sur Couverture Végétale.sd Permanente : Enjeu et potentiel pour une agriculture durable à Madagascar.-* CIRAD/ GSDM.
26. UPDR-MAEP, 2003. *-Monographie de la Région de Vakinankaratra*. Madagascar 107p
27. [<http://photosynthese.fr/plantes/plante-6113-cajanus-cajan.html>]
28. [<http://fr.wikipedia.org/wiki/éleusine>]

29. [<http://fr.wikipedia.org/wiki/Lupin>]
30. [<http://fr.wikipedia.org/wiki/Vesce>]
31. [<http://fr.wikipedia.org/wiki/Trèfle>]
32. [<http://agroecologie.cirad.fr>]

Annexes

Annexe 1 : Morphologie et croissance du riz

Le riz appartient à la famille des Graminées et au genre *Oryza*. Les espèces les plus cultivées sont : *Oryza sativa*, originaire de l'Inde et de la Chine et *Oryza glaberrima*, originaire d'Afrique.

1 Écologie du riz

Le riz est cultivé dans des conditions écologiques très diversifiées de la latitude 40° Sud en Argentine jusqu'à 53° Nord en Chine et à des altitudes de 0 à 2000m.

Le riz est une plante de lumière qui exige une bonne insolation. L'optimum est atteint pour des moyennes de 500 calories par cm²/ jour. Ainsi un fort ensoleillement conduit à un raccourcissement de la phase de maturation des grains.

La température idéale pour le développement optimal du riz se situe entre 22 et 30°C et une température supérieure à 40°C lui est nuisible.

Le besoin en eau du riz est très élevé car il faut 160 à 300mm/mois pendant la période végétative, soit 1000 à 1800mm pour la totalité du cycle. La phase la plus critique est pendant l'épiaison - floraison.

Le vent a une action favorable s'il est léger car il peut accélérer la transpiration. Les vents forts peuvent cependant entraîner des dégâts comme la verse à maturité ou la destruction des fleurs et gêne la fécondation durant la floraison. Forts et secs à la maturation, ils provoquent l'échaudage.

Concernant le facteur sol, le riz est assez plastique. Il préfère cependant les sols à texture fine avec un pH compris entre 5 et 8. Il demande aussi un sol riche et meuble surtout pour les cultures sèches.

Les éléments indispensables au bon développement du riz sont : l'azote, le phosphore, le potassium qui concourent à l'édification de la plante au cours du cycle végétatif. Viennent s'ajouter le calcium, le magnésium, le soufre, le fer, le manganèse, le cuivre, le bore le molybdène, le zinc et le chlore qui sont nécessaires pour les différentes réactions métaboliques de la plante. Il faut remarquer que certains éléments ne sont utiles qu'à des doses infimes car leur absorption en grande quantité entraîne une intoxication de la plante (cas du Fe, Mn, Cu, B, Mo, Zn, Cl)

2 Techniques culturales

Préparation du sol

La préparation du sol a des objectifs multiples dont les plus importants sont :

- la maîtrise des mauvaises herbes
- l'amélioration des caractéristiques chimiques du sol par incorporation de divers types d'engrais, d'amendements, de matières organiques
- l'amélioration des caractéristiques physiques dans le but de favoriser la germination des semences et le développement de leurs racines

Plusieurs étapes peuvent être nécessaires pour parvenir à l'état du sol recherché.

Labour

L'enfouissement des pailles, des fumiers et autres composts est possible avec un labour. La profondeur des labours, est comprise en règle générale entre 20 et 30 cm.

Affinage du sol

Cette opération revêt une importance particulière en riziculture pluviale. Il correspond à 2 buts essentiels :

- la réduction des mottes du labour (émottage) en éléments plus ou moins fins facilitant la levée des semences : c'est la préparation du lit de semis
- la destruction du maximum des mauvaises herbes pouvant croître après labour et avant le semis

En général, cet affinage a lieu dès l'apparition des mauvaises herbes 6 à 8 jours après le labour. Le semis a lieu immédiatement après.

Semis

Les semences utilisées doivent avoir un taux de germination élevé, et être saines.

- Le semis en ligne : il est plus facile à réaliser et donne les meilleurs résultats. Il peut se faire manuellement ou avec des semoirs à traction animale ou mécanique. L'écartement entre les lignes varie entre 20 et 40 cm et la dose des semences est de l'ordre de 55 à 75 kg à l'ha
- Le semis en poquet : couramment employé en culture manuelle. Les écartements entre poquets varient de 10 à 20 cm. Les grains distribués à raison de 5 à 6 par trou sont placés à environ 3 ou 4 cm de profondeur. La quantité de semences nécessaire varie de 40 à 60 kg par ha.

Entretiens

La rapidité de croissance de la flore adventice en saison chaude et la faible taille des plantules de riz pendant les premières semaines qui suivent le semis font que ces derniers sont très rapidement dominés et étouffés par les mauvaises herbes. Il faut donc lutter contre les adventices en sarclant la culture du riz dès leur apparition. Le premier sarclage se fait 15 jours après levée et le deuxième 30 jours après levée.

Récolte

Le rendement moyen est de l'ordre de 2,5 à 5 t/ha.

Source : D Moreau, 1987

Annexe 2: Présentation de l'URP SCRiD

Le PCP SCRiD (Pôle de Compétence en Partenariat sur les Systèmes de Culture et Rizicultures Durables) a été créée fin 2001 de la volonté du FOFIFA (ou FOibem-pirenena momba ny Fikarohana ampiharina ho Fampanandrosoana ny tontolo Ambanivohitra) et du CIRAD (Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) de renforcer leur coopération pour assurer l'accompagnement agronomique et économique du développement de la riziculture pluviale sur les collines. L'Université d'Antananarivo y a été associée pour promouvoir à la fois une recherche de qualité répondant aux besoins du développement et la formation sous tous ses aspects. Il est devenu URP (Unité de Recherche en Partenariat) en 2004. Le défi majeur de développement auquel l'unité se propose de répondre est l'augmentation durable de la production rizicole, par l'amélioration de la productivité et de la durabilité technique et socio-économique des systèmes pluviaux qui contribuent dans plusieurs régions du pays, en complément des rizicultures aquatiques, à la sécurité alimentaire.

L'URP SCRiD coopère avec beaucoup d'organismes partenaires en matière de Semis Direct. Leur association constitue le GSDM ou Groupement Semis Direct de Madagascar composé de : FOFIFA, CIRAD, ONG TAFA, FIFAMANOR, ANAE

CIRAD

C'est un organisme scientifique spécialisé en agriculture des régions tropicales et subtropicales. Sous la forme d'un établissement public, il est né en 1984 de la fusion d'instituts de recherche en sciences agronomiques, vétérinaires, forestières et agroalimentaires des régions chaudes. Sa mission est de contribuer au développement de ces régions par des recherches, des réalisations expérimentales, la formation, l'information scientifique et technique. Il travaille dans ses propres centres de recherche, au sein de structures nationales de recherche agronomique des pays partenaires, ou en appui à des opérations de développement.

FOFIFA

Le FOFIFA ou Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural est créé en 1974 après le départ des instituts français de recherche agronomique. Il est la principale institution de recherche agricole à Madagascar. C'est la seule entité qui fait la recherche sur la création variétale pour le développement de la riziculture pluviale. Toutefois, il collabore avec d'autres organismes et ONG dans le but de compléter et diffuser les fruits de ses recherches.

Le projet CORUS

Le projet CORUS ou "COopération pour la Recherche Universitaire et Scientifique" est un appel d'offre proposés par le Ministère français des Affaires Etrangères. Il a pour objectif de mobiliser les universités du Nord et du Sud sur des sujets scientifiques communs. En effet, CORUS est un projet FSP (Fonds de Solidarité Prioritaire) qui finance des projets de recherche scientifique conçus et conduits en partenariat entre des établissements universitaires et de recherche des pays d'Afrique et de l'Océan Indien et des établissements français.

Le projet CORUS 2 a été obtenu en fin 2007 sur le thème « Production de fourrage au sein des systèmes de cultures vivrières à base de riz pluvial sur les Hauts Plateaux malgaches ». Il associe plusieurs partenaires de la recherche (SCRiD, FOFIFA, Université d'Antananarivo - département de géographie) et du développement (FIFAMANOR, ONG TAFI).

L'objectif général du projet est double. Il s'agit d'assurer sur le long terme la sécurité alimentaire des paysans - en favorisant la production agro-écologique de riz pluvial pour l'autoconsommation, tout en permettant la génération de revenus complémentaires liés à la production de surplus de riz, à l'élevage, à la production de lait et à leur réinvestissement dans l'agriculture.

Annexe 3 : Zone d'intervention

a) Situation géographique

La zone d'intervention se trouve dans la Commune rurale d'Andranomanelatra, district d'Antsirabe, région du Vakinankaratra. Située à la longitude Est 47°60, à la latitude Sud 19°47 et à une altitude de 1628 m, elle borde la route nationale n°7 à 16 km au Nord d'Antsirabe. Elle est limitée au Nord par la Commune rurale d'Antsoantany, à l'Est par Ambohimiarivo, au Sud-Ouest par la ville d'Antsirabe, à l'Ouest par la Commune rurale d'Ambano. Elle s'étend sur 164 km².

b) Pédologie

Le sol sur le dispositif est du type ferrallitique lessivé, fortement désaturé roux ou ocre, sur alluvions volcano-lacustres.

c) Climat

Les caractéristiques du climat de la zone d'étude sont données par la station CIMEL installée sur la matrice. De cette station la température, la pluviométrie, l'intensité du vent, l'humidité de l'air et enfin le rayonnement ont été obtenus. Pour notre étude, la pluviométrie sera retenue comme composante intéressante du climat car sa variabilité influe sur le rendement.

Source : URP SCRiD

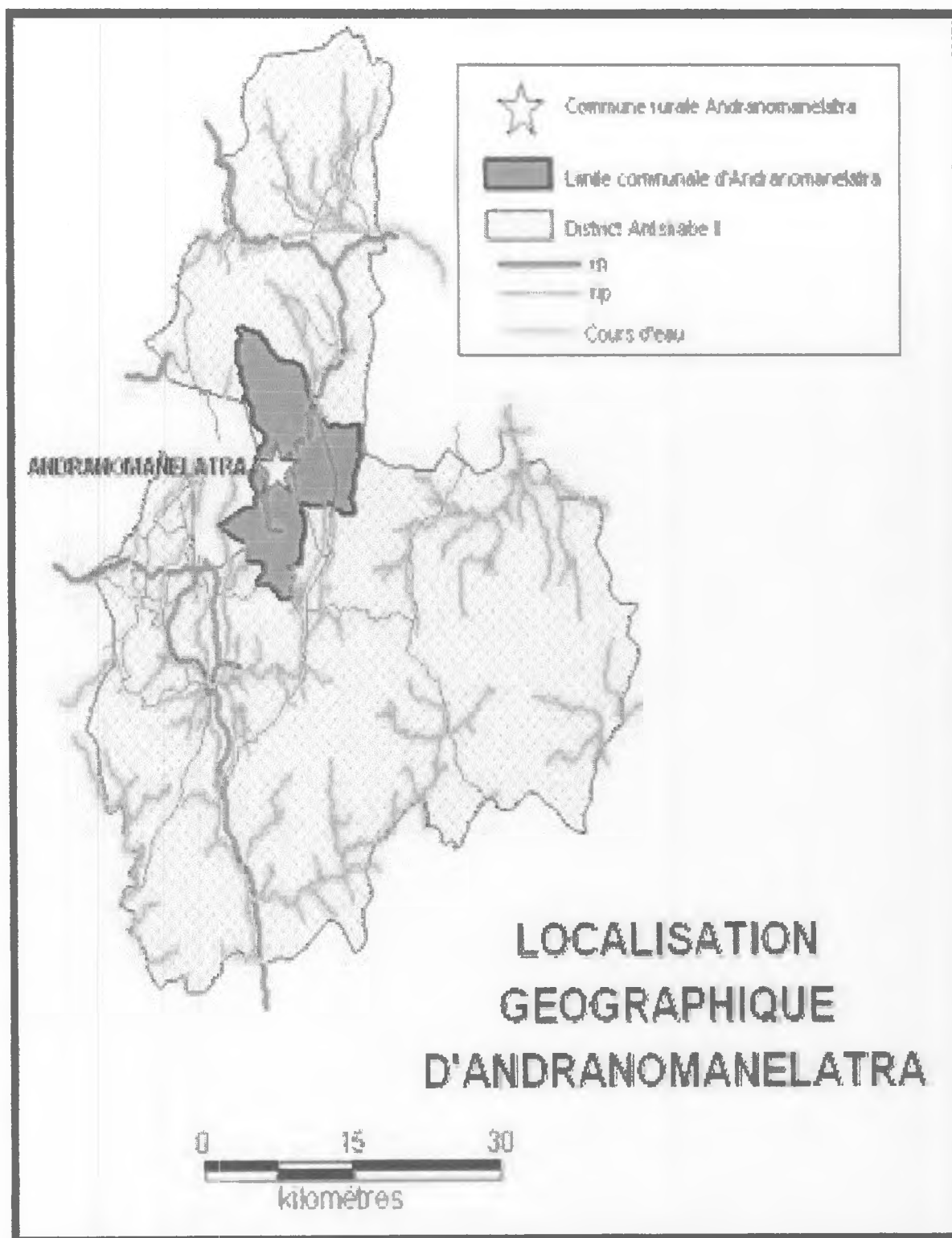


Figure 19 : Localisation géographique d'Andranomanelatra

Source : URP SCRiD

Annexe 4 : Fiche technique

FOFIFA 172

N° dans le catalogue CIRAD – CA GERVEX :

Année d'obtention : 2006

N° dans le catalogue FOFIFA : 4370

Groupe morphologique : type pluvial

Synonymes : Exp 411

Groupe enzymatique :

Origine géographique : Madagascar

Origine génétique : IRAT 26557 – 2 X Jumli Marshi (C553 45 - 8 - 5 -1 -3)

CARACTERES DE LA PLANTE

Longueur des feuilles : 30 cm

Largeur des feuilles : 9 mm

Pilosité des feuilles :
Couleur de la gaine foliaire : violet foncé

Port de la feuille paniculaire : horizontal

Hauteur moyenne de la plante : 95 cm

Aptitude au tallage : très bonne (3 / 9)

Port de la plante : ouverte

Exertion paniculaire : excellente (1 / 9)

Longueur de la panicule : 19 cm

Photosensibilité :

Cycle semis – floraison : 112 j

(Moyenne Antsirabe / 1600 m)

Cycle semis- maturité : 150 j

(Moyenne Antsirabe / 1600 m)

CARACTERES DU GRAIN

Aristation : aristé

Couleur de l'apex : violet

Couleur des glumelles : bicolore (brun et paille)
Pilosité des glumelles : faible (3 / 9)

Fermeture des glumelles : bonne

Poids de 1000 grains : 34 g

Longueur du grain vêtu : 9.0 mm

Largeur du grain vêtu : 3.4 mm

Réaction au phénol : non réalisé

Taux d'amylose : non réalisé

Translucidité : très bonne (2 / 9)

Test à l'alcali : non réalisé

Gonflement à la cuisson : non réalisé

Fermeté : non réalisé

Recouvrance élastique : non réalisé

Température de gélification : non réalisé

Teneur en protéines : non réalisé

Rendement à l'usinage : non réalisé

CARACTERES AGRONOMIQUES

Vocation culturale : culture pluviale

Niveau d'intensification : traditionnel à assez intensif

Aires de culture reconnues : zone de haute altitude, de 1000 à 1800 m, à Madagascar

Résistance à :

La verse : bonne (3 / 9)

L'égrenage : médiocre (6 / 9)

La sécheresse :

Tolérance aux maladies :

Pyriculariose du cou : très résistante (2 / 9)

Pyriculariose foliaire : très résistante (2 / 9)

Sarocladium : résistante (3 / 9)

Autres tolérances ou résistances :

Aspect sanitaire du grain : excellent, bon stay- green

Caractères particuliers : grain médium à péricarpe rouge, feuilles basses couvrantes (port horizontal), tiges et feuilles fines, bon tallage malgré la précocité

Tableau 9 : Les points forts et points faibles du FOFIFA 172

POINTS FORTS	POINTS FAIBLES
Résistance aux maladies Adaptation à la très haute altitude <ul style="list-style-type: none">• Grain rouge• Précocité• Tallage• Aspect sanitaire du grain• Port couvrant du feuillage• « stay-green »	<ul style="list-style-type: none">• Sensible à l'égrenage

Source : FOFIFA

ANNEXE 5 : Analyses statistiques à l'aide du logiciel SAS des rendements sur le dispositif « association »

The SAS System

16:02 Saturday, June 19, 2010 24

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
systeme	8	R1 R2 R3 R4 R5 R6 R7 R8
fumure	2	FM Fu
bloc	4	A B C D

Number of Observations Read	64
Number of Observations Used	64

The SAS System

16:02 Saturday,

June 19, 2010 34

The GLM Procedure

Source	Type III Expected Mean Square
systeme	$\text{Var}(\text{Error}) + 2 \text{Var}(\text{systeme} \cdot \text{bloc}) + Q(\text{systeme}, \text{systeme} \cdot \text{fumure})$
bloc	$\text{Var}(\text{Error}) + 2 \text{Var}(\text{systeme} \cdot \text{bloc}) + Q(\text{bloc})$
systeme*bloc	$\text{Var}(\text{Error}) + 2 \text{Var}(\text{systeme} \cdot \text{bloc})$
fumure	$\text{Var}(\text{Error}) + Q(\text{fumure}, \text{systeme} \cdot \text{fumure})$
systeme*fumure	$\text{Var}(\text{Error}) + Q(\text{systeme} \cdot \text{fumure})$

The GLM Procedure
Tests of Hypotheses for Mixed Model Analysis of Variance

Dependent Variable: nbpltm

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
* systeme	7	3869.018555	552.716936	1.18	0.3558
bloc	3	3877.563477	1292.521159	2.76	0.0677
Error	21	9840.698242	468.604678		

Error: MS(systeme*bloc)
* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
systeme*bloc	21	9840.698242	468.604678	2.15	0.0366
* fumure	1	21.972656	21.972656	0.10	0.7537
systeme*fumure	7	5170.898437	738.699777	3.39	0.0117
Error: MS(Error)	24	5236.816406	218.200684		

* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

The GLM Procedure
Tests of Hypotheses for Mixed Model Analysis of Variance

Dependent Variable: nbpanpl

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
* systeme	7	3.756466	0.536638	1.12	0.3874
bloc	3	11.078260	3.692753	7.71	0.0012
Error	21	10.058918	0.478996		

Error: MS(systeme*bloc)
* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
systeme*bloc	21	10.058918	0.478996	1.42	0.2009
* fumure	1	2.105298	2.105298	6.26	0.0196
systeme*fumure	7	1.464986	0.209284	0.62	0.7324
Error: MS(Error)	24	8.071278	0.336303		

* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

The GLM Procedure
Tests of Hypotheses for Mixed Model Analysis of Variance

Dependent Variable: nbpanm

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
* systeme	7	148603	21229	2.28	0.0684
bloc	3	118609	39536	4.24	0.0172
Error	21	195869	9327.072870		

Error: MS(systeme*bloc)
* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
systeme*bloc	21	195869	9327.072870	1.63	0.1236
* fumure	1	15237	15237	2.67	0.1155
systeme*fumure	7	82268	11753	2.06	0.0888
Error: MS(Error)	24	137104	5712.687174		

* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

The GLM Procedure
Tests of Hypotheses for Mixed Model Analysis of Variance

Dependent Variable: nbeppan

	Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
*	systeme	7	1133.615281	161.945040	2.65	0.0395
	bloc	3	1267.270096	422.423365	6.91	0.0021
	Error	21	1283.986965	61.142236		
Error: MS(systeme*bloc)						
* This test assumes one or more other fixed effects are zero.						

	Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
	systeme*bloc	21	1283.986965	61.142236	0.74	0.7596
*	fumure	1	1145.544754	1145.544754	13.78	0.0011
	systeme*fumure	7	362.481499	51.783071	0.62	0.7318
	Error: MS(Error)	24	1994.527780	83.105324		
* This test assumes one or more other fixed effects are zero.						

The GLM Procedure
Tests of Hypotheses for Mixed Model Analysis of Variance

Dependent Variable: nbepm

	Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
*	systeme	7	62740556	8962937	2.66	0.0388
	bloc	3	61807535	20602512	6.12	0.0037
	Error	21	70723733	3367797		
Error: MS(systeme*bloc)						
* This test assumes one or more other fixed effects are zero.						

	Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
	systeme*bloc	21	70723733	3367797	1.35	0.2395
*	fumure	1	27441893	27441893	10.98	0.0029
	systeme*fumure	7	18374947	2624992	1.05	0.4241
	Error: MS(Error)	24	59998251	2499927		
* This test assumes one or more other fixed effects are zero.						

The GLM Procedure
Tests of Hypotheses for Mixed Model Analysis of Variance

Dependent Variable: prcGP

	Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
*	systeme	7	852.429037	121.775577	1.58	0.1957
	bloc	3	227.050715	75.683572	0.98	0.4199
	Error	21	1617.603361	77.028731		
Error: MS(systeme*bloc)						
* This test assumes one or more other fixed effects are zero.						

	Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
	systeme*bloc	21	1617.603361	77.028731	1.35	0.2368
*	fumure	1	535.191950	535.191950	9.39	0.0053
	systeme*fumure	7	404.560303	57.794329	1.01	0.4461
	Error: MS(Error)	24	1367.189321	56.966222		
* This test assumes one or more other fixed effects are zero.						

The GLM Procedure
Tests of Hypotheses for Mixed Model Analysis of Variance

Dependent Variable: nbGpm

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
* systeme	7	58407264	8343895	3.54	0.0115
bloc	3	54496482	18165494	7.70	0.0011
Error	21	49557683	2359890		

Error: MS(systeme*bloc)
* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
systeme*bloc	21	49557683	2359890	1.33	0.2506
* fumure	1	10947223	10947223	6.16	0.0205
systeme*fumure	7	15184385	2169198	1.22	0.3304
Error: MS(Error)	24	42678846	1778285		

* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

The GLM Procedure
Tests of Hypotheses for Mixed Model Analysis of Variance

Dependent Variable: PMG

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
* systeme	7	14.937500	2.133929	1.00	0.4564
bloc	3	20.843750	6.947917	3.27	0.0416
Error	21	44.656250	2.126488		

Error: MS(systeme*bloc)
* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
systeme*bloc	21	44.656250	2.126488	2.57	0.0139
* fumure	1	7.562500	7.562500	9.13	0.0059
systeme*fumure	7	3.062500	0.437500	0.53	0.8044
Error: MS(Error)	24	19.875000	0.828125		

* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

The GLM Procedure
Tests of Hypotheses for Mixed Model Analysis of Variance

Dependent Variable: Rdt

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
* systeme	7	20.665811	2.952259	4.67	0.0027
bloc	3	18.949864	6.316621	10.00	0.0003
Error	21	13.261917	0.631520		

Error: MS(systeme*bloc)
* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
systeme*bloc	21	13.261917	0.631520	1.43	0.1976
* fumure	1	0.810549	0.810549	1.84	0.1879
systeme*fumure	7	2.919772	0.417110	0.95	0.4912
Error: MS(Error)	24	10.587878	0.441162		

* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

Least Squares Means

systeme	nbpltm LSMEAN	LSMEAN Number
R1	116.015625	1
R2	109.375000	2
R3	101.953125	3
R4	94.921875	4
R5	109.765625	5
R6	100.390625	6
R7	91.015625	7
R8	107.031250	8

Least Squares Means for effect systeme
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: nbpltm

i/j	1	2	3	4	5	6	7
1		0.3775	0.0690	0.0087	0.4058	0.0450	0.0024
2	0.3775		0.3250	0.0621	0.9583	0.2356	0.0203
3	0.0690	0.3250		0.3506	0.3007	0.8342	0.1516
4	0.0087	0.0621	0.3506		0.0558	0.4662	0.6017
5	0.4058	0.9583	0.3007	0.0558		0.2165	0.0180
6	0.0450	0.2356	0.8342	0.4662	0.2165		0.2165
7	0.0024	0.0203	0.1516	0.6017	0.0180	0.2165	
8	0.2356	0.7537	0.4983	0.1141	0.7145	0.3775	0.0403

systeme	nbpanpl LSMEAN	LSMEAN Number
R1	4.06758944	1
R2	3.94248865	2
R3	3.67877470	3
R4	3.53813581	4
R5	3.81890801	5
R6	3.88702173	6
R7	3.28322783	7
R8	3.53016063	8

Dependent Variable: nbpanpl

i/j	1	2	3	4	5	6	7
1		0.6700	0.1925	0.0803	0.3996	0.5393	0.0124
2	0.6700		0.3721	0.1759	0.6738	0.8499	0.0322
3	0.1925	0.3721		0.6321	0.6333	0.4796	0.1852
4	0.0803	0.1759	0.6321		0.3425	0.2406	0.3881
5	0.3996	0.6738	0.6333	0.3425		0.8163	0.0770
6	0.5393	0.8499	0.4796	0.2406	0.8163		0.0481
7	0.0124	0.0322	0.1852	0.3881	0.0770	0.0481	
8	0.0761	0.1679	0.6130	0.9783	0.3293	0.2303	0.4028

systeme	nbpanm LSMEAN	LSMEAN Number
R1	464.453125	1
R2	428.515625	2
R3	375.000000	3
R4	336.328125	4
R5	409.375000	5
R6	392.187500	6

R7 300.00000 7
 RB 379.296875 8

Least Squares Means for effect systeme
 Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: nbpanm

i/j	1	2	3	4	5	6	7
1		0.3511	0.0263	0.0024	0.1580	0.0679	0.0002
0.0336							
2	0.3511		0.1696	0.0225	0.6171	0.3460	0.0024
0.2051							
3	0.0263	0.1696		0.3164	0.3721	0.6533	0.0587
0.9104							
4	0.0024	0.0225	0.3164		0.0651	0.1524	0.3460
0.2668							
5	0.1580	0.6171	0.3721	0.0651		0.6533	0.0080
0.4339							
6	0.0679	0.3460	0.6533	0.1524	0.6533		0.0225
0.7360							
7	0.0002	0.0024	0.0587	0.3460	0.0080	0.0225	
0.0466							
8	0.0336	0.2051	0.9104	0.2668	0.4339	0.7360	0.0466

systeme	nbeppan LSMEAN	LSMEAN Number
R1	45.8001177	1
R2	44.9069361	2
R3	40.1922252	3
R4	37.2661483	4
R5	40.7740885	5
R6	43.9783688	6
R7	34.7501286	7
R8	47.9309361	8

Least Squares Means for effect systeme
 Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: nbeppan

i/j	1	2	3	4	5	6	7
1		0.8463	0.2305	0.0734	0.2811	0.6929	0.0232
0.6444							
2	0.8463		0.3113	0.1067	0.3736	0.8403	0.0355
0.5134							
3	0.2305	0.3113		0.5270	0.8995	0.4144	0.2442
0.1025							
4	0.0734	0.1067	0.5270		0.4490	0.1539	0.5861
0.0279							
5	0.2811	0.3736	0.8995	0.4490		0.4888	0.1988
0.1295							
6	0.6929	0.8403	0.4144	0.1539	0.4888		0.0542
0.3944							
7	0.0232	0.0355	0.2442	0.5861	0.1988	0.0542	
0.0080							
8	0.6444	0.5134	0.1025	0.0279	0.1295	0.3944	0.0080

systeme	nbepm LSMEAN	LSMEAN Number
R1	6874.53707	1
R2	6078.97695	2
R3	4946.99352	3
R4	4067.27758	4
R5	5443.63859	5
R6	5804.71876	6
R7	3664.33352	7
R8	5707.45056	8

Least Squares Means for effect systeme
 Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: nbepm

i/j	1	2	3	4	5	6	7
8							
1		0.3243	0.0225	0.0016	0.0828	0.1886	0.0005
0.1529	2	0.3243	0.1651	0.0178	0.4295	0.7317	0.0055
0.6426	3	0.0225	0.1651	0.2768	0.5358	0.2887	0.1178
0.3457	4	0.0016	0.0178	0.2768	0.0945	0.0379	0.6149
0.0489	5	0.0828	0.4295	0.5358	0.0945	0.6520	0.0338
0.7415	6	0.1886	0.7317	0.2887	0.0379	0.6520	0.0123
0.9031	7	0.0005	0.0055	0.1178	0.6149	0.0338	0.0123
0.0163	8	0.1529	0.6426	0.3457	0.0489	0.7415	0.9031
							0.0163

Least Squares Means

systeme	prcGP LSMEAN	LSMEAN Number
R1	89.2538460	1
R2	85.7156396	2
R3	85.0456427	3
R4	77.8446211	4
R5	86.6711519	5
R6	89.1421081	6
R7	85.8990069	7
R8	90.3096825	8

Least Squares Means for effect systeme
Pr > |t| for H0: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)

Dependent Variable: prcGP

i/j	1	2	3	4	5	6	7
1		0.3578	0.2758	0.0059	0.5003	0.9766	0.3828
2	0.3578		0.8606	0.0478	0.8023	0.3729	0.9616
3	0.2758	0.8606		0.0684	0.6705	0.2885	0.8230
4	0.0059	0.0478	0.0684		0.0280	0.0063	0.0432
5	0.5003	0.8023	0.6705	0.0280		0.5188	0.8396
6	0.9766	0.3729	0.2885	0.0063	0.5188		0.3986
7	0.3828	0.9616	0.8230	0.0432	0.8396	0.3986	
8	0.7820	0.2353	0.1758	0.0030	0.3446	0.7597	0.2540

systeme	nbGpm LSMEAN	LSMEAN Number
R1	6118.66803	1
R2	5178.97199	2
R3	4278.92804	3
R4	3311.22103	4
R5	4709.69414	5
R6	5067.87054	6
R7	3066.29879	7
R8	5159.62020	8

Least Squares Means for effect systeme
Pr > |t| for H0: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)

Dependent Variable: nbGpm

i/j	1	2	3	4	5	6	7
1		0.1716	0.0109	0.0003	0.0452	0.1281	0.0001
2	0.1716		0.1897	0.0099	0.4883	0.8691	0.0041
3	0.0109	0.1897		0.1596	0.5244	0.2483	0.0815
4	0.0003	0.0099	0.1596		0.0467	0.0145	0.7166
5	0.0452	0.4883	0.5244	0.0467		0.5961	0.0213
6	0.1281	0.8691	0.2483	0.0145	0.5961		0.0062
7	0.0001	0.0041	0.0815	0.7166	0.0213	0.0062	
8	0.1632	0.9771	0.1990	0.0106	0.5244	0.8917	0.0044

systeme	PMG LSMEAN	LSMEAN Number
R1	25.0625000	1
R2	21.0000000	2

K3	29.2500000	J
R4	24.5000000	4
R5	23.8125000	5
R6	24.8750000	6
R7	24.2500000	7
R8	25.3125000	8

Least Squares Means for effect systeme

Dependent Variable: FMG

i/j	1	2	3	4	5	6	7
1		0.4180	0.6839	0.2283	0.0112	0.6839	0.0868
2	0.2283		0.1123	0.1439	0.4180	0.5878	
3	0.6839	0.6839		0.4180	0.4180	0.0282	0.1823
4	0.0112	0.0664	0.0042		0.1439	0.0282	0.3459
5	0.6839	0.6839	0.4180	0.4180		0.0282	0.1823
6	0.0112	0.0664	0.0042	0.1439	0.0282		0.3459
7	0.6839	0.6839	0.4180	0.4180	0.0282	0.3459	
8	0.0868	0.1823	0.0282	0.3459	0.0282	0.3459	0.0282

systeme	Rdt LSMEAN	LSMEAN Number
R1	3.05563172	1
R2	2.69970799	2
R3	2.51665170	3
R4	2.01310500	4
R5	2.50138216	5
R6	2.77956834	6
R7	1.16609940	7
R8	2.89641151	8

Least Squares Means for effect systeme
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: Rdt

i/j	1	2	3	4	5	6	7
1		0.2945	0.1173	0.0044	0.1081	0.4140	<.0001
2	0.2945		0.5854	0.0496	0.5560	0.8120	0.0001
3	0.1173	0.5854		0.1430	0.9651	0.4353	0.0004
4	0.0044	0.0496	0.1430		0.1545	0.0299	0.0176
5	0.1081	0.5560	0.9651	0.1545		0.4105	0.0005
6	0.4140	0.8120	0.4353	0.0299	0.4105		<.0001
7	<.0001	0.0001	0.0004	0.0176	0.0005	<.0001	
8	0.6360	0.5592	0.2634	0.0137	0.2459	0.7280	<.0001

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

fumure	nbpltm LSMEAN	H0:LSMean1=LSMean2 Pr > t
FM	103.222656	0.7537
Fu	104.394531	

fumure	nbpanpl LSMEAN	H0:LSMean1=LSMean2 Pr > t

FM	3.89965891	0.0196
Fu	3.53691780	

	nbpanm	H0:LSMean1=
fumure	LSMEAN	LSMean2
		Pr > t
FM	401.074219	0.1155
Fu	370.214844	

	nbeppan	H0:LSMean1=
fumure	LSMEAN	LSMean2
		Pr > t
FM	46.1806058	0.0011
Fu	37.7191315	

Least Squares Means

		H0:LSMean1=LSMean2	
		Pr > t	
fumure	nbepm LSMEAN		
FM	5978.30345		0.0029
Fu	4668.67818		

		H0:LSMean1=LSMean2	
		Pr > t	
fumure	pl001 LSMEAN		
FM	83.3434334		0.0003
Fu	89.1269894		

		H0:LSMean1=LSMean2	
		Pr > t	
fumure	nbGpm LSMEAN		
FM	5024.99145		0.0205
Fu	6104.85311		

		H0:LSMean1=LSMean2	
		Pr > t	
fumure	nb001 LSMEAN		
FM	24.3750000		0.0050
Fu	25.0625000		

		H0:LSMean1=LSMean2	
		Pr > t	
fumure	rot LSMEAN		
FM	2.56603361		0.1879
Fu	2.34095735		

ANNEXE 6 : Analyses statistiques à l'aide du logiciel SAS des rendements sur le dispositif « couverture seule »

The SAS System

10:38 Friday, July 16, 2010

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
precedant	8	bracharia cajanus crotalaire eleusine lupin radis trefle vesce
fumure	2	FM Fu
bloc	4	1 2 3 4

Number of Observations Read	64
Number of Observations Used	64

The GLM Procedure

Source	Type III Expected Mean Square
precedant	Var(Error) + 2 Var(precedant*bloc) + Q(precedant,precedant*fumure)
bloc	Var(Error) + 2 Var(precedant*bloc) + Q(bloc)
precedant*bloc	Var(Error) + 2 Var(precedant*bloc)
fumure	Var(Error) + Q(fumure,precedant*fumure)
precedant*fumure	Var(Error) + Q(precedant*fumure)

The GLM Procedure
Tests of Hypotheses for Mixed Model Analysis of Variance

Dependent Variable: Npltm

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
* precedant		45437	6491.001674	8.44	<.0001
..		17523	5841.064453	7.59	0.0013
Error	21	16158	769.449870		

Error: MS(precedant*bloc)
* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
precedant*bloc	21	16158	769.449870	0.62	0.8673
* fumure	1	10797	10797	8.64	0.0072
precedant*fumure	7	4276.733398	610.961914	0.49	0.8331
Error: MS(Error)	24	29985	1249.389648		

* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

The GLM Procedure
Tests of Hypotheses for Mixed Model Analysis of Variance

Dependent Variable: Npanm

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
* precedant	7	518535	74076	19.67	<.0001
bloc	3	11643	3881.022135	1.03	0.3992
Error	21	79077	3765.578497		

Error: MS(precedant*bloc)
* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
precedant*bloc	21	79077	3765.578497	1.29	0.2738
* fumure	1	54202	54202	18.53	0.0002
precedant*fumure	7	20454	2922.014509	1.00	0.4560
Error: MS(Error)	24	70208	2925.313314		

* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

The GLM Procedure
Tests of Hypotheses for Mixed Model Analysis of Variance

Dependent Variable: Npanp

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
* precedant	7	6.407955	0.915422	6.16	0.0005
bloc	3	2.160762	0.720254	4.85	0.0102
Error	21	3.120061	0.148574		

Error: MS(precedant*bloc)
* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
precedant*bloc	21	3.120061	0.148574	1.21	0.3259
* fumure	1	0.103812	0.103812	0.84	0.3675
precedant*fumure	7	0.263805	0.037686	0.31	0.9441
Error: MS(Error)	24	2.953199	0.123050		

* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

The GLM Procedure
Tests of Hypotheses for Mixed Model Analysis of Variance

Dependent Variable: Neppan

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
* precedant	7	896.380325	128.054332	3.87	0.0074
bloc	3	54.560127	18.186709	0.55	0.6543
Error	21	695.636390	33.125542		

Error: MS(precedant*bloc)
* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
precedant*bloc	21	695.636390	33.125542	1.62	0.1266
* fumure	1	193.344828	193.344828	9.47	0.0052
precedant*fumure	7	84.211800	12.030257	0.59	0.7581
Error: MS(Error)	24	489.969368	20.415390		

* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

The GLM Procedure
Tests of Hypotheses for Mixed Model Analysis of Variance

Dependent Variable: Nepm

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
* precedant	7	1042945510	148992216	16.26	<.0001
bloc	3	28402130	9467377	1.03	0.3981
Error	21	192375279	9160728		

Error: MS(precedant*bloc)

* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
precedant*bloc	21	192375279	9160728	1.22	0.3196
* fumure	1	184642268	184642268	24.52	<.0001
precedant*fumure	7	68473812	9781973	1.30	0.2930

Error: MS(Error)

* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

The GLM Procedure
Tests of Hypotheses for Mixed Model Analysis of Variance

Dependent Variable: prGP

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
* precedant	7	1800.409800	257.201400	3.94	0.0067
bloc	3	238.774221	79.591407	1.22	0.3271
Error	21	1369.995223	65.237868		

Error: MS(precedant*bloc)

* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
precedant*bloc	21	1369.995223	65.237868	5.02	0.0001
* fumure	1	17.015047	17.015047	1.31	0.2639
precedant*fumure	7	425.938974	60.848425	4.68	0.0020

Error: MS(Error)

* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

The GLM Procedure
Tests of Hypotheses for Mixed Model Analysis of Variance

Dependent Variable: NGFm

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
* precedant	7	995442996	142206142	16.26	<.0001
bloc	3	35443069	11814356	1.35	0.2851
Error	21	183705333	8747873		

Error: MS(precedant*bloc)

* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
precedant*bloc	21	183705333	8747873	1.26	0.2893
* fumure	1	147397934	147397934	21.27	0.0001
precedant*fumure	7	48345310	6906473	1.00	0.4575

Error: MS(Error)

* This test assumes one or more other fixed effects are zero.

The GLM Procedure
Tests of Hypotheses for Mixed Model Analysis of Variance

Dependent Variable: PMG

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
* precedant	7	13.668711	1.952673	1.81	0.1375
bloc	3	6.183867	2.061289	1.91	0.1582
Error	21	22.611445	1.076735		
Error: MS(precedant*bloc)					
* This test assumes one or more other fixed effects are zero.					
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
precedant*bloc	21	22.611445	1.076735	0.95	0.5482
fumure	1	0.367539	0.367539	0.32	0.5752
precedant*fumure	7	2.474648	0.353521	0.31	0.9421
Error: MS(Error)	24	27.326563	1.138607		
* This test assumes one or more other fixed effects are zero.					

The GLM Procedure
Tests of Hypotheses for Mixed Model Analysis of Variance

Dependent Variable: Rdt

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
* precedant	7	85.460568	12.208653	25.61	<.0001
bloc	3	2.102661	0.700887	1.47	0.2513
Error	21	10.011345	0.476731		
Error: MS(precedant*bloc)					
* This test assumes one or more other fixed effects are zero.					
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
precedant*bloc	21	10.011345	0.476731	2.37	0.0218
fumure	1	3.017407	3.017407	15.01	0.0007
precedant*fumure	7	1.678082	0.239726	1.19	0.3442
Error: MS(Error)	24	4.825021	0.201043		
* This test assumes one or more other fixed effects are zero.					

The GLM Procedure
Tests of Hypotheses for Mixed Model Analysis of Variance

Dependent Variable: Pspail

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
* precedant	7	65.363068	9.337581	22.22	<.0001
bloc	3	0.708730	0.236243	0.56	0.6460
Error	21	8.826875	0.420327		
Error: MS(precedant*bloc)					
* This test assumes one or more other fixed effects are zero.					
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
precedant*bloc	21	8.826875	0.420327	1.17	0.3537
fumure	1	6.056890	6.056890	16.85	0.0004
precedant*fumure	7	1.951390	0.278770	0.78	0.6138
Error: MS(Error)	24	8.629154	0.359548		
* This test assumes one or more other fixed effects are zero.					

Least Squares Means

precedant	Npltm	LSMEAN	LSMEAN Number
bracharia	139.062500		1
cajanus	183.593750		2
crotalaire	185.356250		3
eleusine	163.281250		4
lupin	167.578125		5
radis	170.703125		6
trefle	108.203125		7
vesce	196.484375		8

Least Squares Means for effect precedant
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: Npltm

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8
1		0.0188	0.0154	0.1833	0.1197	0.0860	0.0936	0.0034
2	0.0188		0.9303	0.2617	0.3738	0.4728	0.0003	0.4728
3	0.0154	0.9303		0.2278	0.3298	0.4215	0.0002	0.5276
4	0.1833	0.2617	0.2278		0.8100	0.6783	0.0047	0.0725
5	0.1197	0.3738	0.3298	0.8100		0.8611	0.0026	0.1150
6	0.0860	0.4728	0.4215	0.6783	0.8611		0.0017	0.1576
7	0.0936	0.0003	0.0002	0.0047	0.0026	0.0017		<.0001
8	0.0034	0.4728	0.5276	0.0725	0.1150	0.1576	<.0001	

precedant	Npanm	LSMEAN	LSMEAN Number
bracharia	271.484375		1
cajanus	438.281250		2
crotalaire	426.953125		3
eleusine	397.265625		4
lupin	351.562500		5
radis	345.703125		6
trefle	155.859375		7
vesce	420.703125		8

Least Squares Means for effect precedant
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: Npanm

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8
1		<.0001	<.0001	0.0001	0.0068	0.0113	0.0003	<.0001
2	<.0001		0.6790	0.1424	0.0038	0.0022	<.0001	0.5219
3	<.0001	0.6790		0.2832	0.0102	0.0061	<.0001	0.8192
4	0.0001	0.1424	0.2832		0.1040	0.0686	<.0001	0.3947
5	0.0068	0.0038	0.0102	0.1040		0.8303	<.0001	0.0173
6	0.0113	0.0022	0.0061	0.0686	0.8303		<.0001	0.0106
7	0.0003	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001		<.0001
8	<.0001	0.5219	0.8192	0.3947	0.0173	0.0106	<.0001	

Least Squares Means

precedant	Npanp LSMEAN	LSMEAN Number
bracharia	1.97133367	1
cajanus	2.47103907	2
eleusine	2.45862015	4
lupin	2.09954464	5
radis	2.12517095	6
vesce	2.20655575	8

Least Squares Means for effect precedant
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

		Dependent Variable: Npanp							
i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	
1		0.0089	0.0447	0.0104	0.4719	0.3891	0.0046	0.1924	
2	0.0089		0.4723	0.9441	0.0447	0.0602	<.0001	0.1446	
3	0.0447	0.4723		0.5158	0.1780	0.2264	<.0001	0.4444	
4	0.0104	0.9441	0.5158		0.0517	0.0694	<.0001	0.1636	
5	0.4719	0.0447	0.1780	0.0517		0.8851	0.0008	0.5475	
6	0.3891	0.0602	0.2264	0.0694	0.8851		0.0005	0.6468	
7	0.0046	<.0001	<.0001	<.0001	0.0008	0.0005		0.0002	
8	0.1924	0.1446	0.4444	0.1636	0.5475	0.6468	0.0002		

precedant	Neppan LSMEAN	LSMEAN Number
bracharia	29.6340819	1
cajanus	37.1921847	2
crotalaire	41.5904962	3
eleusine	36.9400396	4
lupin	38.1791032	5
radis	42.2591104	6
trefle	34.3924273	7
vesce	38.2551635	8

Least Squares Means for effect precedant
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

		Dependent Variable: Neppan							
i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	
1		0.0027	<.0001	0.0035	0.0009	<.0001	0.0458	0.0008	
2	0.0027		0.0633	0.9121	0.6661	0.0344	0.2272	0.6422	
3	<.0001	0.0633		0.0506	0.1441	0.7698	0.0040	0.1529	
4	0.0035	0.9121	0.0506		0.5884	0.0271	0.2706	0.5659	
5	0.0009	0.6661	0.1441	0.5884		0.0835	0.1067	0.9734	
6	<.0001	0.0344	0.7698	0.0271	0.0835		0.0019	0.0890	
7	0.0458	0.2272	0.0040	0.2706	0.1067	0.0019		0.1002	
8	0.0008	0.6422	0.1529	0.5659	0.9734	0.0890	0.1002		

Least Squares Means

precedant	Nepm LSMEAN	LSMEAN Number
bracharia	8038.4312	1
cajanus	16213.9970	2
crotalaire	17817.5478	3
eleusine	15043.3265	4
lupin	13435.0277	5
radis	14611.9751	6
trefle	5526.3347	7
vesce	16234.2478	8

Least Squares Means for effect precedant

Dependent Variable: Nepm

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8
1		<.0001	<.0001	<.0001	0.0006	<.0001	0.0796	<.0001
2	<.0001		0.2544	0.0541	0.0541	0.2544	<.0001	0.9883
3	<.0001	0.2540		0.0545	0.0039	0.0282	<.0001	0.2599
4	<.0001	0.4020	0.0545		0.2526	0.7559	<.0001	0.3940
5	0.0006	0.0541	0.0039	0.2526		0.3995	<.0001	0.0525
6	<.0001	0.2544	0.0282	0.7559	0.3995		<.0001	0.2486
7	0.0796	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001		<.0001
8	<.0001	0.9883	0.2599	0.3940	0.0525	0.2486	<.0001	

precedant	prGP LSMEAN	LSMEAN Number
bracharia	86.6100406	1
cajanus	92.4932048	2
crotalaire	92.2236022	3
eleusine	90.8895523	4
lupin	90.5280003	5
radis	92.8592867	6
trefle	75.9502780	7
vesce	91.3960160	8

Least Squares Means for effect precedant
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: prGP

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8
1		0.0033	0.0047	0.0260	0.0399	0.0020	<.0001	0.0138
2	0.0033		0.8815	0.3820	0.2861	0.8417	<.0001	0.5485
3	0.0047	0.8815		0.4665	0.3564	0.7275	<.0001	0.6511
4	0.0260	0.3820	0.4665		0.8428	0.2855	<.0001	0.7884
5	0.0399	0.2861	0.3564	0.8428		0.2083	<.0001	0.6338
6	0.0020	0.8417	0.7275	0.2855	0.2083		<.0001	0.4256
7	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001		<.0001
8	0.0138	0.5485	0.6511	0.7884	0.6338	0.4256	<.0001	

Least Squares Means

precedant	NGPm LSMEAN	LSMEAN Number
bracharia	9310.0926	1
cajanus	15080.7938	2
crotalaire	16406.1737	3
eleusine	13710.4907	4
radis	13518.3447	6
trefle	4451.0299	7
vesce	14855.7394	8

Least Squares Means for effect precedant

Dependent Variable: NGPm

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8
1		<.0001	<.0001	<.0001	0.0006	<.0001	0.0676	<.0001
3	<.0001	0.3240		0.0517	0.0035	0.0382	<.0001	0.2504
4	<.0001	0.3082	0.0517		0.2447	0.8852	<.0001	0.3929
5	0.0006	0.0351	0.0035	0.2447		0.3057	<.0001	0.0501
6	<.0001	0.2468	0.0382	0.8852	0.3057		<.0001	0.3197
7	0.0676	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001		<.0001

precedant	PMG LSMEAN	LSMEAN Number
bracharia	25.2750000	1
crotalaire	24.8875000	3
eleusine	24.5125000	4
lupin	25.4687500	5
radis	25.8625000	6
trefle	25.3437500	7

Least Squares Means for effect precedant
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: PMG

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8
1		0.7283	0.4747	0.1658	0.7197	0.2817	0.8985	0.1561
2	0.7283		0.2919	0.0876	0.9908	0.4607	0.8257	0.2768
3	0.4747	0.2919		0.4889	0.2868	0.0801	0.4009	0.0384
5	0.7197	0.9908	0.2868	0.0851		0.4677	0.8161	0.2817
6	0.2817	0.4607	0.0801	0.0184	0.4677		0.3406	0.7197
7	0.8985	0.8257	0.4009	0.1323	0.8161	0.3406		0.1943
8	0.1561	0.2768	0.0384	0.0080	0.2817	0.7197	0.1943	

Least Squares Means

precedant	Rdt LSMEAN	LSMEAN Number
bracharia	1.50913781	1
cajanus	3.96855168	2
crotalaire	4.07794715	3
eleusine	2.79667749	4
lupin	3.34678957	5
radis	3.00813415	6
trefle	0.61365436	7
vesce	3.77785357	8

Least Squares Means for effect precedant

Dependent Variable: Rdt

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8
1		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0005	<.0001
2	<.0001		0.6300	<.0001	0.0106	0.0003	<.0001	0.4034
3	<.0001	0.6300		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.1933
4	<.0001	<.0001	<.0001		0.0033	0.0218	<.0001	0.0002
5	<.0001	0.0106	0.0033	0.0218		0.1440	<.0001	0.0665
6	<.0001	0.0003	<.0001	0.3550	0.1440		<.0001	0.0022
7	0.0005	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001		<.0001

precedant	Pspail LSMEAN	LSMEAN Number
bracharia	1.64268999	1
cajanus	3.67940650	2
crotalaire	3.82567162	3
eleusine	2.62364733	4
lupin	2.85766109	5
radis	2.43660391	6
trefle	0.59158744	7

Least Squares Means for effect precedant
Pr > |t| for H0: LSmean(i)=LSmean(j)

Dependent Variable: Pspail

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8
1		<.0001	<.0001	0.0032	0.0005	0.0141	0.0018	<.0001
2	<.0001		0.6301	0.0017	0.0114	0.0004	<.0001	0.1946
3	<.0001	0.6301		0.0005	0.0036	0.0001	<.0001	0.0809
4	<.0001	<.0001	<.0001		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
5	0.0005	0.0114	0.0036	0.4427		0.1730	<.0001	0.1724
6	0.0141	0.0004	0.0001	0.5386	0.1730		<.0001	0.0097
7	0.0018	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001		<.0001
8	<.0001	0.1946	0.0809	0.0387	0.1724	0.0097	<.0001	

Least Squares Means

When using PROC MIXED, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

			H0:LSMean1= LSMean2 Pr > t
fumure	Npltm	LSMEAN	
FM		177.246094	0.0072
Fu		151.269531	

			H0:LSMean1= LSMean2 Pr > t
fumure	Npanm	LSMEAN	
FM		321.074125	0.0002
Fu		321.875000	

			H0:LSMean1= LSMean2 Pr > t
fumure	Npanp	LSMEAN	
FM		2.17755621	0.3675
Fu		2.09700648	

			H0:LSMean1= LSMean2 Pr > t
fumure	Neppan	LSMEAN	
FM		35.0434320	0.0052
Fu		35.5672197	

			H0:LSMean1= LSMean2 Pr > t
fumure	Nepm	LSMEAN	
FM		15063.6502	<.0001
Fu		11666.5717	

			H0:LSMean1= LSMean2 Pr > t
fumure	prGP	LSMEAN	
FM		89.6348639	0.2639
Fu		88.6036314	

			H0:LSMean1= LSMean2 Pr > t
fumure	NGPm	LSMEAN	
FM		13659.3554	0.0001
Fu		10624.1666	

Least Squares Means

fumure	PMG LSMEAN	H0:LSMean1= LSMean2 Pr > t
FM	25.2828125	0.5752
Fu	25.4343750	

fumure	Rdt LSMEAN	H0:LSMean1= LSMean2 Pr > t
FM	3.10447680	0.0007
Fu	2.67020965	

fumure	P&Dail LSMEAN	H0:LSMean1= LSMean2 Pr > t
FM	2.92471166	0.0004
Fu	2.30944292	

RESUME

A Madagascar, le développement durable de la riziculture pluviale sur « tanety » passe par la mise au point de systèmes de culture performants conservant la fertilité du sol et respectant l'environnement.

Notre étude, réalisée sur le dispositif expérimental de l'URP SCRiD à Andranomanelatra a porté sur la conception et l'évaluation de systèmes de culture à base de riz pluvial intégrant différentes plantes utilisées comme précédents. L'étude a été particulièrement axée pour chaque dispositif étudié sur :

- les relations (compétition / complémentarité) entre plantes associées : mesures au cours du cycle de la hauteur du riz, de la nutrition azotée du riz (SPAD) ;
- les composantes du rendement du riz ;

Les résultats ont montré que:

- ✓ Les associations avec le maïs peuvent être aussi intéressantes que le maïs seul en précédent pour le riz.
- ✓ En culture pure, certaines plantes fourragères donnent de très bons précédents pour le riz, en particulier les légumineuses telles que le cajanus et dans une moindre mesure la vesce.
- ✓ La quantité de biomasse laissée sur le sol en précédent du riz ne semble pas le facteur le plus important pour la production du riz ; la qualité de cette biomasse semble encore plus importante, avec un effet très positif des couvertures à base de légumineuses.

Mots-clés : riz pluvial, précédent, SPAD, rendement, association, biomasse

ABSTRACT

The aim of this study is to determine which cropping system producing fodder is the best precedent for upland rice.

Our study, performed on the URP SCRiD experimental device at Andranomanelatra, focused on the conception and the evaluation of cropping systems containing upland rice and integrating various plants in rotation. The study was specifically focused on:

- ✓ Relationships (competition/complementarity) between associated plants: measures during the cycle of height and nitrogenous nutrition of rice (SPAD);
- ✓ Yield components of rice.

Results showed that:

- ✓ Associations with corn can be as interesting as corn only, in rotation with rice;
- ✓ In pure culture, fodder plants are excellent precedents for the rice, particularly legumes such as cajanus and to a lesser extend vetch;
- ✓ The quality of the biomass present in the soil seems to be more important though the quantity, with a very positive effect of legume-based covery.

Key words: upland rice; precedent; rice yield; SPAD; plant associations; biomass