



ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT AGRICULTURE



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de
INGENIEUR AGRONOME



Présenté et soutenu le 22 Juin 2009 par

Ando Lalaina RAZAFINDRAZAKA

Membres du jury

Monsieur Bruno ANDRIANAIVO

Monsieur Jean Marie DOUZET

Madame Julie DUSSERRE

Monsieur Jean Chrysostôme RAKOTONDRAVELO

Président du jury

Examineur

Maître de stage

Tuteur

Promotion AINA

2004-2009



REMERCIEMENTS

Nous rendons grâce à **Dieu** pour son amour qui nous a permis de mener à terme ce mémoire.

Toutefois, la réalisation de ce mémoire a nécessité une collaboration de plusieurs personnes à qui nous voudrions adresser notre sincère gratitude. Nous les invitons à trouver ici l'expression de notre grande reconnaissance.

➤ Nous tenons à remercier plus particulièrement :

✚ **Monsieur ANDRIANAIVO Bruno**, maître de conférence et expert en SRI, enseignant chercheur à l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques d'avoir fait l'honneur de présider la soutenance de ce mémoire ;

✚ **Monsieur Jean Marie DOUZET, Agronome** et chercheur du CIRAD, d'avoir consacré une partie de son temps précieux pour rehausser la valeur de ce travail par les remarques et les suggestions et d'avoir accepté d'apporter les valeurs de son jugement en tant qu'examineur de ce travail;

✚ **Madame Julie DUSSERE, Docteur en Ecophysiologie** qui nous a encadré techniquement malgré sa lourde responsabilité au sein du CIRAD. Nous vous sommes entièrement reconnaissante pour l'étroite collaboration que vous avez montrée lors de nos pratiques sur terrains et surtout vous avez partagé vos connaissances et vos expériences en nous donnant des instructions pour la rédaction de ce mémoire ;

✚ **Monsieur RAKOTONDRAVELO Jean Chrysostome**, Chef du département AGRICULTURE, notre tuteur qui a donné son meilleur pour l'efficacité de ce mémoire à travers des conseils, des questions de réflexion et des critiques constructives;

➤ Nous adressons également nos vifs remerciements à :

- ✚ **Monsieur RAMAHANDRY A. Fidiniaina, Ingénieur Agronome** et chercheur du FOFIFA. Nous sommes très reconnaissante d'avoir aidé pour l'aboutissement de ce mémoire ;
- ✚ tous les **Enseignants à l'E.S.S.A.** qui nous ont donné les connaissances nécessaires pour que notre formation soit complète ;
- ✚ les **Techniciens et mains - d'oeuvre de l'URP/SCRiD**, en particulier ceux d'Andranomanelatra pour les détails techniques et leurs précieuses aides au cours de nos travaux sur terrain.
- ✚ **Ma famille** pour le soutien sous toutes ses formes durant toutes mes études ;
- ✚ **Mes camarades de classe** pour la bonne collaboration sur toutes ses formes et l'ambiance dans la classe. Les années académiques ont été courtes et agréables en votre compagnie ;
- ✚ Toutes les personnes non citées mais qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

A TOUS ET A TOUTES, ENCORE MERCI !

TABLES DES MATIERES

LISTE DES ABREVIATIONS	
LISTES DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES ANNEXES	

INTRODUCTION	1
1 PRESENTATION DE L'ETUDE.....	1
1.1 Contexte général.....	2
1.1.1 Situation rizicole sur les Hautes Terres Malgaches	2
1.1.2 La riziculture pluviale	2
1.1.2.1 Systèmes de culture	2
1.1.2.2 L'élaboration du rendement	3
1.1.3 La culture fourragère	3
1.1.3.1 Les graminées fourragères	4
1.1.3.2 Les légumineuses fourragères.....	4
1.2 Cadre de l'étude	5
1.2.1 Cadre institutionnel	5
1.2.2 Zone d'intervention	6
1.2.3 Objectif du stage.....	7
1.2.4 Résultats antérieurs.....	7
2 PROBLEMATIQUES	8
2.1 Problématique et hypothèses.....	8
2.2 Matériels	8
2.2.1 Dispositif expérimental	8
2.2.2 Matériels végétaux	11
2.2.2.1 Le riz.....	11
2.2.2.2 Le maïs et le haricot.....	12
2.2.2.3 Les plantes fourragères	12
a) Cajanus (<i>Cajanus cajan</i>).....	12
b) Crotalaire (<i>Crotalaria grahamiana</i>)	12
c) Eleusine (<i>Eleusine corocana</i>)	12
d) Lupin (<i>Lupinus sp.</i>).....	13
e) Radis (<i>Raphanus sativus</i>).....	13
f) stylosanthes (<i>Stylosanthes guyanensis</i>)	13
g) Trèfle (<i>Trifolium sp.</i>)	14
h) Vesce (<i>Vicia sativa</i>).....	14
2.2.3 Matériels utilisés	14
2.2.3.1 Le SPAD.....	14
2.2.3.2 Intercepteur de rayonnement.....	15
2.3 Méthodologies.....	15
2.3.1 Les mesures	15
2.3.1.1 Mesures durant le cycle	15
a) Suivis de la croissance du riz	15
b) Suivis de la nutrition azotée du riz avec le SPAD	16
c) Interception du rayonnement	16
2.3.1.2 Mesures à la récolte	16
a) Elaboration du rendement.....	16
b) Mesure de la biomasse des pailles	17
c) Mesure de la biomasse des plantes associées au riz.....	17
d) Mesure de la biomasse des plantes de couverture sur l'essai de couverture	18

e) Calcul du L.E.R.	18
2.3.2 Analyses des résultats avec le logiciel SAS	19
3 ANALYSE ET DISCUSSIONS DES RESULTATS	20
3.1 Comparaison de systèmes de culture de riz pluvial en rotation avec du maïs en association.....	20
3.1.1 Evolution des valeurs SPAD	20
3.1.2 Rendement et composantes	22
3.1.2.1 Rendement par système et par fertilisation	22
3.1.2.2 Analyse statistique des rendements sur les 3 systèmes par fertilisation.....	25
3.1.3 Production de paille.....	26
3.2 Comparaison de systèmes de culture en association avec du riz pluvial	27
3.2.1 Comparaison des systèmes au cours du cycle	27
3.2.2 Effets sur la croissance (mesure de la hauteur du riz)	28
3.2.2.1 Effets sur le statut azoté	29
3.2.2.2 Effets sur la fermeture du couvert (mesure de la lumière interceptée entre le haut et le bas du couvert) 30	
3.2.3 Comparaison des systèmes en terme de rendement en riz.....	31
3.2.3.1 Rendement par système et par fertilisation	31
3.2.3.2 Analyse statistique des rendements sur les 8 systèmes	33
3.2.4 Comparaison des systèmes en terme de production de biomasse.....	34
3.2.5 Evaluation de l'association par le LER	36
3.2.5.1 Production en culture pure	36
3.2.5.2 LER.....	37
Conclusion partielle	39
CONCLUSION GENERALE.....	40

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

LISTES DES ABREVIATIONS

CORUS : COopération pour la Recherche Universitaire et Scientifique

FOFIFA : FOibem-pirenena momba ny Fikarohana ampiarina ho Fampandrosoana ny tontolo
Ambanivohitra

CIRAD : Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

JAS : jours après semis

SCV : système de culture sous couverture végétale

LAB : labour

FM : fertilisation minérale

Fu : fertilisation organique

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

ONG TAFA : organisme non gouvernemental TAny sy FAmpanandrosoana

LER: land equivalent ratio

SPAD: soil plant analyses development

GP : grain plein

GV : grain vide

PF : poids frais

PS : poids sec

Nbr : nombre

Plts : plants

Echt : échantillon

Pan : panicules

LISTES DES FIGURES

Figure 1: Les différentes phases du cycle du riz et la formation des composantes du rendement du riz (Source : D Moreau).....	4
Figure 2: Moyenne des pluviométries depuis 2002.....	6
Figure 3: Evolution des valeurs SPAD sur les 3 systèmes de 37 JAS jusqu'à épiaison	21
Figure 4: Rendements par système et par fertilisation en t/ha.....	22
Figure 5: Nombre d'épillets produits par m ² par système et par fertilisation.....	23
Figure 6: Pourcentage de grains pleins par système et par fertilisation	23
Figure 7: Relation entre le pourcentage de stérilité à la récolte et le pourcentage de grains attequés par la pyriculariose	24
Figure 8: Biomasse de paille de riz produite en t/ha par système et par fertilisation.....	26
Figure 9: Evolution de la hauteur des différents systèmes de 24 jours après semis jusqu'à épiaison en F.M.....	28
Figure 10: Evolution de la hauteur des différents systèmes de 24 jours après semis jusqu'à épiaison en Fu.....	28
Figure 11: Evolution des valeurs SPAD sur les différents systèmes de 44 jours après semis jusqu'à épiaison Effets sur le statut azoté en FM	29
Figure 12: Evolution des valeurs SPAD sur les différents systèmes de 44 jours après semis jusqu'à épiaison Effets sur le statut azoté en Fu.....	29
Figure 13: Evolution de la fermeture du couvert sur les différents systèmes.....	30
Figure 14: Rendement obtenu sur les différents systèmes en association.....	31
Figure 15: Nombre d'épillets produits sur les différents systèmes en association.....	32
Figure 16: Pourcentage de grains pleins des panicules sur les différents systèmes en association	32
Figure 17: Production de biomasse totale sur les différents systèmes en association.....	35
Figure 18: Production de biomasse sur les plantes de couverture en culture pure (en t/ha)....	36
Figure 19: Valeurs des LER de chaque association.....	37
Figure 20: Parts respectives du riz et des couvertures dans le LER de l'association	38

LISTES DES TABLEAUX

Tableau 1: Rendements et composantes obtenus sur les 3 systèmes toutes fertilisations confondues et sur les 2 fertilisations tous systèmes confondus.....	25
Tableau 2: Rendements et composantes obtenus sur les 2 systèmes toutes fertilisations confondues et sur les 3 fertilisations tous systèmes confondus.....	26
Tableau 3: Production des rotations de la campagne 2007-08 (en t/ha)	27
Tableau 4: Rendements et composantes obtenus sur les 8 systèmes toutes fertilisations confondues et sur les 2 fertilisations tous systèmes confondus.....	33

LISTES DES ANNEXES

annexe 1: URP SCRiD.....	iii
annexe 2: Quelques notions sur les associations culturales et la rotation de culture:.....	iv
annexe 3: <i>Le SCV (Système de Culture sous couverture Végétale)</i>	v
annexe 4: Le riz pluvial	vi
annexe 5: Les itinéraires techniques culturaux du riz.....	viii
annexe 6: évolution des valeurs SPAD par culture sur les associations.....	ix
annexe 7: évolution des hauteurs par culture sur les associations	x
annexe 8: Dispositif d'Andranomanelatra	xi
annexe 9: fiche variétal du FOFIFA 161	xii
annexe 10: résultats des analyses statistiques pour les valeurs SPAD sur systèmes S1, S2 et S3.....	xiii

annexe 11: résultats des analyses statistiques pour la hauteur et les valeurs SPAD sur les associations	xiv
annexe 12: disposition des parcelle test dans la matrice.....	xv
annexe 13: résultats sur les rendements et les biomasses produites par chaque systèmes de cultures	xvi
annexe 14: composante de rendement sur les systèmes S1, S2, S3.....	xvii.
annexe 15: biomasse obtenue sur les systèmes S1, S2 , S3	xix
annexe 16: composantes de rendement des tests d'association	xxi
annexe 17: biomasse obtenue sur les tests d'association	xxiii
annexe 18: valeurs des SPAD sur les tests d'association.....	xxv
annexe 19: valeurs SPAD des systèmes	xxvii

INTRODUCTION

La filière riz tient une grande place dans l'économie nationale malgache. La majorité de la population de Madagascar tire sa principale source de revenus des activités agricoles. Les surfaces cultivées en riz atteignent 1,5 millions d'ha environ. La production annuelle en paddy est estimée à 3 500 000 t/ha avec un rendement moyen de 2t/ha. Cette production ne suffit pas encore pour l'autosuffisance en riz. Ainsi, l'Etat malgache recourt à l'importation jusqu'à 200 000 tonnes de riz blanc pour couvrir les besoins nationaux. (Gazety Madagascar Laza du 03/01/09).

L'augmentation de la pression foncière sur les terres inondées, en particulier dans les zones à densité de population élevée comme les Hautes Terres, conduit au développement sur les tanety de cultures pluviales qui ne représentent encore que 20% de la superficie rizicole et moins de 10% de la production. Cependant, la riziculture pluviale affronte de nombreux problèmes, tels que la faible fertilité du sol, la sensibilité des versants à l'érosion. L'objectif de satisfaire de façon durable la demande ne peut pas être réalisé. Ainsi, des programmes et actions ont été lancés par le CIRAD et le FOFIFA pour améliorer la production vivrière en privilégiant la durabilité des systèmes de culture : association de la culture principale (riz ou maïs) à des cultures fourragères dans les systèmes en semis direct sur résidus de récolte. L'intégration des plantes fourragère dans les systèmes de cultures s'explique par la forte production de lait dans la zone d'étude. Ces activités ont été réalisées sur les dispositifs expérimentaux de l'URP/SCRiD à Andranomanelatra.

Notre étude prend place dans le cadre de ces recherches et s'intitule :
« CONCEPTION ET EVALUATION DE SYSTEMES DE CULTURE, À BASE DE RIZ PLUVIAL, PRODUCTEURS EN BIOMASSE».

Ainsi, l'ordre suivant a été choisi pour présenter cette étude : la première partie parlera du contexte et de la présentation de l'étude. Ensuite, la deuxième partie évoquera la problématique et traitera ainsi les matériels et méthodes utilisés. Enfin, la troisième partie présentera les résultats et les discussions.

1 PRESENTATION DE L'ETUDE

1.1 Contexte général

1.1.1 Situation rizicole sur les Hautes Terres Malgaches

Le riz à Madagascar est principalement cultivé en riziculture irriguée sur les Hautes Terres centrales. La surface cultivée est ainsi limitée par la surface disponible en terre inondée. Le rendement dépasse rarement les 2 tonnes à l'hectare. Par ailleurs, la forte croissance démographique 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 le FOFIFA et le CIRAD. La culture du riz pluvial est possible sur les collines qualifiées de « tanety ». Malgré les efforts entrepris par les organismes de recherches, Madagascar présente encore un déficit rizicole d'où le recours à l'importation.

1.1.2 La riziculture pluviale

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

1.1.2.1 Systèmes de culture

La riziculture pluviale se caractérise essentiellement par l'absence de toute submersion ou irrigation du terrain de culture. La végétation est entièrement sous la dépendance de la pluviométrie. La culture est pratiquée sur les collines. On distingue 2 types :

➤ la riziculture itinérante : il s'agit du « tavy » ou culture sur abattis-brûlis qui est réalisé généralement sur les montagnes. Les techniques culturales sont rudimentaires. Il s'agit tout simplement de brûler la forêt et ensuite les cendres sont légèrement enfouies. Il n'y a pas de travail de sol préalable à la culture du riz. Tout au plus deux sarclages sont effectués durant le cycle cultural.

➤ la riziculture pluviale : elle est pratiquée sur les « tanety ».

Les techniques culturales ont évolué par rapport à la précédente. En effet, la riziculture pluviale peut se faire selon deux systèmes : le système avec labour et le système avec SCV. Les itinéraires techniques seront détaillés dans l'annexe 4.

1.1.2.2 L'élaboration du rendement

Cette partie est tirée de l'ouvrage de Moreau : « l'analyse de l'élaboration du rendement du riz : outils de diagnostics ».

Plusieurs systèmes de cultures accueillent la culture du riz et les techniques culturales utilisées sont variées. Cependant, nous pouvons considérer 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/ m² (NP/m²)
- le nombre de panicules/pieds (NPa/P)
- le nombre d'épillets/panicules (NEpts/Pa)
- le pourcentage de grains pleins (%GP)
- le poids moyen d'un grain (PG)

Ces différents éléments peuvent être repris par le schéma suivant :

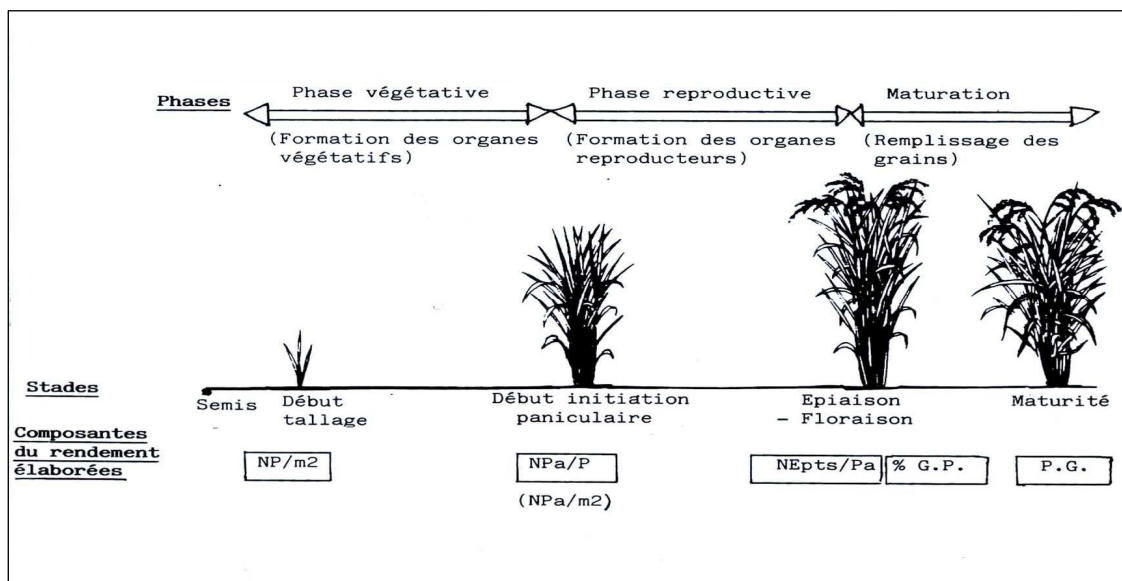


Figure 1: Les différentes phases du cycle du riz et la formation des composantes du rendement du riz (Source : D Moreau)

1.1.3 La culture fourragère

Le fourrage est une plante, ou un mélange de plantes, cultivée pour ses parties végétatives (feuilles, tiges, éventuellement racines), à l'exclusion des fruits et des graines, et utilisées soit à l'état frais, soit conservées, généralement par séchage, pour l'alimentation des animaux. Généralement, le fourrage est constitué de plantes herbacées, essentiellement des graminées et secondairement des légumineuses. De nombreuses espèces de plantes sont cultivées pour l'alimentation des animaux domestiques herbivores et entrent dans la catégorie des plantes fourragères. Les cultures fourragères peuvent entrer dans la rotation comme les autres cultures.

Les plantes fourragères appartiennent à des nombreuses familles botaniques mais deux vont particulièrement retenir notre attention : les graminées fourragères et les légumineuses fourragères

1.1.3.1 Les graminées fourragères

Les graminées appartiennent à la classe des Monocotylédones. Elles se distinguent des légumineuses par leurs feuilles. Elles sont allongées et comportent une nervure principale et plusieurs nervures en parallèle avec celle-ci. Les feuilles sont composées de deux parties : le limbe et la gaine qui part d'un noeud et entoure la tige jusqu'au niveau du limbe. Elles en diffèrent aussi par leur port. En effet, les tiges sont droites et rondes. Elles sont minces et creuses. Les graminées sont capables de constituer une touffe car elles tallent à partir de

quelques jours après sa levée. Ainsi, une seule plante peut donner plusieurs tiges et feuilles selon que les conditions du milieu.

L'association de légumineuses et de graminées est conseillée pour leur complémentarité au niveau des besoins en éléments nutritifs. La seule graminée utilisée a été l'éleusine.

1.1.3.2 Les légumineuses fourragères

Les légumineuses appartiennent à la classe des Dicotylédones. Ce sont des plantes à fleurs et leurs fruits sont des gousses. Les feuilles sont larges et un peu rondes. Toutefois, les légumineuses ne se ressemblent pas, certaines sont couchées tandis que d'autres ont des ports dressés voire grimpants. Elles peuvent être soit herbacées soit ligneuses.

Les légumineuses améliorent le sol du fait qu'elles fixent l'azote de l'air avec les nodosités de leurs racines qui va se transformer en azote assimilable pour la plante. Ce qui rend les feuilles de légumineuses particulièrement riches en matière azotée. Les teneurs en Matières Azotées Digestibles des légumineuses peuvent aller jusqu'à de 12g/100g de matière sèche en moyenne.

Les légumineuses utilisés ont été : le *Stylosanthes*, le *Cajanus*, le lupin, la vesce, le trèfle, la crotalaire.

NB : Au cours de l'expérimentation, le radis fourrager qui appartient à la famille des Crucifères a été aussi utilisé.

1.2 Cadre de l'étude

1.2.1 Cadre institutionnel

Notre 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 regroupe le FOFIFA, le CIRAD et l'Université d'Antananarivo. Le travail a été financé par le projet CORUS qui est un appel d'offre proposé par le Ministère français des Affaires Etrangères.

1.2.2 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.

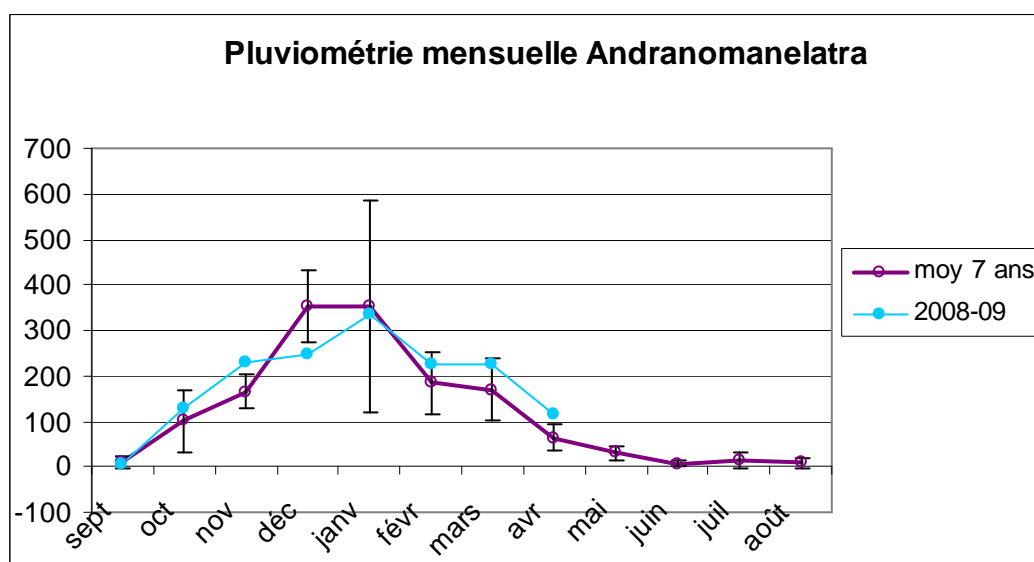


Figure 2: Moyenne des pluviométries depuis 2002

Source : station CIMEL Andranomanelatra

La figure 2 montre l’évolution de la pluviométrie sur le site d’expérimentation depuis sept ans et pendant la campagne 2008/2009. Le pic de précipitation se situe entre Novembre et Février. Depuis sept ans, les précipitations pendant les grosses pluies ont été irrégulières. L’écart a été très grand surtout en Janvier.

Pour cette campagne, les premières pluies ont débuté avec une intensité de 130mm en Octobre. Les précipitations sont mieux réparties cette année. Le pic de précipitation le plus élevé a été observé au mois de Janvier avec 336mm de pluie. Ainsi, il constitue le mois le plus arrosé. La fréquence des pluies a diminué vers le mois d’Avril. Toutefois cette année peut être considérée comme satisfaisante pour la distribution des pluies.

1.2.3 Objectif du stage

Le travail a consisté en la mise en place et l'évaluation de systèmes de culture durable à base de riz pluvial. Différents systèmes ont été testés afin d'évaluer le fonctionnement de la culture de riz pluvial dans les différents systèmes producteurs de biomasses (soit en rotation, soit en association), en fonction des différents modes de gestion du sol et en fonction de la fertilisation. La finalité de cette étude est de proposer selon les résultats obtenus le meilleur système de culture à base de riz pluvial.

1.2.4 Résultats antérieurs

Des travaux sur le thème ont été déjà effectués sur les deux campagnes précédentes. Cette année est la troisième où l'URP SCRiD mène l'expérimentation. La confirmation des résultats obtenus auparavant par des collègues et l'adoption des systèmes de culture rentables pour les agriculteurs sont attendues de ce travail. La première expérimentation n'a pas donné de résultat satisfaisant car la culture du riz a été dévastée par la pyriculariose. Quant à la seconde, la phase de floraison qui est très critique coïncidait avec le passage d'un cyclone (Ivan). Ce qui a perturbé la fécondation et a donné de faible rendement (entre 0,74 et 1,34 t/ha).

Conclusion partielle

La production obtenue par la riziculture aquatique reste encore insuffisante malgré les techniques nouvelles vulgarisées. Ainsi, des organismes de recherche comme l'URP SCRiD regroupant le CIRAD, le FOFIFA et l'Université d'Antananarivo ont promu des systèmes de cultures pluviaux. Ces cultures peuvent donc se faire sur les collines ou « tanety » qui sont peu fertiles et sujettes à l'érosion. Face à ces contraintes, une nouvelle technique de conservation de sol a été mise au point par l'ONG TAFI, le SCV. Cette étude a été menée sur le dispositif expérimental de l'URP SCRiD dans la commune rurale d'Andranomanelatra. Or l'élevage bovin laitier est très important dans la zone d'où l'intégration de la production fourragère dans les cultures vivrières.

2 PROBLEMATIQUES

2.1 Problématique et hypothèses

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. Puisque les SCV utilisaient les résidus de récolte pour le paillage du sol, alors qu'ils pouvaient servir également à l'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 la dimension potentielle de fournisseur de fourrage. D'où la problématique suivante : **quel système de culture favorise le rendement du riz pluvial tout en donnant beaucoup de biomasse pouvant être utilisé comme fourrage ?**

Pour répondre à cette question principale, divers systèmes de culture à base de riz pluviale ont été mis au point à Andranomanelatra sur le dispositif de l'URP SCRiD et les hypothèses suivantes ont été émises :

- Le riz donne un rendement meilleur quand il est précédé d'une association incluant des légumineuses ;
- Le rendement du riz dépend de la dose de fertilisation qu'il reçoit au cours de son développement ;
- L'association du riz à d'autres plantes n'affecte pas sa potentialité de production ;

2.2 Matériels

2.2.1 Dispositif expérimental

Le terrain d'expérimentation de l'URP SCRiD sur Andranomanelatra a été installé depuis fin 2002 sur une surface totale de 3,2 ha. 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. Dans cette étude, deux principaux facteurs ont été étudiés :

✚ le système de culture, qui combine à la fois la rotation culturale et le mode de gestion du sol. La rotation comporte 3 systèmes de culture différents (S1, S2, S3). La gestion du sol a été constituée par le labour et le SCV. Ce qui a aboutit à 6 systèmes de culture différents car les 3 systèmes ont été conduits chacun en labour (LAB) et en SCV.

✚ la fertilisation qui comporte 2 niveaux la fertilisation minérale recommandée (FM et FM+) et le fumier organique (Fu). Pour cette campagne, une nouvelle fertilisation plus forte, appelée FM + a été introduite sur les systèmes S1 et S3 tandis que S2 et les tests ont été uniquement en Fu et FM. Ce deuxième facteur est considéré comme sous facteurs du premier car tous les 6 systèmes ont été menés en FM et en Fu. Tout ceci donne 12 systèmes de culture conduits chaque année dans les 2 cultures principales de la rotation (riz et maïs). Le dispositif est subdivisé en quatre blocs A, B, C, D et les 12 systèmes sont répétés respectivement dans chaque bloc. Chaque bloc contient 30 parcelles de dimension variable selon les essais proposés. Ainsi le dispositif est constitué de 120 parcelles.

Deux bandes de 5 m ont été conservées non traitées sur les systèmes en S1 et S3 pour des études entomologiques. Elles ont été placées de chaque côté de l'allée principale.

○ Description des systèmes

Les systèmes de culture ont été constitués de :

- rotation biennale de riz pluvial en culture pure et de maïs associé avec des légumineuses ou des plantes fourragères (système S1, S2, S3).
- rotation biennale de riz pluvial et de maïs en association avec des plantes de couverture (tests).

❖ **S1 : riz / maïs + haricot + (avoine)¹**

Le maïs associé au haricot suivi d'avoine en dérobée a précédé la culture du riz.

- Pour les parcelles de riz, le système a servi de support aux essais variétaux. Les grains de riz ont été semés avec un écartement de 20cm*20cm à raison de 10grains environ par poquet.
- Pour les parcelles en rotation, le maïs et le haricot ont été semés en simultané. Le maïs a été cultivé en double ligne en quinconce à 40 cm. Entre deux doubles lignes de maïs se trouvaient trois lignes de haricot espacées de 40 cm d'écartement ce qui donne 160 cm entre deux rangs de maïs. L'avoine a été semée en dérobée dès maturité du haricot

¹ / : Rotation

+ : association

() : En dérobée

❖ **S2 : riz / maïs + éleusine**

Le riz a été conduit en rotation avec du maïs associé à l'éleusine.

- Pour les parcelles de riz, seule la variété F161 a été installée.
- Pour les parcelles en rotation, le maïs et l'éleusine ont été semés en simultané de la même manière que sur S1.

❖ **S3 : riz / maïs + haricot + (radis fourrager)**

L'association maïs-haricot avec du radis fourrager en dérobée a précédé le riz.

- Les parcelles de riz ont été conduites comme précédemment.
- Pour les parcelles en rotation, le maïs et le haricot ont été semés en simultané. Le radis fourrager a été semé en dérobée dès maturité du haricot.

A part les grands systèmes sus mentionnés, de nouveaux systèmes de culture sont mis en place, des systèmes appelés « tests » car ils ne se font que sur de petites parcelles d'essai. Leur répartition dans l'espace suit aussi la méthode de Split plot.

❖ **Test riz :**

C'est un essai double ligne de semis, comportant des doubles lignes de riz à 15 cm (poquets à 20 cm sur la ligne), écartées de 40 cm. L'ensemble des parcelles a été semé avec la variété F161. Entre les doubles lignes de riz a été semée une ligne de diverses plantes, selon les systèmes proposés.

L1 : *Stylosanthes guyanensis* déjà installé en 2007-08

L2 : trèfle bouture, semis simultané (20 cm entre poquets)

L3 : radis fourrager semé 1 mois après le riz (25 cm entre poquets)

L4 : éleusine + cajanus (poquets alternés à 20 cm), semis simultané

L5 : éleusine, semis simultanée (20 cm entre poquets)

L6 : éleusine + crotalaire (poquets alternés à 20 cm), semis simultané

L7 : lupin (simultané) + vesce (semée 1 mois après), poquets alternés à 20 cm

L8 : témoin riz en simple ligne (20*20 cm)

Chacune des plantes fourragères pourra être coupée afin qu'elle ne fasse pas une compétition trop forte avec le riz. Dans ce cas, les parties coupées et exportées seront quantifiées.

❖ **Test rotation**

C'est un essai d'association avec le maïs. Le maïs a été semé en doubles lignes en quinconce écartées de 40 cm, avec poquets séparés de 40 cm. Entre les lignes ont été semées 3 lignes de plante de couverture, séparées de 40 cm, selon les systèmes proposés.

R1 : *Stylosanthes guyanensis*, déjà installé en 2007-08,

R2 : éleusine + crotalaire (poquets alternés à 20 cm), semis simultané

R3 : radis fourrager, semis simultané (25 cm entre poquets)

R4 : cajanus (simultané, poquets à 40 cm) puis *brachiaria ruziziensis*, installée par boutures à 20 cm, en décembre sur les mêmes lignes que le cajanus

R5 : lupin + vesce, semis simultané (poquets alternés à 20 cm)

R6 : éleusine + cajanus (poquets alternés à 20 cm), semis simultané

R7 : trèfle ; boutures simultanées (20 cm entre poquets)

R8 : maïs seul (100 cm entre lignes, 40 cm entre poquets)

Comme pour les associations avec le riz, la plante associée pourra éventuellement être coupée si la compétition semble trop forte. La partie coupée sera quantifiée.

La fertilisation est la même que sur les parcelles FM et Fu de la matrice. Toutefois, le fumier et la dolomie seront épandus à la volée avant le semis. Le NPK sera épandu au poquet au moment du semis.

❖ **Essai plantes de couverture :**

En complément des tests association riz et maïs avec les plantes de couverture menés sur la matrice, chaque plante de couverture a été installée sur une parcelle annexe en culture pure suivant deux niveaux de fumure. Cet essai a été réalisé dans le but de pouvoir calculer le LER (Land Equivalent Ratio) qui est défini comme la surface de terre qui serait nécessaire en culture pure pour obtenir les mêmes productions que dans l'association.

2.2.2 Matériels végétaux

2.2.2.1 Le riz

Une seule variété de riz a été suivie pendant notre travail : le FOFIFA 161. Cette variété est issue du croisement entre l' IRAT 114 et FOFIFA 133. La hauteur moyenne d'une plante de cette variété est de 95 cm, avec un port semi-érigé. Le type de grain est gros et poilu. Le FOFIFA 161 est une variété intéressante car elle possède les caractéristiques suivantes : rustique, réputée tolérante à la pyriculariose, tolérante au froid, bonne production. Son rendement moyen est de 2,8 t/ha et 6,5t/ha pour le maximum. Le cycle de cette variété est

semi précoce ou intermédiaire (floraison comprise entre 80 et 105 jours). [URP SCRiD, Fiche technique des variétés de riz pluvial]

2.2.2.2 Le maïs et le haricot

Le travail a été orienté plutôt vers la production de riz, ainsi la botanique des deux plantes ne sera pas détaillée. Cependant les variétés utilisées sont respectivement la variété Tombotsoa pour le maïs et la variété Soafianary pour le haricot.

2.2.2.3 Les plantes fourragères

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, vert en 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 graine, globuleuses roussâtre ou marbré. 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. [HAVARD, Les plantes fourragères tropicales] [<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. Son inflorescence est terminale ou opposée à une feuille, ordinairement en grappe de couleur jaune et rarement pourpre. Ses 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, Les plantes fourragères tropicales]

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. Ses feuilles sont 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. Il a un système racinaire fasciculé pouvant explorer un volume considérable d'horizon. Le rendement en vert de l'éleusine (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. [HAVARD, Les plantes fourragères tropicales] [<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. L'inflorescence est en forme de grappes terminales dressées. Elles se caractérisent par la richesse en protéines de leurs graines (jusqu'à 50 %). Sa teneur importante en matières grasses (8 %) lui 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. [HAVARD, Les plantes fourragères tropicales] [<http://fr.wikipedia.org/wiki/Lupin>]

e) Radis (*Raphanus sativus*)

Le radis appartient à la famille des Crucifères. C'est une plante bisannuelle qui émet une tige florale de 80 cm de haut environ. Les fleurs de radis ont 4 pétales et sont de couleur blanches. 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 (BERTRAND 2001). 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. [HAVARD, Les plantes fourragères tropicales] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Raphanus_sativus_004.jpg]

f) stylosanthes (*Stylosanthes guyanensis*)

Le stylosanthes est une légumineuse herbacée, érigée à semi érigée, non volubile. Il forme de petits buissons (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 2,00 m de diamètre. Par conséquent, il améliore la structure du sol. 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, Les plantes fourragères tropicales]

g) Trèfle (*Trifolium sp.*)

Les trèfles sont des plantes herbacées très basse, rampante 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. 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, Les plantes fourragères tropicales] [<http://fr.wikipedia.org/wiki/Trèfle>]

h) Vesce (*Vicia sativa*)

La vesce commune est une plante annuelle largement cultivée comme plante fourragère. La fleur est violette ou pourpre plus ou moins violacée de 1 à 3 cm, insérées par 2, rarement solitaires, sur des pédoncules très courts. 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 aplaties 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. [HAVARD, Les plantes fourragères tropicales] [<http://fr.wikipedia.org/wiki/Vesce>]

2.2.3 Matériels utilisés

2.2.3.1 Le SPAD

Le SPAD ou chlorophyl 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,

développé 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.

2.2.3.2 Intercepteur de rayonnement

La mesure du rayonnement sert à connaître le rayonnement que peut absorber un couvert végétal. C'est un matériel formé de deux tubes blancs photosensibles qui captent l'intensité de la lumière, appelé « sensor » (en anglais) et d'une carte mémoire qui enregistre les différentes valeurs obtenues au cours des mesures. La carte est alimentée par une pile, et est reliée à un ordinateur à l'aide d'un câble USB pour l'exploitation des données. Les données vont être traitées par le logiciel **Deltalink 2.3**.

2.3 Méthodologies

Dans cette partie vont être traités les différentes mesures effectuées au cours du cycle et le traitement des résultats par les analyses statistiques

2.3.1 Les mesures

Les mesures s'effectuaient en deux étapes qui sont : les mesures durant le cycle et les mesures à la récolte.

2.3.1.1 Mesures durant le cycle

Cette partie donnera des détails sur les mesures qui se rapportent au stade végétatif du riz : la hauteur, la nutrition azotée, les besoins en lumière

a) Suivis de la croissance du riz

La hauteur des plants de riz a été mesurée chaque semaine dès le début tallage jusqu'à la floraison. Cette mesure peut être mise 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. La mesure a été réalisée sur trois poquets par parcelle, qui au début ont été choisis au hasard puis seront suivis jusqu'à la fin des mesures. L'opération a été effectuée à l'aide d'une règle pliable de 1m. D'abord, la règle a été posée au ras du sol ensuite le point le plus haut du poquet en étirant les feuilles avec les mains a été mesuré.

b) Suivis 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 a été utilisé. La mesure a été effectuée du début tallage jusqu'à floraison toutes les semaines sur 10 poquets au hasard en traversant la parcelle en diagonale, 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. La valeur relevée a été celle de la moyenne de ces 30 mesures par parcelles.

c) Interception du rayonnement

L'interception du rayonnement faisait partie du suivi de la croissance du riz. Cette opération a été effectuée seulement sur les parcelles en test riz sur le bloc A et le bloc D. La mesure a été effectuée deux fois pendant le cycle, lors de la phase végétative et au cours de la maturation du riz. Pour la mesure, le premier tube a été tenu au dessus des plantes pour capter le rayonnement direct en temps normal puis le deuxième a été posé au ras du sol pour mesurer le reste de la lumière ayant traversée les différents couverts végétaux. La différence entre ces deux valeurs donne la quantité de lumière absorbée par les plantes. Les valeurs obtenues sont en millivolts. Le but de cette manipulation a été de déterminer la relation de dominance ou de complémentarité entre des plantes en association.

2.3.1.2 Mesures à la récolte

La mesure à la récolte consiste à établir le rendement en riz et d'évaluer les biomasses produites dans les différents systèmes.

a) Elaboration du rendement

La mesure du rendement et de ses composantes 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 à suivre pour la récolte :

- Mise en place des 4 piquets pour repérer le carré
- Comptage du nombre de poquets présents (**nbr poq**) par carré
- Arrachage des 8 poquets se trouvant sur les 4 côtés du carré : comptage du nombre de plants (**nbr plts**), de tiges (**nbr talles**) et de panicules (**nbr pan**) sur ces plants, prélèvements et pesée en frais de l'échantillon de panicules (**PF echt pan**), après égrenage, les grains pleins et les grains vides ont été séparés, et pesés séparément à nouveau en frais (**PF echt GP** et **PF echt GV**)

- Coupe à la base des plants restants dans le carré
- Prélèvements de toutes les panicules, pesée à frais (**PF carré pan**)
- Sur les panicules de l'échantillon des 8 poquets :
 - ✓ Les grains pleins et les grains vides séparés ont été repesés après passage à l'étuve 72h à 60° C (**PS echt GP** et **PS echt GV**)
 - ✓ 2 sous échantillon de 200 grains pleins et 200 grains vides ont été réalisé et repesé pour l'obtention du poids d'un grain (**P1G**)

La formule du rendement est la suivante :

$$\text{Rendement} = \text{Nb Pa/m}^2 \times \text{Nb Ep/Pa} \times \% \text{ GP} \times \text{PMG}$$

(en g/m²)

avec **Nb Pa/m²** : nombre de panicules par m²

Nb Ep/Pa : nombre d'epillets par panicules

% GP : pourcentage de grains pleins

PMG : poids moyen d'un grain (en g)

b) Mesure de la biomasse des pailles

Après coupe au ciseau des racines, l'échantillon de paille sur les 8 poquets a été pesé frais (**PF echt paille**). L'échantillon est repesé après passage à l'étuve 72h à 60°C (**PS echt paille**), cet échantillon a permis l'obtention du taux d'humidité des pailles :

$$\text{Taux d'humidité des pailles} = \frac{(\text{poids frais à récolte} - \text{poids sec})}{\text{Poids frais à récolte}}$$

Le reste des pailles du carré a été pesé frais (**PF carré paille**) et remis sur le sol à l'endroit du prélèvement.

c) Mesure de la biomasse des plantes associées au riz

La récolte des plantes de couverture s'est effectuée sur les mêmes carrés que le riz. Elle a été réalisée sur les 3 interlignes. Sur tous les systèmes, après pesée et prise de l'échantillon de biomasse pour séchage, le reste de la biomasse sera étendu sur le sol. Tous les plants ont été coupé à 5-10 cm du sol et pesé en frais (**PF parc**). Des grains ont été récoltés séparément sur les plantes susceptibles d'en produire (**PG**). Ce fut le cas de l'éleusine et du lupin. Un échantillon a ensuite été pris et pesé en frais (**PF ech**) puis en sec (**PS ech**) après passage à l'étuve 72h à 60°C pour obtenir le taux d'humidité. Dans le cas du radis fourrager,

tous les plants ont été arrachés avec les tubercules. Les plants et les tubercules ont été séparés ensuite pour estimer la biomasse aérienne et la biomasse souterraine.

d) Mesure de la biomasse des plantes de couverture sur l'essai de couverture

La récolte a été réalisée par type de fumure pour chaque bloc et chaque plante en prélevant une bande de 1,20 m de large, perpendiculaire aux lignes de semis. Ainsi, on a pour :

Cajanus : 7 lignes de 4 poquets

Vesce : 7 lignes de 6 poquets

Radis : 7 lignes de 4 poquets

Trèfle : 7 lignes de 6 poquets

Eleusine : 7 lignes de 6 poquets

Crotalaire : 7 lignes de 4 poquets

Lupin : 7 lignes de 4 poquets

Pour toutes les plantes sauf le radis : coupe de toute la biomasse de la surface marquée ; récupération des grains si il y en a, pesée des graines (**PG**) ; récupération de toute la biomasse, y compris celle qui est tombé sur le sol sur la surface considérée ; pesée de cette biomasse (**PF Parc**), récupération d'un échantillon représentatif (**PF ech**) et séchage à l'étuve (72 h à 60° C) ; pesée de l'échantillon sec (**PS ech**)

Pour le radis : arrachage de tous les plants de la parcelle ; séparation des tubercules et des parties aériennes : récupération des graines si existe, et pesée (**PG**) ; pesée des tubercules de toute la parcelle (**PF parc tub**) ; prise d'un échantillon et pesée (**PF ech tub**) ; pesée de toutes les parties aériennes (**PF parc aer**) ; prise d'un échantillon et pesée (**PF ech aer**) ; séchage des échantillons et pesées (**PS ech tub et PS ech aer**). Les plants et les tubercules ont été séparés ensuite pour estimer la biomasse aérienne et la biomasse souterraine

e) Calcul du L.E.R.

La formule pour le calcul du L.E.R se présente comme suit :

$$\text{L.E.R} = \frac{\text{Rdt espèce A associée}}{\text{Rdt espèce A pure}} + \frac{\text{Rdt espèce B associée}}{\text{Rdt espèce B pure}} + \frac{\text{Rdt espèce i associée}}{\text{Rdt espèce i pure}} + \dots$$

2.3.2 Analyses 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 testée. Les tableaux et les graphiques ont été réalisés sur le tableur Microsoft excel.

Conclusion partielle

Divers systèmes de cultures ont été mis au point et testés sur la matrice. Plusieurs plantes fourragères y sont associées au riz ou au maïs. Pour la vérification des hypothèses, des suivis ont été effectués au cours du stade végétatif et à la récolte. Les résultats issus des suivies ont été analysés statistiquement afin de démontrer l'existence ou non de différence entre les facteur systèmes et fertilisation.

3 ANALYSE ET DISCUSSIONS DES RESULTATS

3.1 Comparaison de systèmes de culture de riz pluvial en rotation avec du maïs en association

3.1.1 Evolution des valeurs SPAD

La figure suivante présente l'évolution des valeurs SPAD sur S1, S2 et S3 de 37 jours après semis jusqu'à épiaison

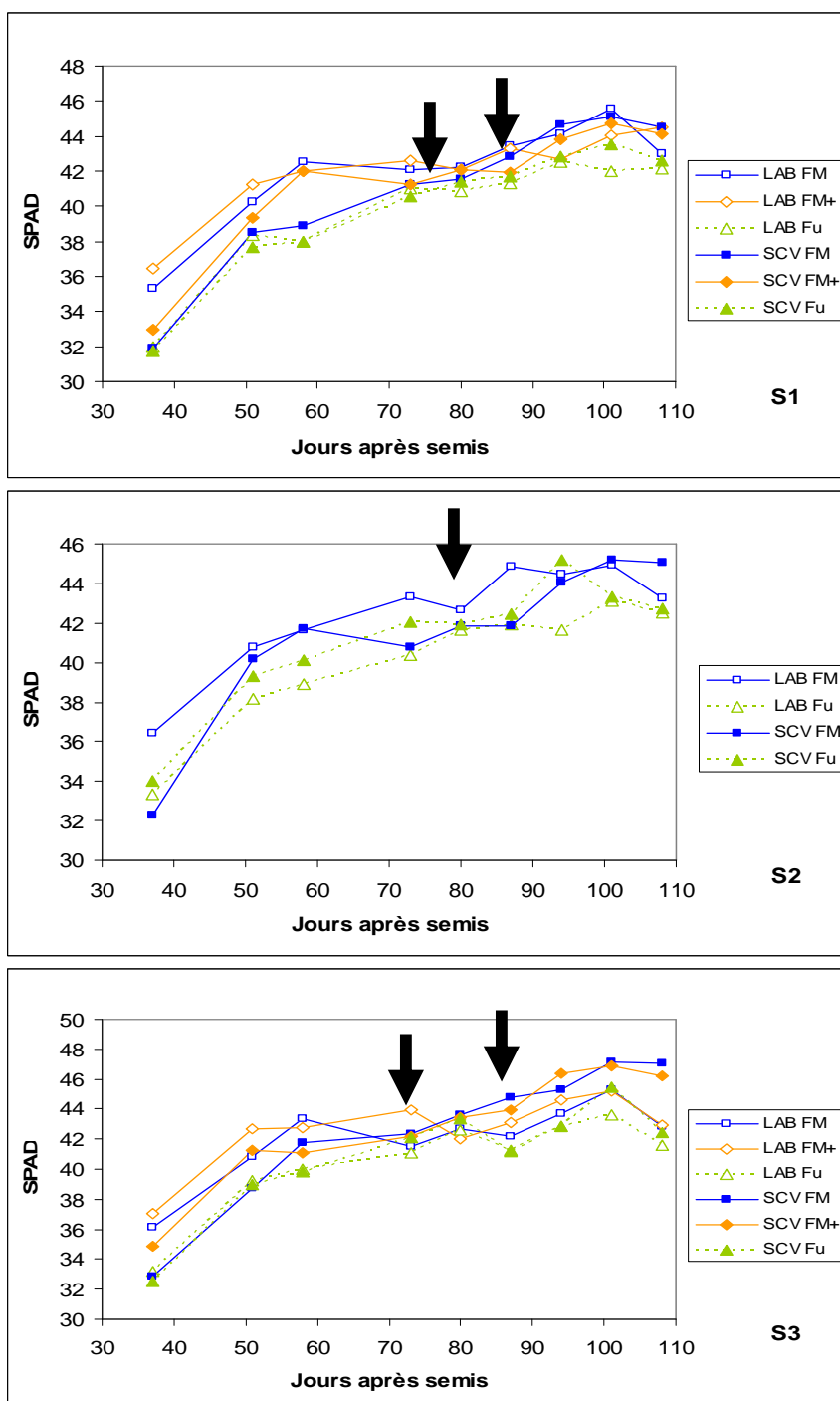


Figure 3: Evolution des valeurs SPAD sur les 3 systèmes de 37 JAS jusqu'à épiaison

Les figures ci-dessus montrent qu'au démarrage le système en labour est en léger avantage au système en SCV. Il n'y a pas tellement de différence entre les valeurs SPAD à partir de 80 JAS. Alors que les systèmes en SCV ont les meilleures valeurs SPAD à la fin des mesures.

- Pour S1, le système labouré est nettement supérieur au système en SCV en début de cycle. A 73 JAS, il n'y a plus de différence nette entre les systèmes. Les valeurs SPAD remontent à partir de 87 JAS. Les valeurs sur le système en SCV ne sont plus tellement différentes de celles du système en labour. Les systèmes ayant reçu une fertilisation uniquement organique ont les plus faibles valeurs SPAD tout au long du cycle. A la fin des mesures, ce sont les SCV FM, SCV FM + et LAB FM+ qui ont les plus grandes valeurs.

- Pour S2, le système labouré est nettement supérieur par rapport au système en SCV en début de cycle. Le système en SCV FM a du mal à démarrer en début de cycle. Les systèmes en Fu sont intermédiaires entre les deux systèmes en FM. Le deuxième apport d'urée a été réalisé à 80 JAS ce qui a remonté les valeurs SPAD à partir de 87 JAS, au moins pour les FM. Les valeurs remontent sur tous les systèmes sauf pour LAB Fu. A la fin des mesures, ce sont les systèmes en FM qui ont les plus grandes valeurs surtout pour le SCV.

- Pour S3, les systèmes en FM surtout en labour sont nettement supérieurs aux systèmes en SCV en début de cycle. A 73 JAS, les écarts ne sont plus tellement différents entre les systèmes alors que le LAB FM+ sort du lot puis baisse et ne remonte plus. Le deuxième apport d'urée a été effectué à 80 JAS. Les valeurs SPAD ont tendance à remonter à partir de 87 JAS. Les valeurs sur le système en SCV sont supérieures à celles du système en labour. Les systèmes ayant reçu une fertilisation uniquement organique ont les plus faibles valeurs SPAD tout au long du cycle. A la fin des mesures, les systèmes SCV FM et SCV FM + sortent du lot.

Au démarrage, les systèmes en SCV ont des valeurs plus faibles de SPAD, ceci pourrait être expliqué par le phénomène de « faim d'azote ». Il y a alors une compétition entre les microorganismes qui décomposent la matière organique et le jeune plant au niveau de l'azote. La différence peut aussi s'expliquer par la difficulté des racines en SCV pour explorer le sol, ce qui fait que la plantule a du mal à se nourrir¹. La dernière mesure a été effectuée à la sortie

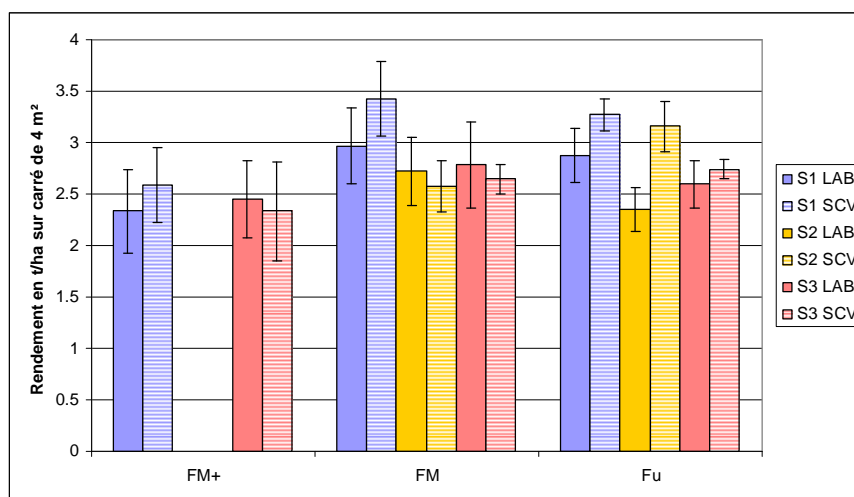
¹ Le système « plus exactement un semis direct sous une mince couche de résidus » n'a pas encore pu structurer le sol au bout de 7 ans.

des panicules (épiaison), et donc permet de juger de l'état azoté de la culture durant la période d'élaboration des organes reproducteurs.

3.1.2 Rendement et composantes

3.1.2.1 Rendement par système et par fertilisation

La figure suivante présente les rendements obtenus par système et par fertilisation



Les barres indiquent l'erreur standard à la moyenne

Figure 4: Rendements par système et par fertilisation en t/ha

D'après la figure 4, les systèmes en SCV ont donné en général des meilleurs rendements que les systèmes en labour. Les bons rendements sont observés plutôt dans les traitements en fertilisation minérale recommandée (FM). Ainsi, les meilleurs rendements du riz sont obtenus en S1 surtout en SCV FM (3,35 t/ha). Ces valeurs sont liées aux valeurs SPAD élevées qu'ont obtenu ces systèmes à la fin du cycle végétatif. Par contre, le traitement FM + a donné les plus faibles rendements. Pour un même système et une même fertilisation, l'effet de la gestion du sol n'est pas très important sur le rendement.

La figure suivante présente le nombre d'épillets produits par m² par systèmes

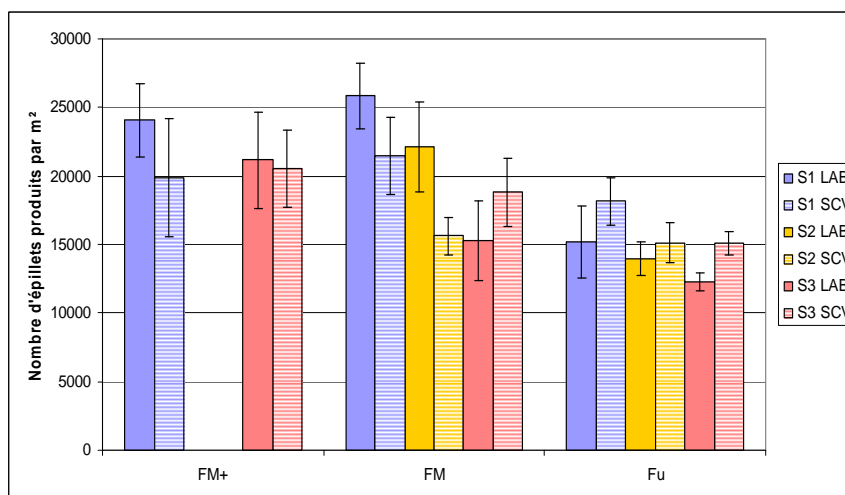


Figure 5: Nombre d'épillets produits par m² par système et par fertilisation

La figure 5 montre que le nombre d'épillets produits par m² est plus important pour les systèmes avec fertilisation minérale, et en particulier en labour. La mise en relation du nombre d'épillets avec le rendement montre qu'il n'y a pas une corrélation entre les deux facteurs. Les systèmes en FM+ produisent beaucoup plus d'épillets que les systèmes en Fu et pourtant ces derniers ont un rendement meilleur que les systèmes en FM+.

La figure suivante montre le pourcentage de grains pleins par m² par système et par fertilisation

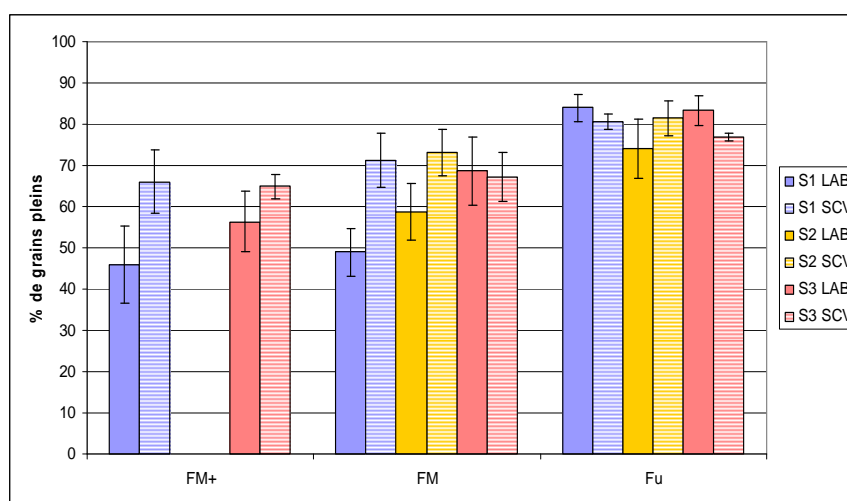


Figure 6: Pourcentage de grains pleins par système et par fertilisation

D'après la figure 6, un fort pourcentage de grains pleins est observé en Fu. Plus la fertilisation est forte, plus le taux de grains pleins diminue. Ce phénomène explique que même si les systèmes en FM+ ont une forte production d'épillets, le pourcentage de grains pleins est faible (ou le taux de stérilité des panicules est très élevé), et par conséquent ils ont une faible rendement. Donc le taux de stérilité des panicules est très élevé. En Fu, le nombre d'épillets produits est inférieur et pourtant un rendement élevé est obtenu car le taux de remplissage des grains est élevé.

La fertilisation n'est pas forcément en lien avec le rendement. La décomposition du rendement en différentes composantes permet de connaître le stade auquel participe la fertilisation sur le rendement comme l'effet qu'elle peut avoir sur le nombre d'épillets/m². Par contre, la fertilisation peut influencer aussi le remplissage des grains. Pour comprendre cette influence, le pourcentage de grains atteints par la pyriculariose¹ et le taux de stérilité des panicules ont été mis en relation.

¹ La pyriculariose est une maladie fongique du riz pluvial causée par la *Pyricularia oryzae*

3.1.2.2 Analyse statistique des rendements sur les 3 systèmes par fertilisation

L'analyse des résultats sur le rendement de riz et ses composantes obtenus sur les trois systèmes a été réalisée, après vérification qu'il n'y avait pas d'interaction entre les traitements « système » et « fertilisation », en deux étapes car le traitement FM+ n'existe pas sur S2 :

- une analyse sur les 3 systèmes (S1, S2 et S3) avec les 2 fertilisations (FM et Fu)
- une autre sur les 2 systèmes (S1 et S3) avec les 3 niveaux de fertilisations (FM+, FM et Fu)

Les tableaux suivant montrent les résultats des analyses statistiques sur les composantes du rendement dans les trois systèmes.

Tableau 1: Rendements et composantes obtenus sur les 3 systèmes toutes fertilisations confondues et sur les 2 fertilisations tous systèmes confondus

* Entre traitements les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Système Fertilisation	Nombre plants / m ²	Nombre panicules / plant	Nombre panicules / m ²	Nombre épillettes / panicule	Nombre épillettes / m ²	% grains pleins	Nombre grains pleins / m ²	PMG	Rende ment (t/ha)
S1 LAB	250.0 a	1.33 bc	330.5 ab	60.8 ab	20 511 a	66.4 b	12 408 ab	22.5 a	2.92 abc
S1 SCV	234.0 ab	1.46 ab	342.6 a	58.0 ab	19 805 ab	76.0 ab	15 170 a	24.7 a	3.35 a
S2 LAB	217.2 bc	1.24 c	271.1 c	67.5 a	18 088 abc	66.5 b	11 623 ab	23.8 a	2.53 c
S2 SCV	193.8 cd	1.46 ab	281.6 c	54.5 ab	15 380 bc	77.3 a	11 694 ab	24.4 a	2.87 abc
S3 LAB	184.0 d	1.42 ab	254.7 c	53.9 b	13 776 c	75.9 ab	10 094 b	24.4 a	2.69 bc
S3 SCV	194.5 cd	1.51 a	291.8 bc	58.7 ab	16 959 abc	72.0 ab	12 073 ab	23.6 a	2.69 bc
Fu	201.7 b	1.37 a	272.4 b	55.4 b	14 979 b	80.1 a	12 002 a	24.2 a	2.83 a
FM	222.8 a	1.44 a	318.4 a	62.4 a	19 961 a	64.6 b	11 980 a	23.5 a	2.85 a

Selon le tableau 1 le rendement varie entre 2,53 t/ha et 3,35 t/ha toute fertilisation confondue. La valeur la plus élevée a été observée sur le système S1 SCV et S2 LAB représente la valeur la plus faible. La différence est due au nombre de grains pleins/m² trouvé sur le système S1 SCV, qui est lui-même relié à un nombre de panicules/m² élevé. La différence entre les systèmes au niveau du nombre de plants/m² s'explique par le nombre irrégulier de grains semés par poquets. La moyenne admise est de 10 grains par poquet. Le nombre de plants manquant à la levée ou au cours de la phase végétative a réduit le nombre de plants/m² (attaque des insectes terricoles, incapacité à entrer en compétition). Le rendement est légèrement supérieure en SCV même si de différences significatives ne sont pas observées entre les deux gestions de sol. La fertilisation minérale n'a pas d'effet positif sur le rendement, tous systèmes confondus. Pourtant, l'effet fertilisation a été positif sur les

composantes élaborées avant fécondation, et c'est sur le pourcentage de grains pleins que l'effet de la fertilisation est négatif.

Tableau 2: Rendements et composantes obtenus sur les 2 systèmes toutes fertilisations confondues et sur les 3 fertilisations tous systèmes confondus

* Entre traitements les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Système Fertilisation	Nombre plants / m ²	Nombre panicules / plant	Nombre panicules / m ²	Nombre épillets / panicule	Nombre épillets / m ²	% grains pleins	Nombre grains pleins / m ²	PMG	Rendement (t/ha)
S1 LAB	245.6 a	1.41 a	343.8 a	62.1 a	21 701 a	59.6 b	12 053 ab	22.4 a	2.73 ab
S1 SCV	233.9 a	1.48 a	349.7 a	56.3 a	19 932 ab	72.7 a	14 455 a	23.7 a	3.10 a
S3 LAB	194.0 b	1.42 a	271.4 b	58.8 a	16 232 b	69.4 a	10 583 b	23.6 a	2.61 ab
S3 SCV	204.4 b	1.51 a	303.6 b	69.7 a	18 143 ab	69.7 a	12 465 ab	23.5 a	2.57 b
Fu	203.3 b	1.38 b	275.8 b	55.0 a	15 183 b	81.2 a	12 264 a	24.1 a	2.87 ab
FM	227.9 a	1.48 ab	334.0 a	60.7 a	20 343 a	64.0 b	12 608 a	23.4 a	2.96 a
FM+	227.1 a	1.51 a	341.6 a	62.0 a	21 405 a	58.3 b	12 295 a	22.4 a	2.43 b

Le tableau 2 montre que le meilleur rendement est obtenu en S1 SCV (3,10 t/ha) alors que le rendement le plus bas est obtenu en S3 SCV (2,57 t/ha). La différence est due essentiellement à un nombre de grains pleins/m² supérieur, lié au pourcentage de grain plein et un nombre de plant/m² plus élevé. Les meilleurs rendements observés tous systèmes confondus sont obtenus en FM et Fu : si les plants/m² sont plus nombreux avec fertilisation minérale, le pourcentage de grains pleins est plus important en Fu, ce qui amène finalement un nombre de grains pleins/m² presque identique. C'est alors le PMG qui fait la différence.

3.1.3 Production de paille

La figure suivante montre la production totale de biomasse sur S1, S2 et S3 par fertilisation.

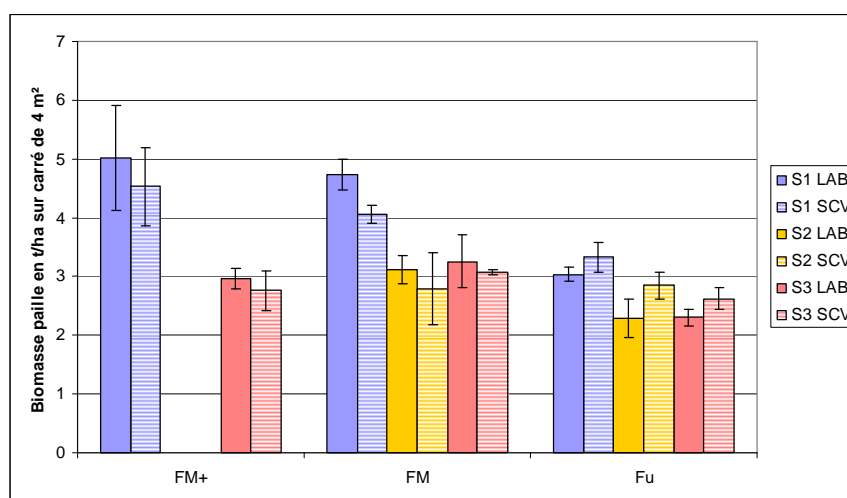


Figure 8: Biomasse de paille de riz produite en t/ha par système et par fertilisation

D'après la figure 8, le système S1 a la plus forte production de biomasse pour chaque niveau de fertilisation. Sur FM et FM+, le système en labour a une production de biomasse nettement supérieure au système en SCV. Alors que la tendance semble s'inverser en Fu : les systèmes en SCV ont la production de biomasse élevée. La fertilisation organique ne donne pas assez de biomasse car les biomasses obtenues y sont plus faibles.

Le système S1 SCV a donné de meilleurs rendements car il a été précédé d'une association de graminées et de légumineuses. Elles ont apportées de l'azote dans le sol par fixation symbiotique. L'effet a été renforcé par les résidus qui ont été restitués dans la parcelle. Tandis que le système S2 LAB a donné le plus faible rendement. Il a été en rotation avec une association de deux graminées qui ont épuisé le sol. De plus, les résidus de récolte n'ont pas été restitués au sol en labour.

D'après le tableau 3, on remarque que c'est sur le système S2 qu'il y a eu le plus de production de la rotation lors de la campagne précédente, et S3 le moins.

Tableau 3: Production des rotations de la campagne 2007-08 (en t/ha)

Système	Rendement grains maïs	Biomasse canne+résidus
S1	2.05	3.59
S3	1.18	3.43
S2	2.23	3.77

3.2 Comparaison de systèmes de culture en association avec du riz pluvial

3.2.1 Comparaison des systèmes au cours du cycle

La comparaison des systèmes au cours du cycle va porter sur l'évolution de la hauteur du plant de riz, son état de nutrition et la capacité du riz associé aux plantes fourragères à couvrir le sol.

3.2.2 Effets sur la croissance (mesure de la hauteur du riz)

Les figures suivantes présentent la croissance du riz dans les différentes associations.

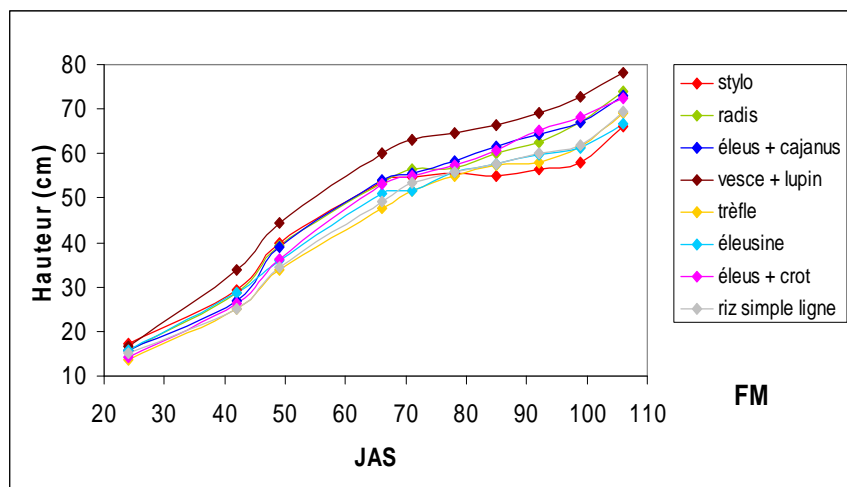


Figure 9: Evolution de la hauteur des différents systèmes de 24 jours après semis jusqu'à épiaison en F`M

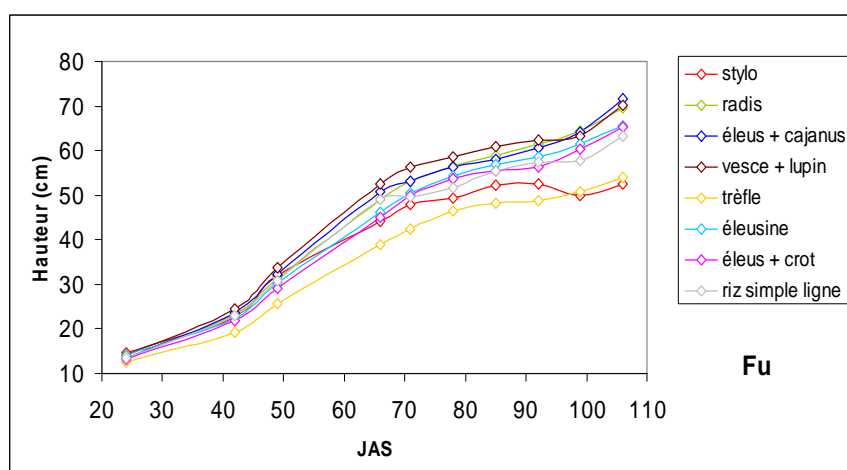


Figure 10: Evolution de la hauteur des différents systèmes de 24 jours après semis jusqu'à épiaison en Fu

D'après les graphiques :

- En FM, tous les systèmes ont presque la même valeur au début de la mesure. Ensuite le système vesce+lupin sort du lot en ayant les valeurs de hauteur les plus élevées. Le système stylosanthes se trouve en dessous de tous les autres.

- En Fu, il n'y a pas tellement de différence entre tous les systèmes. Toutefois les valeurs les plus faibles s'observent sur les systèmes avec stylosanthes et le trèfle à la fin des

observations. La baisse de la hauteur du riz sur le système avec le stylosanthes est due à la disparition de certains plants dans les poquets suivis.

3.2.2.1 Effets sur le statut azoté

Les figures suivantes montrent l'évolution de la nutrition azotée des plants de riz au sein des associations.

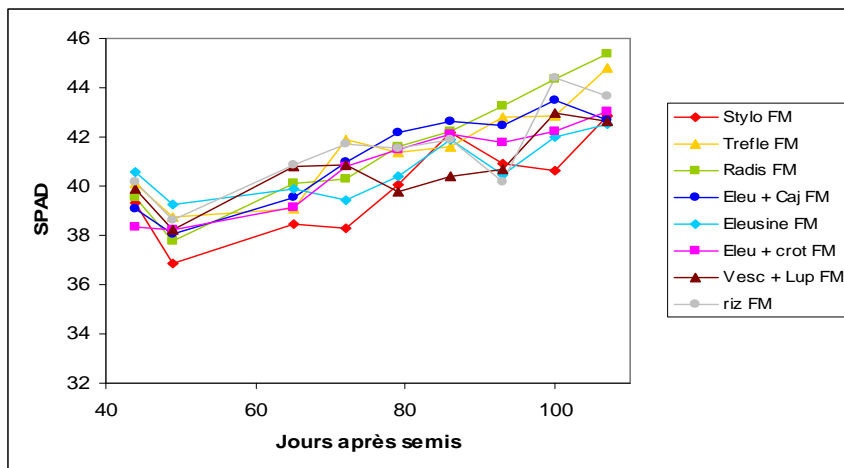


Figure 11: Evolution des valeurs SPAD sur les différents systèmes de 44 jours après semis jusqu'à épiaison Effets sur le statut azoté en FM

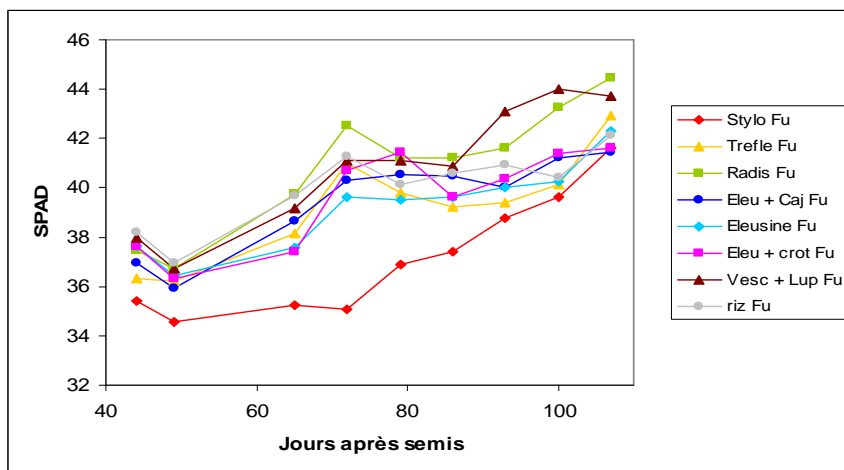


Figure 12: Evolution des valeurs SPAD sur les différents systèmes de 44 jours après semis jusqu'à épiaison Effets sur le statut azoté en Fu

D'après les figures 11 et 12:

- Sur FM, au début du cycle cultural, le système éléusine a la valeur SPAD la plus élevée et le système éléusine+crotalaire la plus faible. Après la deuxième mesure, il y a beaucoup de divergence ce qui fait que l'allure des courbes n'est pas homogène. Le riz en association avec le stylosanthes a de faibles valeurs SPAD presque tout au long du cycle. A partir de la 6^{ème}

mesure le système radis sort du lot avec des valeurs plus élevées jusqu'à la fin des observations, ensuite viennent les systèmes trèfle et riz simple ligne.

▪ Sur Fu, la différence des valeurs SPAD obtenues est assez nette dès le début des mesures. Le système stylosanthes est complètement différent des autres systèmes du début jusqu'à la fin des observations avec des valeurs les plus faibles. Les meilleures valeurs SPAD observées sont obtenues sur les systèmes radis et vesce+lupin.

3.2.2.2 Effets sur la fermeture du couvert (mesure de la lumière interceptée entre le haut et le bas du couvert)

Les figures suivantes montrent l'évolution de la fermeture du couvert entre deux dates différentes de mesures.

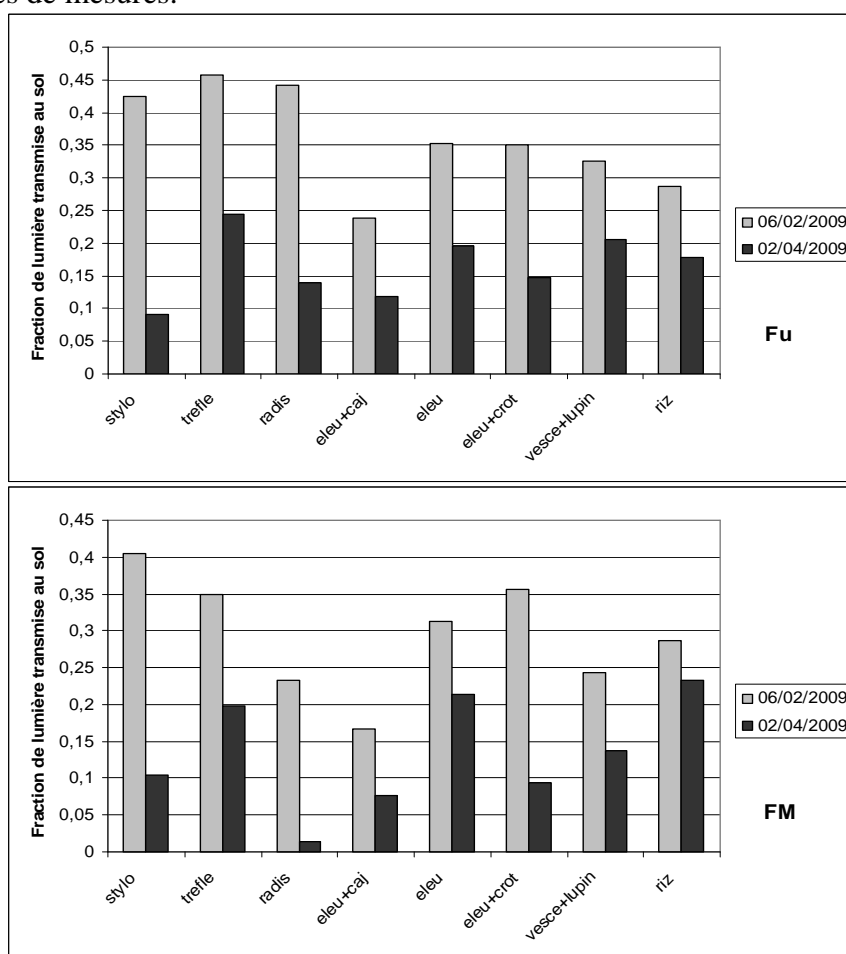


Figure 13: Evolution de la fermeture du couvert sur les différents systèmes

D'après les figures 13, la fraction de lumière transmise au sol sur le stylosanthes est la plus élevée en FM tandis qu'elle l'est sur le trèfle en Fu pour la 1^{ère} date de mesure (une coupe avait été effectuée le 27/01). Du fait de la croissance des plantes, la fraction de lumière transmise au sol est inférieure lors de la 2^{ème} mesure. Les lumières transmises au sol sur le système éleusine+cajanus sur les 2 fertilisations sont les plus faibles pour la première date de

mesure. A la 2^{ème} date, la plus forte fermeture de la couverture s’obtient sur le stylosanthes pour la fertilisation organique tandis qu’elle est obtenue sur le radis en FM. Les plus faibles fermetures des couverts sont avec trèfle en Fu et avec riz simple ligne en FM.

La différence entre la lumière transmise pour chaque plante s’explique par les caractères morphologiques différents des plantes (rampant, érigé...). La mesure de l’interception du couvert permet de juger de l’occupation de l’espace des plantes associées. Le radis occupe rapidement l’espace surtout avec la fertilisation minérale. Ainsi, il gêne la croissance du riz en association. En comparant avec le riz en simple ligne, on peut tenter d’évaluer les plantes les plus gênantes en association: le radis, le stylosanthes.

3.2.3 Comparaison des systèmes en terme de rendement en riz

3.2.3.1 Rendement par système et par fertilisation

Le graphique suivant donne les rendements obtenus sur les différentes associations

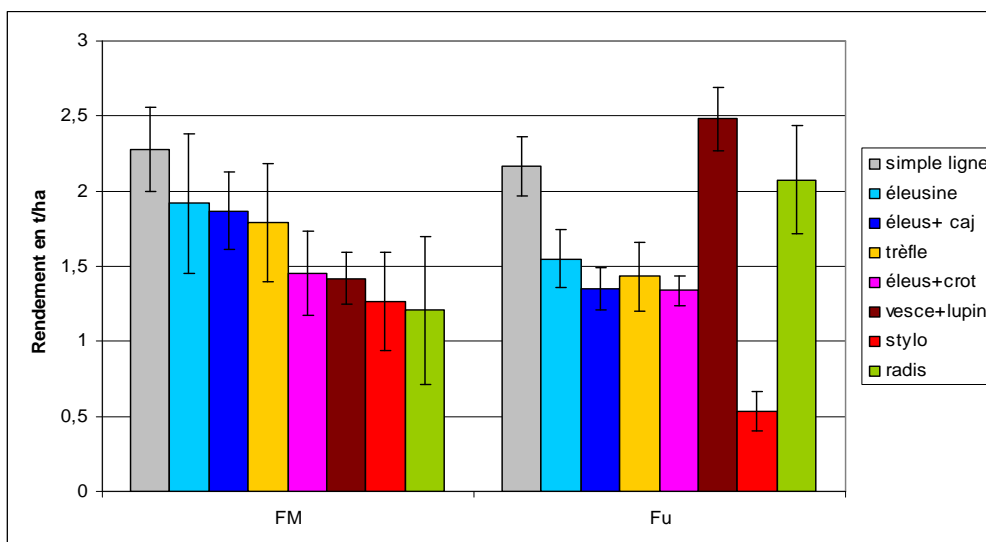


Figure 14: Rendement obtenu sur les différents systèmes en association

D’après la figure 14 le meilleur rendement est obtenu en Fu sur le système vesce+lupin (2,48 t/ha) viennent ensuite les rendements du riz simple ligne et du radis. Le plus faible rendement étant obtenu sur le système avec stylosanthes toujours en Fu (0,54 t/ha). En FM, selon les écartypes, il n’y a pas tellement différence remarquée entre les systèmes sauf pour le témoin riz.

Les graphiques suivant montrent le nombre d'épillets produits et le pourcentage de grains pleins par m² sur les différentes associations.

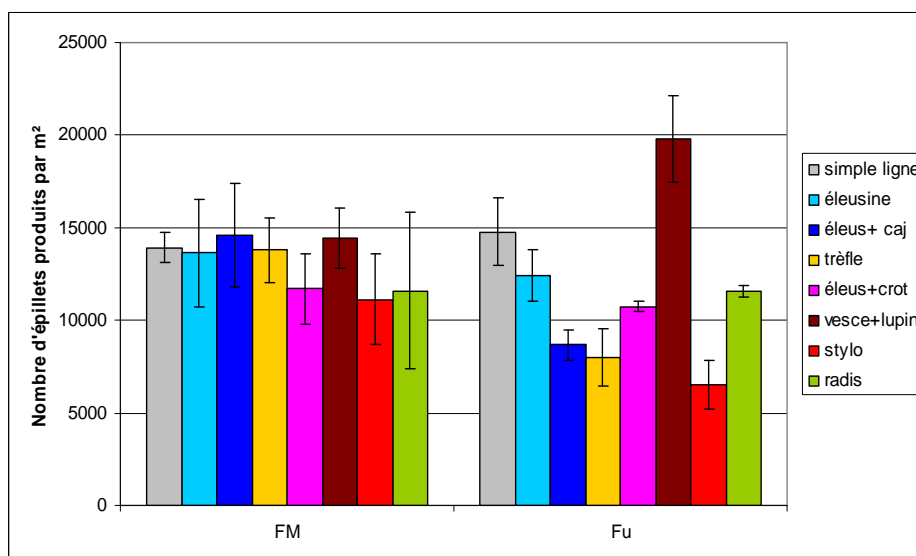


Figure 15: Nombre d'épillets produits sur les différents systèmes en association

La figure 15 montre que le nombre d'épillets produits par m² le plus élevé est obtenu sur le système vesce+lupin tandis que le plus faible nombre est obtenu avec le stylosanthes, tous les 2 en Fu. Ceci explique les rendements obtenus sur ces 2 systèmes. Il n'y a pas tellement de variation du nombre d'épillets produits entre les systèmes en FM alors qu'il est irrégulier en Fu.

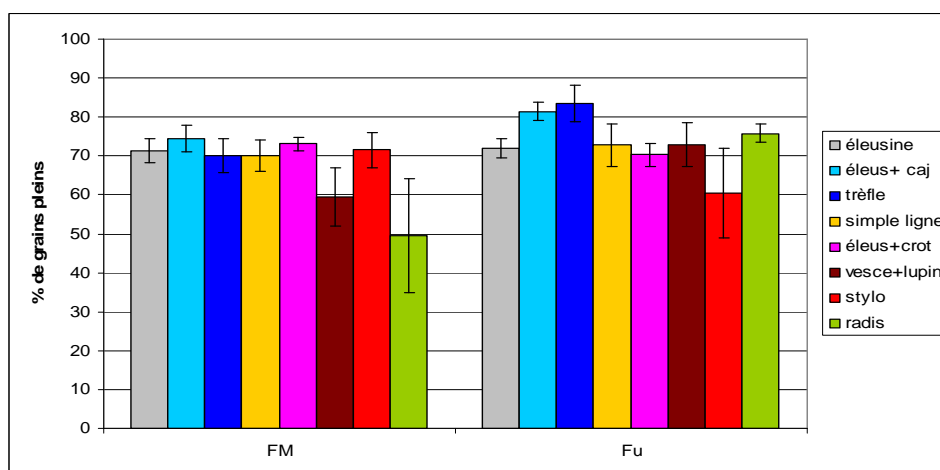


Figure 16: Pourcentage de grains pleins des panicules sur les différents systèmes en association

D'après la figure 16, le pourcentage de grains pleins le plus faible est sur le système radis en FM. Les plus fort taux de grains pleins se trouvent sur l'éleusine et

l'éléusine+cajanus en Fu. Et pourtant ces systèmes ne présentent pas les meilleurs rendements car ils ne produisent pas assez d'épillets surtout l'éléusine+cajanus.

3.2.3.2 Analyse statistique des rendements sur les 8 systèmes

Le tableau suivant présente le résultat de l'analyse statistique effectuée sur les composantes du rendement.

Tableau 4: Rendements et composantes obtenus sur les 8 systèmes toutes fertilisations confondues et sur les 2 fertilisations tous systèmes confondus

* Entre traitements les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Système	Nombre plants / m ²	Nombre panicules / plant	Nombre panicules / m ²	Nombre épillets / panicule	Nombre épillets / m ²	% grains pleins	Nombre grains pleins / m ²	PMG	Rendement (t/ha)
Stylosanthes	175,8 c	1,3 d	210,5 b	42,5 cd	8834,1 d	66,0 b	6126,6 c	22,9 abc	0,9 d
Trèfle	188,3 abc	1,4 bcd	266,0 a	39,9 d	10891,0 bcd	71,4 ab	7663,53 bc	22,8 abc	1,6 bc
Radis	120,7 d	2,1 a	253,9 ab	43,6 bcd	11538,8 bcd	62,7 b	7783,8 bc	23,7 abc	1,6 bc
Eleus+caj	200,4 abc	1,3 cd	256,6 ab	44,7 bcd	11819,3 bcd	78,8 a	9017,2 abc	23,5 abc	1,6 bc
Eleusine	202,7 ab	1,3 cd	266,0 a	48,7 abc	13039,8 bc	77,9 a	10235,7 ab	23,8 ab	1,7 bc
Eleus+crot	189,1 abc	1,4 cd	257,0 ab	41,5 cd	10771,9 cd	71,4 ab	7739,4 bc	24,3 a	1,4 c
Vesce+lupin	211,7 a	1,4 bc	300,4 a	56,6 a	17116,7 a	66,1 b	11435,9 a	22,2 c	2,0 ab
Témoin riz	181,6 bc	1,6 b	284,0 a	51,7 ab	14354,5 ab	71,6 ab	10223,5 ab	22,3 bc	2,2 a
Fu	184,1 a	1,5 a	259,1 a	43,4 b	11498,9 a	74,0 a	8567,3 a	23,7 a	1,62 a
FM	183,4 a	1,5 a	264,6 a	48,9 a	13092,6 a	67,4 b	8989,2 a	22,7 b	1,61 a

D'après le tableau 4, le meilleur rendement est obtenu sur le témoin en riz simple ligne. Ce résultat est attendu car aucune plante associée ne gêne la croissance du riz. Pour les associations, le rendement le plus élevé est celui du système vesce + lupin avec 2,0 t/ha. Cette valeur s'explique par le nombre élevé de grains pleins par m². Le système vesce + lupin a le plus fort nombre de plants par m² ainsi que le nombre de panicules par m². Par contre il a le plus faible poids moyen d'un grain. Il n'y a pas de différence significative entre les deux fertilisations. En FM, une valeur statistiquement plus élevée du nombre d'épillets par panicules alors que c'est l'inverse pour le pourcentage de grains pleins et le PMG. Ceci est dû à l'influence de la pyriculariose plus forte sur les parcelles en FM.

Le rendement du riz associé avec la vesce et le lupin en Fu est le plus élevé. En effet, l'association s'est montrée différente lors des différentes mesures (hauteurs et valeurs SPAD) avec des valeurs au dessus des autres. Cette situation laisse au riz le temps d'élaborer autant d'épillets. Comme on est en Fu, l'attaque de la pyriculariose n'a pas d'incidence sévère sur le remplissage des grains. Le riz avec le stylosanthes a donné le plus faible rendement. Ses valeurs au cours des mesures pendant le stade végétatif ont été faibles. Le stylosanthes a été

installé depuis 2 ans sur les parcelles, ses racines ont dominées le profil cultural ce qui a défavorisé la croissance du riz. De plus, en Fu le plant de riz n'a pas pu trouver assez d'éléments nutritifs. La croissance et la pollinisation du riz sont aussi perturbées par l'envahissement des plantes associées, cas du radis et du stylosanthes (cf. fermeture du couvert). Le riz associé au radis en Fu a pu mieux se développer (car il y avait trop forte concurrence en FM), en relation avec les valeurs de SPAD et de croissance (hauteur) plus élevées observées en Fu.

3.2.4 Comparaison des systèmes en terme de production de biomasse

Les quantités de biomasse exportées durant le cycle, lors de coupes de la plante en association qui était en forte compétition avec le riz (2 coupes sur le stylosanthes, 1 coupe unique sur éleusine, crotalaire, cajanus, lupin, radis) sont incluses dans les résultats présentés ci-dessous

Les figures suivantes représentent la quantité de biomasse produite par les différentes associations

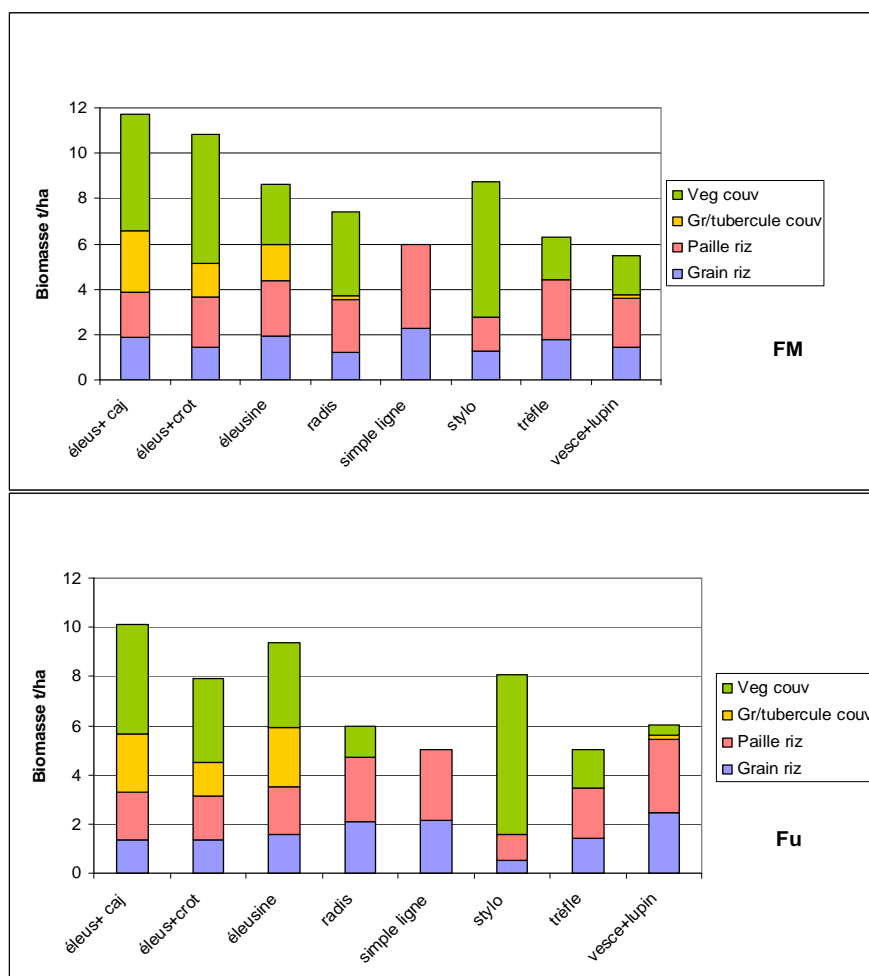


Figure 17: Production de biomasse totale sur les différents systèmes en association

Le graphique 17 montre que les plus fortes productions de biomasse sont obtenues dans les associations avec l'éléusine. Ceci est lié à la forte production de grain de cette culture alliée à une forte biomasse végétative. Les plus faibles productions de biomasse sont en FM sur le système vesce+lupin et sur les systèmes riz simple ligne et trèfle en Fu. Le lupin perd ses feuilles très rapidement, tandis que la vesce a une production végétative assez faible dans nos conditions. 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. La production de biomasse et la fertilisation sont en corrélation positive c'est-à-dire que plus la culture reçoit une forte quantité d'engrais, plus elle va produire de la biomasse, en particulier pour la biomasse végétative.

Un certain nombre d'associations permettent des productions intéressantes de grain de riz, tout en assurant une production de biomasse importante. Il s'agit en particulier en FM des associations avec éléusine seule ou accompagnée d'une légumineuse, et dans une moindre mesure de l'association avec trèfle ou avec vesce+lupin. En Fu, la compétition avec le riz est plus forte, seule les associations avec radis ou vesce+lupin sont intéressantes pour le riz, mais peu productives en biomasse.

3.2.5 Evaluation de l'association par le LER

3.2.5.1 Production en culture pure

Les graphes suivants montrent la production en biomasse des plantes associées au riz quand elles sont cultivées en pur.

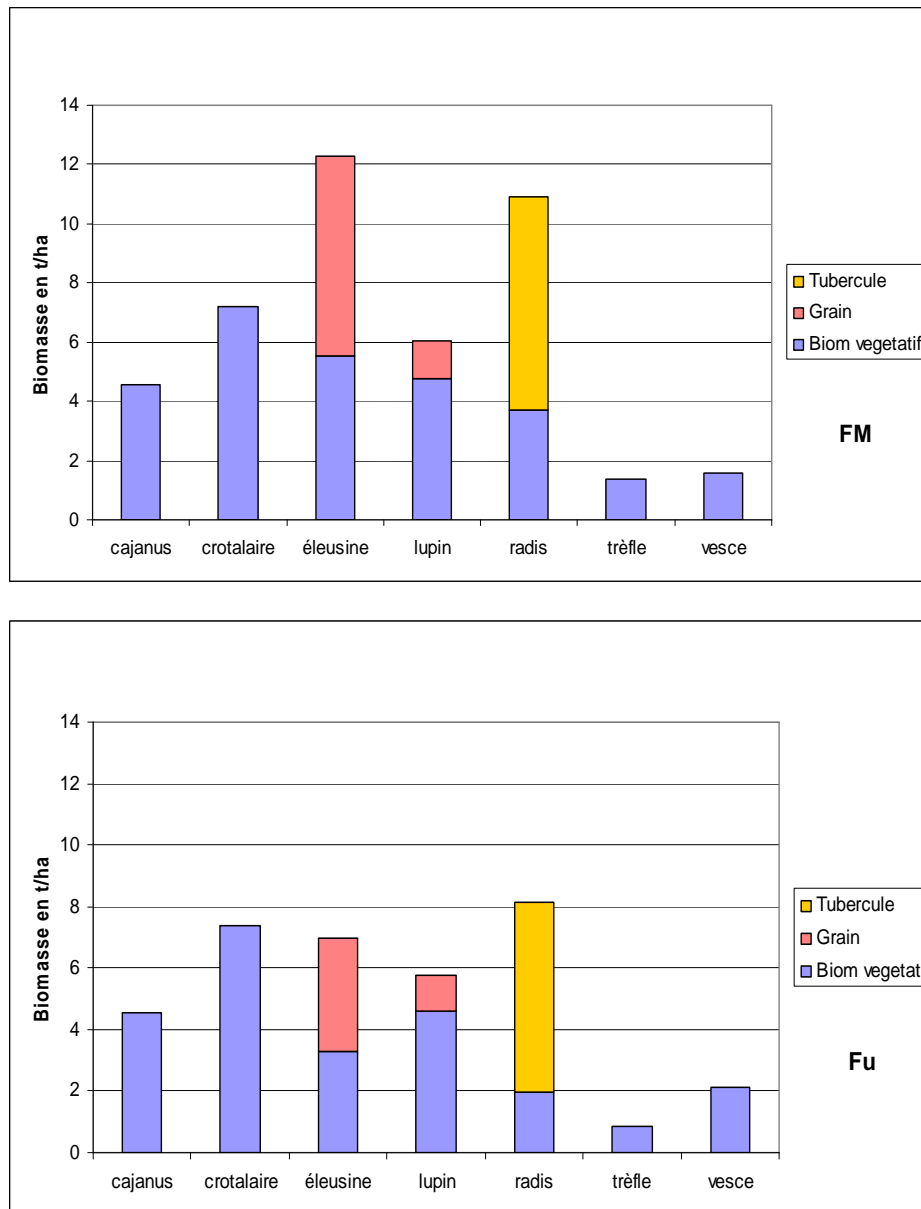


Figure 18: Production de biomasse sur les plantes de couverture en culture pure (en t/ha)

D'après la figure 18 le trèfle et la vesce sont les plantes qui donnent la plus faible biomasse. Le trèfle est une plante de petite taille tandis que la vesce avait dépassé sa maturité et déjà perdu beaucoup de feuilles au moment de la récolte, ce qui explique en partie la faible biomasse récoltée. En culture pure, une quantité considérable de tubercules de radis a pu être

récupérée alors qu'en association, la production a été très faible. Et pourtant le semis sur l'association a été réalisé deux semaines avant. Ce qui amène à la déduction suivante : le radis est gêné quand il est cultivé en association. L'effet de la fertilisation est positif sur l'éleusine et le radis et négligeable sur les autres plantes.

3.2.5.2 LER

Les LER (« Land Equivalent Ratio ») présentés ci-dessous ont été calculés à partir de la production globale de chaque association ou culture pure (biomasse végétative, grains et tubercules).

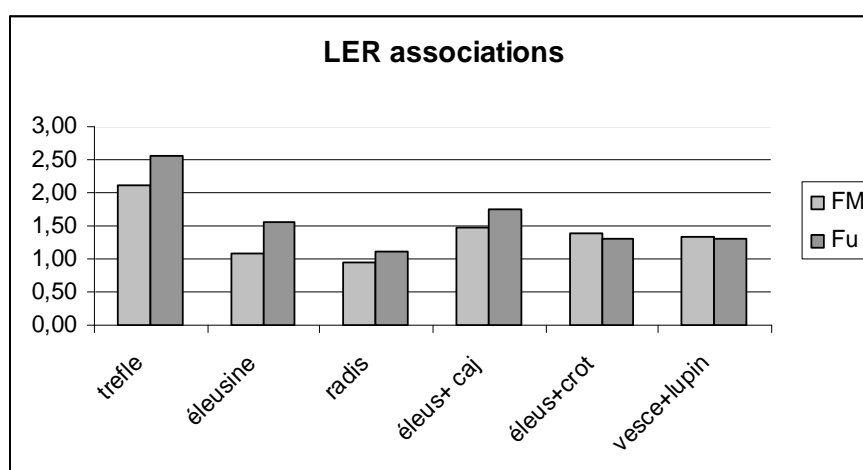


Figure 19: Valeurs des LER de chaque association

En général, lorsque le LER est supérieur à 1 l'association est meilleure que la culture pure. Un LER=2, par exemple (cas trèfle en FM), veut dire qu'il faudrait 2ha en culture pure pour obtenir la même production globale que celle d'1ha de l'association, ce qui montre que les 2 plantes en association ne sont pas en compétition. D'après la figure 19, les LER les plus élevés sont observés sur l'association du riz avec le trèfle en FM comme en Fu. Seule l'association avec le radis en FM a une valeur inférieure à 1. Ceci s'explique par l'envahissement du radis en association qui a engendré un faible rendement en riz, et au fait que le radis a donné 7 t/ha de tubercules en culture pure et rien en culture associée (voir ci-dessus). Les LER sont supérieurs en Fu pour le trèfle et l'éleusine, peu influencés par la fertilisation sur les autres associations.

Pour préciser ces résultats, les figures suivantes vont montrer la part prise par chaque culture (riz ou plante(s) associée(s)) dans le LER final de l'association.

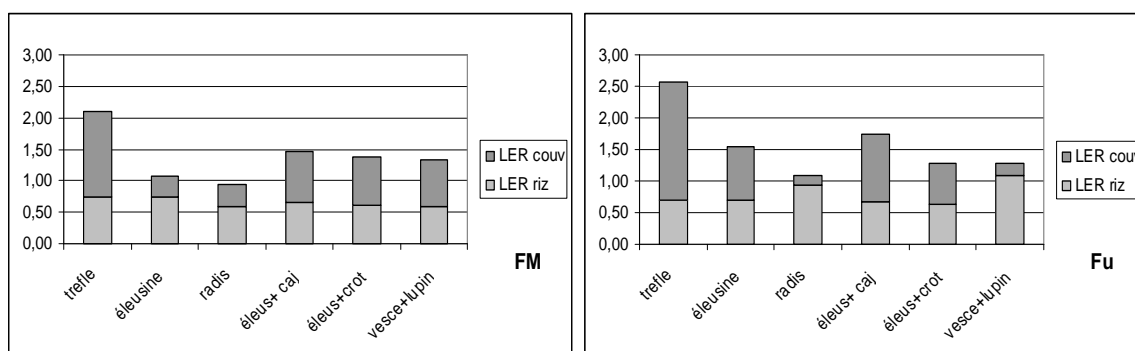


Figure 20: Parts respectives du riz et des couvertures dans le LER de l'association

La part du riz dans le LER est toujours inférieure à 1, sauf pour l'association avec vesce+lupin en Fu. Toutefois, dans ce cas, la production de la couverture est restée très faible. Le riz est donc généralement pénalisé par l'association, alors que la couverture est souvent avantagée par l'association (part de LER supérieure à 1).

L'association avec une plante fourragère entraîne une compétition plus ou moins forte sur le riz. Seules les plantes qui se sont peu développées ont permis au riz de garder la même production qu'en culture pure. Par contre, dans certains cas, l'association semble très bénéfique à la plante de couverture, en particulier pour le trèfle, quelle que soit la fertilisation utilisée. Les associations de couvertures souffrent peu de la compétition avec le riz, alors que l'éleusine et surtout le radis sont très fortement pénalisés par l'association (pour le radis, son semis dans l'association a été décalé, ce qui pénalise sa production de tubercules).

A l'issue de ces différents résultats, la meilleure association est obtenue sur le riz avec l'éleusine.

Conclusion partielle

A travers les différents résultats, les hypothèses ont pu être vérifiées. En effet,

✓ Un précédent cultural légumineuse est meilleur qu'un précédent cultural graminée. Le meilleur rendement du riz et la plus forte production de biomasse ont été obtenu sur S1 et S3.

✓ Le rendement a tendance à diminuer lorsque la dose d'engrais azoté est supérieure à la dose recommandée (FM). Les plantes très fertilisées sont sensibles à l'attaque de la pyriculariose (cas de la variété FOFIFA 161).

✓ Le meilleur rendement pour le riz en association a été obtenu sur le système ayant produit la plus faible biomasse, cas du riz avec la vesce et le lupin. Par contre, la production du riz a été affectée par les plantes qui ont des enracinements puissants, cas du stylosanthes et du radis. Donc la troisième hypothèse est confirmée en partie seulement. Elle n'est pas valable pour toutes les plantes utilisées dans l'expérimentation.

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

L'insuffisance de la production obtenue par la riziculture aquatique a amené les paysans malgaches à exploiter des collines ou « tanety ». Ces collines sont peu fertiles et très fragiles. Des organismes de recherche ont travaillé sur ces contraintes et ont promu une nouvelle technique de conservation de sol. Cette recherche a été appliquée sur le dispositif expérimental de l'URP SCRiD se trouvant dans la commune rurale d'Andranomanelatra. L'élevage de vaches laitières est très prépondérant dans la zone d'où l'intégration de la production fourragère dans les cultures vivrières. Cette étude a fait sortir les meilleurs systèmes de culture en terme de rendement et de biomasses produites. Le travail a porté sur la comparaison :

- du statut azoté du plant de riz et de sa croissance dans les associations au cours de la phase végétative ;
- des rendements obtenus par les différents systèmes à la récolte ;
- des biomasses produites par chaque système ;

L'analyse des résultats a amené aux conclusions suivantes :

- a. les systèmes SCV ont de bonnes valeurs SPAD sauf au démarrage ;
- b. sur le système en rotation, le meilleur rendement en riz est obtenu en S1 SCV (3,35 t/ha) et la meilleure production de paille sur S1 LAB FM+ (5,0 t/ha) ;
- c. sur le riz en association, le meilleur rendement a été obtenu avec le riz associé à la vesce et le lupin (2,0 t/ha) ;
- d. la plante fourragère qui produit le plus de biomasse dans l'association (graine comprise) est l'éleusine (9,32 t/ha) ;

D'après ces résultats, nous pouvons conclure que le système S1 a donné le meilleur rendement tant en riz qu'en biomasse parmi les systèmes en rotation. L'association du riz avec l'éleusine est meilleure. Certes elle ne donne pas le meilleur rendement mais elle donne une quantité importante de biomasse.

Pour améliorer cette étude dans les prochaines campagnes, nous nous sommes permis d'émettre quelques suggestions :

- ✚ Faire une étude sur les valeurs bromatologiques des plantes fourragères utilisées;
- ✚ Envisager une utilisation possible des grains d'éleusine en alimentation humaine ou animale;

✚ Prévoir une meilleure utilisation de l'intercepteur du rayonnement par la mesure entre les différentes couches de végétation surtout pour les plantes fourragères qui dépassent la hauteur du riz;

✚ Malgré les tentatives de contrôle par des coupes au cours de la phase végétative, certaines plantes qualifiées d'envahissantes devraient être abandonner pour l'association avec le riz: cas du radis et du stylosanthes. Cependant ces plantes sont très intéressantes pour la production en culture pure ;

Les recommandations suivantes sont particulièrement pour la variété FOFIFA 161 :

✚ Avancer l'apport d'urée à 60 JAS sur les systèmes en FM, car d'après les observations faites durant le cycle, le statut azoté a tendance à diminuer à ce niveau

✚ Opter pour une autre variété de riz plus résistante à la pyriculariose car soit le FOFIFA 161 a perdu au cours du temps sa résistance, soit la pyriculariose est devenue plus virulente.

✚ Modérer l'emploi de fertilisation minérale sur la variété FOFIFA 161. dans notre expérimentation, ne pas dépasser la dose recommandé FM ;

✚ Favoriser le développement des plantules en SCV au démarrage en augmentant la dose d'engrais car il y a une forte compétition vis-à-vis de l'azote entre les microorganismes et les plants de riz.

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 système de culture du riz pluvial à adopter pour avoir un résultat satisfaisant.

BIBLIOGRAPHIES

1. **ANDRIANJAFY L.H.** ,2004.-Etudes et évaluation de la capacité d'installation de variétés de riz pluvial dans la région du Vakinankaratra- Mémoire de fin d'étude ESSA. Département Agriculture. 81 p
2. **BEDOUSSAC L.** Analyse de la dynamique de compétition pour la lumière dans les associations blé dur-pois d'hiver en fonction de la disponibilité en azote. Mémoire master INAPG
3. **BERTRAND C.**, 2001.-Lutter contre les nématodes à galles en Agriculture Biologique. GRAB 4 p (fichier PDF)
4. **BULSON et al.**, 1997. - Effect of plant density on intercropped wheat and field beans in an organic farming system. Journal of Agricultural science, Cambridge n°128. p 59-71
5. **CORRE-HELLOU G.**, 2005.-Aquisition de l'azote dans les associations pois-orge en relation avec le fonctionnement du peuplement. Thèse de Doctorat
6. **DAGNELIE P.**, 2003.-Principes d'expérimentation. Chap 7 : Les expériences en parcelles divisées (split-plot) et en bandes croisées (split-block) 48 p
7. **DOBELMANN J.P.**, 1976.-Riziculture pratique 2, riz pluvial. Éditions techniques vivantes. Presses universitaires de France. 123 p
8. **DUMAS C, BONNEMAIN J.L.**, 1998 La biologie végétale. Que sais-je ? presses universitaire de France.125 p
9. **HAUGGAARD-NIELSEN et al.**, 2005.-Density and relative frequency effect on competitive interactions and resource use in pea-barley intercrops. article in press Field Crops Research.12 p
10. **HAVARD D.**1967, Les plantes fourragères tropicales. Maisonneuve et Larose. Paris 397 p
11. **MAE-CIRAD-GRET**, 2002. Mémento de l'Agronome
12. **MAEP** 2008.- Fiche technique : Riz pluvial 6p
13. **MOREAU D.** ,1987. -L'analyse de l'élaboration du rendement du riz : les outils de diagnostic GRET -Paris110p
14. **MOVES S., VINSON C.**, Les association blé-pois : quelle faisabilité technique et quels débouchés ? Rapport de projet d'ingénieur INAPG.26 P
15. **MICHELLON et al.**, 2005.-Rapportde campagne 2003-2004. Hautes Terres et Moyen Ouest. 88 p
16. **PRESTON S.** Intercropping principles and production practices. Agronomy Systems Guide ATTRA. 12 p
17. **RABENJANAHARY T.H.**, 2007.-Diagnostic agronomique de la production de riz pluvial sur les hautes Terres Malgaches : cas du fokontany d'Antsapanimahazo- Mémoire de fin d'étude ESSA. Département Agriculture 55p
18. **RAHANTANIRINA M. A.** ,2007- Evaluation des systèmes de culture du riz pluvial : comparaison des fertilisations, des modes de gestion du sol et des précédents culturaux - Mémoire de fin d'études ASJA option Agriculture. 95 p
19. **RAMAHANDRY A.F.**, 2003.- Influence des conditions pédoclimatiques et de l'itinéraire cultural sur la phase végétative et l'élaboration du rendement des variétés de riz pluvial d'altitude : recherche d'adaptation spécifique. Mémoire de fin d'étude ESSA. Département Agriculture 81p

20. **RAMANANKAJA L.** cours d'expérimentation agricole 5^{ème} année
21. **RANDRIAMANANA L.**, 2007.-effet de systèmes de cultures sur la dispersion de la pyriculariose dans une parcelle de riz pluvial. Mémoire de fin d'étude ESSA. Département Agriculture 52p
22. **RANDRIANASOLO J.**, 2007.- Caractérisation technico-économique de l'exploitation agricole familiale associant élevage laitier et cultures en semis direct sous couverture végétale permanente dans la région d'Antsirabe, Madagascar. Rapport de DEA.33 p
23. **RAZAFINDRAKOTO A.N.** ,2008 - Evaluation de systèmes de culture a base de riz pluvial intégrant des plantes fourragères Mémoire de fin d'études ASJA option Agriculture. 80 p
24. **RAZAKARIASA H.B.** ,2004- Le riz à Madagascar ? Revue d'information économique N° 17.19 p
25. **TOKARSKI Y., RAKOTOFIRINGA A.**, 2007.-Caractérisation des exploitations agricoles dans la commune rurale d'Andranomanelatra. Mémoire d'agronomie tropicale de l'Institut des régions chaudes de Montpellier SupAgro ÉSAT 1ère année.91 p
26. **URP SCRiD**, 2007 –Rapport d'activité 2004-2006
27. **URP SCRiD**, Fiche technique des variétés de riz pluvial

SITES INTERNET :

www.maep.gov.mg/fr/vakinankaratra.pdf

www.cirad.mg/fr/urp_scrid.php

<http://www.cirad.mg/fr/anx/dr002.php>

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

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

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

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Trèfle>

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

http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Raphanus_sativus_004.jpg

http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Illustration_Vicia_sativa0.jpg

annexe 1: 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 TAFE, 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 TAFE).

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 2: Quelques notions sur les associations culturelles et la rotation de culture:

❖ Les associations culturelles

L'association culturelle est une culture simultanée de deux ou plusieurs espèces végétales dans un même terrain, en lignes ou en bandes alternées, mais semées et récoltées séparément.

Les principales raisons de l'association des cultures sont :

- profiter de l'influence bénéfique que certaines espèces végétales ont sur d'autres.

Ex : effet protecteur (face aux maladies) ou répulsif (face aux ravageurs) de certaines espèces

- l'azote de l'air fixé par les espèces appartenant à la famille des légumineuses (haricot, pois, trèfle,..) et qui est libéré dans le sol au fur et à mesure de la décomposition des racines

- mieux occuper l'espace en associant des espèces à cycle court et des espèces à cycle long ce qui conduit à une utilisation plus efficace du sol qui sera dès lors plus productif ;

- protection contre l'envahissement par les mauvaises herbes car le sol est mieux couvert ;

Ainsi, dans les cultures associées, on veillera à ne cultiver ensemble que des espèces qui se stimulent mutuellement ou qui au moins ne se gênent pas.

Malgré les effets bénéfiques que présente l'association des cultures, des compétitivités peuvent se produire surtout pour les facteurs de croissance tels que lumière, éléments minéraux et eau. En effet, les différentes composantes de l'association ne se situent pas tous à une même strate. Il y en a ceux qui se trouvent à un niveau plus élevé que d'autres et vont donc intercepter la plus grande part de lumière. L'intensité de la compétition dépend de l'arrangement des plantes les unes par rapport aux autres. A part la lumière, la compétition se porte le plus souvent aussi sur l'azote et l'eau, du fait de leur grande mobilité. Il existe cependant une relation entre ces trois facteurs puisque une domination pour la lumière se traduit pour la plante par un faible développement racinaire. Ce qui entraînerait une perte de compétitivité pour les facteurs du sol.

❖ La rotation de culture

La rotation culturelle ou rotation des cultures (ley farming anglais) est une technique culturelle en agriculture consistant à alterner, sur la même parcelle, des cultures des diverses espèces végétales. Elle est un élément important du maintien ou de l'augmentation de la fertilité des sols donc un atout pour l'augmentation des rendements.

On parle de rotation culturelle lorsque dans un système de culture, des cultures se suivent dans un certain ordre sur la même parcelle. La même succession de cultures se reproduit dans le temps en cycle régulier. Ainsi, on peut avoir des rotations biennales, triennales, quadriennales...

La rotation a plusieurs avantages :

- contribution à la rupture du cycle vital des organismes nuisibles aux cultures ;

- La succession de plantes de familles différentes permet de rompre avec le cycle de certains adventices ;

- Grâce aux systèmes racinaires différents, le profil du sol est mieux exploré, ce qui se traduit par une amélioration des caractéristiques physiques du sol notamment de sa structure (en limitant le compactage et la dégradation des sols), et donc de la nutrition des plantes ;

- L'emploi de légumineuses permet l'ajout d'azote symbiotique dans le sol. D'une façon générale, la composition des différents résidus de cultures participe à la qualité de la matière organique du sol ;

annexe 3: Le SCV (Système de Culture sous couverture Végétale)

1. Historique

Des techniques de semis direct étaient déjà pratiquées par les agriculteurs de l'Égypte ancienne et les Incas des Andes (Amérique du sud) depuis des temps anciens. Les premières tentatives de semis direct sans travail du sol ont débuté vers la fin des années 40 aux États-Unis en réponse à des problèmes d'érosion éolienne dévastatrice, le « dust bowl ». La forme moderne du semis direct a commencé à prendre de l'ampleur suite à la découverte dans les années 60 de l'herbicide à base de la molécule de 2-4 D et des autres herbicides de contact (paraquat et le diquat) par Harry YOUNG. Ensuite, cette technique s'est répandue très rapidement en Amérique Latine en particulier à partir de 1969 au Brésil.

2. Principe et avantages

Les SCV constituent l'une des techniques dites agroécologiques. Ils reposent sur trois principes :

- le sol n'est plus travaillé ;
- le sol est maintenu totalement et en permanence sous protection d'un couvert végétal ;
- les cultures sont installées par « semis direct » au travers de la couverture végétale. Seul un petit sillon ou trou est ouvert avec des outils spécialement conçus à cet effet ou à l'« angady », pour garantir une bonne couverture et un bon contact des semences avec le sol

La parcelle est cultivée pour l'avenir avec des associations et /ou des succession de culture correspondant aux rotations.

Les avantages des SCV sont :

- protection du sol contre l'érosion ainsi que l'augmentation de l'infiltration ;
- création d'un environnement favorable au développement des activités biologiques et accroissement du taux de matières organiques dans le sol,
- produire plus et durablement sur les mêmes parcelles ;
- augmentation des surfaces cultivables par l'agriculteur
- diminution de la pénibilité du travail par la réduction du temps de travail, main d'œuvre ;
- possibilités d'obtention de produits agricoles diversifiés.

3. Les SCV à Madagascar

Les SCV ont été installés à Madagascar au début des années 90 pour résoudre les problèmes de dégradation de la fertilité et de la productivité des sols cultivés. Le défi consistait à adapter à l'échelle des petites agricultures familiales malgaches les SCV « brésiliens » construits par des agriculteurs industriels. Les premières expériences furent celles effectuées à Andranomanelatra en 1991. Pour le moment, l'ONG TAFa est le principal organisme de diffusion de cette technique.

Depuis son installation, les SCV ne cessent pas d'affronter des obstacles. Parmi eux citons trois retenus comme principaux :

- blocage psychologique : cette technique remettent en cause des « valeurs ancestrales ».
- prise de risque les 2 ou 3 premières années d'essai : perte de production, découragement, ...
- besoin en investissement initial contraignant : achat de matériels, intrants,...

annexe 4: Le 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 pluvial en vulgarisation en vue d'augmenter la production. Pour cela il est plus que nécessaire de donner les besoins écologiques et les techniques de cultures du riz pluvial.

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/ jours. 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 22-30° 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 entraîner cependant des dégâts comme la verse à maturité ou 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 métabolique de la plantes. 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 important 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

Labour

Le riz pluvial est souvent cultivé sur des terrains accidentés où le risque d'érosion est élevé. Aussi, le sens du labour doit être impérativement perpendiculaires 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.

L'enfouissement des pailles, des fumiers et autres composts est possible avec un labour

La profondeur des labours, en règle générale est comprise 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 élément plus ou moins fins facilitant la levée de la 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 eu lieu dès l'apparition des mauvaises herbes 6 à 8 jours après le labour. Le semis a lieu immédiatement après.

Fertilisation

Fumure organique :

Cette fumure est apportée au moment du labour à raison de 7,5 à 10 t/ha (15 à 20 charrettes)

Fumure minérale :

Il est préférable d'apporter cette fumure avant l'émottage :

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

Semis

Les semences utilisées doivent avoir un taux de germination élevé, et être saines. Pour éviter que les grains ne pourrissent dans le sol ou ne soient dévorés par des prédateurs, il est préférable de les traiter au préalable avec un mélange de produits fongicides et insecticides.

- Le semis en ligne : qui est plus facile à réaliser et qui 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 fait 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

La date de récolte du riz dépend en partie de son devenir, selon qu'il est destiné à être consommé ou servir de semences. Dans le premier cas, il faut prendre en considération la « maturité technologique » qui correspond au meilleur rendement à 'usinage. La maturité technologique peut être appréciée d'après l'aspect de la panicule : 80 à 90% du champ vire au jaune. Quand les grains doivent servir de semences, il faut attendre la « maturité physiologique » qui correspond au maximum de faculté d'énergie germinative. Elle est décalée d'environ 7 à 10 jours supplémentaires par rapport à la maturité technologique. La teneur en eau est alors d'environ 19%. Le rendement moyen est de l'ordre de 2,5 à 5 t/ha

annexe 5: Les itinéraires techniques culturels du riz

1) Préparation du sol :

- Labour : 10 au 13 août 2008
- Emottage labour : 07 nov 2008.
- Application d'herbicide : 03 au 08 nov 2008

2) Semis (riz)

- S1 : 17 – 18 nov
- S2: 14 - 16 nov
- S3: 11 – 14 nov
- riz sur test : 24 – 26 nov
 - ✓ Installation des plantes de couverture : 24 nov au 24 déc
 - ✓ resemis de quelques plantes de couverture: 09 déc

Les écartements sont :

- Simple ligne sur S1, S2 et S3: 20 X 20 cm
- Double ligne sur test : doubles lignes de riz à 15 cm, écartées de 40 cm ; entre les doubles lignes ont été semées les plantes de couverture.

3) Fertilisation:

- Fu : 5 t/ha de fumier au semis
- FM : 5t/ha de fumier + 500kg/ha de dolomie + 300kg/ha de N-P-K 11 22 16 au semis , 100kg d'urée fractionnées en deux apports de 50kg/ha :
 - 1^{er} épandage urée : 22 et 23 déc
 - 2^{ème} épandage urée : 03 et 04 fév
- FM+ : 1 t dolomie + 5 t fumier + 600 kg NPK au semis et 150 kg urée en couverture

Entretiens et traitements phytosanitaires:

- INSECTICIDE/FONGICIDE :
 - Traitement de semences :

Gaicho T45WS à 2,5g/kg pour Riz

- Traitement du sol en localisé :

Carbofuran 10 G à 6 kg/ha sur les parcelles variétales « sélection » au moment du semis et 5 G à 12 kg/ha sur toutes les parcelles de riz.

- HERBICIDE :

Avant et au moment du semis :

- application d'herbicide Glyphader 1,5 à 3l/ha + 2,4 D 2l/ha sur SCV
- application de Stomp ou Alligator 400 EC 3 à 3,2 litres/ha 48h après le semis

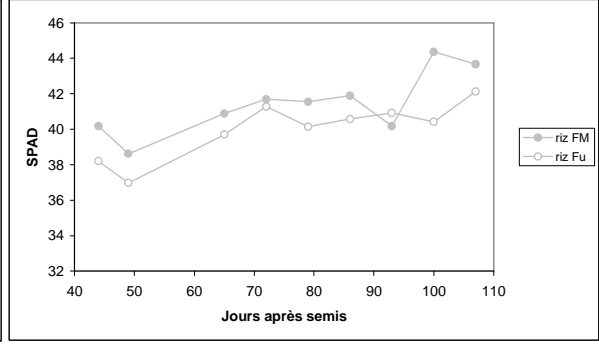
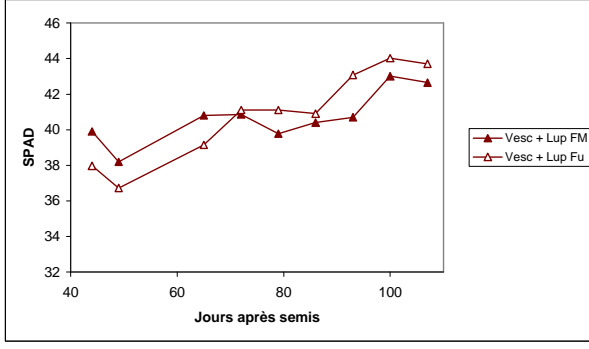
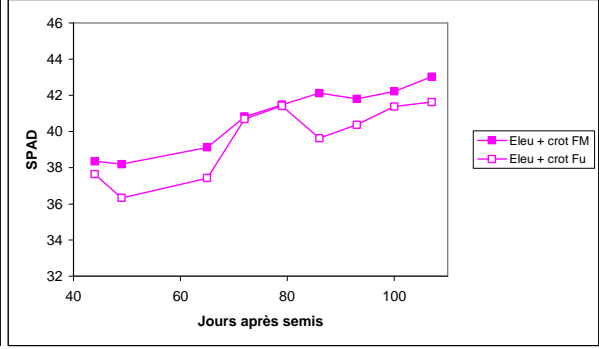
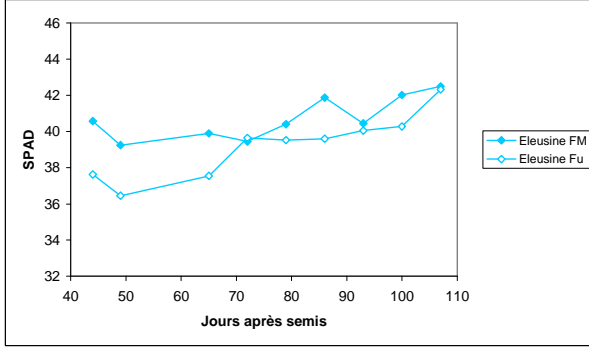
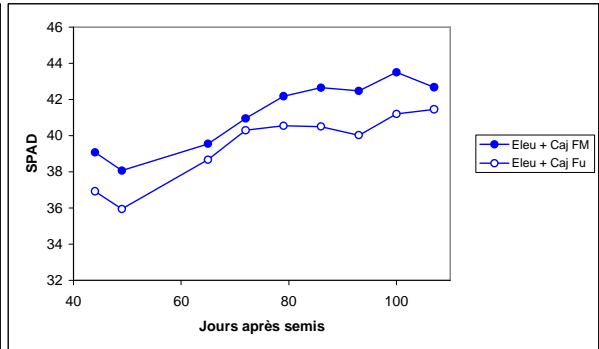
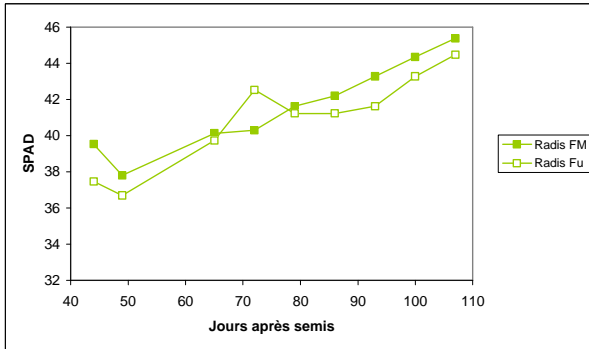
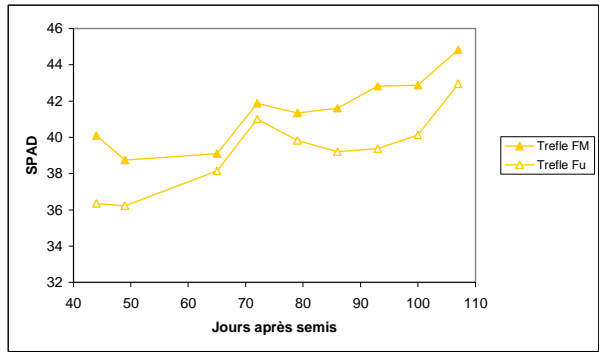
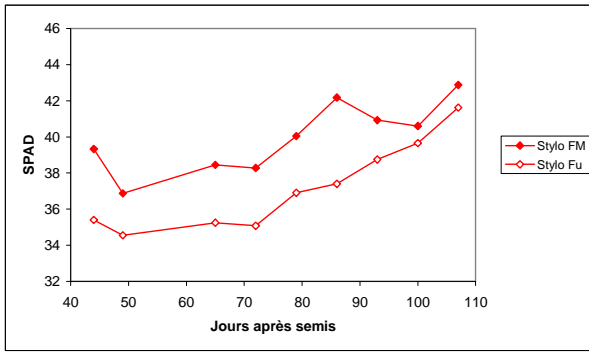
Au cours du cycle cultural :

- application d'un herbicide selectif du riz : SAMORY (Bensulfuron Methyl) 100 G WP 600g/ha dans parcelles en riz sous SCV

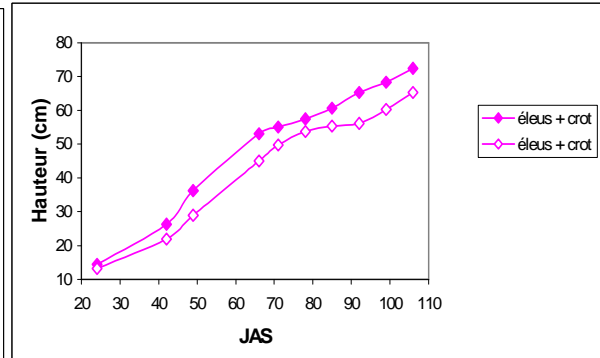
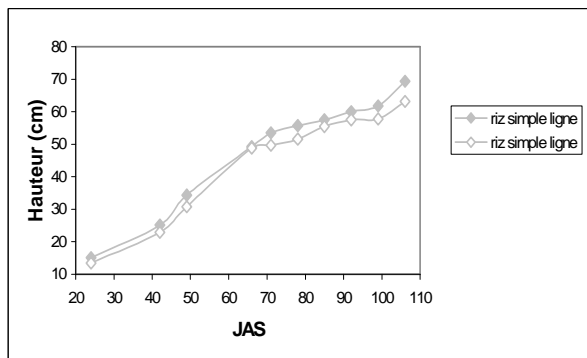
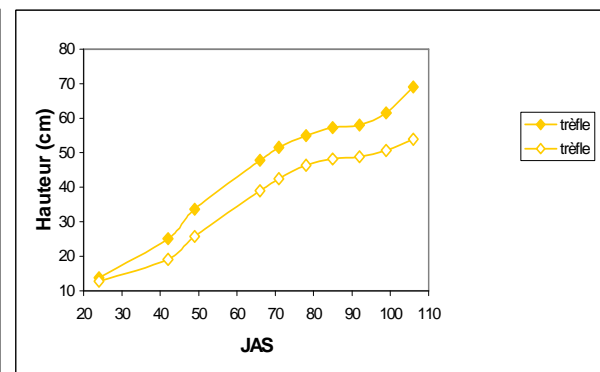
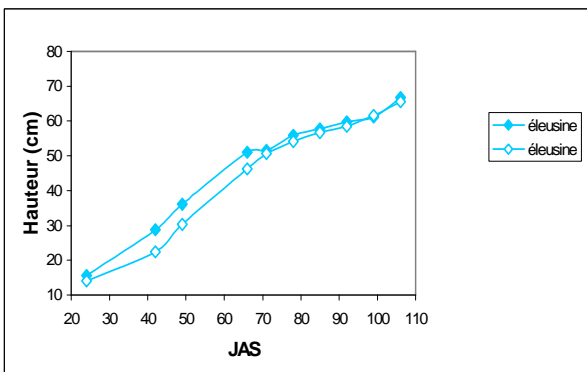
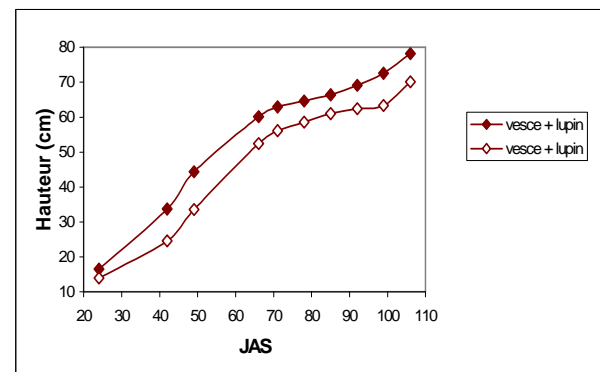
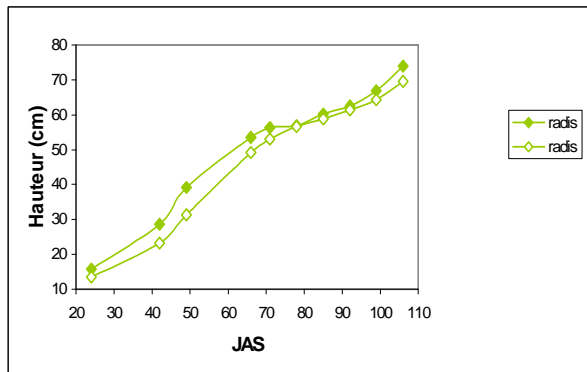
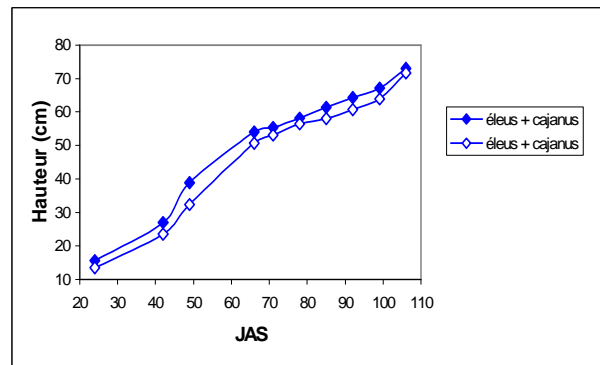
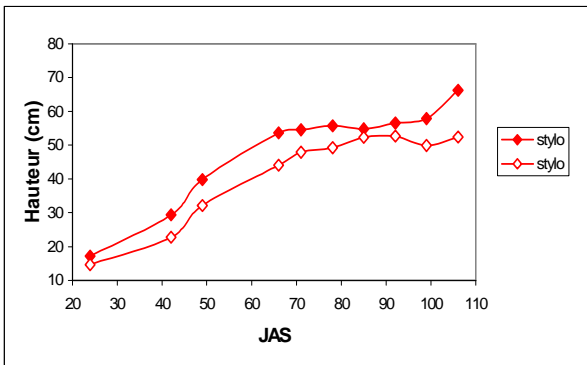
- SARCLAGES

Trois sarclages manuels et à l'*angady* à 30 JAS sur les parcelles labourées et plusieurs passages d'enlèvement des grandes adventices sur les parcelles en SCV

annexe 6: évolution des valeurs SPAD par culture sur les associations

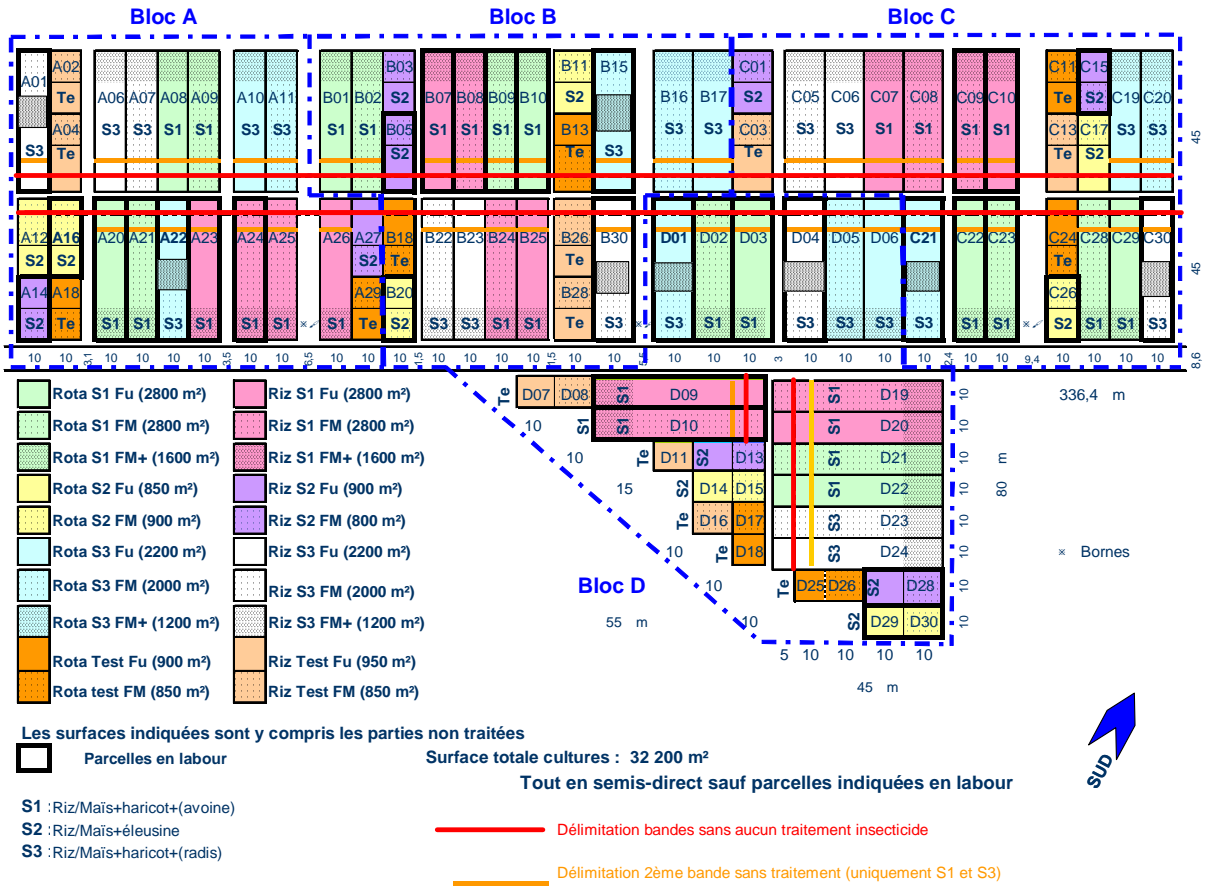


annexe 7: évolution des hauteurs par culture sur les associations



annexe 8: Dispositif d'Andranomanelatra

DISPOSITIF PCP-URP SCRiD / (ARO'S) à ANDRANOMANELATRA Campagne 2008-2009



annexe 9: fiche variétal du FOFIFA 161

FICHE VARIETALE
CIRAD 488 / FOFIFA 161

N° dans le catalogue CIRAD-CA GERVEX : 9172
N° dans le catalogue FOFIFA : 4355
Synonymes : Mahefa , Exp 103
Origine géographique : Madagascar
Origine génétique IRAT 114 x FOFIFA 133

Année d'obtention : 2003

Groupe morphologique : type plmvial
Groupe enzymatique : C546-F880-1-98-2-4-1

CARACTERES DE LA PLANTE

- Longueur des feuilles : 12 cm
- Largeur des feuilles : cm
- Pilosité des feuilles : intermédiaire
- Couleur de la gaine foliaire : verte
- Port de la feuille paniculaire : intermédiaire
- Hauteur de la plante : 95 cm
- Aptitude au tallage : moyenne
- Port de la plante : semi-érigé
- Exsertion paniculaire : bonne
- Photosensibilité :
- Cycle semis-floraison : 115 j
(moyenne Antsirabe / 1600m)
- Cycle semis-maturité : 155 j
(moyenne Antsirabe / 1600 m)

CARACTERES DU GRAIN

- ,aristation : mutique
- couleur de l'apex : non coloré
- couleur des glumelles : paille / blanchâtre
- pilosité des glumelles : poils courts
- fermeture des glumelles : bonne
- poids de 1000 grains : 28 g
- longueur du grain vêtu : 8,1 mm
- largeur du grain vêtu : 4,0 mm
- réaction au phénol : non réalisé
- taux d'amylose : 23,7 % M.S. (assez élevé)
- translucidité : claire
- test à l'alcali : non réalisé
- Gonflement à la cuisson : 300% (élevé)
- fermeté : non réalisé
- recouvrance élastique :
- température de gélification : 61-79°C

CARACTERES AGRONOMIQUES

- Vocation culturale : culture pluviale
- Niveau d'intensification : traditionnel
- Aires de culture reconnues : zone de haute altitude, de 1000 à 1800 m , à Madagascar
- Résistances à :
 - La verse : moyenne (4/9)
 - L'égrenage : moyennement sensible (6/9)
 - La sécheresse :
- Tolérance aux maladies :
 - Pyriculariose du cou : tolérante (5/9)
 - Pyriculariose foliaire : sensible (7/9)
 - Sarocladium : moyennement sensible (6/9)
- Autres tolérance ou résistances : certaine tolérance au froid, rustique
- Caractères particuliers : panicules compacte, grain rond , lourd et velu , de couleur presque blanchâtre
- Rendements obtenus en milieu contrôlé :
 - Moyen : 2,8 t/ha
 - Maximum : 6,6 t/ha

POINTS FORTS	POINTS FAIBLES
<ul style="list-style-type: none">- Tolérance à la pyriculariose- Certaine tolérance au froid- Bonne adaptation à la riziculture pluviale d'altitude à Madagascar- Fertilité- Rusticité- Panicules compactes- Homogénéité- Aspect sanitaire du grain- Grain apprécié	<ul style="list-style-type: none">- Tallage moyen- Certaine sensibilité à l'égrenage

Date et origine de la fiche : JL. DZIDO septembre 2003, révisée en septembre 2004, en octobre 2005 et en juin 2008

annexe 10: résultats des analyses statistiques pour les valeurs SPAD sur systèmes S1, S2 et S3

système	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD
fertilisation	37 JAS	51 JAS	58 JAS	73 JAS	80 JAS	87 JAS	94 JAS	101 JAS	108 JAS
S1 LAB	33,7 ab	39,3 ab	40,3 a	41,6 a	41,5 b	42,4 ab	43,3 a	43,8 b	42,6 bc
S1 SCV	31,8 c	38,1 b	38,4 b	40,9 a	41,5 b	42,3 ab	43,8 a	44,3 b	43,5 abc
S2 LAB	34,9 a	39,5 ab	40,3 a	41,9 a	42,1 b	43,4 a	43,1 a	44,0 b	42,9 bc
S2 SCV	33,2 bc	39,8 a	40,9 a	41,4 a	41,8 b	42,2 ab	44,7 a	44,3 b	43,9 ab
S3 LAB	34,7 a	40,0 a	41,7 a	41,3 a	42,7 ab	41,7 b	43,3 a	44,5 ab	42,2 c
S3 SCV	32,7 bc	38,9 ab	40,8a	42,3 a	43,5 a	43,0 ab	44,1 a	46,3 a	44,7 a
Fu	32,8 b	38,6 b	39,1 b	41,2 a	42,0 a	41,6 b	43,0 b	43,5 b	42,3 b
FM	34,2 a	39,9 a	41,6 a	41,9 a	42,4 a	43,3 a	44,4 a	45,6 a	44,3 a

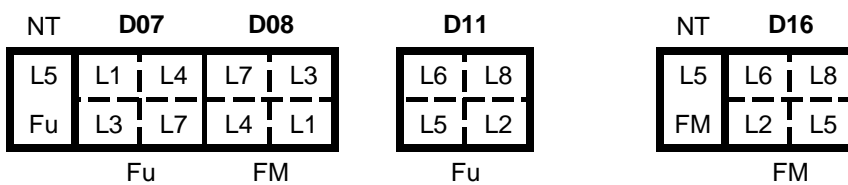
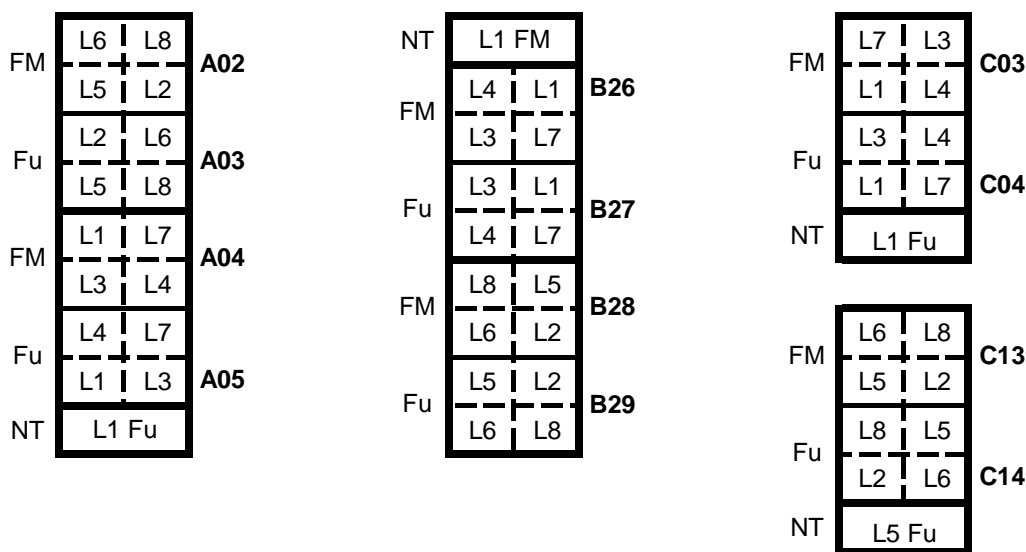
système	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD
fertilisation	37 JAS	51 JAS	58 JAS	73 JAS	80 JAS	87 JAS	94 JAS	101 JAS	108 JAS
S1 LAB	34,6 b	40,0 a	40,9 b	41,9 ab	41,7 b	42,7 ab	43,1 b	43,9 b	43,2 bc
S1 SCV	32,2 d	38,5 b	39,6 c	41,0 b	41,7 b	42,2 b	43,8 ab	44,5 b	43,7 b
S3 LAB	35,5 a	40,9 a	42,0 a	42,2 a	42,5 ab	42,2 b	43,7ab	44,7 b	42,5 c
S3 SCV	33,4 c	39,6 ab	40,9 b	42,2 a	43,5 a	43,3 a	44,9 a	46,5 a	45,2 a
Fu	32,4 c	38,6 b	39,0 b	41,2 b	42,1 a	41,4 b	42,8 b	43,6 b	42,2 b
FM	34,1 b	39,6 b	41,6 a	41,8 ab	42,5 a	43,3 a	44,4 a	45,8 a	44,4 a
FM +	35,4 a	41,2 a	42,0 a	42,5 a	42,4 a	43,1 a	44,4 a	45,2 a	44,5 a

annexe 11: résultats des analyses statistiques pour la hauteur et les valeurs SPAD sur les associations

système	hauteur	hauteur	hauteur	hauteur	hauteur	hauteur	hauteur	hauteur	hauteur	hauteur
fertilisation	24	42	49	66	71	78	85	92	99	106
L1	15,9 a	26, 1b	36,0 ab	48,9 bc	51,2 bc	52,5 bc	53,6 cd	54,6 cd	53,5 d	59,2 d
L2	13,3 d	22,1 c	29,7 c	43,4 c	47,0 c	50,6 c	52,7 d	53,4 d	56,1 cd	61,5 cd
L3	14,6 bc	25,9 b	35,3 ab	51,4 ab	54,7 ab	56,7 ab	59,5 abc	62,0 ab	65,6 ab	71,8 ab
L4	14,6 bc	25,3 b	35,6 ab	52,4 ab	54,3 ab	57,3 ab	59,7 ab	62,5 ab	65,6 ab	72,4 ab
L5	14,9 ab	25,6 b	33,2 bc	48,7 b	51,1 bc	55,0 bc	57,2 bcd	59,1 abcd	61,4 bc	66,2 bcd
L6	13,7 cd	24,1 bc	32,6 bc	49,0 bc	52,4 bc	55,6 bc	58,0 abcd	60,7 abc	64,3 ab	68,9 abc
L7	15,3 ab	29,1 a	39,0 a	56,3 a	59,6 a	61,6 a	63,7 a	65,8 a	68,0 a	74,2 a
L8	14,3 bc	24,1 bc	32,6 bc	49,1 bc	51,6 bc	53,7 bc	56,5 bcd	58,8 bcd	59,8 bcd	66,3 abcd
Fu	13,6 b	22,6 b	30,6 b	46,9 b	50,3 b	53,3 b	55,7 b	57,3 b	58,9 b	63,9 b
FM	15,5 a	28,0 a	37,8 a	52,8 a	55,1 a	57,4 a	59,5 a	61,9 a	64,7 a	71,1 a

système	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD
fertilisation	44	49	65	72	79	86	93	100	107
Stylosanthes	37,4 a	35,7 b	36,9 b	36,7 c	38,5 b	39,8 b	39,8 c	40,1 d	42,3 bc
Trèfle	38,2 a	37,5 a	38,6 ab	41,4 a	40,6 a	40,4 b	41,1 abc	41,5 bcd	43,9 ab
Radis	38,5 a	37,3 a	39,9 a	41,4 a	41,4 a	41,7 a	42,5 a	43,8 a	44,9 a
Eleus+caj	38,0 a	37,01 ab	39,1 a	40,6 ab	41,4 a	41,6 a	41,3 abc	42,4 abc	42,1 c
Eleusine	39,1 a	37,9 a	38,7 ab	39,6 b	40,0 ab	40,8 ab	40,3 bc	41,2 cd	42,4 bc
Eleus+crot	38,0 a	37,3 a	38,3 ab	40,8 ab	41,5 a	40,9 ab	41,1 abc	41,8 abcd	42,3 bc
Vesce+lupin	38,9 a	37,5 a	40,0 a	41,0 ab	40,4 a	40,7 ab	41,9ab	43,5 ab	43,2 abc
Temoin riz	39,2 a	37,8 a	40,3 a	41,5 a	40,9 a	41,2 ab	40,6 abc	42,4 abc	42,9 bc
Fu	37,2 b	36,2 a	38,2 b	40,2 a	40,1 b	38,9 b	40,5 b	41,3 b	42,5 b
FM	39,6 a	38,2 a	39,4 a	40,5 a	41,1 a	41,9 a	41,6 a	42,9 a	43,5 a

annexe 12: disposition des parcelle test dans la matrice



- L1 stylo
- L2 trèfle
- L3 radis
- L4 éleusine + cajanus
- L5 éleusine
- L6 éleusine + crotalaire
- L7 vesce + lupin
- L8 riz simple ligne

Disposition des systèmes dans les parcelles tests :

Les parcelles tests font chacune 10 m * 10 m. Il y a 2 couples (FM et Fu) pour chaque culture par bloc. 4 systèmes par couple de parcelles sont installés. Ainsi, il y aura donc les 8 systèmes par bloc, dans les 2 fumures. Chaque système sera donc installé sur 5 m de large, avec des lignes de 5 m de long.

annexe 13: résultats sur les rendements et les biomasses produites par chaque systèmes de cultures

Rendement du riz dans les systèmes en rotation

fumure	Moyenne de Rdt carre		
	FM+	FM	Fu
S1 LAB	2,33	2,97	2,88
S1 SCV	2,59	3,43	3,27
S2 LAB		2,72	2,35
S2 SCV		2,57	3,16
S3 LAB	2,45	2,78	2,60
S3 SCV	2,33	2,64	2,74

Biomasse de paille dans les systèmes en rotation

fumure	Moyenne de Biom paille		
	FM+	FM	Fu
S1 LAB	5,02	4,74	3,04
S1 SCV	4,53	4,06	3,33
S2 LAB		3,12	2,29
S2 SCV		2,79	2,85
S3 LAB	2,96	3,25	2,30
S3 SCV	2,76	3,07	2,62

Rendement du riz dans les associations

fumure	Moyenne de Rdt carré	
	FM	Fu
simple ligne	2,28	2,17
éleusine	1,92	1,55
éleus+ caj	1,87	1,35
trèfle	1,79	1,43
éleus+crot	1,45	1,34
vesce+lupin	1,42	2,48
stylo	1,27	0,53
radis	1,21	2,08

Biomasse totale produite sur les associations

fumure	couverture	Grain riz	Paille riz	Gr/tubercule couv	Veg couv
FM	éleus+ caj	1,87	2,00	2,70	4,63
FM	éleus+crot	1,45	2,21	1,45	5,12
FM	éleusine	1,92	2,47	1,57	2,44
FM	radis	1,21	2,36	0,12	3,59
FM	simple ligne	2,28	3,70		0,00
FM	stylo	1,27	1,49	0,00	4,67
FM	trèfle	1,79	2,62	0,00	1,88
FM	vesce+lupin	1,42	2,15	0,21	1,36
Fu	éleus+ caj	1,35	1,97	2,35	3,93
Fu	éleus+crot	1,34	1,83	1,31	3,06
Fu	éleusine	1,55	1,98	2,39	3,20
Fu	radis	2,08	2,62	0,02	1,26
Fu	simple ligne	2,17	2,84		0,00
Fu	stylo	0,53	1,05	0,00	5,05
Fu	trèfle	1,43	2,01	0,00	1,61
Fu	vesce+lupin	2,48	2,98	0,15	0,27

annexe 14:composante de rendement sur les systèmes S1, S2, S3

bloc	parcelle	système	gestion	fumure	date	Nbr pts/m ²	Nbr pan/plt	Nbr pan/m ²	Nbr ep/pan	Nep/m ²	% sterilité	% GP	NGP/m ²	PMG	Rdt
A	A01	S3	LAB	Fu	21-avr	124762,50	1,30	231,25	46,39	10728,73	12,48	87,52	9389,44	23,80	1,93
A	A01	S3	LAB	FM	21-avr	124762,50	1,31	171,88	53,46	9189,00	28,96	71,04	6527,92	24,85	1,86
A	A01	S3	LAB	FM+	21-avr	124762,50	1,24	228,13	71,18	16238,19	52,70	47,30	7680,50	23,20	1,67
A	A06	S3	SCV	Fu	21-avr	124762,50	1,39	234,38	65,37	15321,92	23,68	76,32	11694,35	21,45	2,55
A	A07	S3	SCV	FM	21-avr	124762,50	1,20	246,88	54,60	13478,91	28,07	71,93	9696,02	23,85	2,64
A	A07	S3	SCV	FM+	21-avr	124762,50	1,29	262,50	50,06	13140,16	37,98	62,02	8149,35	23,10	0,98
A	A14	S2	LAB	Fu	22-avr	124765,63	1,18	228,13	58,07	13247,83	25,44	74,56	9877,98	23,05	2,20
A	A15	S2	LAB	FM	22-avr	124765,63	1,51	325,00	51,86	16854,14	46,43	53,57	9029,14	22,95	1,78
A	A23	S1	LAB	Fu	23-avr	124768,75	1,22	278,13	57,49	15989,02	20,10	79,90	12775,99	21,40	2,15
A	A24	S1	LAB	FM	23-avr	124768,75	1,29	318,75	83,73	26688,42	61,60	38,40	10247,09	21,50	2,30
A	A24	S1	LAB	FM+	23-avr	124768,75	1,51	359,38	56,87	20438,03	76,20	23,80	4865,12	23,40	1,46
A	A25	S1	SCV	FM	23-avr	124768,75	1,51	343,75	42,46	14595,57	47,22	52,78	7702,96	29,10	2,91
A	A25	S1	SCV	FM+	23-avr	124768,75	1,79	418,75	54,50	22820,62	56,41	43,59	9947,24	23,10	2,13
A	A26	S1	SCV	Fu	23-avr	124768,75	1,67	350,00	65,53	22936,19	16,23	83,77	19213,07	22,00	3,51
A	A27	S2	SCV	Fu	22-avr	124765,63	1,48	300,00	57,13	17138,51	28,45	71,55	12261,97	23,50	2,95
A	A28	S2	SCV	FM	22-avr	124765,63	1,31	278,13	63,86	17761,77	38,11	61,89	10992,11	20,60	3,13
B	B03	S2	SCV	FM	22-avr	124765,63	1,44	296,88	53,52	15889,76	26,94	73,06	11609,10	22,80	2,87
B	B04	S2	SCV	Fu	22-avr	124765,63	1,39	278,13	50,98	14179,70	19,33	80,67	11438,22	25,90	3,73
B	B05	S2	LAB	FM	22-avr	124765,63	1,33	350,00	84,63	29620,59	48,56	51,44	15235,82	24,25	3,31
B	B06	S2	LAB	Fu	22-avr	124765,63	1,34	293,75	54,50	16010,59	19,47	80,53	12893,21	22,65	2,65
B	B07	S1	LAB	Fu	23-avr	124768,75	1,44	350,00	63,45	22208,68	22,30	77,70	17255,56	22,50	3,38
B	B08	S1	LAB	FM	23-avr	124768,75	1,74	359,38	69,11	24837,74	48,34	51,66	12831,69	22,80	3,27
B	B08	S1	LAB	FM+	23-avr	124768,75	1,58	381,25	71,34	27197,25	62,17	37,83	10288,46	22,75	2,19
B	B22	S3	SCV	FM	21-avr	124762,50	1,78	334,38	59,15	19778,09	49,42	50,58	10003,99	23,50	2,34
B	B22	S3	SCV	FM+	21-avr	124762,50	1,84	350,00	60,89	21313,25	31,18	68,82	14667,21	23,10	3,07
B	B23	S3	SCV	Fu	21-avr	124762,50	1,71	256,25	66,36	17003,69	20,63	79,37	13496,34	23,90	2,98
B	B24	S1	SCV	FM	23-avr	124768,75	1,74	446,88	58,57	26173,44	19,18	80,82	21153,27	25,20	3,32
B	B24	S1	SCV	FM+	23-avr	124768,75	1,77	487,50	61,83	30142,77	24,20	75,80	22848,73	20,70	3,10
B	B25	S1	SCV	Fu	23-avr	124768,75	1,39	300,00	48,23	14467,82	15,77	84,23	12186,89	25,55	3,08
B	B30	S3	LAB	Fu	21-avr	124762,50	1,60	240,63	52,22	12565,22	9,47	90,53	11374,75	24,80	2,91
B	B30	S3	LAB	FM	21-avr	124762,50	1,44	318,75	36,75	11713,93	9,52	90,48	10598,96	25,20	2,32
B	B30	S3	LAB	FM+	21-avr	124762,50	1,67	318,75	64,70	20623,28	26,15	73,85	15230,65	21,00	3,46

bloc	parcelle	système	gestion	fumure	date	Nbr plts/m ²	Nbr pan/plt	Nbr pan/m ²	Nbr ep/pan	Nep/m ²	% sterilité	% GP	NGP/m ²	PMG	Rdt
C	C01	S2	SCV	FM	22-avr	124765,63	1,44	234,38	50,11	11743,64	11,70	88,30	10369,94	27,20	2,15
C	C02	S2	SCV	Fu	22-avr	124765,63	1,62	328,13	53,97	17709,22	18,45	81,55	14440,99	24,15	3,36
C	C05	S3	SCV	FM	21-avr	124762,50	1,81	334,38	75,58	25270,60	31,45	68,55	17324,17	21,15	3,01
C	C05	S3	SCV	FM+	21-avr	124762,50	1,75	328,13	62,98	20665,03	29,07	70,93	14657,68	24,10	2,33
C	C06	S3	SCV	Fu	21-avr	124762,50	1,32	243,75	62,09	15134,84	22,95	77,05	11661,28	25,15	2,81
C	C07	S1	SCV	Fu	23-avr	124768,75	1,19	256,25	68,64	17588,95	22,94	77,06	13554,86	22,90	2,94
C	C08	S1	SCV	FM	23-avr	124768,75	1,27	290,63	65,86	19141,33	20,34	79,66	15247,75	22,20	4,49
C	C08	S1	SCV	FM+	23-avr	124768,75	1,25	246,88	39,20	9676,49	28,26	71,74	6942,11	22,35	1,83
C	C09	S1	LAB	FM	23-avr	124768,75	1,11	337,50	59,88	20209,29	35,63	64,37	13009,04	20,75	3,88
C	C09	S1	LAB	FM+	23-avr	124768,75	1,37	303,13	61,98	18788,01	42,95	57,05	10718,39	21,75	2,26
C	C10	S1	LAB	Fu	23-avr	124768,75	1,23	284,38	36,05	10250,59	15,03	84,97	8710,18	25,90	2,90
C	C15	S2	LAB	Fu	22-avr	124765,63	0,92	146,88	74,10	10883,71	46,07	53,93	5869,34	24,30	1,80
C	C16	S2	LAB	FM	22-avr	124765,63	1,28	243,75	105,60	25740,12	49,02	50,98	13121,07	23,85	2,87
C	C30	S3	LAB	Fu	21-avr	124762,50	1,78	228,13	52,53	11983,35	20,53	79,47	9523,12	25,95	2,65
C	C30	S3	LAB	FM	21-avr	124762,50	1,63	290,63	62,97	18300,99	48,41	51,59	9441,86	21,50	3,24
C	C30	S3	LAB	FM+	21-avr	124762,50	1,35	300,00	55,01	16504,14	37,57	62,43	10303,16	21,75	2,22
D	D04	S3	LAB	Fu	22-avr	124765,63	1,07	250,00	55,48	13870,95	24,36	75,64	10492,05	25,15	2,91
D	D04	S3	LAB	FM	22-avr	124765,63	1,23	306,25	71,37	21856,34	38,68	61,32	13403,22	23,70	3,70
D	D04	S3	LAB	FM+	22-avr	124765,63	1,43	371,88	83,92	31207,22	58,25	41,75	13030,13	22,40	2,42
D	D09	S1	LAB	Fu	24-avr	124771,88	1,18	287,50	42,54	12231,44	6,92	93,08	11385,48	24,45	3,08
D	D10	S1	LAB	FM	23-avr	124768,75	1,44	428,13	73,99	31676,03	58,80	41,20	13051,03	20,70	2,43
D	D10	S1	LAB	FM+	24-avr	124771,88	1,77	437,50	68,34	29897,11	34,76	65,24	19503,59	20,90	3,42
D	D12	S2	SCV	Fu	22-avr	124765,63	1,62	262,50	43,82	11501,90	7,74	92,26	10611,57	25,60	2,61
D	D13	S2	SCV	FM	22-avr	124765,63	1,38	275,00	62,25	17118,56	30,89	69,11	11830,10	25,75	2,14
D	D19	S1	SCV	FM	23-avr	124768,75	1,53	431,25	60,05	25895,79	28,34	71,66	18557,08	23,65	3,00
D	D19	S1	SCV	FM+	23-avr	124768,75	1,33	303,13	55,75	16899,03	26,85	73,15	12362,26	21,10	3,30
D	D20	S1	SCV	Fu	23-avr	124768,75	1,36	321,88	54,81	17640,80	22,10	77,90	13742,95	26,60	3,54
D	D23	S3	SCV	FM	22-avr	124765,63	1,60	384,38	43,40	16682,88	22,48	77,52	12932,88	25,05	2,59
D	D23	S3	SCV	FM+	22-avr	124765,63	1,17	368,75	73,01	26923,50	42,34	57,66	15523,50	23,40	2,95
D	D24	S3	SCV	Fu	22-avr	124765,63	1,28	300,00	43,35	13004,80	24,85	75,15	9773,42	24,55	2,63
D	D27	S2	LAB	Fu	22-avr	124765,63	1,16	287,50	55,31	15900,65	12,60	87,40	13897,96	26,40	2,75
D	D28	S2	LAB	FM	22-avr	124765,63	1,18	293,75	55,98	16444,77	20,58	79,42	13059,87	22,55	2,91

annexe 15: biomasse obtenue sur les systèmes S1, S2 , S3

bloc	parcelle	système	gestion	fumure	date	PF carré paille	PF ech paille	PS ech paille	Hum paille	Biom paille	HI
A	A01	S3	LAB	Fu	21-avr	2871	360,3	105,2	70,80	2,36	0,45
A	A01	S3	LAB	FM	21-avr	2441	260,3	78,4	69,88	2,03	0,48
A	A01	S3	LAB	FM+	21-avr	3244	449,3	121,2	73,02	2,49	0,40
A	A06	S3	SCV	Fu	21-avr	3242	473,3	113,3	76,06	2,22	0,53
A	A07	S3	SCV	FM	21-avr	3891	422,1	118,1	72,02	3,02	0,47
A	A07	S3	SCV	FM+	21-avr	3210	402,2	111,1	72,38	2,49	0,28
A	A14	S2	LAB	Fu	22-avr	2915	328,7	86	73,84	2,12	0,51
A	A15	S2	LAB	FM	22-avr	3340	448,5	155,2	65,40	3,28	0,35
A	A23	S1	LAB	Fu	23-avr	3738	516,3	153,5	70,27	3,16	0,41
A	A24	S1	LAB	FM	23-avr	7319	1001,6	254,5	74,59	5,29	0,30
A	A24	S1	LAB	FM+	23-avr	8898	860	249,9	70,94	7,09	0,17
A	A25	S1	SCV	FM	23-avr	6935	669,1	133,2	80,09	3,78	0,43
A	A25	S1	SCV	FM+	23-avr	6605	900,1	264,9	70,57	5,52	0,28
A	A26	S1	SCV	Fu	23-avr	5220	760	195	74,34	3,84	0,48
A	A27	S2	SCV	Fu	22-avr	3986	425,8	134,6	68,39	3,49	0,46
A	A28	S2	SCV	FM	22-avr	5892	482,6	138,8	71,24	4,58	0,41
B	B03	S2	SCV	FM	22-avr	3028	387,8	102,3	73,62	2,25	0,56
B	B04	S2	SCV	Fu	22-avr	3380	352,7	93,11	73,60	2,46	0,60
B	B05	S2	LAB	FM	22-avr	4505	679	187,66	72,36	3,58	0,48
B	B06	S2	LAB	Fu	22-avr	3361	316	99,58	68,49	2,90	0,48
B	B07	S1	LAB	Fu	23-avr	4740	670,1	156,92	76,58	3,17	0,52
B	B08	S1	LAB	FM	23-avr	7569	901,1	193,38	78,54	4,54	0,42
B	B08	S1	LAB	FM+	23-avr	6560	700,5	229,06	67,30	5,94	0,27
B	B22	S3	SCV	FM	21-avr	4123	560,2	141,9	74,67	2,97	0,44
B	B22	S3	SCV	FM+	21-avr	4653	683,2	158,9	76,74	3,10	0,50
B	B23	S3	SCV	Fu	21-avr	3864	437,6	116,8	73,31	2,87	0,51
B	B24	S1	SCV	FM	23-avr	6445	1003,8	217,44	78,34	4,03	0,45
B	B24	S1	SCV	FM+	23-avr	6900	1140,2	308,23	72,97	5,43	0,36
B	B25	S1	SCV	Fu	23-avr	3914	476,1	122,06	74,36	2,81	0,52
B	B30	S3	LAB	Fu	21-avr	3308	372,6	101,66	72,72	2,51	0,54
B	B30	S3	LAB	FM	21-avr	5830	589,4	137,22	76,72	3,74	0,38
B	B30	S3	LAB	FM+	21-avr	4232	582,5	141,49	75,71	2,92	0,54

bloc	parcelle	système	gestion	fumure	date	PF carré pa	PF ech paille	PS ech paille	Hum paille	Biom paille	HI
C	C01	S2	SCV	FM	22-avr	2371	342,5	96,08	71,95	1,90	0,53
C	C02	S2	SCV	Fu	22-avr	3630	444,8		71,95	2,86	0,54
C	C05	S3	SCV	FM	21-avr	4248	605	157,36	73,99	3,16	0,49
C	C05	S3	SCV	FM+	21-avr	2994	560,1	123,71	77,91	1,96	0,54
C	C06	S3	SCV	Fu	21-avr	3402	426,3	106,3	75,06	2,39	0,54
C	C07	S1	SCV	Fu	23-avr	4185	500,7	126,93	74,65	2,97	0,50
C	C08	S1	SCV	FM	23-avr	6083	584,7	157,2	73,11	4,48	0,50
C	C08	S1	SCV	FM+	23-avr	3348	368,5	105,8	71,29	2,67	0,41
C	C09	S1	LAB	FM	23-avr	5945	631,2	157,14	75,10	4,09	0,49
C	C09	S1	LAB	FM+	23-avr	4938	609,9	150,24	75,37	3,42	0,40
C	C10	S1	LAB	Fu	23-avr	3554	352,6	96,11	72,74	2,66	0,52
C	C15	S2	LAB	Fu	22-avr	1605	208,6	65,08	68,80	1,41	0,56
C	C16	S2	LAB	FM	22-avr	3064	582,8	155,2	73,37	2,43	0,54
C	C30	S3	LAB	Fu	21-avr	2638	334,5	86,07	74,27	1,91	0,58
C	C30	S3	LAB	FM	21-avr	4432	382,5	100,24	73,79	3,15	0,51
C	C30	S3	LAB	FM+	21-avr	4372	454,4	118,13	74,00	3,14	0,41
D	D04	S3	LAB	Fu	22-avr	3587	425,4		75,83	2,42	0,55
D	D04	S3	LAB	FM	22-avr	6250	513,3	124,08	75,83	4,09	0,48
D	D04	S3	LAB	FM+	22-avr	4947	781,2	179,78	76,99	3,30	0,42
D	D09	S1	LAB	Fu	24-avr	4291	440,3	117,54	73,30	3,16	0,49
D	D10	S1	LAB	FM	23-avr	6553	999,7	266,51	73,34	5,03	0,33
D	D10	S1	LAB	FM+	24-avr	5814	922,5	198,95	78,43	3,63	0,49
D	D12	S2	SCV	Fu	22-avr	3299	397,7		71,84	2,60	0,50
D	D13	S2	SCV	FM	22-avr	2936	488,3	137,5	71,84	2,41	0,47
D	D19	S1	SCV	FM	23-avr	5028	818,4	220,44	73,06	3,94	0,43
D	D19	S1	SCV	FM+	23-avr	6224	624	163,86	73,74	4,50	0,42
D	D20	S1	SCV	Fu	23-avr	4998	619,2		73,74	3,69	0,49
D	D23	S3	SCV	FM	22-avr	4171	553,2	147,51	73,34	3,15	0,45
D	D23	S3	SCV	FM+	22-avr	4245	845,1		72,64	3,48	0,46
D	D24	S3	SCV	Fu	22-avr	3982	423,3		72,64	3,01	0,47
D	D27	S2	LAB	Fu	22-avr	3436	456,5	127,62	72,04	2,72	0,50
D	D28	S2	LAB	FM	22-avr	4179	466,7		72,64	3,18	0,48

annexe 16: composantes de rendement des tests d'association

bloc	parcelle	fumure	système	couverture	date	Nbr pts/m ²	Nbr pan/plt	Nbr pan/m ²	Nbr ep/pan	Nep/m ²	% sterilité	% GP	NbGP/m ²	PMG	Rdt carré
A	A02	FM	L2	trèfle	28-avr	203,13	1,38	281,25	45,00	12655,33	35,70	64,30	8137,48	25,05	1,50
A	A02	FM	L5	éleusine	28-avr	168,75	1,26	212,50	42,93	9122,61	33,51	66,49	6065,18	22,15	0,81
A	A02	FM	L6	éleus+crot	28-avr	193,75	1,15	221,88	37,24	8261,61	31,85	68,15	5630,31	23,55	0,98
A	A02	FM	L8	simple ligne	28-avr	156,25	1,64	256,25	48,95	12543,21	24,16	75,84	9512,30	21,85	1,77
A	A03	Fu	L2	trèfle	28-avr	196,88	1,22	240,63	35,42	8522,11	38,82	61,18	5213,78	21,05	0,88
A	A03	Fu	L5	éleusine	28-avr	209,38	1,12	234,38	35,66	8358,50	13,90	86,10	7196,89	23,30	1,00
A	A03	Fu	L6	éleus+ caj	28-avr	206,25	1,08	221,88	32,50	7211,77	32,67	67,33	4855,35	22,90	1,14
A	A03	Fu	L8	simple ligne	28-avr	171,88	2,24	384,38	51,47	19783,56	33,11	66,89	13233,31	21,35	2,45
A	A04	FM	L1	stylo	28-avr	196,88	1,11	218,75	27,10	5927,15	32,21	67,79	4018,06	21,80	0,67
A	A04	FM	L3	radis	05-mai	115,63	1,24	143,75	31,43	4518,67	93,98	6,02	271,88	17,82	0,17
A	A04	FM	L4	éleus+ caj	28-avr	243,75	1,24	303,13	54,44	16501,17	42,00	58,00	9571,22	21,50	2,02
A	A04	FM	L7	vesce+lupin	28-avr	206,25	1,27	262,50	48,52	12737,61	49,41	50,59	6443,60	20,50	0,97
A	A05	Fu	L1	stylo	28-avr	200,00	0,91	181,25	16,88	3059,85	72,37	27,63	845,34	22,55	0,20
A	A05	Fu	L3	radis	05-mai	153,13	1,90	290,63	40,75	11843,38	22,26	77,74	9206,89	23,05	1,56
A	A05	Fu	L4	éleus+ caj	28-avr	196,88	1,25	246,88	43,71	10790,04	15,27	84,73	9142,32	23,10	1,58
A	A05	Fu	L7	vesce+lupin	28-avr	196,88	1,46	287,50	70,25	20197,81	44,05	55,95	11299,78	22,60	2,11
B	B26	FM	L1	stylo	28-avr	168,75	1,09	184,38	68,82	12689,09	15,62	84,38	10706,76	22,55	1,91
B	B26	FM	L3	radis	05-mai	106,25	2,44	259,38	50,92	13207,27	33,69	66,31	8758,25	26,50	1,96
B	B26	FM	L4	éleus+ caj	28-avr	250,00	1,31	328,13	58,63	19238,73	23,13	76,87	14789,72	21,40	2,53
B	B26	FM	L7	vesce+lupin	28-avr	234,38	1,40	328,13	43,71	14342,88	20,59	79,41	11389,75	24,15	1,83
B	B27	Fu	L1	stylo	28-avr	218,75	1,07	234,38	27,96	6554,24	19,07	80,93	5304,24	22,70	0,75
B	B27	Fu	L3	radis	05-mai	112,50	2,72	306,25	40,14	12293,53	19,75	80,25	9865,15	24,10	2,14
B	B27	Fu	L4	éleus+ caj	28-avr	228,13	1,23	281,25	35,29	9924,82	8,27	91,73	9104,17	22,50	1,74
B	B27	Fu	L7	vesce+lupin	28-avr	275,00	1,08	296,88	51,50	15290,28	21,97	78,03	11931,69	22,60	2,13
B	B28	FM	L2	trèfle	28-avr	231,25	1,54	356,25	46,19	16456,03	38,04	61,96	10196,11	22,15	1,96
B	B28	FM	L5	éleusine	28-avr	234,38	1,24	290,63	36,01	10466,72	24,87	75,13	7863,87	21,90	1,69
B	B28	FM	L6	éleus+crot	28-avr	206,25	1,39	287,50	36,80	10579,52	26,62	73,38	7762,74	23,55	1,57
B	B28	FM	L8	simple ligne	28-avr	206,25	1,33	275,00	57,56	15829,82	31,34	68,66	10869,50	21,60	2,87
B	B29	Fu	L2	trèfle	28-avr	150,00	1,94	290,63	37,11	10785,33	21,57	78,43	8458,53	21,55	1,31
B	B29	Fu	L5	éleusine	28-avr	187,50	1,43	268,75	50,53	13580,92	15,46	84,54	11481,96	24,25	1,88
B	B29	Fu	L6	éleus+crot	28-avr	181,25	1,34	243,75	41,53	10123,76	23,75	76,25	7719,59	25,90	1,55
B	B29	Fu	L8	simple ligne	28-avr	190,63	1,39	265,63	48,45	12869,13	28,45	71,55	9207,79	22,80	2,55

bloc	parcelle	fumure	système	couverture	date	Nbr pts/m ²	Nbr pan/plt	Nbr pan/m ²	Nbr ep/pan	Nep/m ²	% sterilite	% GP	NbGP/m ²	PMG	Rdt carré
C	C03	FM	L1	stylo	28-avr	93,75	1,80	168,75	52,34	8831,76	29,61	70,39	6216,63	20,60	0,74
C	C03	FM	L3	radis	05-mai	159,38	2,25	359,38	63,25	22729,49	35,46	64,54	14669,70	21,95	2,14
C	C03	FM	L4	éleus+ caj	28-avr	193,75	1,45	281,25	57,29	16112,73	30,68	69,32	11169,03	22,00	1,38
C	C03	FM	L7	vesce+lupin	28-avr	168,75	1,94	328,13	58,08	19058,46	54,72	45,28	8630,22	20,35	1,43
C	C04	Fu	L1	stylo	29-avr	109,38	1,40	153,13	62,70	9601,24	31,82	68,18	6546,34	23,20	0,75
C	C04	Fu	L3	radis	05-mai	93,75	2,40	225,00	49,98	11245,15	24,25	75,75	8518,43	26,45	3,07
C	C04	Fu	L4	éleus+ caj	28-avr	168,75	1,17	196,88	40,27	7928,05	15,21	84,79	6721,84	25,30	1,08
C	C04	Fu	L7	vesce+lupin	29-avr	193,75	1,69	328,13	79,82	26189,89	19,56	80,44	21067,82	23,50	2,96
C	C13	FM	L2	trèfle	29-avr	162,50	1,42	231,25	40,67	9404,82	25,40	74,60	7016,42	20,55	0,93
C	C13	FM	L5	éleusine	29-avr	150,00	1,42	212,50	61,06	12975,84	26,30	73,70	9563,14	24,25	2,10
C	C13	FM	L6	éleus+crot	29-avr	178,13	1,35	240,63	44,92	10807,75	24,40	75,60	8170,92	24,50	1,07
C	C13	FM	L8	simple ligne	29-avr	212,50	1,49	315,63	40,02	12632,85	36,37	63,63	8038,70	22,45	1,81
C	C14	Fu	L2	trèfle	29-avr	159,38	1,31	209,38	17,12	3584,64	14,82	85,18	3053,39	24,00	2,00
C	C14	Fu	L5	éleusine	29-avr	225,00	1,17	262,50	56,66	14873,89	21,39	78,61	11692,71	24,00	1,61
C	C14	Fu	L6	éleus+crot	29-avr	159,38	1,51	240,63	46,19	11113,58	29,65	70,35	7818,88	24,50	1,15
C	C14	Fu	L8	simple ligne	29-avr	209,38	1,42	296,88	38,12	11317,46	21,21	78,79	8917,46	23,70	1,79
D	D07	Fu	L1	stylo	29-avr	218,75	0,97	212,50	32,63	6933,40	35,27	64,73	4487,75	25,50	0,43
D	D07	Fu	L3	radis	05-mai	125,00	2,18	271,88	40,08	10897,41	30,63	69,37	7560,03	26,55	1,54
D	D07	Fu	L4	éleus+ caj	29-avr	171,88	1,29	221,88	33,87	7513,91	11,14	88,86	6676,65	25,05	1,22
D	D07	Fu	L7	vesce+lupin	29-avr	225,00	1,49	334,38	52,43	17531,26	23,13	76,87	13476,03	21,90	2,73
D	D08	FM	L1	stylo	29-avr	200,00	1,66	331,25	51,55	17075,79	36,24	63,76	10887,81	23,90	1,74
D	D08	FM	L3	radis	05-mai	100,00	1,75	175,00	31,86	5575,53	38,66	61,34	3419,91	23,10	0,56
D	D08	FM	L4	éleus+ caj	29-avr	150,00	1,29	193,75	33,78	6545,27	24,18	75,82	4962,83	26,90	1,55
D	D08	FM	L7	vesce+lupin	29-avr	193,75	1,23	237,50	48,78	11585,61	37,44	62,56	7248,26	21,60	1,44
D	D11	Fu	L2	trèfle	29-avr	203,13	1,22	246,88	36,74	9070,07	33,62	66,38	6020,70	23,85	1,54
D	D11	Fu	L5	éleusine	29-avr	200,00	1,30	259,38	49,61	12866,35	23,80	76,20	9803,85	25,65	1,71
D	D11	Fu	L6	éleus+crot	29-avr	193,75	1,40	271,88	40,38	10978,09	35,68	64,32	7061,42	26,15	1,31
D	D11	Fu	L8	simple ligne	29-avr	162,50	1,75	284,38	53,21	15132,21	29,54	70,46	10662,27	21,80	1,87
D	D16	FM	L2	trèfle	29-avr	200,00	1,36	271,88	61,24	16649,38	20,65	79,35	13211,88	24,10	2,77
D	D16	FM	L5	éleusine	29-avr	246,88	1,57	387,50	56,96	22073,26	17,47	82,53	18218,06	24,85	3,07
D	D16	FM	L6	éleus+crot	29-avr	193,75	1,69	328,13	52,11	17098,73	24,58	75,42	12896,15	23,35	2,20
D	D16	FM	L8	simple ligne	29-avr	143,75	1,35	193,75	76,02	14727,94	22,96	77,04	11346,37	22,70	2,66

annexe 17: biomasse obtenue sur les tests d'association

bloc	parcelle	fumure	système	couverture	date	PF carré paille	PF ech paille	PS ech paille	Hum paille	Biom paille	HI	Biom Gr ou tube	Biom végétatif 1	Biom végétatif 2	Biom veg
A	A02	FM	L2	trèfle	28-avr	2503	485,8	137,9	71,61	2,12	0,41	0,00	1,49		1,49
A	A02	FM	L5	éleusine	28-avr	1507	273,6	82,9	69,70	1,35	0,38	2,04	2,05		2,05
A	A02	FM	L6	éleus+crot	28-avr	1991	246,7	72	70,81	1,63	0,37	1,57	1,02	1,35	2,37
A	A02	FM	L8	simple ligne	28-avr	3820	424,8	109	74,34	2,72	0,39				0,00
A	A03	Fu	L2	trèfle	28-avr	1863	306,8	90,4	70,53	1,60	0,36	0,00	1,90		1,90
A	A03	Fu	L5	éleusine	28-avr	1611	318,6	83,68	73,74	1,27	0,44	3,48	3,82		3,82
A	A03	Fu	L6	éleus+ caj	28-avr	1880	240,3	62,6	73,95	1,38	0,45	1,27	1,12	3,23	4,34
A	A03	Fu	L8	simple ligne	28-avr	4624	555,6	137	75,34	3,19	0,43				0,00
A	A04	FM	L1	stylo	28-avr	1391	227,6	57	74,96	1,01	0,40	0,00	4,52		4,52
A	A04	FM	L3	radis	05-mai	1498	133,5	71,17	46,69	2,17	0,07	0,21	6,30		6,30
A	A04	FM	L4	éleus+ caj	28-avr	3293	465,5	126,09	72,91	2,55	0,44	1,30	3,68	1,02	4,71
A	A04	FM	L7	vesce+lupin	28-avr	2148	371,8	108	70,95	1,83	0,35	0,34	0,83	0,83	1,66
A	A05	Fu	L1	stylo	28-avr	574	129,4	41	68,32	0,56	0,26	0,00	4,38		4,38
A	A05	Fu	L3	radis	05-mai	3251	431,6	142,3	67,03	3,04	0,34	0,00	0,15		0,15
A	A05	Fu	L4	éleus+ caj	28-avr	2041	348,4	94	73,02	1,61	0,49	2,15	2,06	0,65	2,71
A	A05	Fu	L7	vesce+lupin	28-avr	3212	512,5	141,1	72,47	2,56	0,45	0,10	0,06	0,00	0,06
B	B26	FM	L1	stylo	28-avr	2230	274,2	64,43	76,50	1,47	0,57	0,00	3,45		3,45
B	B26	FM	L3	radis	05-mai	3360	410	129,5	68,41	2,98	0,40	0,13	2,44		2,44
B	B26	FM	L4	éleus+ caj	28-avr	3747	578,8	94,4	83,69	1,76	0,59	3,13	2,90	0,19	3,09
B	B26	FM	L7	vesce+lupin	28-avr	3029	464,1	104,6	77,46	1,97	0,48	0,14	0,40	1,70	2,10
B	B27	Fu	L1	stylo	28-avr	2170	413,1	127,9	69,04	2,00	0,27	0,00	2,15		2,15
B	B27	Fu	L3	radis	05-mai	2652	478,6	147,1	69,26	2,41	0,47	0,03	1,16		1,16
B	B27	Fu	L4	éleus+ caj	28-avr	2702	317,7	167,84	47,17	3,99	0,30	2,27	2,46	0,87	3,34
B	B27	Fu	L7	vesce+lupin	28-avr	2853	425,5	128,7	69,75	2,48	0,46	0,19	0,42	0,20	0,62
B	B28	FM	L2	trèfle	28-avr	3158	545,7	155,1	71,58	2,63	0,43	0,00	2,39		2,39
B	B28	FM	L5	éleusine	28-avr	3005	369,5	106,8	71,10	2,44	0,41	3,03	5,45		5,45
B	B28	FM	L6	éleus+crot	28-avr	4047	440,4	119,2	72,93	3,04	0,34	1,36	3,28	4,05	7,33
B	B28	FM	L8	simple ligne	28-avr	6312	512,3	145,4	71,62	4,84	0,37				0,00
B	B29	Fu	L2	trèfle	28-avr	1941	340,7	101,8	70,12	1,70	0,43	0,00	1,06		1,06
B	B29	Fu	L5	éleusine	28-avr	2872	426	120,4	71,74	2,33	0,45	3,48	3,62		3,62
B	B29	Fu	L6	éleus+crot	28-avr	2357	326,4	96,16	70,54	1,98	0,44	0,76	0,66	2,36	3,02
B	B29	Fu	L8	simple ligne	28-avr	3571	404,1	123,3	69,49	3,03	0,46				0,00

bloc	parcelle	fumure	système	couverture	date	PF carré paille	PF ech paille	PS ech paille	Hum paille	Biom paille	HI	Biom Gr ou tube	Biom végétatif 1	Biom végétatif 2	Biom veg
C	C03	FM	L1	stylo	28-avr	991	220,6	69,64	68,43	0,96	0,44	0,00	5,90		5,90
C	C03	FM	L3	radis	05-mai	2783	558,3	185,4	66,79	2,77	0,44	0,05	0,94		0,94
C	C03	FM	L4	éleus+ caj	28-avr	1747	394,3	108,08	72,59	1,47	0,48	3,03	3,83	1,06	4,89
C	C03	FM	L7	vesce+lupin	28-avr	2654	378,2	113,1	70,10	2,27	0,39	0,14	0,34	0,00	0,34
C	C04	Fu	L1	stylo	29-avr	1183	314,3	76,4	75,69	0,91	0,45	0,00	4,68		4,68
C	C04	Fu	L3	radis	05-mai	2974	336	105	68,75	2,59	0,54	0,04	2,79		2,79
C	C04	Fu	L4	éleus+ caj	28-avr	1638	250,6	66,7	73,38	1,26	0,46	3,48	5,75	0,09	5,84
C	C04	Fu	L7	vesce+lupin	29-avr	3984	785,2	210,1	73,24	3,19	0,48	0,31	0,26	0,00	0,26
C	C13	FM	L2	trèfle	29-avr	2152	399,6	106,4	73,37	1,70	0,35	0,00	3,24		3,24
C	C13	FM	L5	éleusine	29-avr	3589	460,1	118,3	74,29	2,60	0,45	0,00	0,60		0,60
C	C13	FM	L6	éleus+crot	29-avr	1854	445,8	113,4	74,56	1,46	0,42	1,67	3,14	3,05	6,20
C	C13	FM	L8	simple ligne	29-avr	4572	546,4	144,3	73,59	3,38	0,35				0,00
C	C14	Fu	L2	trèfle	29-avr	3342	298,8	96,7	67,64	2,95	0,40	0,00	1,92		1,92
C	C14	Fu	L5	éleusine	29-avr	2900	567,4	154,9	72,70	2,37	0,41	1,67	4,16		4,16
C	C14	Fu	L6	éleus+crot	29-avr	1979	460,2	119	74,14	1,58	0,42	1,52	1,08	1,35	2,43
C	C14	Fu	L8	simple ligne	29-avr	3678	503	141,3	71,91	2,94	0,38				0,00
D	D07	Fu	L1	stylo	29-avr	615	165,1	62	62,45	0,73	0,37	0,00	8,97		8,97
D	D07	Fu	L3	radis	05-mai	2531	389,3	130,3	66,53	2,44	0,39	0,02	0,94		0,94
D	D07	Fu	L4	éleus+ caj	29-avr	1854	317,31	94,5	70,22	1,62	0,43	2,58	2,31	1,11	3,42
D	D07	Fu	L7	vesce+lupin	29-avr	4195	611,9	186,9	69,46	3,67	0,43	0,00	0,13	0,00	0,13
D	D08	FM	L1	stylo	29-avr	2729	623,8	187,5	69,94	2,52	0,41	0,00	4,82		4,82
D	D08	FM	L3	radis	05-mai	1788	274,6	79,8	70,94	1,50	0,27	0,08	4,68		4,68
D	D08	FM	L4	éleus+ caj	29-avr	2827	273,5	78,2	71,41	2,22	0,41	3,33	3,37	2,45	5,82
D	D08	FM	L7	vesce+lupin	29-avr	2897	387,2	119,5	69,14	2,53	0,36	0,22	1,29	0,04	1,33
D	D11	Fu	L2	trèfle	29-avr	2009	247,3	78,7	68,18	1,80	0,46	0,00	1,56		1,56
D	D11	Fu	L5	éleusine	29-avr	2299	402	115,6	71,24	1,94	0,47	0,91	1,18		1,18
D	D11	Fu	L6	éleus+crot	29-avr	2334	377	108,25	71,29	1,95	0,40	1,67	1,62	2,12	3,73
D	D11	Fu	L8	simple ligne	29-avr	2656	399,7	115,2	71,18	2,20	0,46				0,00
D	D16	FM	L2	trèfle	29-avr	4991	585,1	168,5	71,20	4,01	0,41	0,00	0,40		0,40
D	D16	FM	L5	éleusine	29-avr	4162	745	212,8	71,44	3,50	0,47	1,21	1,64		1,64
D	D16	FM	L6	éleus+crot	29-avr	3681	574,4	147	74,41	2,72	0,45	1,21	1,73	2,87	4,61
D	D16	FM	L8	simple ligne	29-avr	4499	394,9	124,2	68,55	3,85	0,41				0,00

annexe 18: valeurs des SPAD sur les tests d'association

Associations

Date :

Relevé SPAD

JAS :

					08/01/08	13/01/09	29/01/09	05/02/09	12/02/09	19/02/09	26/02/09	05/03/09	12/03/09
Bloc	Fumure	Parcelle	Systeme	Couverture	44	49	65	72	79	86	93	100	107
A	FM	A02	L2	trèfle	41,2	39,8	38,5	38,9	40,1	40,8	39	42,9	42
A	FM	A02	L5	éleusine	40,6	38,1	37,3	32,3	36	40,1	36,3	37,8	38,7
A	FM	A02	L6	éleus + crot	32,2	37,1	37,3	36,8	40,1	40,6	36,1	39,9	39,9
A	FM	A02	L8	riz simple ligne	40,4	38,9	38,3	36,7	39,9	41,4	41,2	43,8	42,9
A	Fu	A03	L2	trèfle	37,5	36	37,2	39,8	37,2	37,5	36,1	39,7	39,2
A	Fu	A03	L5	éleusine	38,5	35,7	35,8	36,8	36,8	39,5	36,6	35,6	40,7
A	Fu	A03	L6	éleus + crot	39,8	35,8	36,8	37,8	35,1	38,9	35,2	40,9	38,5
A	Fu	A03	L8	riz simple ligne	40	38,3	42,1	39,8	39,6	41,9	41,5	39,8	40,9
A	FM	A04	L1	stylo	40,8	36,1	36,7	37,5	38,3	41,1	37,2	38,7	40,6
A	FM	A04	L3	radis	39,5	38,4	38,5	38,2	41,5	42,7	42,3	44,4	44,9
A	FM	A04	L4	éleus + cajanus	40,8	37	38	40,4	40,4	43	41,2	42,6	42
A	FM	A04	L7	vesce + lupin	40,9	38,4	39,7	40	37,1	40,2	37,3	39,9	39,2
A	Fu	A05	L1	stylo	33	34,9	34,7	32,2	35,1	34,5	37,5	36,9	36,2
A	Fu	A05	L3	radis	36,2	37,1	39,4	43,4	41,5	41,9	40,7	44,1	45,6
A	Fu	A05	L4	éleus + cajanus	37,4	37,2	39,7	40,3	41,1	40	38,3	41,8	40,2
A	Fu	A05	L7	vesce + lupin	38	37,4	37,9	41	41,8	42,7	41,8	44,3	44,1
B	FM	B26	L1	stylo	39,8	37,4	37,1	34,8	41,3	41,7	40,3	39,6	45,1
B	FM	B26	L3	radis	39,6	37,8	41,7	42,6	40,6	43,5	43,4	45,5	45,9
B	FM	B26	L4	éleus + cajanus	40,7	39	40	43,2	44,4	45,1	45,2	46	42,8
B	FM	B26	L7	vesce + lupin	39,2	38,1	40,6	41	43	41,1	41	43,4	41,7
B	Fu	B27	L1	stylo	40,2	36,3	39,5	35,7	38,7	38,7	39,5	39	40,6
B	Fu	B27	L3	radis	38,6	36,3	39,9	44,2	41,2	41,9	40,6	40,3	41,2
B	Fu	B27	L4	éleus + cajanus	37,2	33,8	37,8	40,8	41,8	41,9	41,2	39,6	41
B	Fu	B27	L7	vesce + lupin	37,8	35,7	40,7	41,9	43	37,7	42,3	41,4	41,4
B	FM	B28	L2	trèfle	38,7	39,8	38,7	41,1	39	40,6	45	42,8	44,3
B	FM	B28	L5	éleusine	38,3	39	39,1	41,5	40,2	44,5	42,6	42,7	42,7
B	FM	B28	L6	éleus + crot	40,2	38,9	40,1	41,3	43,4	45,3	44,4	43	44,7
B	FM	B28	L8	riz simple ligne	42,1	38,8	40,3	43,6	43	43,5	46,3	45,2	45,6
B	Fu	B29	L2	trèfle	34,5	35,8	37,5	40	40,4	40,1	42,3	42,7	43,3
B	Fu	B29	L5	éleusine	35,9	36,4	37,4	40,1	39,8	39,9	41,9	42	41,4
B	Fu	B29	L6	éleus + crot	36,6	35,9	37,3	41,7	41,3	41,3	43,5	44,2	43
B	Fu	B29	L8	riz simple ligne	37,8	34,9	38,7	41,5	39,3	40,9	42,5	44,5	43,4

Relevé SPAD

JAS :

					08/01/08	13/01/09	29/01/09	05/02/09	12/02/09	19/02/09	26/02/09	05/03/09	12/03/09
Bloc	Fumure	Parcelle	Systeme	Couverture	44	49	65	72	79	86	93	100	107
C	FM	C03	L4	éleus + cajanus	35,3	39,8	40,4	39,7	42,5	42,7	42,3	41,4	43,1
C	FM	C03	L7	vesce + lupin	39,7	37,8	42,3	42,6	41,4	42,7	43,3	45,7	45,7
C	Fu	C04	L1	stylo	37,2	36,4	37,7	38,8	39,2	41,9	42	45,9	47,6
C	Fu	C04	L3	radis	39,7	38,8	39,5	42	42	42,9	44	45,8	47,1
C	Fu	C04	L4	éleus + cajanus	35,4	36,4	38,2	40,3	40,9	43,4	41,3	43,2	43,8
C	Fu	C04	L7	vesce + lupin	40	37,5	39,5	39,7	38,6	41,8	45,5	46,5	45,1
C	FM	C13	L2	trèfle	38,9	37,2	38,4	43,6	42,3	42,4	43	40,3	45,1
C	FM	C13	L5	éleusine	42,5	39,8	41,3	42,6	42,7	41,8	41,8	44,5	45,2
C	FM	C13	L6	éleus + crot	40,6	37,4	37,6	43,4	42,8	40,3	43,4	42,5	41,2
C	FM	C13	L8	riz simple ligne	38,6	39	41,1	45,1	42,1	42	42,3	46,4	42
C	Fu	C14	L2	trèfle	37,5	37,5	40	42,2	42,1	41	39,3	38,6	44,3
C	Fu	C14	L5	éleusine	37,5	36,6	39,8	41,9	40,4	39,8	42	42,4	43,5
C	Fu	C14	L6	éleus + crot	37,3	38	40,3	42,8	49,3	41,4	44,6	41,8	42,5
C	Fu	C14	L8	riz simple ligne	38,5	37,8	39,3	42,2	40,9	41,9	40,1	37	41,8
D	Fu	D07	L1	stylo	31,2	30,6	29,1	33,6	34,6	34,5	36	36,8	42,1
D	Fu	D07	L3	radis	35,4	34,6	40,1	40,5	40,2	38,2	41,2	42,9	44
D	Fu	D07	L4	éleus + cajanus	37,7	36,4	39	39,8	38,4	36,7	39,3	40,2	40,8
D	Fu	D07	L7	vesce + lupin	36,1	36,3	38,5	41,8	41	41,4	42,7	43,9	44,2
D	FM	D08	L1	stylo	40	37,2	39,4	40,2	39,5	42,1	43,1	41,4	43,3
D	FM	D08	L3	radis	39,1	37,2	39,2	40,4	41,8	40,5	40,9	42,6	45,4
D	FM	D08	L4	éleus + cajanus	39,5	36,5	39,8	40,5	41,4	39,8	41,2	44	42,8
D	FM	D08	L7	vesce + lupin	39,8	38,5	40,6	39,8	37,6	37,6	41,2	43	44
D	Fu	D11	L2	trèfle	35,9	35,6	37,9	42	39,6	38,2	39,8	39,5	45
D	Fu	D11	L5	éleusine	38,6	37,1	37,2	39,8	41,1	39,2	39,7	41,1	43,7
D	Fu	D11	L6	éleus + crot	36,9	35,6	35,3	40,5	40	36,9	38,2	38,6	42,5
D	Fu	D11	L8	riz simple ligne	36,5	36,9	38,7	41,6	40,8	37,6	39,6	40,4	42,4
D	FM	D16	L2	trèfle	41,6	38,2	40,8	43,9	44	42,6	44,3	45,5	47,9
D	FM	D16	L5	éleusine	40,9	40,1	41,9	41,4	42,7	41,1	41,1	43,1	43,4
D	FM	D16	L6	éleus + crot	40,4	39,4	41,5	41,8	39,6	42,3	43,3	43,5	46,3
D	FM	D16	L8	riz simple ligne	39,6	37,8	43,8	41,4	41,2	40,7	30,9	42,1	44,2

annexe 19: valeurs SPAD des systèmes

Systèmes

semis entre le 11 et le 20 novembre, pris 15/11/08

Relevé SPAD

Date :

SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD
------	------	------	------	------	------	------	------	------

JAS :

37 51 58 73 80 87 94 101 108

Parcelle	Bloc	Système	Gestion	Fumure	22/12/08	05/01/08	12/01/09	27/01/09	03/02/09	10/02/09	17/02/09	24/02/09	03/03/09
A01	A	S3	LAB	Fu	34,6	38,4	38,4	38,3	41,3	39,7	37,9	39,7	39,0
A01	A	S3	LAB	FM	35,1	39,7	42,8	41,1	42	41,2	43,2	44,7	41,5
A01	A	S3	LAB	FM+	36,4	41,0	43,5	42,7	41,7	41,5	44,9	43,2	43,3
A06	A	S3	SCV	Fu	33,5	39,4	39,5	41,7	42,3	41,2	42,3	46,4	42,0
A07	A	S3	SCV	FM	32,5	42,2	41,3	40,5	40,8	45,5	45,1	47,1	48,0
A07	A	S3	SCV	FM+	35,1	40,8	38,7	41,0	43,5	42,3	47,0	46,4	44,7
A14	A	S2	LAB	Fu	33,0	38,4	39,4	41,3	42,1	42,8	42,8	44,2	42,2
A15	A	S2	LAB	FM	35,4	38,8	41,2	40,6	44,0	42,0	44,9	44,2	41,2
A23	A	S1	LAB	Fu	33,3	38,1	38,7	40,8	40,8	43,7	42,8	42,0	43,1
A24	A	S1	LAB	FM	35,2	42,2	43,6	42,1	40,4	44,7	45,2	46,4	42,6
A24	A	S1	LAB	FM+	37,6	43,0	43,2	43,8	42,2	45,3	44,0	45,3	46,1
A25	A	S1	SCV	FM	30,5	38,8	40,6	40,0	41,3	43,3	44,5	43,6	45,4
A25	A	S1	SCV	FM+	31,6	38,9	43,2	42,0	41,8	44,3	45,1	47,2	44,6
A26	A	S1	SCV	Fu	32,4	38,2	37,5	41,3	41,4	44,5	42,4	45,1	42,1
A27	A	S2	SCV	Fu	35,3	40,3	42,1	43,0	45,0	43,3	47,3	43,4	44,5
A28	A	S2	SCV	FM	33,3	40,7	43,1	42,1	44,6	45,3	45,9	48,4	48,7
B03	B	S2	SCV	FM	31,8	39,7	41,7	38,8	40,8	39,6	44,0	45,0	42,7
B04	B	S2	SCV	Fu	34,3	37,6	38	40,7	41,5	43,8	48,5	44,4	43,7
B05	B	S2	LAB	FM	36,8	41,1	40,5	44,7	44,7	46,0	43,7	45,1	46,4
B06	B	S2	LAB	Fu	35,4	37,2	38,6	41,4	43,4	43,3	42,5	43,8	43,2
B07	B	S1	LAB	Fu	32,0	37,9	37,3	42,3	43,3	42,9	43,4	44,3	44,4
B08	B	S1	LAB	FM	36,5	38,5	40,4	43,2	44,7	44,6	45,3	48,6	43,8
B08	B	S1	LAB	FM+	36,8	40,6	41,3	42,1	44,3	44,6	43,1	43,9	44,8
B22	B	S3	SCV	FM	35,1	39,5	42,0	43,6	46,7	44,2	45,4	46,9	49,0
B22	B	S3	SCV	FM+	36,4	40,9	42,1	42,7	44,9	43,6	46,1	47,7	46,2
B23	B	S3	SCV	Fu	32,8	39,5	41,8	42,6	45,5	40,8	44,9	47,6	44,7
B24	B	S1	SCV	FM	32,8	39,4	38,3	42,4	42,0	41,1	45,3	45,7	43,1
B24	B	S1	SCV	FM+	33,4	39,8	42,1	42,7	45,3	42,6	42,9	46,3	45,4
B25	B	S1	SCV	Fu	30,8	37,1	37,8	38,4	41,6	41,5	43,4	42,2	43,4
B30	B	S3	LAB	Fu	31,9	39,4	42,9	43,6	45,4	43,0	45,8	44,7	43,1
B30	B	S3	LAB	FM	35,1	40,2	42,3	41,8	41,2	43,2	43,4	47,1	44,7
B30	B	S3	LAB	FM+	36,5	42,3	42,1	47,2	41,5	43,5	45,3	46,8	43,2

Systemes

semis entre le 11 et le 20 novembre, pris 15/11/08

Relevé SPAD

Date :

JAS :

					SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD	SPAD
					37	51	58	73	80	87	94	101	108
Parcelle	Bloc	Système	Gestion	Fumure	22/12/08	05/01/08	12/01/09	27/01/09	03/02/09	10/02/09	17/02/09	24/02/09	03/03/09
C01	C	S2	SCV	FM	31,9	39,8	41,9	40,5	40,9	40,5	42,9	42,0	45,4
C02	C	S2	SCV	Fu	32,9	39,9	40,2	41,6	41,5	41,3	43,4	45,6	41,8
C05	C	S3	SCV	FM	30,1	32,7	42,4	42,7	42,7	44,2	44,5	47,7	48,3
C05	C	S3	SCV	FM+	32,9	42,7	42,2	41,3	41,5	43,6	46,6	45,9	47,0
C06	C	S3	SCV	Fu	32,1	38,6	39,1	42,5	43,5	41,6	45,0	44,0	43,1
C07	C	S1	SCV	Fu	32,1	38,8	40,2	40,7	39,7	38,6	42,7	43,9	43,3
C08	C	S1	SCV	FM	31,2	39,9	39,9	41,4	41,2	43,3	44,6	45,7	46,6
C08	C	S1	SCV	FM+	31,8	38,9	41,4	38,1	39,0	40,0	43,7	40,4	43,0
C09	C	S1	LAB	FM	35,1	39,1	43,0	42,3	41,2	41,3	43,0	44,3	44,5
C09	C	S1	LAB	FM+	35,6	39,9	40,3	41,0	40,4	40,9	42,3	45,5	43,6
C10	C	S1	LAB	Fu	30,3	38,1	36,9	40,0	38,7	38,5	42,5	39,8	41,1
C15	C	S2	LAB	Fu	30,7	37,1	37,7	37,8	38,8	40,0	40,0	41,0	43,2
C16	C	S2	LAB	FM	37,2	41,9	43,1	45,1	40,6	46,6	45,1	45,1	44,8
C30	C	S3	LAB	Fu	32,8	40,1	39,9	40,9	40,7	42,3	43,8	44,9	39,8
C30	C	S3	LAB	FM	37,5	41,8	42,3	41,5	43,5	42,6	44,0	42,3	40,9
C30	C	S3	LAB	FM+	37,7	43,9	42,2	43,8	42,8	43,8	43,1	44,4	39,2
D04	D	S3	LAB	Fu	33,5	39,0	38,8	41,5	43,1	40,2	44,0	45,2	44,6
D04	D	S3	LAB	FM	36,7	41,6	45,9	41,6	44,1	41,6	44,1	47,2	44,3
D04	D	S3	LAB	FM+	37,8	43,7	43,4	42,0	42,2	43,7	45,2	46,5	46,0
D09	D	S1	LAB	Fu	32,2	39,3	39,1	41,1	40,6	40,3	41,3	41,8	40,0
D10	D	S1	LAB	FM	34,6	41,2	43,2	40,7	42,6	43,2	42,9	43,1	41,2
D10	D	S1	LAB	FM+	35,9	41,6	43,2	43,4	41,3	42,5	41,3	41,6	43,6
D12	D	S2	SCV	Fu	33,7	39,5	40,2	42,8	39,6	41,5	41,7	40,0	40,8
D13	D	S2	SCV	FM	32,0	40,6	40,1	41,6	41,2	42,1	43,5	45,4	43,4
D19	D	S1	SCV	FM	33,2	36,0	36,7	41,2	41,6	43,6	44,3	45,5	42,9
D19	D	S1	SCV	FM+	35,1	39,9	41,2	42,3	42,1	40,9	43,5	45,1	43,6
D20	D	S1	SCV	Fu	31,6	36,7	36,5	41,9	42,8	42,2	42,9	42,9	41,5
D23	D	S3	SCV	FM	33,8	40,6	41,5	42,7	44,1	45,2	46,2	46,9	42,9
D23	D	S3	SCV	FM+	35,1	40,5	41,4	43,6	44,0	46,4	46,0	47,4	47,0
D24	D	S3	SCV	Fu	31,7	38,3	38,9	41,7	42,1	41,0	39,3	43,8	39,9
D27	D	S2	LAB	Fu	34,4	40,1	39,8	40,9	42,2	41,5	41,4	43,5	41,5
D28	D	S2	LAB	FM	36,2	41,4	41,7	43	41,2	44,8	44,2	45,4	40,5

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. Tout particulièrement dans la zone d'étude, l'élevage bovin laitier est très développé. Comment concilier la production rizicole et les besoins fourrager du bétail ?

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 des plantes fourragères. L'étude a été particulièrement axée pour chaque système 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 biomasses produites.

Les résultats ont montré que:

- il n'y a pas d'effet significatif de la fertilisation sur le rendement du riz. Au contraire, une forte fertilisation a favorisé l'infestation de la pyriculariose et entraîné de faibles pourcentages de grains pleins sur FM+.
- De bons rendements ont été obtenus avec les systèmes S1 semis direct (3,35 t/ha) ainsi que le système riz associé avec la vesce et le lupin (2,0 t/ha)
- La plus forte production de biomasse a été obtenue en S1 labour FM+ (5,0 t/ha) et en riz associé à l'éleusine et le cajanus (9,32 t/ha).

Mots-clés : riz pluvial, fourrage, SPAD, LER, rendement, biomasse

ABSTRACT

In Madagascar, sustainable development of upland rice farming goes through the design of high-performance farming environment-friendly systems that preserves soil fertility. Cattle farming is highly developed, specifically in the study zone. The question is then how to juggle rice production with cattle fodder need? Our study, carried out at an experimental level with URP/SCRiD in Andranomanelatra, dealt with the design and assessment of upland rice-based farming systems that integrate fodder plants. For each system under scrutiny, the study was specifically focused on:

- The relationships (competition/complementarity) among associated plants: measures during the cycle of rice plants' height and their nitrogenous nutrition,
- The components that define rice yield,
- The biomasses produced.

Results have shown that:

- Fertilization has no significant effect on rice yield. On the contrary, a high level of fertilization has enhanced infestation of blast disease and caused low percentages of full grains on FM+
- We obtained good yields with the S1SCV systems (3.35t/ha) as well as the system that associates rice with vetch and lupine (2.0 t/ha)
- The highest level of biomass produced was achieved with the S1 LAB FM+ system (5.0 t/ha) in which rice was associated with eleusine and cajan pea (9.32 t/ha)

Keywords: upland rice, fodder, SPAD, LER, yield, biomass