



**ATHENEE SAINT JOSEPH ANTSIRABE
(ASJA)**

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

En

Mention : SCIENCES AGRONOMIQUES

Parcours : Production végétale

Présenté

Par

RAKOTOARIVELO NJARAMANANA Naliharilala Miora

**GESTION AGRONOMIQUE DU STRIGA ASIATICA : L'EFFET DU
SYSTEME DE CULTURE SOUS COUVERTURE VEGETALE SUR
L'INFESTATION ET LA PRODUCTION DU RIZ PLUVIAL**

Devant les membres du Jury composés de :

Président : Monsieur RALAMBOMANANA Joseph Olivier, Ingénieur agronome

Examineurs : Madame ANDRIAMALAZA Sahondra, Docteur en Pédologie

Monsieur RABARY Eugène, agronome sélectionneur

Rapporteurs : Monsieur MICHELLON Roger , Ingénieur agronome au CIRAD

Monsieur ANDRIANASOLO Hasina, Ingénieur agronome

Soutenu le : 29 Novembre 2013





**ATHENEE SAINT JOSEPH ANTSIRABE
(ASJA)**

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

En

Mention : SCIENCES AGRONOMIQUES

Parcours : Production végétale

Présenté

Par

RAKOTOARIVELO NJARAMANANA Naliharilala Miora

**GESTION AGRONOMIQUE DU STRIGA ASIATICA : L'EFFET DU
SYSTEME DE CULTURE SOUS COUVERTURE VEGETALE SUR
L'INFESTATION ET LA PRODUCTION DU RIZ PLUVIAL**

Devant les membres du Jury composés de :

Président : Monsieur RALAMBOMANANA Joseph Olivier, Ingénieur agronome

Examineurs : Madame ANDRIAMALAZA Sahondra, Docteur en Pédologie

Monsieur RABARY Eugène, agronome sélectionneur

Rapporteurs : Monsieur MICHELLON Roger, Ingénieur agronome au CIRAD

Monsieur ANDRIANASOLO Hasina, Ingénieur agronome

Soutenu le : 29 Novembre 2013



REMERCIEMENTS

Ce travail arrive à son terme grâce à la bénédiction de Dieu et à la contribution de nombreuses personnes. Nous souhaitons exprimer ici notre profonde reconnaissance ainsi que notre gratitude envers eux, en particulier à :

- Père CUOMO Mario Giuseppe, Directeur et fondateur de cette Université où nous avons pu réaliser nos études supérieures
- Madame RALAMBORANTO Laurence, Professeur de parasitologie et de biochimie, Recteur de l'ASJA,
- Chef de département de la filière Sciences Agricoles,
- Monsieur RALAMBOMANANA Joseph Olivier, Ingénieur agronome qui a accordé son temps pour présider ce mémoire ;
- Madame ANDRIAMALAZA Sahondra, Docteur en Pédologie et
Monsieur RABARY Eugène, agronome sélectionneur, enseignant à l'ASJA ; nos examinateurs, pour leurs conseils et encouragements ;
- Monsieur Roger MICHELLON, ingénieur agronome de recherche du CIRAD et
Monsieur ANDRIANASOLO Hasina pour les aides, conseils et intérêts qu'ils portent à ce travail en tant que rapporteurs encadreurs technique et pédagogique.
- Tout le corps enseignant de l'ASJA, famille, et toutes personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

RESUME

Le *Striga asiatica* est une plante parasite très développée dans les pays intertropicaux comme Madagascar. A chaque saison culturale, il détruit des centaines d'hectares de riz pluvial et de maïs. Les terrains de cultures infestés par cette peste végétale sont rapidement abandonnés par les paysans et laissés en friche. Ce processus est presque irrémédiable.

Ce cas d'infestation du striga est un phénomène vraiment manifesté dans le Moyen-Ouest malgache. La majorité des surfaces agricoles sont dévastées chaque année par le striga. Différentes campagnes de lutte ont été menées dans cette partie de la Grande île pour réduire son infestation.

L'une des méthodes récemment utilisée est le système de semis direct sous couverture végétale avec rotation culturale ou SCV. Le CIRAD, la FOFIFA et l'Africa Rice effectuent une expérimentation de ce système depuis novembre 2011 dans le Moyen-Ouest à Ivory. Les différents types de SCV expérimentés pourraient définitivement arrêter ou du moins réduire la propagation du striga sur les cultures vivrières céréalières, notamment le riz pluvial et le maïs et partant de la production de ceux-ci.

En effet, les différentes observations et quantifications du striga faites durant la deuxième année ont révélées des résultats relativement positifs et encourageants même si le comportement des pestes végétales est différent selon les types de SCV et les variétés de riz utilisées. Même si l'expérimentation n'a pas encore atteint son terme, les SCV s'avèrent un système efficace pour lutter contre l'infestation du striga, pour favoriser l'amélioration du sol en corrigeant sa teneur en matière organique et augmenter le rendement et la production agricole.

Il travail reste la diffusion de ce système dans les différents découpages administratifs, comme les communes, districts et régions pour que les populations rurales puissent se réjouir de leur dur labeur par la réduction du taux de striga dans leurs champs de cultures.

Mots clés : *S. asiatica*, SCV, Moyen-Ouest, expérimentation, cultures céréalières.

ABSTRACT

Striga asiatica is a parasitic plant highly developed in the inter-tropical countries like Madagascar. Each growing season, it destroyed hundreds of hectares of upland rice and corn. Land crops infested with plague this plant are quickly abandoned by farmers and left fallow. This process is almost irreparable.

This case of infestation of striga is a really obvious phenomenon in the middle west of Madagascar. The majority of agricultural land is devastated each year by the striga. Different campaigns have been conducted in this part of the big island to reduce the infestation.

One of the recently used methods is the system of direct seeding mulch with crop rotation or SCV. CIRAD, FOFIFA and AFRICA RICE conduct an experiment of this system since November 2011 in the Middle West in ivory. The different systems experienced SCV could permanently stop or reduce the spread of striga on cereal food crops such as upland rice and corn.

Indeed, various observations and quantification of striga made during the second year have proved relatively positive and encouraging even if the behavior of plant pests is different for different types of SCV and rice varieties results. Although the experiment has not yet reached its conclusion, we can say that the SCV are an effective system to fight against the infestation of striga, to promote soil improvement by correcting soil organic matter and increase yield and agricultural production.

The bulk of the work remains in the dissemination of this system in different administrative divisions, such as towns, districts and regions so that rural people can rejoice in their hard work by reducing the rate of striga in their crop fields.

Keywords: *S. asiatica* , SCV , middle west , experimentation , cereal crops

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

SOMMAIRE

INDEX / LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

LISTE DES PHOTOS

ANNEXES

SIGLES

ABREVIATIONS

GLOSSAIRE

INTRODUCTION..... 1

PREMIERE PARTIE : *S. ASIATICA*, EFFETS ET MOYENS DE LUTTE

Chapitre I – striga : parasite végétal redoutable 4

I.1. Origine et répartition géographique du striga 4

I.1.1. Taxonomie du *S. asiatica* 5

I.1.2. Description botanique du striga 5

I.1.3. Caractéristique spécifique du *S. asiatica* 7

I.2. Cycle biologique du *S. asiatica*..... 8

Chapitre II – Le SCV : système de lutte efficace 11

II.1. Contexte national : diffusion des SCV à Madagascar 11

II.1.1. Définition et objectifs des SCV 11

II.1.2. Principes généraux des SCV et impacts agronomiques..... 12

II.1.3. Effets bénéfiques des SCV 12

II.1.4. Contraintes des SCV..... 14

II.2. Contexte local : diffusion des SCV à Madagascar 14

II.2.1. Cadre géographique 14

II.2.2. Cadre institutionnel de l'expérimentation des SCV 16

DEUXIEME PARTIE : MATERIELS ET METHODES

Chapitre I - Matériel végétal..... 18

I.1. Les couvertures végétales utilisées : luttés agronomiques du striga..... 18

I.2. Les céréales..... 20

Chapitre II - Méthode mise en œuvre de l'expérimentation	21
II.1. Choix du terrain et dispositif expérimental.....	21
II.2. Conditions de réalisation.....	24
II.2.1. Précaution prise : paillage des allées.....	28
II.2.2. Différentes observations ou mesures	28
Chapitre III - Dénombrement du striga	30
III.1. Les matériels utilisés.....	30
III. 2. Dénombrement des plants et le comptage de graines de striga dans le sol	31
TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS	
Chapitre I – Résultats et interprétations	36
I.1. Analyse des sols.	36
I.1.1. Analyses de sols en première année.	36
I.1.2 Analyses effectuées en fin de première année.	37
I.1.3. Analyses de sols en fin de deuxième année.....	38
I.2. Apparition et dénombrement du striga	40
I.2.1. Date d'apparition du striga.....	40
I.2.2. Dénombrement du striga sur riz.....	40
I.2.3. Evolution du nombre de striga de 60 à 122 JAS.....	42
I.2.4. Evolution des proportions des Strigas de 97 à 122 JAS.....	43
I.2.5. Graines de striga stockées dans le sol	45
I.3. Hauteurs des plantes du riz.	45
I.4. Composante de rendement pour le riz	47
I.4.1. Densités	47
I.4.2. Tallage.....	48
I.4.3. Panicules	49
I.4.4. Formation des graines	50
I.5. Rendement en paddy des cultures de riz	53
I.5.1. Rendement des cultures de riz pendant le cycle précédent.....	53
I.5.2. Rendements de la récolte de riz au cours de cette campagne	54
I.6. Rendement en biomasses des cultures.....	56
I.6.1. Biomasse du cycle précédent	56
I.6.2. Rendement en biomasses des cultures en cours de cette campagne	57

Chapitre II- DISCUSSION ET SUGGESTION	58
II.1. Analyse des sols	58
II.1.1. Analyse effectuée en première année	58
II.1.2. Analyse de sols en fin de deuxième année.....	58
II.2. Analyse sur la plante de striga.....	59
II.3. Croissance des plantes du riz.....	60
II.4. Composante du rendement du riz.....	61
II.5. Productivité de biomasses et des paddy.....	62
II.6. ECHO : pour le contrôle de ce fléau.....	63
CONCLUSION	64
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXES	

INDEX / LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Taxonomie du <i>S. asiatica</i>	5
Tableau 2 : Les principaux effets agro écologiques des SCV	13
Tableau 3 : pluviométrie décadaire relevée à Ivory durant la campagne 2012-2013	15
Tableau 4 : Semis du riz et du maïs	26
Tableau 5 : Analyse granulométrique initiale des sols de chaque bloc. (Texture).....	36
Tableau 6 : Teneur en azote et phosphore des sols en fonction du système en fin de première année.	37
Tableau 7 : Teneur en P Olsen en ppm selon les modes de gestion du sol en fin de deuxième année.	37
Tableau 8 : Teneur en azote total en g/kg selon les modes de gestion du sol en fin de deuxième année	38
Tableau 9 : Date d'apparition du striga.	40
Tableau 10: Evolution de la densité moyenne du Striga total sur les variétés de 60 à 75 JAS. .	40
Tableau 11: Evolution de la densité moyenne du Striga total selon les systèmes de 60 à 75 JAS	41
Tableau 12 : Dénombrement de graines de striga stockées dans le sol	45
Tableau 13 : Rendement de paddy par traitement, du cycle précédent.	54
Tableau 14: Rendement de grains et de biomasse au cours du cycle précédent.....	56

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Cycle biologique du <i>S. asiatica</i>	9
Figure 2: Courbe pluviométrique d'Ivory durant la campagne 2012-2013.....	15
Figure 3: Température moyenne mensuelle Ivory 2012-2013.....	16
Figure 4: Organisation des parcelles pour l'année 2012/2013,	22
Figure 5 : Représentation non randomisée d'une répétition expérimentale pour trois saisons successives, avec le riz en gris (t1-t4= traitements/systèmes 1-4; S1-S2: stade de cycle de rotation; V1-V3: variétés 1-3)	23
Figure 6 : Représentation d'une sous-parcelle de riz. Chaque point représente un poquet du riz (poquet à 0,2 m d'écartement sur des lignes espacées de 0,3m). Les surfaces colorées indiquent les surfaces d'observations et/ou prélèvements.....	23
Figure 7 : Teneur en azote total en g/kg sur Maïs en 2012.....	38
Figure 8: Teneur en azote total en g/kg sur la culture de riz en Mai 2013.	39
Figure 9: Evolution de la densité de striga en fonction des variétés de riz.....	42
Figure 10: Evolution de l'infestation du striga total selon les systèmes de 60 à 122 JAS.....	43
Figure 11: Proportion en % des strigas entre variété de riz à 97 JAS.....	43
Figure 12 : Proportion en % des strigas entre variété de riz à 122 JAS.....	44
Figure 13: Effet des systèmes sur la hauteur du Riz à 60 JAS.....	45
Figure 14: Hauteurs des variétés de Riz à 60 JAS.	46
Figure 15 : Hauteur du riz, interaction systèmes/variétés 60, 75, 95, 120 JAS.....	46
Figure 16: Densité à la récolte en fonction des systèmes et des variétés	47
Figure 17: Nombre de talles par plante.....	48
Figure 18: Nombre de panicules par m ²	49
Figure 19: Nombre de panicules par plantes	49
Figure 20: Nombre de panicules par talle	50
Figure 21: Nombre de grains par m ²	50
Figure 22: Nombre de grains par panicule	51
Figure 23: Pourcentage de grains pleins	52
Figure 24: Poids de 1000 grains pleins	52
Figure 25: Rendement de paddy par variété du cycle précédent	53
Figure 26 : Production de paddy en t/ha sans le système de stylosanthes	55

Figure 27: Production de paddy en t/ha avec le système de stylosanthes.....	55
Figure 28: Biomasse de paille en t/ha de matière sèche.....	57

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Feuille de <i>S. asiatica</i>	6
Photo 2: Fleur de <i>S. asiatica</i>	6
Photo 3 : Le fruit du striga.....	7
Photo 4 : Les graines du striga.....	7
Photo 5 : Floraison de stylosanthes.....	19
Photo 6 : Semences de maïs traités avant le semis.....	25
Photo 7 : Paillage des allées.....	28
Photo 8 : Dénombrement du striga aérien dans une des parcelles expérimentales.....	31
Photo 9 : Pesage de biomasse de striga arraché pour chaque parcelle.....	31
Photo 10 : Echantillons de sols.....	32
Photo 11 : Préparation de la solution de saccharose.....	33
Photo 12 : Tamisage et lavage.....	33
Photo 13 : Décantation et flottaison.....	34
Photo 14 : Filtration.....	34
Photo 15 : Le comptage des graines de striga.....	35

ANNEXES

ANNEXE I : Résultats de l'analyse des sols	i
ANNEXE II : Densité du striga.....	ii
ANNEXE III : Résultats sur la croissance des plantes de riz	vi
ANNEXE IV: Rendement de la plante de riz.....	ix

SIGLES

ADRAO : Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest

CGIAR: Consultative Group on International Agricultural Research

CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

FOFIFA : Foibe Fikarohana ho an'ny Fampandrosoana eny Ambanivohitra(Centre National de la Recherche Appliquée au Développement Rural)

NERICA : New Rice Africa

L'URP/SCRID : Unité de Recherche en Partenariat/Système de Culture et de Riziculture Durable

ABREVIATIONS

CR : Commune rurale

g : gramme

JAS : Jour Après Semis

kg : kilogramme

l : litre

m : mètre

ml : milli-litre

mm : milli-mètre

m² : mètre carré

MS : Matière Sèche

RN : Route Nationale

°N : degré Nord

°S : degré Sud

°C : degré Celsius

SCV : Semis Direct Sous Couverture Végétale

t : traitement (t1, t2, t3, t4)

t/ha : tonne par hectare

μ : micron

GLOSSAIRE

Cultivar : meilleure variété issue des sélections.

Epirhize : plante parasite à la racine de la plante hôte.

Erosion : facteur agissant au voisinage de la surface terrestre et modelant son relief.

Exponentielle : terme qualifiant une augmentation régulière et rapide.

Germination suicide du striga : germination stimulée par une autre plante qui n'est pas une plante hôte où la radicule du striga n'arrive pas à se fixer sur la racine de cette plante piège et meurt rapidement.

Haustorium : un suçoir qui se fixe à la racine de la plante hôte.

Hémiparasite : phase aérienne du striga, où le parasitisme facultatif.

Herbicide : produit qui détruit les mauvaises herbes.

Holoparasite : phase souterraine du striga, où le parasitisme obligatoire.

Pandémie : épidémie, infectieuse.

Plante parasite : plante qui vit aux dépens d'un ou des autre (s) corps, plante (s).

Plante piège du striga : plante qui stimule sa germination mais ne permet pas sa fixation.

Pénéplaine : relief en pente douce, résultat final d'une érosion.

Peste végétale : plante nuisible.

Strigolactone : hormone émise par les exsudats de racines des plantes en cas de carence et servent de médiateurs chimiques avec leurs champignons mycorhiziens.

Suçoir : organe qui sert à la succion.

Texture : composition granulométrique du sol.

.

INTRODUCTION

Les parasites végétaux constituent l'un des problèmes majeurs des cultures vivrières céréalières (mil, sorgho, riz pluvial et maïs) des pays en développement, mis à part les facteurs courants comme la dégradation des sols, les changements climatiques. Cette étude s'est consacrée à l'analyse du mode d'infestation, des effets sur les cultures, et des différentes méthodes de lutte contre l'une de ces pestes végétales : le striga.

Dans le cas des pays de l'Afrique subsaharienne, le striga infeste plus de 50 millions d'hectare de terres cultivées et affecte des centaines de millions d'individus. En effet, plusieurs zones de cultures ont été abandonnées. Le striga devient donc une pandémie redoutable affectant la sécurité alimentaire de cette partie du continent (Mémento de l'agronome, 2002 ; Mounier, 2013). Plusieurs méthodes ont été vulgarisées dans cette région du globe pour réduire les attaques de cette peste végétale. Ejeta (1997) et Hearne (2009) ont inventorié différents moyens de contrôle du striga, le parasite végétal le plus nuisible pour les céréales. Ils en concluent que ces méthodes de contrôle ont de praticabilité limitée en raison de leurs effets éphémères à large échelle, de leur efficacité variable, de leur faible accessibilité et de leur coût élevé.

Madagascar est également touché par cette pandémie, particulièrement dans la partie du Sud – Ouest et Moyen – Ouest, où le striga occasionne d'importants ravages dans les cultures de riz pluvial et maïs. L'ampleur des effets du striga, plus précisément le *Striga asiatica* sur les cultures céréalières est surtout liée à son caractère épirhize et à la pauvreté des sols en matière organique. L'érosion en est un indicateur remarquable de cette dernière. L'appauvrissement du sol en matière organique est accentué par certaines pratiques culturales comme les feux de brousse, le travail excessif de sols en pente, le surpâturage, l'insuffisance de fumure. En effet, les paysans ont des difficultés à acheter des intrants agricoles.

Pour le Moyen – Ouest, le striga est devenu une problématique majeure. De ce fait, trois centres de recherches (le CIRAD, la FOFIFA et l'Africa Rice Center) ont mené des campagnes de lutte et de sensibilisation auprès des paysans dans cette partie de la grande île et ont cherché les moyens les plus fiables pour contrôler sa prolifération et de restructurer le sol en améliorant sa teneur en matière organique (Husson et *al.*, 2010, Randrianjafizanaka, 2010). De plus, des variétés de riz plus ou moins résistantes sélectionnées par l'Africa Rice ont été

diffusées localement. Durant les dernières campagnes, les paysans ont été initiés à une méthode de lutte: **le Semis direct sous couverture végétale ou SCV**. Un essai des SCV a été réalisé depuis la saison culturale 2011 – 2012, sur un terrain infesté par le striga et abandonné par son propriétaire dans la commune rurale de Betsohana, à proximité d'Ankazomiriotra, pour tester l'efficacité des SCV par rapport aux autres méthodes traditionnellement appliquées. Nos hypothèses pour la deuxième année de cette expérimentation s'orientent sur les suppositions selon lesquelles :

- La combinaison des SCV apporte des avantages palpables sur le rendement agricole, sur l'amélioration des sols en matière organique, mais surtout sur la réduction du taux de striga;
- L'une des variétés de riz, utilisées pour cette étude, soit réellement résistante et renforce la lutte contre les attaques du striga.

Ainsi, des questions problématiques se posent par rapport à notre hypothèse : les **SCV expérimentés seront-ils réellement efficaces pour arrêter le processus d'infestation du striga sur les cultures céréalières, notamment le riz pluvial et le maïs dans le Moyen-Ouest malgache ? Laquelle (es) des variétés de riz utilisées sera (ont) – elle (s) plus résistante (s) et renforcera la lutte contre l'attaque du striga?**

L'objectif global de cette expérimentation est la gestion agronomique intégrée du striga par les SCV. Mais également l'effet de celui-ci sur la production du riz pluvial en rotation.

Les objectifs spécifiques sont de :

- Etudier l'évolution des rendements des variétés de riz en essai par rapport aux quatre systèmes expérimentés : terrain avec labour, et trois types des SCV.
- Evaluer l'effet d'une variété de riz plus résistante à l'infestation du striga.
- Suivre l'évolution du striga (dénombrement des graines dans le sol, densité dans chaque sous parcelle d'essai) et ses effets sur le riz.
- Comparer les avantages des SCV et des variétés de riz résistantes et encourager les paysans à l'adopter avec le système de rotation culturale.
- Améliorer la fertilité du sol par l'utilisation des SCV.

De ce fait, les résultats attendus pour cette étude de l'infestation du striga sur les cultures de riz pluvial et de maïs sont les :

- Réduction du taux de striga pour améliorer le rendement en riz et la correction de la fertilité du sol par les SCV ;

- Etablissement d'un bilan global sur les quatre systèmes pour déterminer la méthode la plus efficace pour lutter contre l'infestation du striga;

Afin d'expliquer en détail toutes les démarches ainsi que le résultat de cette étude, nous proposons d'étudier :

- dans un premier temps, les effets et les moyens de lutte contre le striga
- dans un deuxième temps, les matériels et méthodes utilisés pour réaliser l'expérimentation des SCV.
- dans un troisième temps au résultat de cette expérimentation des SCV durant cette deuxième année, notamment sur le riz.

Première partie :

S. asiatica :

effets et moyens de lutte

Chapitre I – striga : parasite végétal redoutable

Cette partie décrit et explique le mode d'infestation du *S. asiatica* sur les cultures céréalières avec ses effets ainsi que les SCV pour mieux gérer cette peste végétale.

Le striga est une menace agronomique et économique sérieuse du Moyen-Ouest de Madagascar. Mais comment est-il arrivé à Madagascar et a-t-il envahi tout le territoire malgache ? Quelles sont ses spécificités par rapport aux autres pestes végétales ? Et quels sont ses impacts sur les cultures ?

I.1. Origine et répartition géographique du striga

Le striga est présent dans presque toutes les contrées du globe surtout dans la zone intertropicale. Il existe une quarantaine d'espèces. Cette peste des cultures céréalières est originaire de l'Afrique subsaharienne. Elle était connue dans ce continent depuis la deuxième moitié du 18^{ème} siècle. 33 espèces sont actuellement détectées. Il constitue donc l'un des problèmes majeurs de ce vaste continent.

Après sa dissémination dans tous les pays africains, le striga a été introduit accidentellement dans différents pays du monde pour diverses raisons (Rabehanitriniony, 2012). Il arrivait en Amérique bien avant les années 1950, dans la partie orientale des Etats-Unis où les colons européens venaient s'installer. Par ailleurs, il avait subi une éradication avec des herbicides. Cela était une réussite.

Dans les différents pays d'Asie, 7 espèces de striga sont répertoriées mais son impact sur les cultures est relativement insignifiant. En Australie, 4 espèces de striga seulement sont reconnues (Andrianaivo, Kroschel et al., 1998).

A Madagascar, le striga est apparu, d'après Andrianaivo et al., (1998), à cause des importations des variétés de riz pluvial et de maïs depuis les années 1900.

Deux espèces de cette peste végétale sont connues redoutables pour les cultures vivrières céréalières de la zone intertropicale (CTA, 2008) :

- ***Striga hermontica***, mesure environ 50 cm. Il est plus fréquemment rencontré en Afrique et cause des pertes de rendement en production céréalière jusqu'à 30 % voire même 75 % au niveau national, de 100 % au niveau d'une parcelle (Rabehanitriniony, 2012).

- ***Striga asiatica***, mesure entre les 13 et 30 cm. Cette variété est la plus répandue sur la planète (de l'Asie jusqu'en Afrique de l'Est, et l'Océan indien).

Dans la grande île, les deux espèces existent mais le *S. asiatica* est la plus répandue et la plus terrible à cause de ses dégâts sur les cultures. En particulier dans le Moyen-Ouest malgache.

I.1.1. Taxonomie du *S. asiatica*

Tableau 1 : Taxonomie du *S. asiatica*

Règne	VEGETAL
Embranchement	PHANEROGAMES
Sous- embranchement	ANGIOSPERMES
Classe	DICOTYLEDONES
Ordre	SCROPHULARIALES
Famille	OROBANCHACEES
Genre	<i>Striga</i>
Espèce	<i>asiatica</i>

A Madagascar, le striga a plusieurs noms vernaculaires selon les endroits : « **Arema** », « **Kimenamena** », « **Ahitra menakely** » du fait de ses fleurs rouges vives. « **Angamay** » en raison des ravages qu'elles provoquent. « **Ahitra vahiny** » parce qu'il a été introduit accidentellement à Madagascar vraisemblablement dans les années 1900 et bien d'autres nominations encore.

I.1.2. Description botanique du striga

Les tiges : En général, elles sont de couleur sombre, verte foncée ou brune. Elles sont droites, menues et anguleuses ayant une forme de cylindre. Rigides et rugueuses, elles ont des poils courts et épais qui les recouvrent en entier (Andrianaivo et *al.*, 1998).

Les feuilles : Avec un limbe linéaire, leurs feuilles sont lancéolées et se terminent par un sommet parfois pointu (longueur de 6 à 37 mm et largeur de 1 à 4 mm). Les feuilles sont simples et sans pédoncule. Elles sont opposées à la base de la plante et s'alternent dans chaque côté de la tige jusqu'à l'inflorescence (Andrianaivo et *al.*, 1998).



Photo 1 : Feuille de *S. asiatica*

Les fleurs : De couleur rouge vif, les fleurs sont solitaires. Elles sont sessiles et recouvertes par une bractée de 8 mm avant qu'elles n'éclosent. De la forme d'un tube, le calice est de 5 à 7 mm de long avec des nervures et des lobes. La corolle est de 6 à 12 mm de longueur. A l'extrémité du pistil, sur sa partie renflée, se trouve un ovaire de forme ovoïde (Andrianaivo et *al.*, 1998 ; Manana, 2011).



Photo 2: Fleur de *S. asiatica*

Source : http://www.zimbabweflora.co.zw/speciesdata/species.php?species_id=152250

Les fruits : un pied de striga peut comporter jusqu'à 14 voire même 71 fruits. Ces derniers sont de couleurs noires et ont la forme d'une petite capsule ellipsoïde de dimensions 5,5 mm sur 2mm à 6mm sur 4,6 mm. Chaque fruit possède deux valves pouvant contenir des centaines de milliers de graines (Parker et *al.*, 1983 ; Andrianaivo et *al.*, 1998).



Photo 3 : Le fruit du striga

Source : www.parasiticplants.siu.edu

Les graines : Les graines sont invisibles à l'œil nu avec une taille microscopique de 0,33 mm de long et de 0,15 mm de large. Un pied de striga peut produire des graines au nombre de 37 000 à 500 000 en fonction des paramètres de développement du parasite. 1000 graines pèsent environ 5,5 mg. Pour leur protection, les graines sont recouvertes par un tégument de couleur brunâtre, dur et liseré. Ces membranes coriaces permettent aux graines de garder leur pouvoir germinatif plus de 15 ans dans le sol sans mourir. (Michellon et *al.*, 2008).

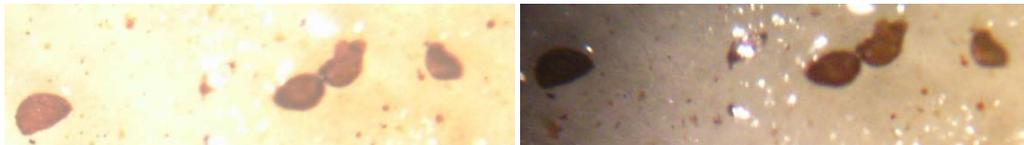


Photo 4 : Les graines du striga

I.1.3. Caractéristique spécifique du *S. asiatica*

Le striga est un adventice des régions arides et semi-arides des pays tropicaux d'altitude moyenne entre 800 et 1300 m. Il s'adapte parfaitement aux zones à faible pluviométrie de 1000 à 1500 mm de précipitations par an, avec une saison sèche prononcée de 6 mois et une température annuelle élevée (Randrianjafizanaka, 2013). Ce parasite végétal s'attaque principalement aux cultures annuelles d'importance majeure comme le riz pluvial, le maïs, le sorgho et le mil.

Le striga est une plante herbacée ramifiée depuis sa base, possède des fleurs à couleur très vive et dont les tiges sont dressées, menues et vertes présentant un profil en chandelier (Randrianjafizanaka, 2010). Il s'arrache facilement et ne dépasse pas les 30 cm de hauteur.

En général, le striga se fixe aux plantes céréalières hôtes pour se nourrir. Il se greffe sur le système racinaire de celles-ci par l'intermédiaire d'un organe appelé haustorium qui est doté de nombreux petits suçoirs. Ces suçoirs lui permettent d'absorber les éléments nutritifs indispensables à sa croissance et à son développement. En plus, ses stomates sont toujours ouvertes sauf partiellement pendant la nuit. Mais, si un stress hydrique survient, les stomates restent ouverts de jours comme de nuits. Ce fonctionnement permet au striga de maximiser l'acquisition d'éléments nutritifs et d'eau par le biais de la plante hôte (Shah et *al.*, 1987 ; Salle et Raynal-Roques, 1989 ; Le Bourgeois et Merlier, 1995 ; Andrianaivo et *al.*, 1998 ; Michellon et *al.*, 2008).

I.2. Cycle biologique du *S. asiatica*

Le cycle biologique du *S. asiatica* dure en moyenne 1 mois et tout au plus 4 mois, de la phase de germination jusqu'à la formation des graines (Ayongwa et Ngoumou, 1994). Ce cycle est également fermé (Cf. figure n°1), il présente deux principales phases distinctes (Parker et *al.*, 1983 ; Salle et Raynal-Roques, 1989 ; Ayongwa et Ngoumou, 1994) :

- La phase holoparasite ou souterraine
- La phase hémiparasite ou aérienne

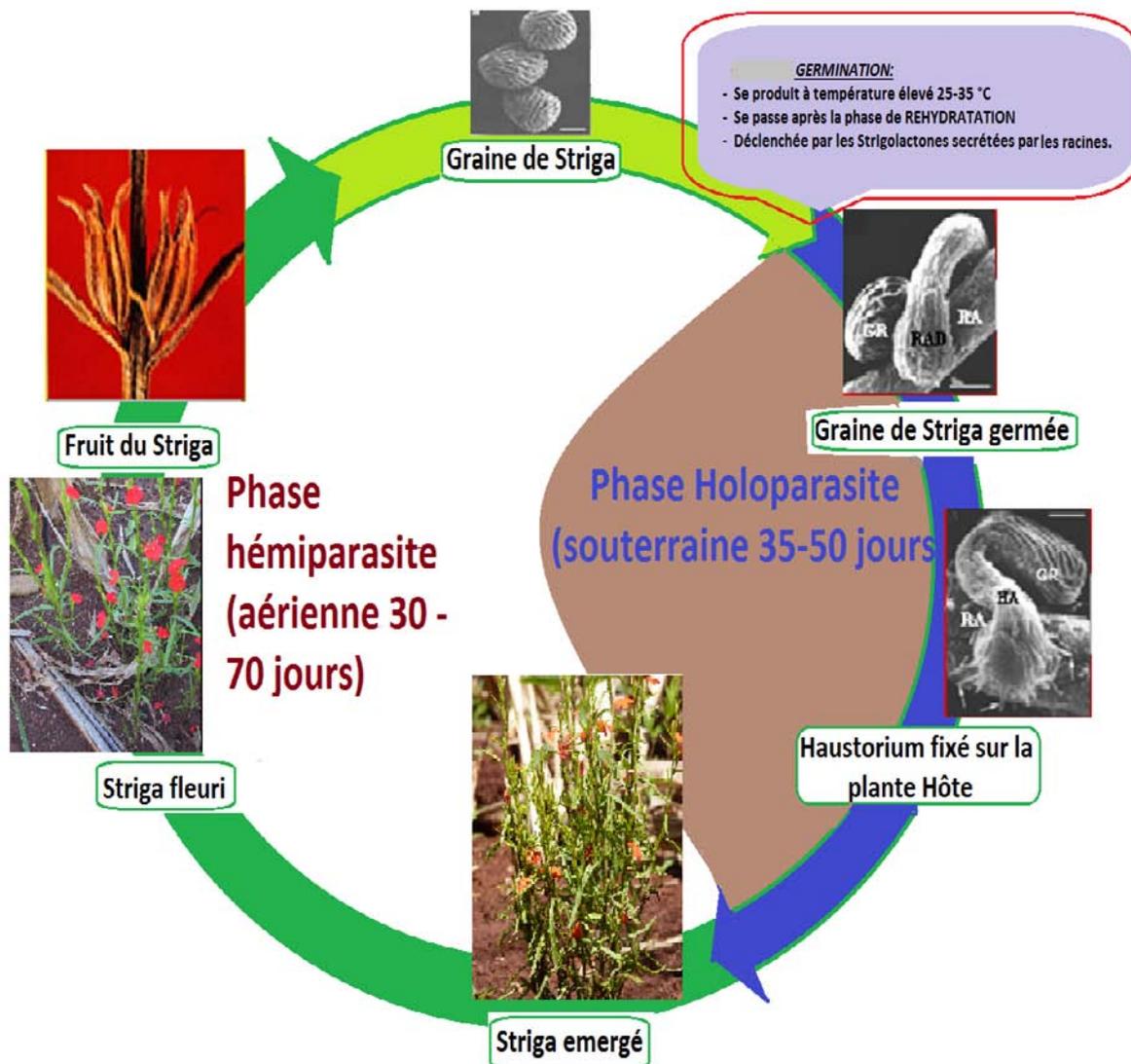


Figure 1 : Cycle biologique du *S. asiatica*

Le cycle biologique du *S. asiatica* présente différents étapes d'évolution.

La phase souterraine ou phase holoparasite durant laquelle les graines germent et la plantule arrive à se fixer sur la racine de la plante hôte. Cette phase dure de 35 à 50 jours pendant lequel le parasitisme est strict, il existe quatre stades :

- La dormance : ce stade permet à la graine de ne pas germer durant les périodes sans cultures. Celle-ci est protégée par un tégument dur qui l'enveloppe. Ce stade dure en moyenne 4 à 6 mois.
- La réhydratation : durant cette étape, les graines sont gorgées d'eau par les premières tombées de pluies. La durée de celle-ci est environ de 10 à 15 jours. Mais elle varie en fonction de l'âge des graines, de la température et de l'humidité du sol.

La réhydratation des graines n'est pas le seul paramètre en jeu pour faire germer le striga. Impérativement, les graines doivent se trouver à quelques millimètres près de la racine hôte, plus précisément à 4 mm de celle-ci. Cette proximité est nécessaire au parasite puisse détecter le signal chimique envoyé par la plante hôte, appelé strigolactone, qui lui permet de germer (Salle et Raynal-Roques, 1989 ; Le Bourgeois et Merlier, 1995 ; Andrianaivo, 1998 ; et Michellon, 2008).

- La germination : déclenchée par les strigolactones, la germination conduit vers l'émission d'une radicule translucide et fine, appelée aussi haustorium, fixée sur la racine de la plante hôte. La germination se fait à des températures relativement élevées, entre 25°- 35° C.

- La fixation : après la germination, l'extrémité de la radicule arrive à toucher la racine de l'hôte sinon la plantule meurt parce qu'elle manque de réserve. Pour que la fixation soit efficace, une différenciation au niveau des papilles qui se trouvent au bout de la radicule est nécessaire pour qu'elle adhère à la surface de la racine de l'hôte.

La phase aérienne ou phase hémiparasite dure en moyenne 30 à 70 jours comporte 3 stades :

- L'émergence : L'haustorium de la radicule fixée sur la racine de l'hôte absorbe et transporte les éléments nutritifs de la plante hôte vers le parasite. Ensuite, il y a apparition d'une jeune tige verticale et translucide. Le parasite, qui émerge du sol selon la profondeur d'enfouissement des graines, a une activité chlorophyllienne. Il est déjà capable de se nourrir à 25%.

- La floraison : de cinq ou à six semaines après un développement des fruits, une hampe florale apparaît.

- La fructification : après fécondation, les fleurs portent des fruits en forme de capsules ellipsoïdes, dont le nombre varie de 14 à 71. Ces fruits sont souvent de couleur noire. La dimension de la capsule est de 5,5 mm x 2 mm jusqu'à 6 mm x 4,6 mm.

Chapitre II – Le SCV : système de lutte efficace

Le mode de propagation du striga est rapide parce qu'en une seule campagne culturale, des millions de graines microscopiques sont produites. Les graines se dispersent facilement grâce à plusieurs facteurs comme le vent, les activités humaines mais également les semences des cultures. (Salle et Raynal-Roques, 1989 ; Andrianaivo et *al.*, 1998).

Et si le striga émerge, il produit des graines.

II.1. Contexte national : diffusion des SCV à Madagascar

Le **Semis Direct sous Couverture Végétale ou SCV** est diffusé dans les zones rurales depuis le début des années 2000. L'objectif est de développer une démarche d'apprentissage et d'optimiser les efforts de vulgarisation pour lutter contre les adventices à travers Madagascar. Plusieurs projets de développement ont été réalisés pour les SCV, par exemple dans la région du lac Alaotra (projet BV-lac Alaotra), dans quatre autres régions à savoir Vakinankaratra (Moyen Ouest), Amoron'i Mania, Vatovavy Fitovinany et Atsimo Atsinanana (projet BVPI/SEHP, Bassins versants des périmètres irrigués du Sud-Est et des hauts plateaux), (Rabehanitriniony, 2012).

Le Moyen – Ouest malgache a servi également de terrain d'application de cette nouvelle technique de lutte contre le striga. Associé au système de rotation de culture, le SCV permettrait de réduire et de contrôler la croissance du striga et d'améliorer le sol en stabilisant sa teneur en matière organique. (Husson, et al, 2010, Randrianjafizanaka, 2010).

II.1.1. Définition et objectifs des SCV

Les SCV sont des systèmes culturaux utilisant le semis direct accompagné d'une couverture végétale permanente. Les graines sont semées directement dans le sol sans labour préalable (ou zéro labour). Les activités biologiques des couvertures végétales servent de barrière pour la propagation du striga. Une couche de mulch ou accumulation d'une biomasse végétale morte ou vive sur et dans le sol garantit une protection des cultures. Par conséquent, le sol est toujours couvert et à l'abri de toute dénudation et érosion (Seguy, 1999 ; Razafindrazanaka, 2010).

II.1.2. Principes généraux des SCV et impacts agronomiques

Les SCV reposent sur les principes suivants (CIRAD, 2009 ; Michellon et *al.*, 2009) :

- **Absence de labour et de travail mécanique** pour réduire la perturbation du sol et de sa litière.

- Couverture permanente du sol par des biomasses végétales ; Grâce à cette accumulation de biomasse, imitant l'écosystème forestier, le ruissellement d'eau est moindre. Le sol est protégé de l'érosion et l'activité microbologique du sol s'accroît. L'évaporation de l'eau est réduite et la fertilité s'améliore progressivement. La couverture permet de contrôler le développement du striga. Les SCV permettent en effet de réduire les temps de travaux et les coûts et d'augmenter la productivité.

- **Diversification des plantes en association, rotation, ou succession.**

Les SCV sont regroupés en deux catégories :

- **SCV sur résidus ou couverture morte**

Les résidus de récolte et/ou les plantes de couverture annuelles totalement desséchés (haricot-riz, niébé, mucuna...) à l'herbicide composent la couverture du sol. Les cultures sont semées directement dans les résidus de cultures précédentes et éventuellement renforcés par du paillage importé, ou dans la biomasse de plantes pérennes coupées.

- **SCV avec couverture vive**

La culture est semée dans la plante de couverture desséchée par le gel ou la sécheresse et se développe avant que celle-ci ne la concurrence si non la plante de couverture pérenne est maîtrisée pendant la durée de la culture mais sans la tuer, afin qu'elle se réinstalle d'elle-même après la période de culture. Ces techniques permettent de réduire les doses d'herbicides éventuellement utilisées et elles demandent cependant une bonne maîtrise technique. Pour assurer une diversité végétale, l'association des légumineuses aux couvertures de graminées est indispensable et vice versa.

II.1.3. Effets bénéfiques des SCV

Les principaux effets des SCV sont repris dans le tableau de Sorez, (1999) ; Raunet et *al.* (1999). Ils dépendent du milieu, des espèces cultivées et aussi de l'environnement socio-économique.

Tableau 2 : Les principaux effets agro écologiques des SCV

Bilan minéral	Fixation de l'azote Recyclage des éléments minéraux Déblocage des éléments rétrogradés
Propriété physique	Forte macroporosité et aération Structure stable Sol arable plus épais Augmentation de l'infiltration
Microclimat	Risques climatiques régulés (amplitudes thermiques et hygrométriques) Conservation de l'eau
Activité biologique	Augmentation et diversification de la méso faune et de la microflore
Bilan organique	Accroissement du taux de matière organique Incorporation en profondeur
Flore adventice	Diminution significative (allélopathie et obscurité)
Lutte intégrée	Ravageurs Maladies Economie d'intrants
Gestion de l'exploitation	Diminution de temps de travail et flexibilité Moindre pénibilité Economie d'intrants Diversification Stabilité de la production Augmentation des marges nettes

Source: Sorez (1999) ; Raunet et *al.* (1999)

Les SCV concourent donc au maintien de l'humidité et la baisse de température du sol, ainsi la germination des graines de striga serait retardée, voire même limitée étant donné que son optimal germinatif est de 30°C. Elle renforce également la fertilité du sol et réduit la sécrétion de strigolactones des plantes hôtes. Le striga a du mal à émerger au travers de la couverture végétale et provoquerait des germinations suicides des graines, diminuant ainsi le stock semencier dans le sol.

II.1.4. Contraintes des SCV

(Randrianjafizanaka, 2010 ; Manana, 2011 ; Rabehanitriniony, 2012)

Les contraintes ici présentées sont liées au fonctionnement des systèmes agraires.

La vaine pâture

Le principe des SCV repose sur la présence d'une couverture végétale permanente. Si la vaine pâture est pratiquée, ce tapis végétal peut être mis en danger par le bétail qui laisse une partie du sol.

Le feu

Le feu est un outil très utilisé un défrichage rapide et économique. C'est pourquoi il est souvent difficile de pratiquer le semis direct dans une communauté où le défrichage par le feu est pratiqué.

L'utilisation d'intrants

Pendant les premières années, il est nécessaire d'apporter une fumure suffisante aux cultures pour produire une biomasse suffisante.

Technicité des SCV

Des contraintes techniques existent. Les plus importantes relèvent du matériel parfois nécessaire (rouleaux) ou d'intrants (herbicide) à coût élevé. Ce qui les rend difficiles d'accès.

II.2. Contexte local : diffusion des SCV à Madagascar

II.2.1. Cadre géographique

Le Moyen – Ouest malgache forme un terrain idéal pour l'expérimentation sur la lutte contre le striga parce que les champs de cultures en sont envahis. L'expérimentation est installée à Ivory, (1 000 m d'altitude, près d'Ankazomiriotra) à 90 km d'Antsirabe.

Choix du site : L'expérimentation est effectuée dans le Fokontany d'Ivory, District de Mandoto, Région Vakinankaratra, à proximité d'Ankazomiriotra situé sur la RN34.

Relief et sols

Le Moyen – Ouest représente un immense plateau de 500 km du Nord au Sud et de 300 km de large, qui était constitué encore récemment de pénéplaines herbeuses, sans aucun arbre, d'une superficie considérable, mais quasiment inhabitées. Ces pénéplaines herbeuses étaient parcourues par les feux de brousse. Les sols sont en grande partie rouges ferrallitiques avec un pH de 5,5 à 6. Les différents plateaux ont des altitudes comprises entre 700 et 1200m.

Climat

Le climat est caractérisé par l'alternance d'une saison chaude et pluvieuse généralement d'octobre à avril, et une saison plus fraîche et sèche, d'avril à octobre. La pluviométrie est bien répartie pendant la saison de culture comme en 2012-2013 (tableau 3), aussi bien que la température (Figure 3). Ce climat contrasté ainsi que l'érosion des sols dans le Moyen-Ouest sont des conditions favorables à l'infestation du striga.

Tableau 3 : pluviométrie décadaire relevée à Ivory durant la campagne 2012-2013

Mois	Décade 1		Décade 2		Décade 3		Total mensuel	
	Pluie en mm	Nombre jours de pluie	Pluie en mm	Nombre jours de pluie	Pluie en mm	Nombre jours de pluies	Pluie en mm	Nombre jours de pluies
Oct. 2012	1,0	1	6,0	3	140,0	8	147,0	12
Nov 2012	21,0	5	91,0	7	25,0	7	137,0	19
Déc 2012	29,5	5	47,0	5	209,0	10	285,5	20
Janv 2013	106,0	7	43,0	7	141,0	9	290,0	23
Fev 2013	103,5	8	219,0	10	25,0	6	347,5	24
Mars 2013	70,5	5	66,0	6	33,5	5	170,0	16
Total jusqu'à fin Mars 2013							1377,0	114

Source : URP/SCRID, FOFIFA

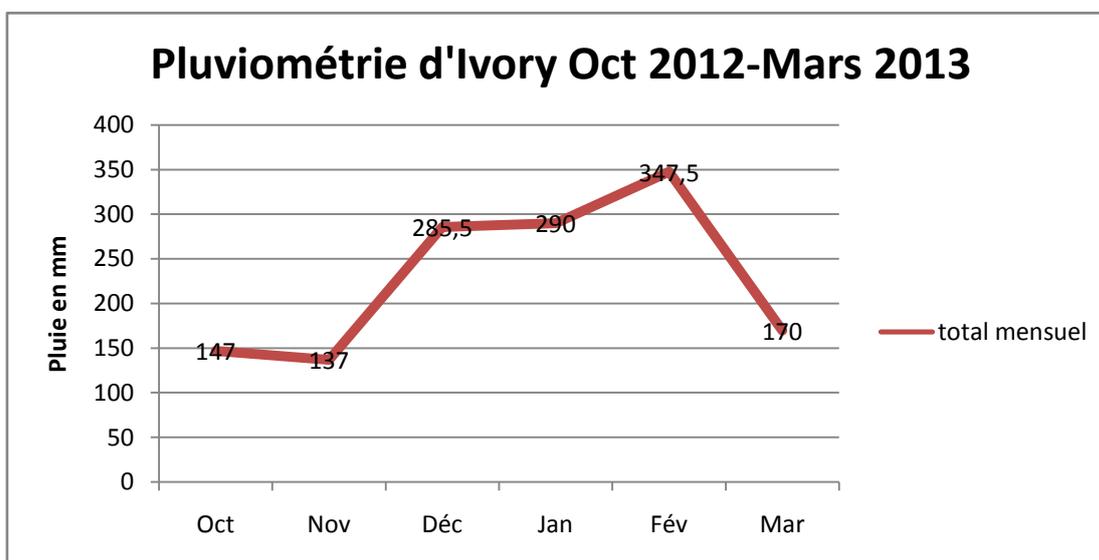


Figure 2: Courbe pluviométrique d'Ivory durant la campagne 2012-2013

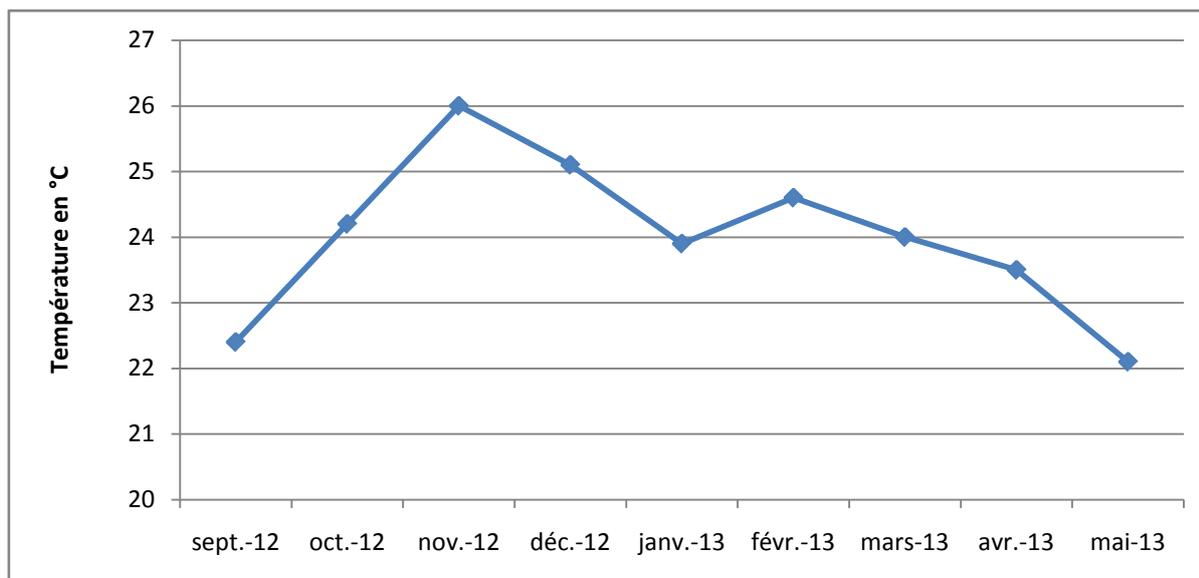


Figure 3: Température moyenne mensuelle Ivory 2012-2013

La température moyenne mensuelle à Ivory est très forte et éminente à 22°C (figure 3).

II.2.2. Cadre institutionnel de l'expérimentation des SCV

Cette expérimentation du SCV dans le Moyen Ouest malgache a été réalisée grâce au partenariat de recherches FOFIFA et CIRAD avec la collaboration de l'AfricaRice et de l'Université d'Antananarivo.

Le FOFIFA (Centre National de la Recherche Appliquée au Développement Rural)

FOFIFA est un centre de recherche public à caractère industriel et commercial installé dans tout Madagascar, il est constitué de 6 départements d'études scientifiques et possède des laboratoires de recherche à savoir laboratoire de sols, laboratoire de biotechnologie moléculaire, laboratoire d'analyse sensorielle, laboratoire de pathologie végétale, laboratoire de nutrition animale et l'herbarium forestier. Au niveau régional, 8 équipes multidisciplinaires traitent diverses recherches orientées pour le développement régional.

CIRAD (Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement)

Créé en 1970, le CIRAD est un centre de recherche public à caractère industriel et commercial, dont l'objectif est de répondre aux enjeux internationaux de l'agriculture et du développement dans les pays en voie de développement.

A Madagascar, le CIRAD conduit des recherches pour valoriser l'exceptionnelle biodiversité, gérer les services environnementaux et promouvoir une approche agro-écologique pour une agriculture pérenne, notamment pour les exploitations familiales des Hautes Terres. Ces activités sont mises en œuvre en partenariat avec des institutions de recherche, les universités et les acteurs du développement.

L'AfricaRice Center (Centre du riz pour l'Afrique)

L'AfricaRice est une organisation de recherche œuvrant pour l'amélioration du mode de vie en Afrique. Le Centre a été créé en 1971, il compte 24 pays membres et a été créé en tant qu'Association pour le développement de la riziculture en Afrique de l'Ouest (ADRAO) en 1971, changé en "***Centre du riz pour l'Afrique (AfricaRice)***".

Deuxième partie :

MATERIELS

ET

METHODES

Chapitre I - Matériel végétal

Cette partie est consacrée dans l'inventaire des matériels utilisés pour l'expérimentation et la méthode appliquée.

I.1. Les couvertures végétales utilisées : lutttes agronomiques du striga

Le type de climat du Moyen – Ouest permet de produire des biomasses importantes avec plusieurs variétés ou de types de plantes de couverture adaptées et capables de maîtriser le striga:

Les légumineuses annuelles :

Le niébé (g. *Vigna unguiculata*), le haricot-riz ou Tsiasisa en Malagasy (g. *Vigna umbellata*), et le g. *Mucuna sp.* d'un cycle de 4 à 8 mois, peuvent fixer de grandes quantités d'azote et produisent une forte biomasse. Elles ont aussi l'avantage de produire des grains comestibles qui sont commercialisés à part le mucuna (non comestible mais valorisé en alimentation des porcs). (Rabehanitriniony, 2012)

Une légumineuse pérenne :

Le stylosanthès (g. *Stylosanthes guianensis*), ou encore luzerne tropicale est une légumineuse pérenne, de durée de vie de 3 ans environ. Il est adapté à toutes les zones climatiques de Madagascar, de 0 à 1300 m d'altitude, de 600 mm à plus de 3 000 mm de pluies. Son système racinaire est composé d'un pivot principal de plus de 1,5m et des racines secondaires sur lesquelles se développent des nodosités en abondance. Il ne présente ni rhizomes, ni stolons. Il peut s'enraciner à partir de tiges couchée sur le sol qui émettent des racines. C'est une plante capable de produire une forte biomasse sans engrais même sur de sols dégradés, de dominer les adventices, de fixer de fortes quantités d'azote, de recycler les bases et oligo-éléments, et d'extraire le phosphore de milieux pauvres, les rendant accessibles à une prochaine culture (Husson et al., 2010).



Photo 5 : Floraison de stylosanthès

Les systèmes basés sur stylosanthes se sont avérés des systèmes pratiques, robustes et résistants, adaptés aux différentes conditions d'élevage: de l'agriculture à petite échelle avec des moyens très limités aux grandes exploitations commerciales. Ils peuvent être gérés avec les entrées très limitées (aucun herbicide, très faible fertilisation, etc.) Ou à grande échelle (contrôle mécanique ou chimique de la plante de couverture), etc. L'intensité culturale peut être adaptée à l'espace disponible et savoir-faire technique des agriculteurs: la production d'une récolte de céréales une fois tous les deux ans (le plus simple à gérer, avec très peu d'intrants), deux fois tous les trois ans ou tous les ans (le plus réussi à complexe, nécessitant une bonne maîtrise et d'intrants pour compenser les éléments nutritifs exportés aux grains). La grande capacité d'adaptation et la praticité de ces systèmes reposent sur stylosanthes, facile à amortir, contrôle des mauvaises herbes. Il est adopté par les agriculteurs de Moyen Ouest.

I.2. Les céréales

Ce sont le riz pluvial et le maïs en rotation.

Pour le riz pluvial, trois variétés (V) de riz sont choisies:

- V1: B22, une variété locale très sensible à l'attaque du striga
- V2: NERICA-4, une variété plus résistante et déjà adoptée par les agriculteurs
- V3: NERICA-9, une variété moyennement résistante et nouvellement diffusée

V2 et V3 sont des variétés New rice Africa, obtenues par le croisement du riz africain et du riz asiatique. Elles font parties de la lutte génétique du striga

Pour le maïs, nous avons utilisé une seule variété, qui est un cultivar.

Chapitre II - Méthode mise en œuvre de l'expérimentation

II.1. Choix du terrain et dispositif expérimental

L'objectif de cette expérimentation est de tester l'effet de différents systèmes sur l'infestation du striga sur les cultures du riz pluvial et du maïs en rotation.

Quatre systèmes sont comparés: La pratique paysanne avec labour; et trois SCV sans labour, combinés avec 3 variétés de riz, en 6 répétitions.

Les quatre systèmes sont répartis comme suit :

- t1: Riz//maïs – labour (pratique paysanne)
- t2: Riz// maïs + niébé + Mucuna en dérobée en janvier après le début de la récolte du niébé) – sans labour
- t3: Riz//maïs + haricot-riz – sans labour
- t4: Riz + stylosanthes // maïs + stylosanthes (deuxième année)// riz semé dans les résidus de stylosanthes – sans labour (pratique SCV)

Pour disposer de traitements différenciés, ce terrain choisi a été cultivé et abandonné par le propriétaire en raison de l'infestation par le striga. Les cultures précédentes (manioc ou pois de terre) n'ont pas reçu de fumures ou seulement des apports organiques (environ 5t/ha de fumier par an).

Le dispositif expérimental est randomisé sous forme de split-plot qui comporte :

- les quatre « systèmes » comme traitements principaux,
- chaque parcelle « système » comporte simultanément 2 stades : riz pendant stade 1 pour la première année d'essai et la culture en rotation en stade 2 pour la deuxième année d'essai. Chaque parcelle a une surface de 540 m².
- et les « variétés de riz » dans les sous-parcelles (qui correspondent aux variétés de riz dans la parcelle de riz, et à partir de l'année 2 la sous parcelle en maïs se décompose en 3 correspondant à l'arrière effet de la variété de riz de l'année précédente). Chaque sous parcelle a une surface de 90 m²

Pour mieux analyser l'effet du striga, malgré la variabilité de son infestation, 6 répétitions sont mises en place. Chaque parcelle système contient 6 sous-parcelles et chaque répétition 24 sous-parcelles.

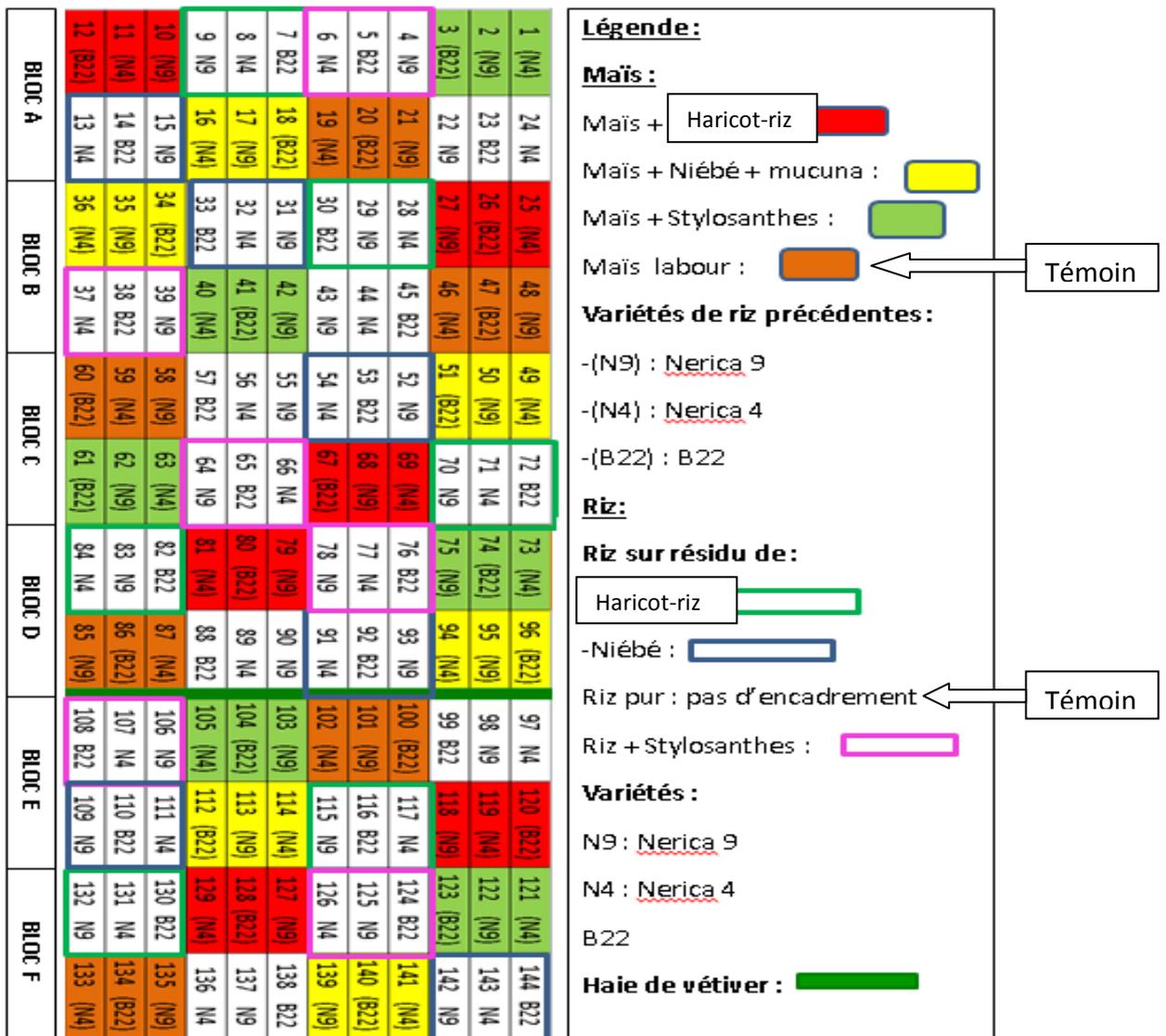


Figure 4: Organisation des parcelles pour l'année 2012/2013.

Source : Mounier 2013

Year 1 (repetition 1)				Year 2 (repetition 1)				Year 3 (repetition 1)			
S1		S2		S1		S2		S1		S2	
T1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1
	V2	V2	V2	V2	V2	V2	V2	V2	V2	V2	V2
	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V3
T2	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1	V1
	V2	V2	V2	V2	V2	V2	V2	V2	V2	V2	V2
	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V3	V3

Figure 5 : Représentation non randomisée d'une répétition expérimentale pour trois saisons successives, avec le riz en gris (t1-t4= traitements/systèmes 1-4; S1-S2: stade de cycle de rotation; V1-V3: variétés 1-3)

Source : Protocole expérimental (2011)

Les parcelles systèmes sont divisées en 6 sous-parcelles de 5 m sur 18 m séparées par des allées. Les allées sont paillées en deuxième année pour éviter que les graines de striga ne soient entraînées par le ruissellement. Chaque sous-parcelle contient 5 surfaces d'observations :

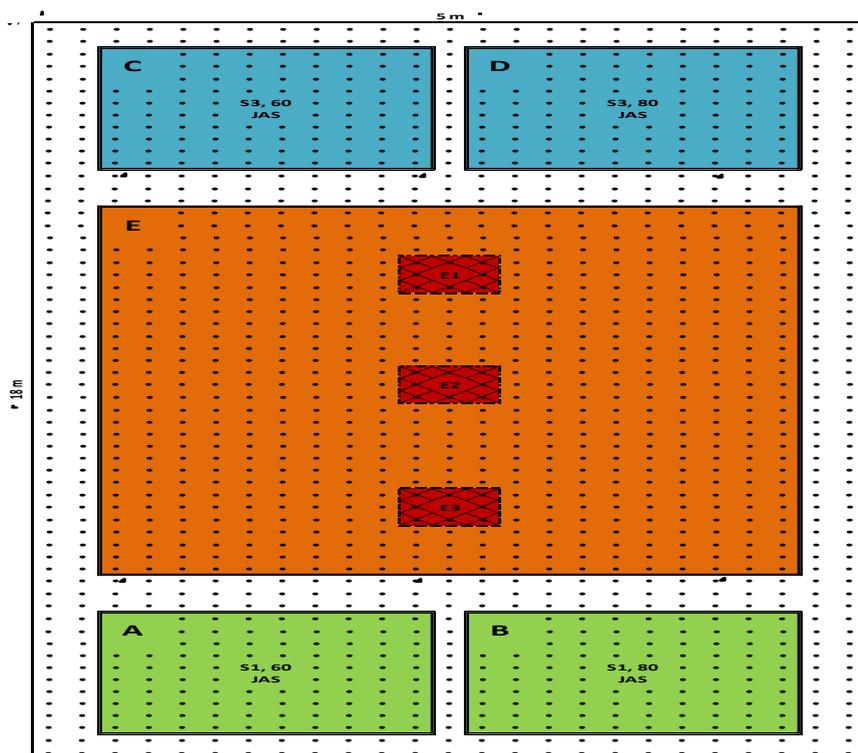


Figure 6 : Représentation d'une sous-parcelle de riz. Chaque point représente un poquet du riz (poquet à 0,2 m d'écartement sur des lignes espacées de 0,3m). Les surfaces colorées indiquent les surfaces d'observations et/ou prélèvements.

Source : Protocole expérimental (2011)

La surface centrale (E) : une surface de 21 lignes de riz de 30 poquets (4,2 m × 9 m; 630 plants).

Une option de trois sous-échantillons (E1-E3), pour la mesure de la hauteur du riz et pour la détermination des composantes du rendement, est réalisée pour le dénombrement de plants dans le poquet, des panicules, et des graines.

Les surfaces aux deux extrémités de chaque sous-parcelle (A, B, C, D) : quatre surfaces de 10 × 10 poquets (2 m × 2 m) pour des observations destructives pour la biomasse de riz et le striga. Cet échantillonnage destructif est réalisé deux fois par saison du riz (à 60 ou 70 et 80 ou 90 JAS). Pour ne pas avoir un effet d'élimination du striga (avec ses capsules et ses graines) sur les comptages, les surfaces utilisées pendant la 3ème et 4ème saison seront à l'autre extrémité de la sous-parcelle (cf. Figure 3). La zone C et D pour le riz.

II.2. Conditions de réalisation

Récolte des cultures précédentes

Récolte des cultures précédentes et mise en place des couvertures en SCV : Les parcelles de riz ont été récoltées 118 JAS pour B22 (du 2 au 3 avril 2012), 120 JAS pour N4 (2 au 6 avril 2012) et 126 JAS pour N9 (10 au 11 avril 2012). Les pailles sont fauchées, pesées après battage sur place et échantillonnées pour leur séchage à l'étuve. Elles sont épandues sur le sol :

- dans chaque sous-parcelle en SCV pour les traitements t2 à t4 (variété par variété)
- ou dans les allées autour des parcelles « systèmes » pour le traitement t1 avec labour.

Les parcelles de maïs ont été récoltées 168 JAS (28 mai 2012). La récolte de grain et les échantillonnages sont réalisées sur toutes les parcelles, mais les biomasses de maïs sont prélevées et épandues sur le sol :

- dans chaque parcelle en SCV du traitement t4 avec stylosanthes
- ou dans les allées autour des parcelles « systèmes » pour le traitement t1 avec labour.

Les tiges de maïs sont conservées comme tuteur dans les associations avec niébé + mucuna ou haricot-riz.

Les parcelles de niébé ont été récoltées 88, 97 et 111 JAS (9, 18 mars et 3 avril 2012) et celles de mucuna le 22 septembre 2012. Leur production de grain est évaluée après séchage au soleil sur la totalité de la surface de la parcelle « système », soit 270 m² (15 m x 18 m).

Les biomasses des légumineuses ont été évaluées les :

- 15 octobre 2012 pour le stylosanthes associé au maïs après décapage à l'angady. Après calcul de la MS produite dans chaque parcelle « système », la biomasse est complétée dans chacune à 3,5 t/ha de MS.
- 18 et 19 octobre 2012 pour haricot-riz et 20 et 21 octobre 2012 pour niébé + mucuna.

- **Préparation du terrain**

Le labour est réalisé manuellement à l'angady sur le traitement t1, du 4 au 8 juin 2012, et suivi d'un affinage en novembre 2012, avant le semis des cultures de riz ou maïs. En SCV, les biomasses ont été décapées manuellement à l'angady (coupe des tiges au collet) pour préparer les terrains avant semis : le 15 octobre pour stylosanthes et le 18 octobre 2012 pour niébé+ mucuna ou haricot-riz.

- **Semis**

Traitement de semences

Avant le semis, il est primordial de faire un traitement des semences pour lutter les vers blancs. Toutes les semences ont été conservées à partir des récoltes de la campagne 2011-2012 dans cette expérimentation (pour conserver l'infestation par le striga), sauf pour le maïs et le haricot-riz provenant de Fidirana et conservé depuis 2011.

Le traitement des semences a été réalisé avec 0,9 g/kg d'imidachlopride + 0,25 g/kg de thirame pour le riz et le maïs (4 g/kg d'Insector), (photo 6) ou avec 1,6 g/kg de mancozèbe pour les légumineuses (2 g/kg de Dithane M 45).



Photo 6 : Semences de maïs traités avant le semis

L'écartement des poquets du riz est de 0,2 m × 0,3 m, chaque poquet étant semé après trouaison à l'angady avec, en moyenne, 5 à 6 graines. Le maïs est semé en double ligne avec un écartement de 0,5 m × 0,5 m. Chaque poquet comporte 3 graines de maïs. Ces rangs

jumelés sont écartés de 1,5 m pour semer les légumineuses niébé et haricot-riz en intercalaire. La variété de maïs est locale.

Tableau 4 : Semis du riz et du maïs

Bloc	Date de semis du riz	Date de semis du maïs
A	19/11/2012	26/11/2012
B	20/11/2012	26/11/2012
C	20/11 (moitié) et 21/11	27/11/2012
D	21/11 : 3/4 sauf niébé et 22/11	27/11/2012
E	22/11/2012	28/11/2012
F	23/11/2012	29/11/2012

La densité de semis des poquets dans les doubles lignes de niébé David est de 0,25 m × 0,50 m avec 2 graines par poquet et de 0,5 m × 0,5 m pour haricot-riz avec 4 à 6 pour le haricot-riz. Le 14 janvier 2013, le mucuna a été semé en déroché dans l'interligne de maïs et celui de niébé à 2 graines par poquets distants de 0,5 m. Pour pouvoir produire une biomasse suffisante, le haricot-riz a aussi été semé en déroché dans l'interligne de maïs avec des poquets distants de 0,5 m. Le stylosanthes a été installé en 2011 en association avec le riz et le maïs. Il a été décapé à l'angady dans le maïs pour le semis du riz dans une couverture morte, mais il s'est ressemé naturellement en juin 2012. Le maïs a été démarié à 2 plantes par poquet le 18 janvier 2013.

Fumure

La fumure est localisée au semis dans les poquets directement sur les graines. La dose est de 5 t/ha de poudrette de parc (fumier mélangé à la terre). L'apport de fumure par poquet dépend de leur densité (12 « soubiques » par parcelle de 15 m x 18 m). Le mucuna semé en déroché ne reçoit pas de fumure, ni le second semis de haricot-riz.

Entretien

○ **Le traitement du niébé et haricot-riz**

Traitements insecticides contre les chenilles sur niébé et haricot-riz associés au maïs avec 37,5 g/ha de cyperméthrine + 375 g/ha de chlorpyrifos-éthyl (0,75 l/ha de Basy 550 EC dosant cyperméthrine 50g/l + chlorpyrifos-éthyl 500g/l) les 13 décembre 2012, 4 et 15 janvier, ainsi que le 13 février 2013.

○ **Maitrise des adventices et couvertures**

Piétinage du stylosanthes dans les rangs de maïs pour limiter la concurrence le 14 décembre 2012 et le 16 janvier 2013, blocs A et B seulement, car dans les autres le maïs est « étouffé ».

Sarclage à l'angady des parcelles labourées en culture pure de maïs et de riz (t1) à la mi-décembre 2012. Lors des entretiens ultérieurs ces parcelles sont seulement désherbées manuellement pour éviter les dégâts sur striga (première apparition le 11 janvier 2013).

Désherbages manuels réguliers de toutes les parcelles en SCV à partir de la mi-décembre 2012. Dans l'association du riz avec stylosanthes, les jeunes plantules de légumineuse ne sont pas arrachées tandis que les plus grandes sont fauchées pour éviter une trop forte concurrence.

- **Paillage des allées**

Coupe de graminées dans la jachère d'*Aristida* sp autour de l'essai pour le paillage dans les allées autour des parcelles « systèmes » du 28 décembre 2012 au 3 janvier 2013. Paillage entre les sous parcelles dans le traitement maïs du système sur labour (correspondant aux précédentes variétés de riz) le 21 février 2013.

- ** Récolte**

Les récoltes du niébé sont échelonnées du 20 février 2013 (1^{ère} récolte) au 13 mars 2013 (3^{ème} récolte). Les productions de grain sont évaluées après séchage au soleil de la totalité de la parcelle. Après triage des grains les gousses sont restituées dans chaque parcelle.

Les récoltes de riz sont réalisées en fonction de la précocité des variétés et au début de verse des plantes:

- B 22 : les 21 mars (blocs A, B, C et D) et 22 mars 2013 (blocs E et F), soit 121 à 123 JAS,
- N 4 : les 22 mars (blocs A et B) et 25 mars 2013 (blocs C, D, E et F), soit 123 à 124 JAS (début de verse),
- N 9 : les 26 mars (blocs A, B, C et D) et 27 mars 2013 (blocs E et F), soit 125 à 126 JAS (début de verse),

Les pailles sont fauchées, pesées après battage sur place et échantillonnées pour leur séchage à l'étuve. Elles sont épandues sur le sol :

- dans chaque sous-parcelle en SCV pour les traitements t2 à t4 (variété par variété)
- ou dans les allées autour des parcelles « systèmes » pour le traitement t1 avec labour.

Une partie de ces pailles sera utilisée après le labour (en mai 2013) pour le paillage entre les sous parcelles en riz du système sur labour.

Les parcelles de maïs ont été récoltées 150 JAS (24 au 30 avril 2013). La récolte de grain et les échantillonnages sont réalisés sur toutes les parcelles E ainsi que les biomasses du traitement

t1 avec labour. Les biomasses sont disposées dans les allées autour des parcelles « systèmes » pour le traitement t1 avec labour.

En SCV, les biomasses de maïs sont prélevées pour leur pesée sur une surface correspondant à une double ligne de maïs dans les zones A et B (2m x 4,5 m soit 9 m²) puis épandues sur le sol à leur emplacement initial. Dans le cas du traitement t4 avec stylosanthes, le maïs a été étouffé en cours de cycle et n'a rien produit. Les tiges de maïs sont conservées comme tuteur dans les associations avec niébé + mucuna ou haricot-riz.

II.2.1. Précaution prise : paillage des allées

Les allées ont été paillées pour éviter le déplacement des graines de striga, en attendant la récolte des variétés de riz pour ne pas les abîmer. Un vol de criquets est passé à 2 km de l'essai. Il a été éloigné avec des pulvérisations d'insecticide.



Photo 7 : Paillage des allées

II.2.2. Différentes observations ou mesures

- Mesure de la hauteur des plantes de riz et de maïs dans les placettes d'échantillonnage
- Evaluation des maladies (fusarium) qui attaquent le striga et le riz ;
- Etude des composantes de rendement (Moreau, 1987)

Les composantes de rendement et les rendements culturaux

Les composantes du rendement (nombre de plante par m², nombre de talle par plante, nombre de panicule par talle, nombre de graine par panicules, pourcentage des grains pleins, poids de 1000 graines) sont évaluées à la récolte sur 9 poquets prélevés pour chaque placette E2 (figure 5). Lors des prélèvements de la partie aérienne des plantes du riz au début pour les analyses chimiques, le nombre de plante et de talle est compté sur les 9 poquets. Lors de la récolte du riz les pailles sont fauchées à la base pour le battage soit à 5 cm au ras du sol. Sur

labour elles ne sont pas restituées, tandis qu'en SCV elles sont étalées sur la parcelle en conservant les résidus de chaque traitement à sa place d'origine. Après la récolte, le nombre de poquet manquant a été compté pour évaluer le nombre de poquet restant. Le rendement est mesuré sur une parcelle centrale observée de 37,8 m² soit 30 lignes à 0,3m d'écartement, sur 4,2m ou 21 poquets à 0,2 m.

Chapitre III - Dénombrement du striga

Des observations et des mensurations ont été réalisées tout au long de la saison culturale.

III.1. Les matériels utilisés

- **Pour les prises d'échantillons du striga** ainsi que les plantes hôtes : une bêche, un couteau, des sacs, des cuvettes, des pierres à la place du marteau, du papier pour l'étiquetage ;

- **Pour le lavage et tamisage du sol**, une balance de précision a été utilisée pour avoir la masse exacte des échantillons de sol à analyser soit 100 g par échantillon et pour le pesage du sucre :

- ❖ tamis composés de différentes mailles de 630, 250, 200, 150, 125 et 106 μ pour le tamisage et le lavage des sols ;

- ❖ essuie-tout à la place du papier filtre pour la filtration du filtrat issu du lavage ;

- ❖ verres (en remplacement des béchers) pour la mise en solution des produits filtrés et pour la flottaison des graines ;

- ❖ agitateur et barreaux magnétiques pour remuer la solution dans le verre ;

- ❖ sucre nécessaire pour l'élaboration de la solution de saccharose de densité 1,20 ;

- ❖ éprouvette graduée à 500 ml utilisée pour mesurer la quantité d'eau nécessaire à l'élaboration de la solution de saccharose ;

- ❖ récipient en inox pour le mélange de l'eau et du sucre ;

- ❖ chauffe ballon pour dissoudre le sucre afin d'obtenir la solution de saccharose ;

- ❖ réfrigérateur pour le conditionnement de la solution de saccharose ;

- ❖ entonnoir pour maintenir l'essuie-tout (papier filtre) lors de la filtration ;

- ❖ pissette utilisée pour dégager les graines du tamis.

- **Pour le comptage de graines**

Les matériels utilisés pour le comptage des graines sont : la loupe binoculaire de grossissement 0,5-1,5 pour l'observation et le comptage des graines de striga; la pissette pour permettre de garder un certain niveau d'humidité sur les produits analysés et de faciliter ainsi la distinction des graines ; l'essuie-tout (papier filtre) placé sous les objectifs de la loupe.

III. 2. Dénombrement des plants et le comptage de graines de striga dans le sol

- **Comptage parcellaire de striga émergé ;**

Le comptage parcellaire des striga émergés a été effectué quatre fois réparties entre les dates de première émergence et la récolte soit à 60, 75, 97 et 122 jours après semis (JAS).



Photo 8 : Dénombrement du striga aérien dans une des parcelles expérimentales

- **Pesage de biomasse de striga arraché pour chaque parcelle ;**



Photo 9 : Pesage de biomasse de striga arraché pour chaque parcelle

- **Dénombrement de stock des graines de striga dans le sol, (Hartman et Tanimonure, 1991)**

Le dénombrement s'est déroulé dans le laboratoire entre le 21/01/13 avant la mise en place de l'essai et le 23/08/13 après la récolte en effectuant le tamisage, lavage et filtration du sol pour la décantation des graines de striga par taille (125, 150 et 200 μ). Les méthodes pour le tamisage, le lavage et la filtration du sol sont dans l'ordre des étapes (Rabehanitriniony, 2012) :

- Préparation des échantillons de sol

Les échantillons de sol prélevés au champ par le cylindre de 12 cm de diamètre et 10 cm de hauteur sont de l'ordre d'environ 2 kg. Seulement 100 g pesés sur la balance de précision ont été analysés. Le reste est utilisé pour les analyses du sol (500g) ou conservé en cas d'erreur de manipulation.



Photo 10 : Echantillons de sols

- Préparation de la solution de saccharose de densité 1,20

La solution est composée d'eau et de sucre. Elle est nécessaire pour faire flotter les graines de striga. Prendre l'éprouvette graduée pour mesurer 1 000 ml d'eau. Verser l'eau dans un récipient en inox. Ajouter 855g de sucre dans le récipient puis monter la température à 70-80°C du mélange sur la chauffe ballon. Remuer le mélange jusqu'à ce que le sucre soit totalement dissout. Après refroidissement, mettre la solution dans le réfrigérateur à une température de 4° C jusqu'à l'utilisation. Environ 50 l de solution soit 45 kg de sucre ont été nécessaires pour la réalisation de toutes les observations.

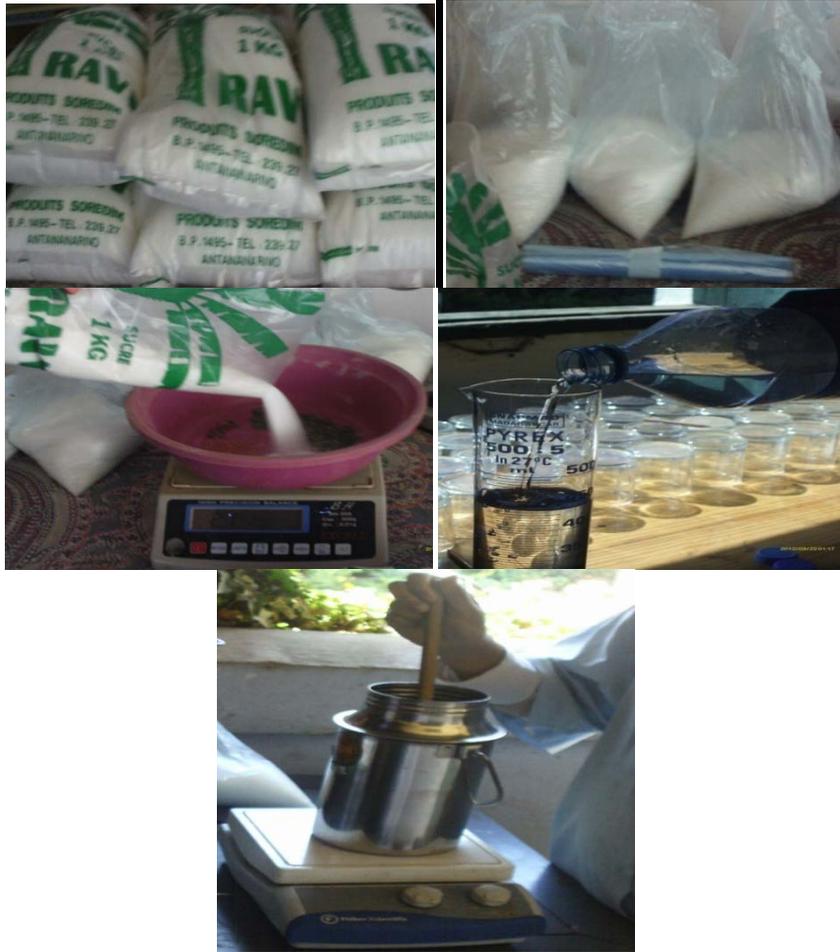


Photo 11 : Préparation de la solution de saccharose

- **Tamissage et lavage**

Le sol est mis dans des tamis superposés qui sont placés dans l'ordre décroissant de grandeur de mailles. Il est lavé puis rincé à l'eau jusqu'à ce qu'il n'y ait plus que des résidus dans les tamis. Compte tenu de la taille des graines de striga, seuls les tamis de mailles 200, 150 et 125 μ sont considérés. Leurs produits sont déversés dans les verres à l'aide de la solution de saccharose.



Photo 12 : Tamissage et lavage

- **Décantation et flottaison**

Les verres sont placés sur l'agitateur magnétique puis le barreau magnétique y est introduit afin de remuer et de mélanger la solution. L'opération dure approximativement 5 min. Un temps de repos de 2 heures est utile pour permettre la décantation de la solution et la flottaison des graines. Après le temps de pause, les éléments dans le verre se divisent en deux : les éléments plus denses (densité $> 1,20$) qui sont restés au fond du verre et les éléments plus légers (densité $< 1,20$) qui flottent à la surface de la solution. La densité des graines de striga est aussi inférieure à 1,20 (Parker et *al.*, 1983). Ceux qui émergent à la surface de la solution seront filtrés.



Photo 13 : Décantation et flottaison

- **Filtration :**

La partie flottante de la solution du verre est versée sur le tamis de mailles 106 μ puis rincée à l'eau avec une pissette puis les résidus sont rassemblés sur les mailles et versés sur le papier filtre. Les éléments restés au fond du verre sont jetés étant donné leur densité supérieure à 1,20.



Photo 14 : Filtration

Le comptage des graines de striga se procède après cette filtration et demande des petits matériels complémentaires.

- **Comptage des graines de striga**

Le comptage des graines, est effectué sous une loupe binoculaire.



Photo 15 : Le comptage des graines de striga

Troisième partie :

RESULTATS

ET

DISCUSSIONS

Chapitre I – Résultats et interprétations

Les résultats sont analysés sur un logiciel de statistique (XL STAT).

I.1. Analyse des sols.

I.1.1. Analyses de sols en première année.

Tableau 5 : Analyse granulométrique initiale des sols de chaque bloc. (Texture)

Bloc	Argile (0-2μ) %	Limon fin (2-20μ) %	Limon grossier (20-50μ) %	Sable fin (50-200μ) %	Sable grossier (0,2-2mm) %
A	19,05	38,70	10,20	13,23	18,82
B	20,47	37,88	10,42	15,68	15,55
C	26,40	36,45	8,81	13,00	15,34
D	36,84	30,88	6,39	11,65	14,24
E	26,11	30,87	8,38	16,20	18,44
F	25,10	31,58	7,61	11,65	24,07

La présence en surface de pierres de quartz dans le bloc A qui se trouve habituellement entre 0,2 et 1,5 m de profondeur (stone- line) indique que cette zone en amont de l'essai a été érodée (malgré la très faible pente de 2,3%).

L'analyse chimique initiale du sol selon les blocs correspond bien à l'effet de la pente du terrain expérimental et se représente sur le rendement. Mais aucune différence significative n'a été constatée entre les blocs, (ANNEXE I).

I.1.2 Analyses effectuées en fin de première année.

Tableau 6 : Teneur en azote et phosphore des sols en fonction du système en fin de première année.

Système	Moyenne N total g/kg	Moyenne P Olsen ppm
riz + Stylosanthes	1,500	2,475
riz seul	1,417	2,648

Tableau 7 : Teneur en P Olsen en ppm selon les modes de gestion du sol en fin de deuxième année.

Cultures	t 1 labour	t 2 niébé+mucuna	t 3 haricot-riz	t 4 stylosanthes	Moyenne
S 2 riz	1,68 a	1,84 a	1,84 a	1,76 a	1,77 B
S 1 maïs	1,81 a	1,44 a	1,77 a	1,7 a	1,69 B
Moyenne	1,75 A	1,64 A	1,8 A	1,73 A	1,73

Pour une seule variété de riz B22 (témoin) après ou avant la culture, deux éléments sont analysés: l'azote total et le phosphore assimilable (juin 2012).

Aucune différence est significative ni en ce qui concerne les teneurs en azote total ni celles en phosphore assimilable. Toutefois une tendance générale semble apparaître pour les teneurs en azote, qui s'avèrent supérieures après la culture des légumineuses associées au maïs ou au riz.

I.1.3. Analyses de sols en fin de deuxième année.

Tableau 8 : Teneur en azote total en g/kg selon les modes de gestion du sol en fin de deuxième année

Cultures	t 1 labour	t 2 niébé+mucuna	t 3 haricot-riz	t 4 stylosanthes	Moyenne
S2 riz	1,27 b	1,38 ab	1,58 a	1,44 ab	1,42 X
S 1 maïs	1,36 ab	1,26 b	1,41 ab	1,47 ab	1,38 X
Moyenne	1,31 B	1,32 B	1,49 A	1,45 AB	1,4

Les résultats significativement différents au seuil 5 % sont affectés de lettres différentes

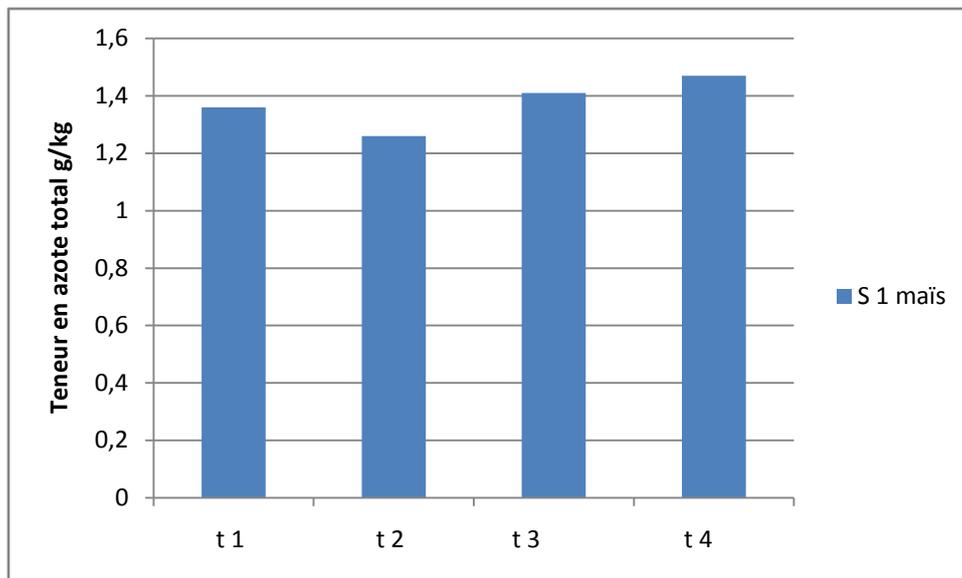


Figure 7 : Teneur en azote total en g/kg sur Maïs en 2012.

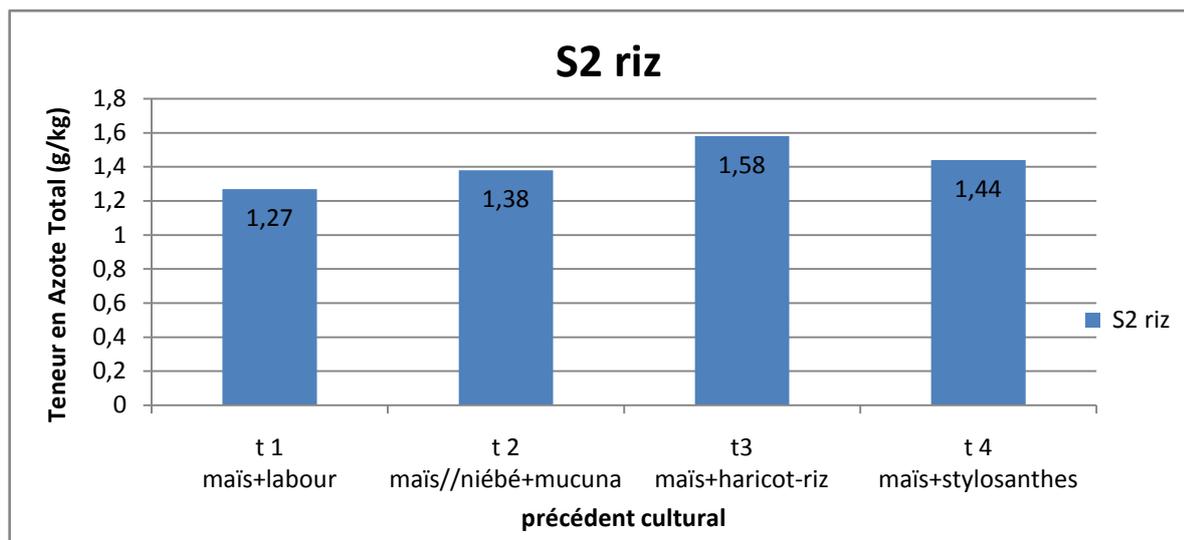


Figure 8: Teneur en azote total en g/kg sur la culture de riz en Mai 2013.

Les teneurs en azote total des traitements t1 (riz//maïs après labour) ou t 2 (riz//maïs+niébé + mucuna en SCV) sont inférieures à celles de t 3 (riz//maïs+V umbellata en SCV), tandis que celle de t 4 (riz + stylosanthes // maïs+ stylosanthes en SCV) est intermédiaire et équivalente à celle des autres traitements.

Les teneurs en phosphore assimilable après la récolte des systèmes en fin de deuxième année, n'ont montré aucune différence significative, ni pour les modes de gestion du sol notés pour S 1 (après maïs en année 2), ni pour S 2 (après riz), (Tableau 8).

Par contre les teneurs en azote total sont significativement différentes au seuil 5 % en fonction du mode de gestion du sol : entre les traitements (t), ainsi que leur interaction avec le stade (S).

Les interactions observées démontrent que selon le stade S, le classement des traitements diffère significativement. Pour le riz en particulier (stade S1), la teneur en azote total du traitement t1 (riz//maïs après labour) est significativement inférieure à celle de t3 (riz//maïs+haricot-riz en SCV), alors les teneurs intermédiaires des traitements t2 (riz//maïs+niébé + mucuna en SCV) et t4 (riz + stylosanthes // maïs+ stylosanthes en SCV) sont équivalentes à celles de t1 et t3. Le riz du stade S2 a été installé après le maïs du stade S1 associé aux légumineuses qui ont réalisé un cycle complet en 2011-2012.

I.2. Apparition et dénombrement du striga

I.2.1. Date d'apparition du striga

Tableau 9 : Date d'apparition du striga.

Système du cycle précédent.	Maïs après labour			Maïs + niébé + mucuna SCV			Maïs + haricot-riz SCV			Maïs + stylosanthes SCV		
	B 22	N9	N4	B 22	N9	N4	B 22	N9	N4	B 22	N9	N4
Variété de riz en deuxième saison												
Culture de riz	25/01/13 (23/01)	25/01/13 (18/01)	(18/01)	31/01/13 (18/01)	31/01/13 (25/01)	(18/01)	29/01/13 (25/01)	31/01/13 (18/01)	(18/01)	31/01/13 (31/01)	(20/02)	(20/02)

L'apparition du striga a été observé le 11 janvier 2013 (2 semaines plus tôt environ par rapport à la première saison 2012, 27/01/12) dans une parcelle de maïs après labour.

La date de la première apparition est indiquée entre parenthèses.

Les cultures et les systèmes ont un effet important sur la date d'apparition du striga. En effet, l'apparition du striga se produit plus tard dans le riz que dans le maïs (une dizaine de jours plus tard). Et il en est de même dans le labour que dans les systèmes en SCV avec légumineuses annuelles (une semaine plus tôt environ).

I.2.2. Dénombrement du striga sur riz

Les interprétations statistiques sont réalisées sur le logarithme du nombre de striga + 1, qui figurent entre parenthèses.

Tableau 10: Evolution de la densité moyenne du Striga total sur les variétés de 60 à 75 JAS.

Variété de riz	Densité du striga pour 10m ² 60JAS	Densité du striga pour 10m ² 75JAS
B22	0,42(0,06X)	7,02(0,72A)
N9	0,17(0,05X)	1,22(0,39B)
N4	0,13(0,03X)	0,09(0,06C)

Les dénombrements des plantes de stiga réalisés en 75 JAS montrent que les variétés de riz ont un effet nettement significatif sur la densité du striga qui passe de 0,4/10m² pour N4, 8,5 plantes / 10 m² pour B22, avec une variété intermédiaire N9 avec 1,6 plantes / 10 m².

Un espace de quinze jours a changé largement la croissance de striga pour chaque variété de riz. Comme B22, le nombre de striga s'est multiplié seize fois qu'à 60JAS et N9, le nombre de striga observé s'est multiplié sept fois qu'à 60 JAS. Mais au contraire pour la variété N4, le nombre de striga est réduit d'une fois et plus.

Tableau 11: Evolution de la densité moyenne du Striga total selon les systèmes de 60 à 75 JAS

Système	Densité du striga pour 10m ² 60 JAS	Densité du striga pour 10m ² 75 JAS
Riz//mais – labour	0,38(0,07X)	7,35(0,63X)
Riz// mais + niébé + mucuna SCV	0,28(0,06X)	2,23(0,55X)
Riz//mais + haricot-riz SCV	0,28(0,06X)	1,00(0,28XY)
Riz + stylosanthes SCV	0,00(0,00X)	0,54(0,10Y)

Les systèmes ont un effet nettement significatif sur la densité du striga. La densité la plus élevée est observée en sol nu après labour avec près de 8,0 plantes / 10 m². Parmi les systèmes en première année de SCV, les densités de striga observées dans le riz semé sur résidus de maïs + niébé + mucuna sont équivalentes à celles dans le riz semé après labour avec 3,7 plantes / 10 m². Les systèmes dans lequel le riz est semé sur résidus de maïs associé à haricot-riz ou à stylosanthes présentent des densités de striga nettement inférieures : 1,1 ou 1,2 plantes / 10 m².

I.2.3. Evolution du nombre de striga de 60 à 122 JAS

Les tableaux complets à 60 JAS-75 JAS- 97 JAS et 122 JAS donnant les interactions des traitements sur les densités du striga pour 10 m² sont données dans les tableaux en Annexe II.

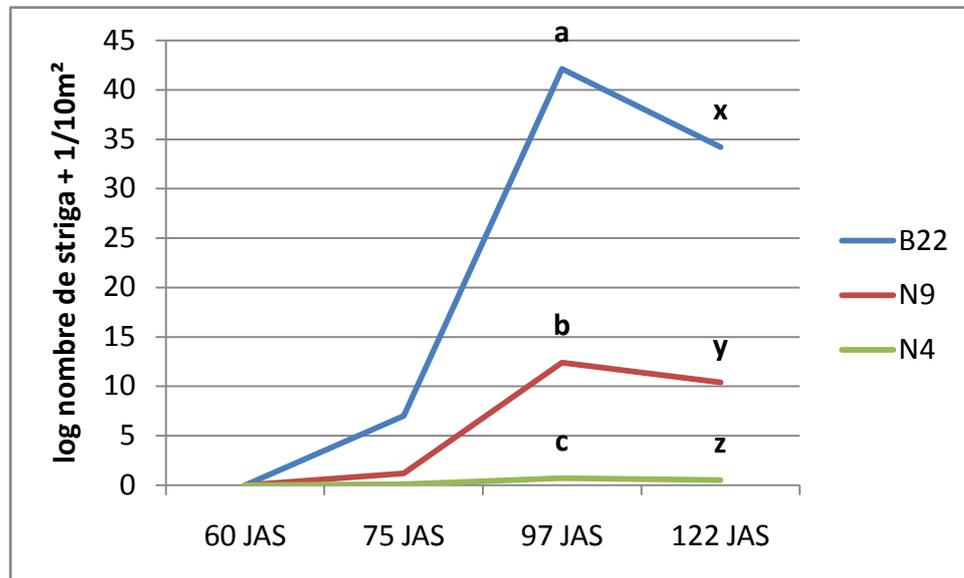


Figure 9: Evolution de la densité de striga en fonction des variétés de riz.

L'évolution de la densité de striga en fonction des variétés de riz est significativement différente. La variété de riz B22 a une densité de striga supérieure par rapport aux Nérica. Elle présente la plus forte infestation du striga. Entre les deux embranchements de Nérica, N4 a une densité de stiga plus faible que N9.

On conclut, en comparant les trois variétés, que l'évolution du striga sur B22 est la plus forte, sur N9 intermédiaire et sur N4 la plus faible.

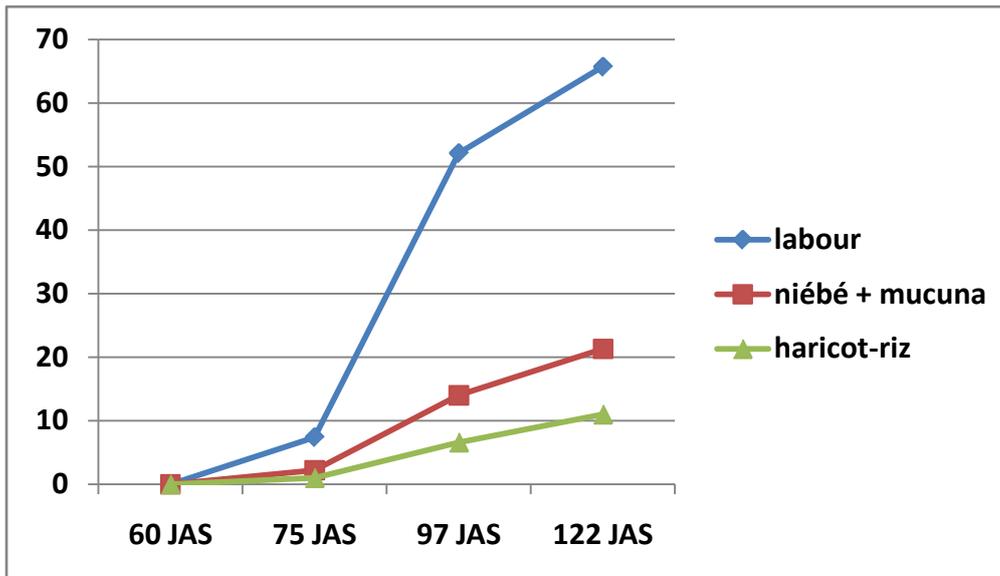


Figure 10: Evolution de l'infestation du striga total selon les systèmes de 60 à 122 JAS.

L'évolution de l'infestation du striga total selon les systèmes est significativement différente au seuil de 95%. De 60 à 75 JAS, le striga évolue avec les mêmes proportions que ce soit pour le système avec labour ou pour le système avec haricot-riz.

Mais après 75 JAS, le système avec labour est infesté fortement par le striga par rapport aux systèmes avec haricot-riz et avec niébé + mucuna.

Une réduction d'infestation est constatée sur le système avec labour de 95 JAS à 122 JAS.

1.2.4. Evolution des proportions des Strigas de 97 à 122 JAS

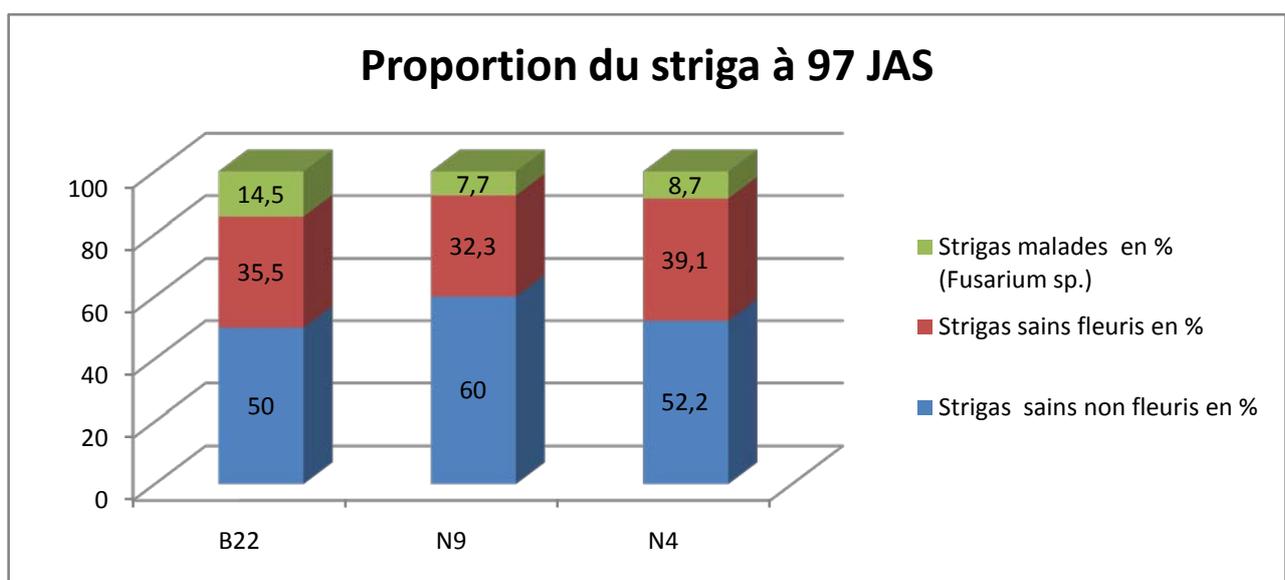


Figure 11: Proportion en % des strigas entre variété de riz à 97 JAS

A 97 JAS, la proportion des strigas malades de la variété B22 est deux fois plus supérieure que la proportion des Néricas.

La proportion des strigas sains fleuris de la variété B22 et de la variété N9 est presque identique et moins forte par rapport à celle de N4.

Le pourcentage des strigas sains non fleuris de la variété N9 est le plus important par rapport à ceux des variétés B22 et N4 qui ont presque de la même proportion.

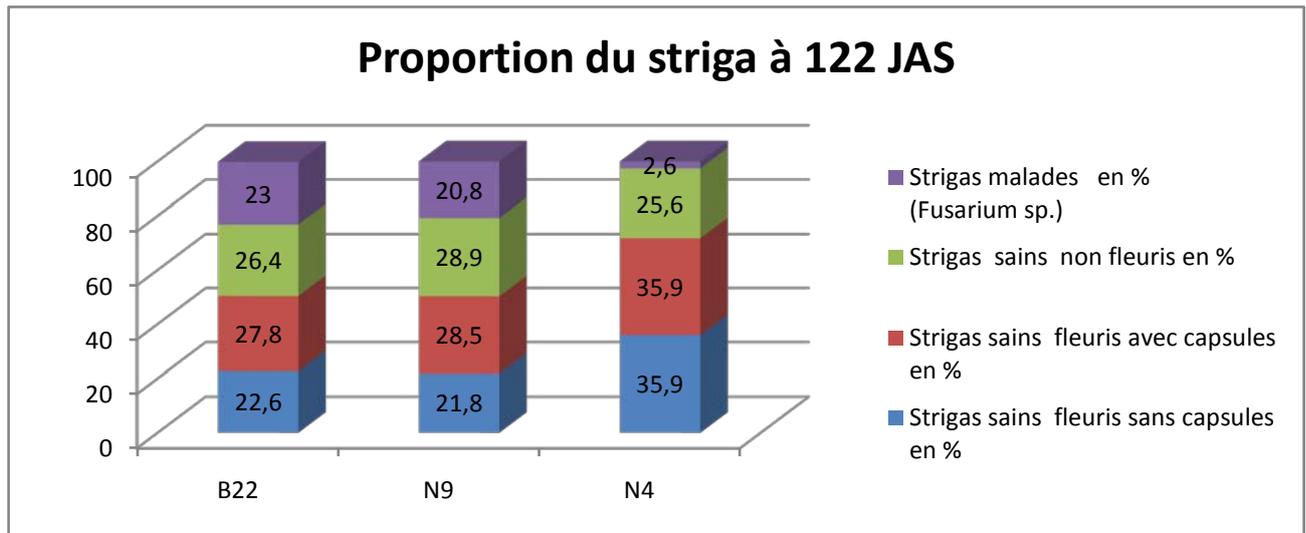


Figure 12 : Proportion en % des strigas entre variété de riz à 122 JAS

La proportion des strigas malades à 122 JAS est dix fois plus abondante pour les deux variétés B22 et N9 par rapport à la variété N4.

La proportion est presque semblable pour les strigas sains non fleuris pour toutes les variétés.

Relativement aux strigas sains fleuris avec capsules et sans capsules, N4 a la proportion supérieure par rapport aux deux variétés B22 et N9 qui sont plus ou moins identiques.

Pour N4, la proportion de strigas sains fleuris avec capsules et la proportion de strigas sains fleuris sans capsules est strictement identique.

Ces proportions nous indiquent l'évolution du striga entre les variétés de riz. B22 et N9 ont presque les mêmes pourcentages selon le stade de croissance du striga, par contre les strigas dans la variété N4 ont une résistance au champignon et ne présentent que moins de striga malade. La maladie de striga, *Fusarium*, permet de réduire et détruire la plante parasite.

Les strigas sains fleuris avec capsules sont fortement stimulés dans la variété N4, permettent au striga de produire plus de graine et de laisser de stock semencier.

I.2.5. Graines de striga stockées dans le sol

Tableau 12 : Dénombrement de graines de striga stockées dans le sol

traitement	B22	N9	N4	Moyenne
t1	0,42	0,14	0,12	0,23 A
t2	0,08	0	0	0,03 A
t3	0	0,08	0,42	0,17 A
t4	0,76	0,95	0,42	0,71 B
Moyenne	0,32 X	0,29 X	0,24 X	0,28

Après récolte de la fin du cycle de cette deuxième année, le système avec stylosanthes, traitement t4, présente une quantité assez importante de graines de striga observé sous la loupe binoculaire.

Dans l'interaction de système/variété, la variété N9 sur le système avec stylosanthes a le plus de graine. La variété B22 sur le système avec stylosanthes présente une quantité intermédiaire et la variété N4 sur le même système, la quantité la plus faible.

I.3. Hauteurs des plantes du riz.

Riz à 60 JAS:

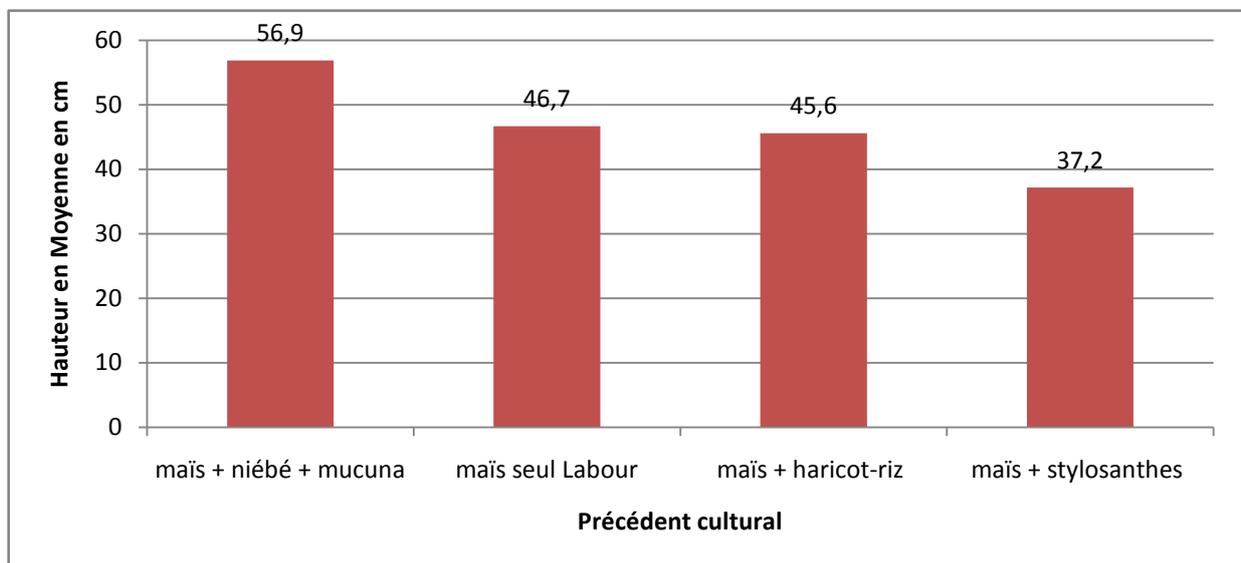


Figure 13: Effet des systèmes sur la hauteur du Riz à 60 JAS.

Sur la culture de riz pur, l'effet du système est hautement significatif. L'arrière effet du maïs + niébé + mucuna est plus favorable à la croissance du riz par rapport à celle du maïs + haricot-

riz, ainsi que maïs seul avec labour. La hauteur du riz dans les systèmes avec stylosanthes est la plus courte.

Entre les variétés, la hauteur du riz 60 jours après semis, présente aussi des différences significatives.

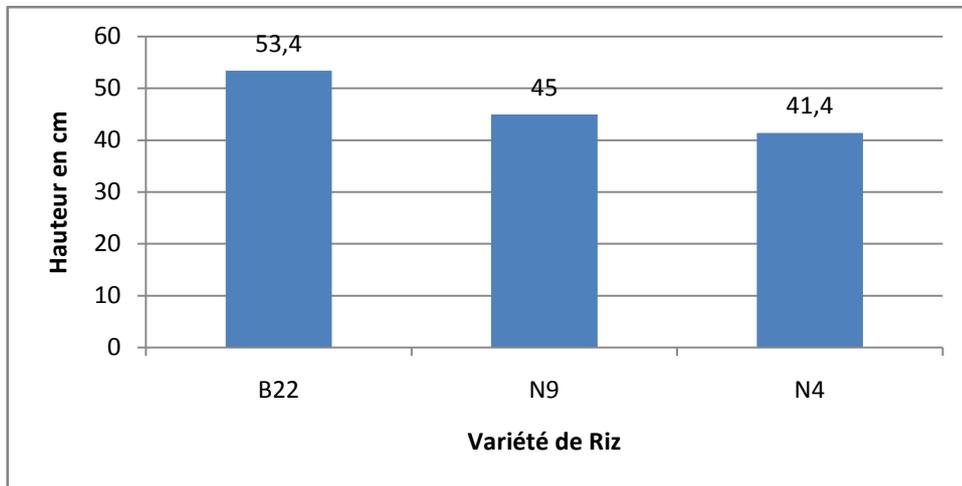


Figure 14: Hauteurs des variétés de Riz à 60 JAS.

La variété B22 se développe plus rapidement que les Néricas. Entre les variétés Nérica, N9 est plus allongée que N4.

Interaction systèmes/ variétés au cours du temps :

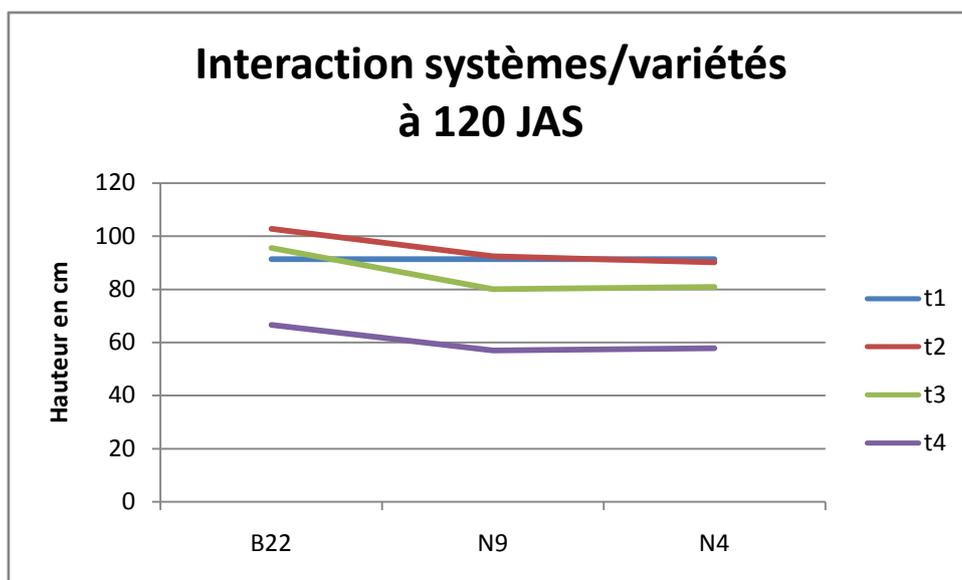


Figure 15 : Hauteur du riz, interaction systèmes/variétés 120 JAS

L'hauteur des plantes de riz évolue en fonction du temps, mais quelque soit les JAS (60, 75, 95, 120) sur n'importe quel système (4), le rapport d'hauteur entre les variétés restent le mêmes : B22 plus haute que N9, N9 plus haute que N4. Le traitement par t2 (Niébé-mucuna) offre la meilleure croissance pour le riz, contrairement à celui de t4 (Stylosanthes). Par ailleurs, les traitements t1 et t3, présentent les mêmes performances avant 95 JAS.

I.4. Composante de rendement pour le riz

I.4.1. Densités

Les densités prévues au semis sont de 5 à 6 graines par poquet soit 83 à 100 graines/m².

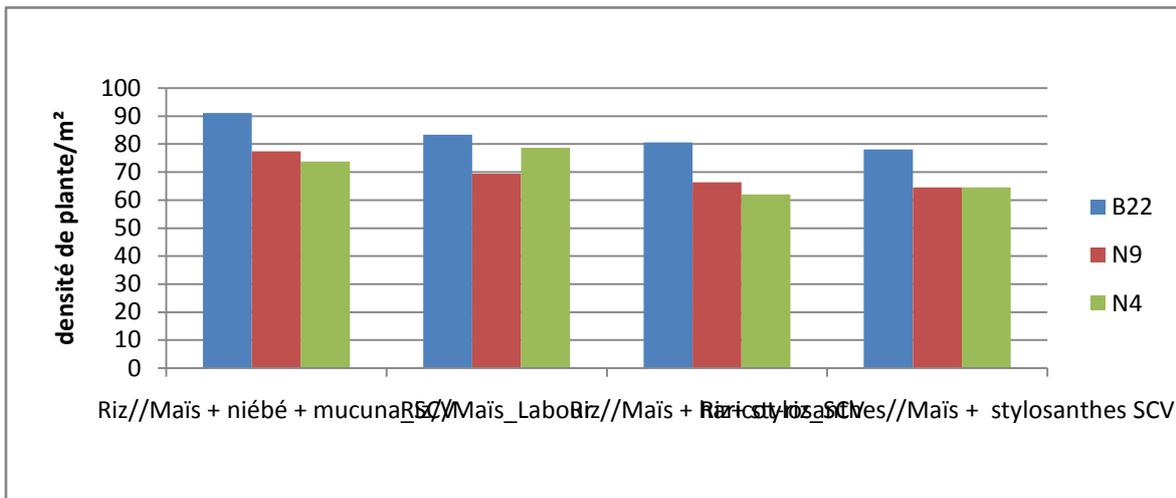


Figure 16: Densité à la récolte en fonction des systèmes et des variétés

A la récolte, la densité observée pour B22 est supérieure à celle des variétés Nérica, celle du riz après maïs + niébé + mucuna s'avère supérieure à celle des autres systèmes qui sont sensiblement équivalents pour les Nérica.

I.4.2. Tallage

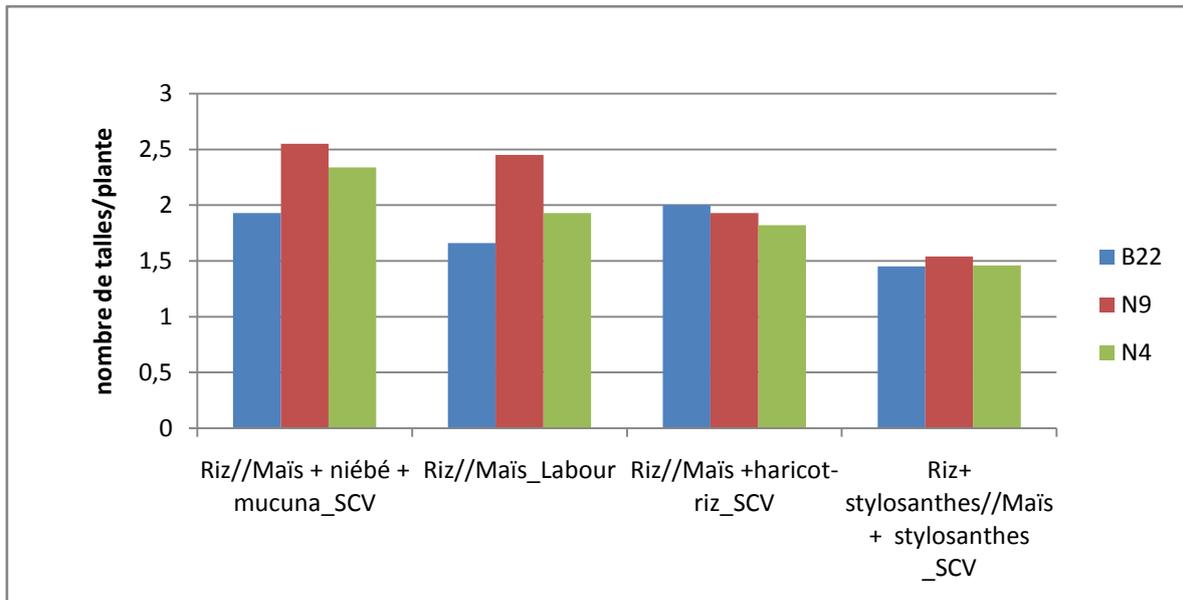


Figure 17: Nombre de talles par plante

Le tallage est équivalent après les systèmes pour B22 par rapport aux Nérica. Mais il semblerait inférieur pour B22 dans le cas du labour.

Le tallage du riz après maïs + niébé + mucuna est supérieur par rapport aux autres systèmes après maïs + haricot-riz ou sur labour. Le tallage du riz associé au stylosanthes est très faible en raison de la concurrence de la légumineuse.

Si l'on considère le nombre de talles par m², seules les différences concernant les systèmes sont significatives. Les différences observées au niveau des systèmes sont très nettes car deux effets s'ajoutent : la levée qui se retrouve au niveau de la densité à la récolte (nombre de talles par m²) et le tallage (nombre de talles par plante).

I.4.3. Panicules

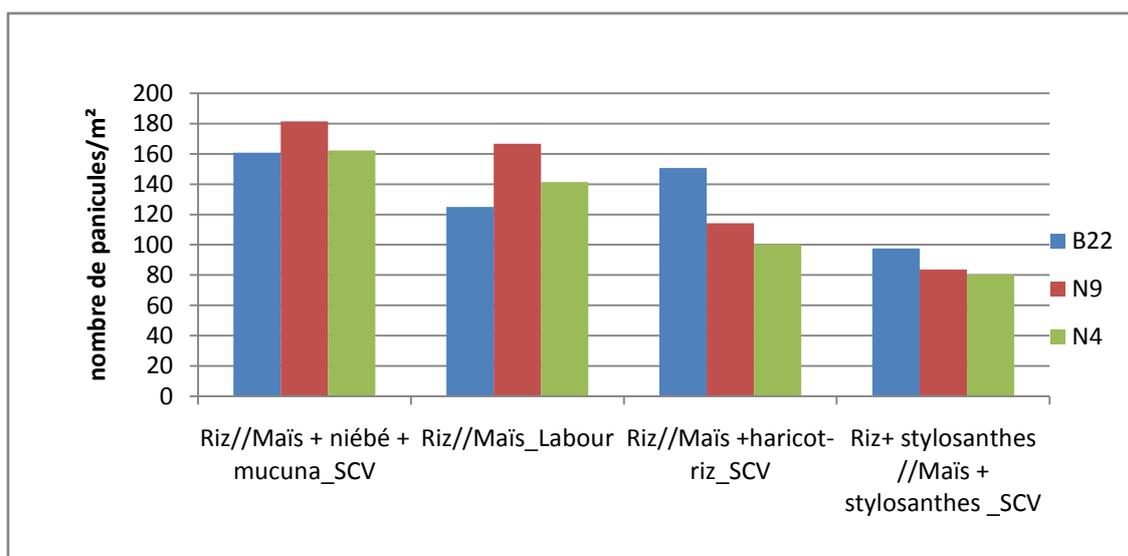


Figure 18: Nombre de panicules par m²

Le nombre de panicules par m² varie selon la variété de riz et le système. Le système avec niébé mucuna est le plus supérieur pour ces trois variétés de riz, tandis que le système avec stylosanthes est le plus faible à cause de la concurrence entre eux. N9 a plus de nombre de panicules aux systèmes avec labour et avec niébé + mucuna.

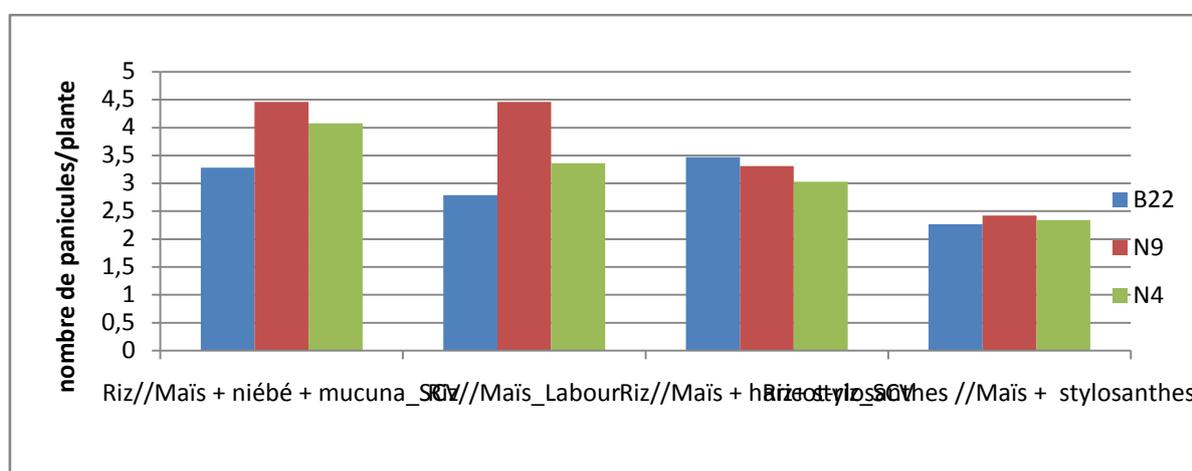


Figure 19: Nombre de panicules par plantes

Le système avec haricot-riz est le seul à présenter les B22 avec le plus de panicules par rapport aux Nérica. Ces derniers possèdent le plus de panicules dans les trois autres systèmes. Entre types de Nérica, N9 est toujours supérieur sur n'importe quel système. Surtout sur le système avec labour et le système avec niébé + mucuna, N9 s'avère plus considérable au nombre de panicules/m².

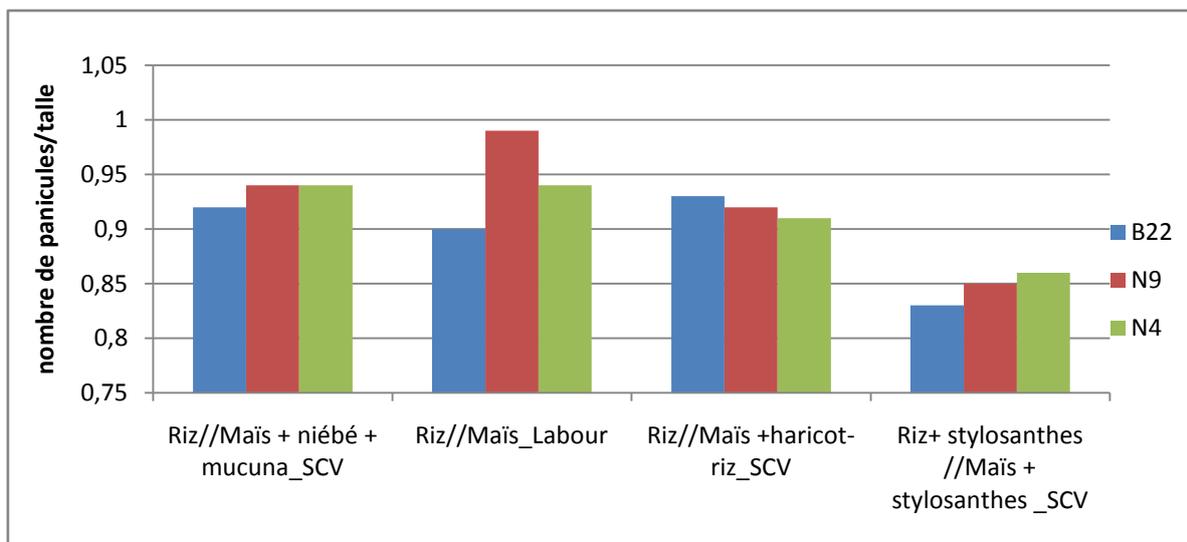


Figure 20: Nombre de panicules par talle

Le nombre de panicules par talle qu'offre le B22 est le moins important sur les différents systèmes, sauf pour le riz associé au haricot. La concurrence des légumineuses explique le taux très amoindri de nombre de panicules observé sur chaque variété de riz, sur le système avec Stylosanthes. Mais également sur ce dernier système, il semble que la tendance générale observée sur les autres systèmes, est inversée. Le N4 présente le taux le plus élevé en nombre de panicules par talle, suivi du N9 et du B22.

La variété N9 présente le plus de nombre de panicules par talle, surtout sur les systèmes avec labour et avec niébé + mucuna.

I.4.4. Formation des graines

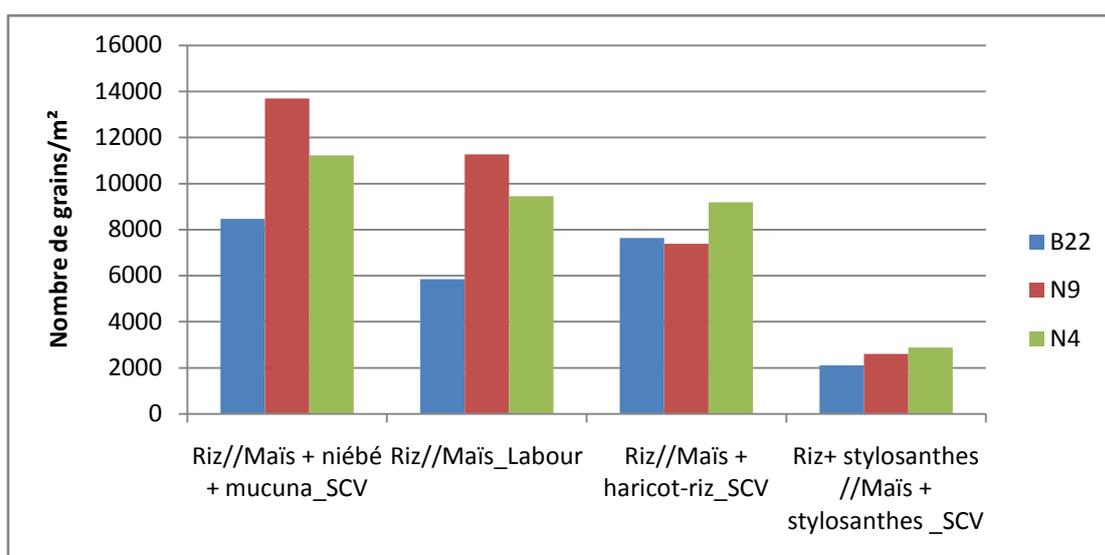


Figure 21: Nombre de grains par m²

Les variétés Nérica produisent plus de graines par rapport à la variété B22. B22 en produit un peu plus de la moitié de celles des Néricas. Relativement aux systèmes, le riz après Maïs + niébé + mucuna est le plus productif de graines que les autres systèmes. Le système avec stylosanthes est la plus faible en production de graines.

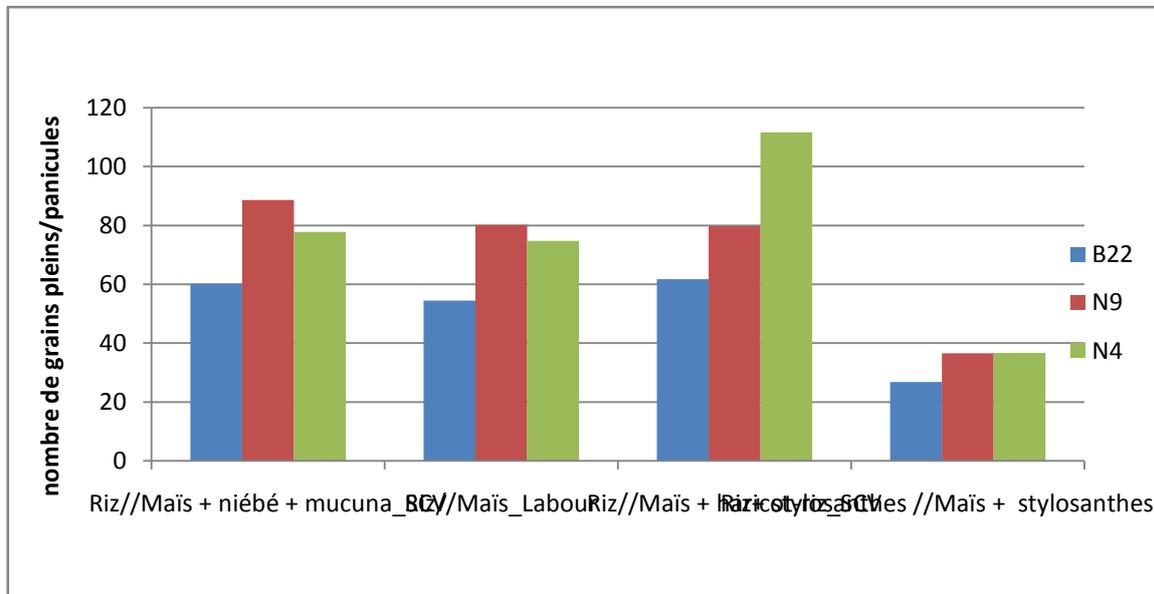


Figure 22: Nombre de grains par panicule

Le nombre de grains pleins par panicule est supérieur pour les variétés Nérica que celui de B22. Surtout au système avec haricot-riz, N4 a plus de quantité de grains entre Nérica et par rapport à B22. Le nombre de grains de B22 est supérieur par rapport à ceux des autres systèmes sauf sur le système avec haricot-riz. Le système avec labour et le système avec niébé + mucuna favorise la bonne proportion de grains par panicule pour N9.

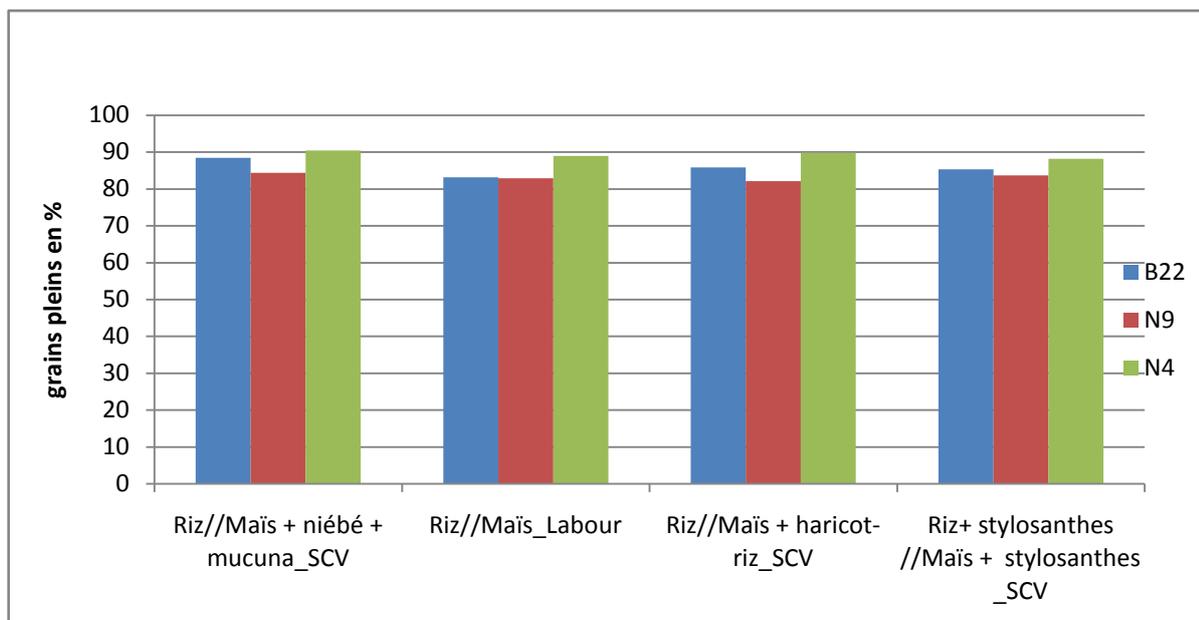


Figure 23: Pourcentage de grains pleins

Le pourcentage de grains pleins est relativement plus élevé pour le N4 quelque soit le système de culture. Par contre, N9 a le même pourcentage dans tous les systèmes. Et par rapport à B22 et N4, le taux de grains pleins est inférieur sur le N9. N9 et B22 ont la même proportion dans le système avec labour.

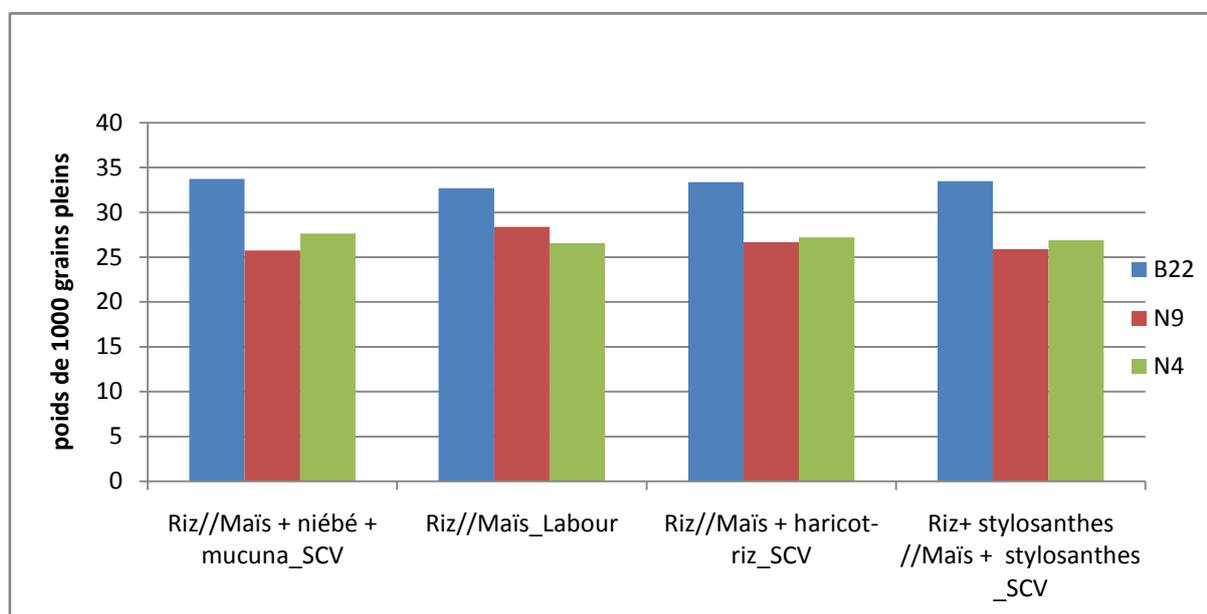


Figure 24: Poids de 1000 grains pleins

La variété de riz B22 a un poids significativement supérieur par rapport aux NERICA sur n'importe quel système, c'est la raison pour laquelle les agriculteurs paysans s'y attachent.

Entre les variétés Nérica, tous les systèmes offrent des grains moins lourds de N9 que de N4, sauf pour ceux avec labour. Sur les SCV, les grains de N4 sont plus lourds que ceux de N9.

I.5. Rendement en paddy des cultures de riz

I.5.1. Rendement des cultures de riz pendant le cycle précédent

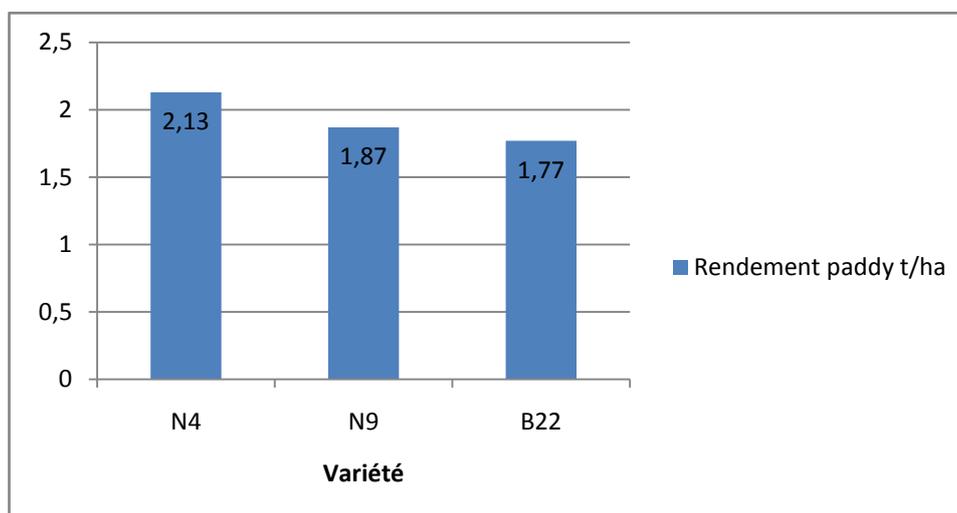


Figure 25: Rendement de paddy par variété du cycle précédent

En première année, les rendements obtenus sans intrants sur labour sont réduits pour les maïs. Les biomasses disponibles pour mettre en place les SCV sont également faibles.

Les rendements du riz en paddy ne sont pas par ailleurs négligeables avec des productions en culture pure de presque 2 t/ha de paddy : la variété Nérica 4 (2,1 t/ha) produisant plus que Nérica 9(1,9 t/ha) et B 22 (1,8 t/ha). Les productions de biomasse sont très faibles, celles de B 22 étant la plus élevée avec cependant moins de 2 t/ha de MS de paille.

Le rendement de paddy n'est pas affecté par l'association du riz et du stylosanthes. Il s'avèrerait à fortiori qu'il n'y ait pas d'interaction entre les différents traitements (labour ou association stylosanthes) et les variétés de riz. Par contre l'association du riz avec le stylosanthes réduit sa production de paille, cette réduction étant compensée par celle de stylosanthes qui est conservé vivant comme couverture vive.

Tableau 13 : Rendement de paddy par traitement, du cycle précédent.

Système	Rendement paddy t/ha
riz labour	1,92
riz +stylo	1,74

Une baisse de rendement en paddy est constatée sur l'association du riz et stylosanthes à cause de la concurrence entre eux.

I.5.2. Rendements de la récolte de riz au cours de cette campagne

La production de paddy dans la variété B22 se montre croissante suivant les systèmes présentés à la figure ci-dessus,

- au système avec labour, inférieure,
- au système avec haricot-riz, moyenne
- au système avec niébé + mucuna, supérieure

Pour les variété Néricas, la production de paddy varie suivant les systèmes

- au système avec labour, moyenne
- au système avec haricot-riz, inférieure
- au système avec niébé + mucuna, supérieure

Parmi les systèmes, la production de paddy au système avec niébé + mucuna s'avère la plus abondante, puis le système avec labour moyenne et le système avec haricot-riz est la plus faible. Ce qui fait que, le système avec haricot-riz n'a pas d'effet à la production de paddy pour chaque variété de riz sauf au B22.

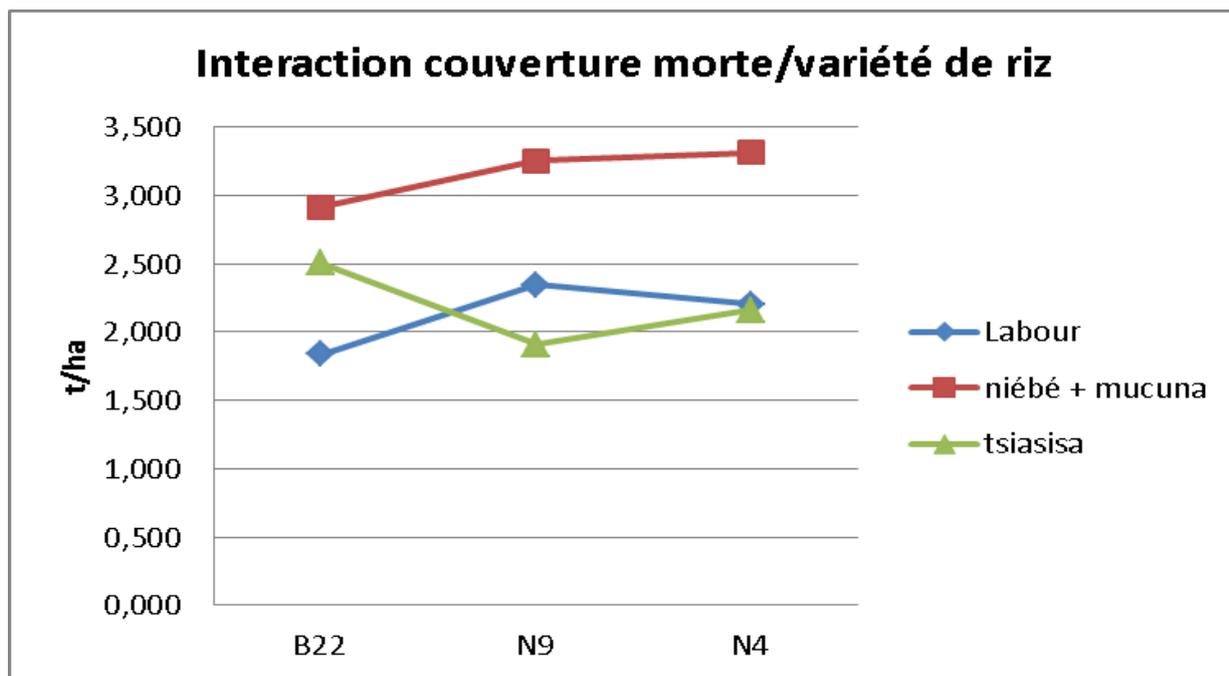


Figure 26 : Production de paddy en t/ha sans le système de stylosanthes

Source : Mounier T.

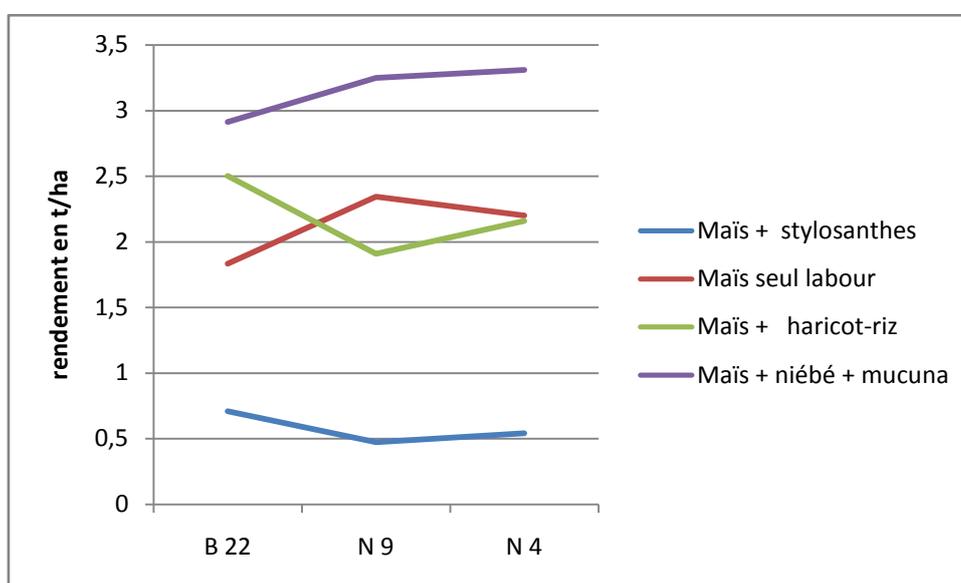


Figure 27: Production de paddy en t/ha avec le système de stylosanthes

La production de paddy en t/ha du riz associé au stylosanthes est de 0,6 t/ha en incluant le stylosanthes. Le système riz associé au stylosanthes est inadapté sur le plan agronomique. Le SCV soit stabilise soit augmente la production de riz.

I.6. Rendement en biomasses des cultures

I.6.1. Biomasse du cycle précédent

La biomasse de toutes les légumineuses a été évaluée à la mi-octobre 2012. Celle de stylosanthes a été pesée après le décapage à l'angady (0,85 t/ha en moyenne), puis cette biomasse est complétée dans chacune des parcelles à 3,5 t/ha de matière sèche.

Les biomasses produites dans les associations du maïs avec haricot-riz ou stylosanthes ne sont pas très élevées et voisines de 5 t/ha de MS. Dans l'association maïs + niébé + mucuna, une couverture de moins de 2 t/ha de MS a été obtenue.

Tableau 14: Rendement de grains et de biomasse au cours du cycle précédent.

Système	Rendement de biomasse en t/ha		
	maïs	Légumineuse	maïs + légumineuse
maïs pur	1,75	-	-
maïs+haricot-riz	-	-	5,02
maïs + stylosanthes	1,52	0,85 + 2,65 rajoutés = 3,5	-
maïs + niébé +mucuna	-	-	niébé + mucuna=1,39

Les productions du maïs sont très faibles et ne sont pas affectées par son association avec le stylosanthes ou le haricot-riz. Parmi les légumineuses seules les graines de niébé et de mucuna associés sont récoltées et leur association réduit le rendement du maïs (mucuna semé en dérobé). Les récoltes n'ont pas été effectuées simultanément : niébé en mars-avril, maïs en mai et mucuna en septembre 2012. Les biomasses de maïs ont été évaluées en mai à la récolte seulement en culture pure et en association avec stylosanthes. Elles sont conservées comme tuteur dans les associations avec niébé+ mucuna ou haricot-riz et dans ce cas elles sont évaluées en mélange avec les légumineuses.

I.6.2. Rendement en biomasses des cultures en cours de cette campagne

Biomasse de paille en t/ha de matière sèche :

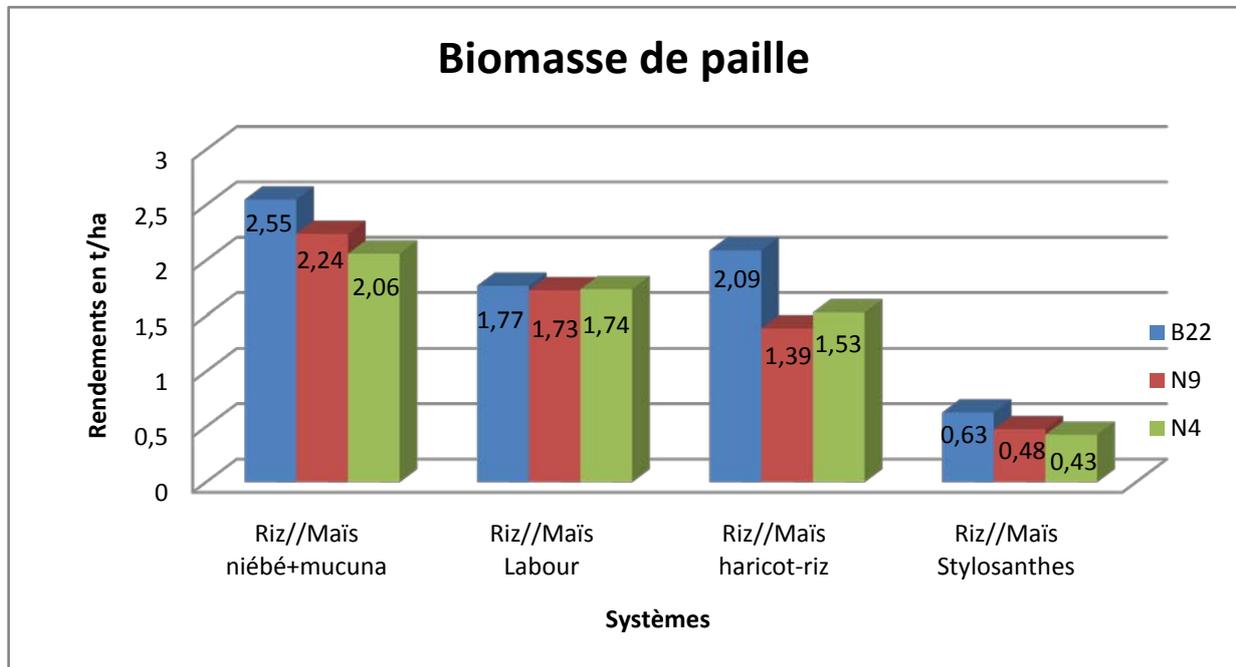


Figure 28: Biomasse de paille en t/ha de matière sèche

Globalement, la production de paille de B22 est supérieure à celle des variétés Nérica (surtout maïs + haricot-riz en analysant les interactions) et celle du riz après Maïs+ niébé+ mucuna est supérieure à celle des autres systèmes.

Par rapport au système, le riz installé après Maïs+ niébé+ mucuna produit plus de biomasse que celle des autres systèmes. Le système avec haricot-riz et le système conventionnel sur labour produisent les mêmes rendements (2,2 t/ha avec le haricot-riz et 2,1 t/ha sur labour), l'amélioration du sol après dégradation de la biomasse de haricot-riz n'a donc pas encore d'effet visible sur le rendement en riz.

Chapitre II- DISCUSSIONS ET SUGGESTION

II.1. Analyse des sols

II.1.1. Analyse effectuée en première année

Physiquement, la structure du sol présente une caractéristique généralement poudreuse sous l'horizon de surface. Cela est dû au fait d'une grande richesse en « pseudo-sables », qui sont des particules très stables argilo-ferrugineuses. En effet, plus de 70% d'argile et de sable fin enrobe des grains de quartz. A l'état sec, le matériau est pulvérulent, tandis qu'à l'état humide, il est très friable. Ainsi, travailler ces sols favorise l'érosion qui se manifeste sous forme de lavaka. Ils sont également extrêmement perméables. En effet, cette perméabilité s'explique par le pourcentage de limon et de sable grossier inférieur à 30% (Tableau 5).

Les analyses montrent une forte carence en phosphore avec seulement 2 à 3 ppm de phosphore assimilable (méthode Olsen).

Le Moyen Ouest est constitué de surfaces d'aplanissement d'origine ancienne (tertiaire) ou pénéplaines. A cause d'un réseau hydrographique très dense (RAUNET, 1997 et 2008), ces pénéplaines se sont fractionnées en plateaux festonnés (à pente de 2 à 5%). Sur un point de vue agronomique, ces sols présentent des caractéristiques favorables : bien structurés, riches en matière organique (près de 15 % dans les analyses initiales) avec une bonne activité biologique.

La texture du sol représentée et la carence en phosphore, à l'analyse initiale sont des indicateurs de l'érodibilité du sol. L'amélioration de la teneur en azote est remarquée même si peu significative grâce à l'arrière effet du SCV.

II.1.2. Analyse de sols en fin de deuxième année

Les prélèvements de sol sont effectués au début du mois de mai 2013. Cependant cette période est décalée par rapport au cycle des légumineuses :

- t 2 : le niébé semé en novembre est récolté en mars et se dessèche ensuite, tandis que le mucuna semé en décembre sera récolté en octobre et se dessèche.
- t 3 : le haricot-riz semé en novembre est récolté en octobre et se dessèche également.
- t 4 : le stylosanthes constitue une couverture vive permanente depuis son semis en décembre 2011.

La teneur en azote du sol est améliorée par les SCV qui permettent une meilleure alimentation des plantes, grâce à leur faculté de fixation symbiotique.

Les interactions observées entre les traitements et leur stade dépendent des légumineuses associées et l'arrière effet du système précédent. Les plantes émettent moins de strigolactones, hormones émises en cas de carence qui limite la germination des graines de striga et son infestation.

II.2. Analyse sur la plante de striga

Apparition du striga : (tableau 9)

La première apparition du striga s'est produite avec un précédent riz NERICA 4. Cela se trouve être un cas particulier car ne reflétant pas la précocité des apparitions en général.

Pour présenter la précocité de l'apparition du striga, la date d'apparition du striga est indiquée dans la moitié des parcelles, 3 parcelles sur 6.

Le striga n'apparaît quasiment pas dans les associations avec stylosanthes. Les variétés de riz présentent un effet limité sur l'année de leur culture. Par contre leur arrière effet est plus important sur le maïs qui les succède. L'apparition du striga est plus précoce sur le maïs semé après la variété de riz B 22 que sur le maïs installé après les variétés de riz NERICA (N9 et N4).

A 60 jours après semis (60JAS), c'est-à-dire le 18 Janvier 2013, le nombre de striga aérien observé est très faible sur riz. Et les différents traitements ne présentent aucun effet significatif.

Les densités de striga observées le 31 Janvier 2013, 75 JAS sont plus élevées qu'au cours de la saison 2011

Dénombrement de striga de 60 à 75 JAS selon la variété : (Tableau 10)

L'évolution du nombre de striga en espace de quinze jours est exponentielle. Le riz est parasité fortement et rapidement. Surtout la variété B22, variété témoin, le nombre de striga s'est multiplié seize fois qu'à 60JAS. Le taux d'évolution du nombre de striga de la variété N9 est intermédiaire entre le B22 et le N4. Le nombre de striga observé s'est multiplié sept fois qu'à 60 JAS.

Dénombrement de striga de 60 à 75 JAS selon les systèmes : (Tableau 11)

Le système avec labour est le système témoin, où la densité de striga observée est plus élevée. Entre les SCV testés, le système avec niébé qui se montre inefficace en tant que SCV

Evolution de la proportion de striga :

- A 97 JAS, la proportion des strigas malades, la proportion des strigas sains fleuris et la proportion des strigas sains non fleuris sont les seuls observés suivant le stade de croissance de la plante de striga. Ce dernier est le plus attaqué par le fusarium dans la variété B22, deux fois plus que celles dans les deux autres variétés. Par contre, le striga a plus d'aisance à fleurir dans la variété N4 par rapport à B22 et N9. (Figure 11)
- A 122 JAS, la plante de striga est arrivée au stade de fructification que l'on considère la proportion de strigas sains fleuris avec capsules et de strigas sains fleuris sans capsules à part celles qui sont observés à 97 JAS. Les plantes de striga dans la variété B22 sont 10 fois plus attaquées que celles dans les deux autres variétés. La proportion des strigas sains non fleuris est presque similaire dans les trois variétés. Après floraison, la variété N4 a le plus de capsules par rapport aux deux autres variétés. (Figure 12)

La maladie du striga due au fusarium pourrait réduire le taux de proportion de striga. Selon le résultat, B22 présente plus de striga malade, donc le taux de plante parasite peut être réduit à la prochaine campagne culturale. Par contre, N4 a la proportion élevée en strigas sains fleuris avec capsules qui produiront des milliers de graines à maturation et permet au striga de se propager et de se développer en quantité.

II.3. Croissance des plantes du riz

Ces trois variétés de riz doivent atteindre 100 cm de haut dans les conditions normales de croissance selon Akintayo (2008) cité par Rabehanitriniony (2012). Pourtant, dans le résultat (Figure 14), elles n'atteignent même pas 60cm. En effet, parmi les différentes variétés, B22 est la seule qui expose d'étouffe drue et une hauteur importante, depuis le tallage jusqu'à la floraison, B22 est toujours plus grande que les NERICA, même si elle est la plus attaquée par le striga. Elle présente une forte attractivité chez les paysans du fait de son apparence.

En SCV (Figure 13), le traitement niébé + mucuna a un effet important sur la croissance en hauteur du riz, alors que c'est le traitement avec le haricot-riz qui présente la meilleure richesse en azote. L'association avec la couverture vive de stylosanthes concurrence le riz, il ne sera pris en compte qu'en troisième année d'essai selon le protocole expérimental.

En interaction entre les systèmes et les variétés (Figure 15), la représentation graphique montre que la hauteur des plantes de riz est équivalente quels que soient les traitements et les variétés.

Ce qui indique que l'hauteur est une caractéristique variétale à laquelle les systèmes n'ont aucune influence, donc il n'y a pas d'interaction.

II.4. Composante du rendement du riz

Densité :

La levée de B22 a été plus rapide de quelques jours. Dès la levée, B 22 apparaît plus vigoureuse que les Nérica. A la récolte la densité de B22 est plus importante de 19% que celle des Nérica.

En ce qui concerne les systèmes, la densité du riz à la récolte après le système maïs + niébé + mucuna est supérieure de 15 % par rapport à ceux des maïs + haricot-riz ou stylosanthes. Ce dernier système présente également une densité supérieure à celle après labour.

Les densités à la récolte sont supérieures de 15 à 20 % pour B22 par rapport aux Nérica. (Figure 16)

Tallage :

Les différences observées au niveau des systèmes sont très nettes, à cause de deux effets, la levée qui se retrouve au niveau de la densité à la récolte (nombre de talles par m²) et le tallage (nombre de talles par plante)

Le nombre de talles par plante ne semble pas dépendre de la variété car B22 et N4 sont équivalentes, tandis que les résultats sur N9 peuvent être biaisés (surestimés en général).

En ce qui concerne les systèmes, le nombre de talles par plante:

- ❖ après maïs + niébé + mucuna est supérieur de 18 % par rapport au riz avec précédent maïs + haricot-riz ainsi qu'à celui du riz après labour.
- ❖ après maïs + niébé + mucuna est supérieur de plus de 35 % par rapport à celui du riz associé au stylosanthes.
- ❖ après maïs + haricot-riz est supérieur de plus de 28 % par rapport à celui du riz associé au stylosanthes. La légumineuse associée concurrence le riz dans ce système qui n'est pas pratiqué par les agriculteurs (mis en place pour les besoins de l'expérimentation).

Toutes les différences de composantes du rendement qui porteront sur N9 ou sur les systèmes Riz//Maïs_Labour (t1), et surtout Riz+stylosanthes //Maïs + stylosanthes_SCV (t4), seront à considérer avec précaution (sauf si elles sont inversées). Il faut privilégier les comparaisons B 22 et N4. (Figure 17)

Production de panicules et de graines :

Le nombre de panicule de chaque variété de riz est toujours équivalent que ce soit panicule par m², soit panicule par plante, soit talle (Figure 18, 19, 20); signifiant que la productivité en panicule des plantes de riz n'est pas affectée par l'infestation de striga.

Au niveau des systèmes, par ordre croissant en production,

- le système avec stylosanthes la plus faible,
- labour moyennement faible,
- les deux autres systèmes sont presque équivalents, ils produisent plus et mieux.

Concernant le nombre de grains (Figure 21, 22),

- entre variété, les Néricas ont les plus nombreux grains et B22 le plus faible en nombre de grains.
- entre système, stylosanthes le plus faible en nombre de grains et les autres systèmes sont intermédiaires.

En général, chaque variété a une aisance particulière suivant les systèmes

- N4 produit plus au système avec haricot-riz,
- N9 produit plus au système avec niébé et mucuna,
- B22 produit mieux au système avec labour et au système avec niébé et mucuna.

Par contre, es contraintes dues au striga au moment de la fructification s'expriment au niveau du nombre de grains pleins par panicules, du taux de stérilité des grains et du poids des grains.

II.5. Productivité de biomasses et des paddy

Les biomasses produites par chaque variété de riz sont très faibles pour installer des SCV. Il important cependant de noter que la variété de riz B22 est plus productive que les deux Nérica qui sont équivalentes.

Un gain d'une tonne de riz à l'hectare dans le système avec niébé + mucuna est constaté, malgré aucune amélioration du sol, au niveau de l'azote. D'autres études, comme la compaction du sol, auquel le riz est très sensible, pourraient être utiles pour comprendre ce phénomène.

Les rendements des trois variétés sont identiques sur le rendement du riz dans les 3 systèmes, l'interaction entre le système et la variété de riz n'est pas significative (Figure 29). En revanche, en 1ère année, les 3 variétés de riz cultivés sur labour ont des rendements

statistiquement différents. Cela semble confirmer le fait que la présence d'une couverture végétale diminue l'effet des variétés de riz résistantes.

Le choix du système semble donc avoir un réel impact sur les rendements. Le système avec haricot-riz est avantageux au niveau de l'amélioration du sol. Le système avec niébé + mucuna permet un meilleur rendement de la culture de riz sur résidu.

II.6. ECHO : pour le contrôle de ce fléau

Cette étude a été menée pour réduire ou pour éradiquer le développement et l'infestation du striga. Cette deuxième année est une étape pour atteindre cet objectif en pratiquant la lutte agronomique à l'aide du SCV et la lutte génétique par l'utilisation de variétés de riz tolérantes au striga, tout en constatant que les trois variétés ont de résistance différente. Tôt au tard avec patience, les terrains abandonnés seront de nouveau valorisés, les résultats des années à venir seront témoins, minimum 5 ans pour le confirmer ou l'affirmer.

CONCLUSION

L'utilisation de variétés résistantes, comme on a pu constater avec NERICA 4, réduit considérablement les densités de striga pendant et après sa culture.

Les densités de striga sont les plus élevées dans un riz monoculture en système de rotation tel maïs avec labour conventionnel.

Le système avec stylosanthes, une couverture continue des sols, est le plus prometteur pour les agriculteurs pauvres en ressources des hautes terres infestées par le striga et dégradables de Moyen-Ouest de Madagascar.

La présence d'une couverture végétale semble réduire les effets et les arrières effets des variétés de riz résistantes. Elles sont donc plus efficaces pour les agriculteurs utilisant le système traditionnel de culture sur labour. Néanmoins, la capacité de la variété NERICA 4 à réduire l'infestation par le striga est intéressante pour la réduction du stock semencier des terrains trop infestés les premières années d'entrée en SCV. Il y a cependant un risque, au vu des énormes quantités de graines produites par le striga, qu'un mutant surmontant ces résistances apparaisse dans les prochaines années.

Les baisses de rendement de maïs ou du riz occasionnées par les phénomènes de compétition dans les systèmes SCV avec couverture de légumineuse alimentaire sont, dès les premières années, économiquement rattrapées par les rendements des graines de légumineuses qui ont une valeur économique quatre fois supérieure à celle du maïs. Le système avec stylosanthes est connu pour sa forte production de biomasse, son contrôle sur le striga et l'amélioration du sol lors de sa décomposition. Ce système est donc plus adapté aux agriculteurs possédant de grandes parcelles, pouvant ainsi se permettre de laisser une partie de leurs surfaces en jachère.

Les SCV permettent donc une amélioration des rendements avec une baisse des coûts de production et de l'impact écologique des cultures. Elles permettent également la revalorisation de surfaces abandonnées par les agriculteurs en raison de la trop grande infestation par le striga ou de la pauvreté du sol. Ces systèmes de gestion du sol semblent donc être très prometteurs pour un premier pas vers une agriculture répondant aux besoins actuels du monde, c'est-à-dire une agriculture fortement productive, tout en restant durable et respectueuse de l'environnement.

BIBLIOGRAPHIE

1. **ANDRIANAIVO A., KACHELRIESS S. et al., 1998.-** : *Biologie et gestion du Striga à Madagascar*.- FOFIFA/DVP/GTZ.- 61 p
2. **AYONGWA G., et NGOUMOU T. :** *Le striga : situation des infestations et méthodes de lutte ; ennemis et cultures*. Fiche techniques, 1994.-01.02p.
3. **CIRAD, TAFA, 2009 :** *Le semis direct sur couverture végétale permanente (SCV) une solution alternative aux systèmes de culture conventionnels dans les pays du Sud*.
4. **CISSOKO et al., 2011:** New Rice for Africa (NERICA) cultivars exhibit different levels of post-attachment resistance against the parasitic weeds *Striga hermonthica* and *Striga asiatica*, 12p.
5. **CTA :** *Comment lutter contre le Striga et les foreurs de tige du maïs?* [Article] // Guides pratiques du CTA. - 2008. - CTA. - 02. - p. 6.
6. **COLLECTIF "Sol - SCV" :** *Sols tropicaux, pratiques SCV, Services écosystémiques* [Livre]. - 2008. - p. 37.
7. **DEMBELE (D.), RAYANAL-ROQUES (A.) et al.:** *Plantes parasites des cultures et des essences forestières au Sahel* [1^{ère} édition].- Paris : CTA (Centre Technique de coopération Agricole et rural).- Février 1994.-43p. (Recherche et développement).
8. **EJETA (G.), 2007:** The Striga scourge in Africa : A growing *pandemic*. In: Ejeta G. and Gressel J.: Integrating new technologies for Striga control. Towards ending the witch-hunt. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. Singapore.356 p.
9. **HARTMAN (G.L.), and TANIMOURE (O. A.):** *Seed populations of Striga species in Nigeria*, 1991.
10. **HEARNE (S.J.), 2009:** *Control the Striga conundrum*. Pest Manag Sci 2009; 65:603-614.
11. **HUSSON (O.), BOUTHER (R.), RAKOTONDRAMANANA, SEGUY (L.) :** *Voly rakotra* [Article] // semis direct sur couverture végétale Permanente (SCV). - 2006. - p. 43.
12. **HUSSON (O.), CHARPENTIER (H.) et al. :***Stylosanthes guianensis* [Article] // Manuel pratique du semis direct à Madagascar. - Juin 2008. - Vol. III. - p. 12. - Chapitre 3.
13. **HUSSON (O.), et al. :** *Maïs, Sorgho associé à une légumineuse alimentaire volubile* (Dolique, Niébé ou Vigna umbellata) [Livre]. - 2010. - p. 19.

14. **HUSSON (O.), MICHELLON (R.) et al.** : *Le contrôle du Striga par les systèmes SCV (Semis direct sur couverture végétale permanente* [Article] // Manuel pratique du semis direct à Madagascar. - [s.l.] : Newprint, Décembre 2008. - Vol. I. - p. 20.
15. **JAMIL et al.**, 2011: *Pre-attachment Striga hermonthica resistance of New Rice for Africa (NERICA) cultivars based on low strigolactone production*, 12p.
16. **LE BOURGEOIS (T.) et MERLIER (H.)** : *Adventrop, les adventices d'Afrique Soudano-Sahaliennne* [Livre] / éd. CIRAD-CA. - Montpellier : [s.n.], 1995.
17. **MANANA (Y.)** : *Développement du Striga asiatica sur riz pluvial en fonction des variétés et du mode de gestion du sol: dans la zone du Moyen Ouest* [Livre]. - Antsirabe : [s.n.], 2010.
18. **MEMENTO DE L'AGRONOME** : *La lutte contre les mauvaises herbes* [Livre]. - Paris : [s.n.], 2002. - p. 1691. - CIRAD-GRET.
19. **MICHELLON (R.), MOUSSA (N.) et al.** : *Bracharia sp: B.ruziziensis, B. brizantha, B. decumbeus, B. humidicola, fiches techniques des plantes de couvertures: Graminées pérennes* [Article] // Manuel pratique du semis direct à Madagascar. - Septembre 2008. - CIRAD/TAFA. - Vol. III. - p. 20. - Chapitre 3 § 4.1.
20. **MICHELLON (R.), SEGUY (L.) et al.** : *Principe et fonctionnement des écosystèmes cultivés en semis direct couverture végétale permanente* [Article] // Manuel pratique du semis direct. - Octobre 2009. - Vol. I. - p. 32. - Chapitre 1.
21. **MOREAU (D.)** : *L'analyse de l'élaboration du rendement du riz: les outils de diagnostic* [Livre] = GRET (Groupe de Recherche et d'échanges technologiques. - Paris : [s.n.], 1987. - p. 126.
22. **MOUNIER (T.)**, 2013 : *Les effets des SCV et variétés de riz résistantes sur le Striga asiatica*, - (rapport de stage)
23. **PARKER (C.) et al.**, (1983): *Manuel d'identification et de lutte contre le Striga*; Bulletin d'information N°15. Patancheru. Andhara Pradesh, Inde : International Corps Research Institute for the semi-arid tropics.51p.
24. **RABEHANITRINIONY (H.)** : *L'étude de l'effet du Striga asiatica sur la croissance et le rendement du riz pluvial en première année de mise en place des systèmes de culture*

- avec couverture végétale permanente du sol (SCV): cas d'Ivory [Livre]. - Antsirabe : [s.n.], 2012. - p. 61.
25. **RANDRIANJAFIZANAKA (T.)** : *L'influence du semis direct sous couverture végétale (SCV) sur la croissance et le développement du Striga* [Livre]. - Antsirabe : [s.n.], 2010. - p. 58. - TAFE-URP/SCRID-ASJA.
 26. **RANDRIANJAFIZANAKA (T.), MICHELLON (R.) et al.** : *The role of resistant rice varieties in a locally adapted integrated Striga management approach.*- *Work Congress on Parasitic Plants, 15-20th July 2013*, - Sheffield, UK, 17p.
 27. **RODENBURG (J.), CHARLES (R.), JUMA (M.) et al.** : *Addressing current and future problems of parasitic weeds in rice* [Article]. - 2009.
 28. **SALLE (G.) et RAYNAL-ROQUES (A.)**- (1989) : Le Striga. In la recherche, Janvier 1989. pp 44-52. (Revue mensuel).
 29. **SEGUY (L.), MICHELLON (R.) et al.** : *La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct sur couverture végétale permanente* [Article]. - 2009. - GSDM/CIRAD. - Vol. I. - p. 32. - Chapitre 2.
 30. **SEMAL (J.) et al.** : *Traité de pathologie végétale* [Livre]. - Gembloux : [s.n.], 1996. - p. 621. - Page 242 "Les Scrophularicées".
 31. <http://ir.uz.ac.zw/jspui/bitstream/10646/914/8/03Rimawu-Msc-Thesis.pdf.txt> (Parker et al, 1983)
 32. <http://www.parasiticplants.siu.edu>
 33. http://www.zimbabweflora.co.zw/speciesdata/species.php?species_id=152250
 34. <http://www.africanricecenter.org/warda/adrao/aboutus.asp>

ANNEXES

REMARQUE GENERALE SUR LA LECTURE DES RESULTATS: Les résultats ont été traité et calculé à l'aide des feuilles de calculs XLStat. Les chiffres présentés entre parenthèse sont calculés sur une base $\log+1$. Les lettres à côté des chiffres dans chaque case indiquent les groupes statistiques. Par conséquent deux cases portant deux lettres distinctes, sont significativement différentes au seuil 5 %.

ANNEXE I : Résultats de l'analyse des sols

Analyse chimique initiale des sols de chaque bloc

Bloc	pH eau	pH KCl	N total g/kg	P assimilable Ppm	Carbone organique g/kg
A	6,01	4,64	0,84	3,70	21,69
B	5,86	4,48	0,23	1,14	20,84
C	5,77	4,47	0,50	1,90	22,44
D	5,59	4,45	0,90	2,02	20,15
E	5,95	4,38	0,86	2,62	23,68
F	5,72	4,43	0,85	2,11	23,27

Aucune différence significative n'est mise en évidence ni dans les teneurs en N total, ni dans celle en P assimilable Olsen après la récolte des systèmes mis en place sur labour .Une tendance semble cependant apparaître pour les teneurs en azote qui sont supérieures après la culture des légumineuses associées au maïs ou au riz.

ANNEXE II : Densité du striga

Densité du striga à 60JAS pour 10m²

Densité du striga pour 10m ² 60 JAS	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//mais – labour	1,00(0,14a)	0,00(0,00a)	0,17(0,05a)	0,38(0,07X)
Riz// mais + niébé+ mucuna	0,67(0,12a)	0,00(0,00a)	0,17(0,05a)	0,28(0,06X)
Riz//mais + haricot-riz	0,00(0,00a)	0,50(0,13a)	0,33(0,80a)	0,28(0,06X)
Riz + stylosanthes	0,00(0,00a)	0,00(0,00a)	0,00(0,00a)	0,00(0,00X)
Moyenne	0,42(0,06A)	0,17(0,05A)	0,13(0,03A)	0,24(0,05)

Densité du striga pour 10m² à 75JAS

Les interprétations complètes avec les densités du striga pour 10m² après 75 JAS sont données dans le tableau suivant :

Densité du striga pour 10m ² 75 JAS	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//mais – labour	19,40(1,20a)	2,60(0,64abc)	0,04(0,50c)	7,35(0,63X)
Riz// mais + niébé+ mucuna	5,20(0,98ab)	1,19(0,47abc)	0,31(0,19bc)	2,23(0,55X)
Riz//mais + haricot-riz	1,90(0,37abc)	1,10(0,46abc)	0,00(0,00c)	1,00(0,28XY)
Riz + stylosanthes	1,63(0,31bc)	0,00(0,00c)	0,00(0,00c)	0,54(0,10Y)
Moyenne	7,02(0,72A)	1,22(0,39B)	0,09(0,06C)	2,78(0,39)

Dénombrement du striga 97 JAS sur riz

Les densités totales de striga observées 97JAS (le 22 février 2013)

Densités totale de striga le 22 février 2013 ramenées à une surface de 10 m².

Système	B 22	N 9	N 4	Moyenne
Maïs seul labour	131,53(1,90 a)	24,65(1,26 abc)	0,09(0,08 d)	52,09(1,10 X)
Maïs + niébé + mucunaSCV	24,16(1,50 ab)	15,48(1,34 abc)	2,43(0,45 cd)	14,02(1,08 X)
Maïs +haricot-riz SCV	10,63(0,96 abc)	9,04(1,29 abc)	0,09(0,1 0 d)	6,58(0,79 X)
Maïs + stylosanthes SCV	2,07(0,67 bcd)	0,27(1,18 d)	0,00(0,00 d)	0,78(0,28 Y)
Moyenne	42,101(1,26 A)	12,36(1,02 A)	0,65(0,16 B)	18,37(0,81)

Morphologie du striga

Morphologie du striga le 22 février 2013 : sur la parcelle E

Les striga sont notés soit non fleuris, soit fleuris, soit malades.

Tableau de Strigas sains non fleuris le 22 février 2013

Système	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//maïs – labour	105,73(1,81a)	20,02(1,19ab)	0,00(0,00c)	41,92(1,00X)
Riz// maïs + niébé+ mucuna	21,34(1,39a)	13,58(1,29ab)	1,72(0,39bc)	12,21(1,02X)
Riz//maïs + haricot-riz	8,86(0,88abc)	7,85(1,24ab)	0,08(0,10c)	5,60(0,74X)
Riz + stylosanthes	0,88(0,34bc)	0,00(0,00c)	0,00(0,00c)	0,29(0,11Y)
Moyenne	34,20(1,10A)	10,36(0,93A)	0,45(0,12B)	15,00(0,72)

Tableau de Strigas sains fleuris le 22 février 2013

Système	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//mais – labour	22,62(1,32a)	3,88(0,77ab)	0,09(0,08bc)	8,86(0,72X)
Riz//mais+niébé+ mucuna	1,98(0,79ab)	1,85(0,62bc)	0,62(0,28bc)	1,48(0,56XY)
Riz//mais +haricot-riz	1,37(0,46bc)	1,06(0,47bc)	0,00(0,00c)	0,81(0,30Y)
Riz + stylosanthes	1,19(0,54bc)	0,27(0,18bc)	0,00(0,00c)	0,49(0,24Y)
Moyenne	6,79(0,78A)	1,76(0,50B)	0,18(0,09C)	2,91(0,46)

Tableau de Strigas malades, *Fusarium sp.*, le 22 février 2013

Système	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//mais – labour	3,18(0,69a)	0,75(0,28ab)	0,00(0,00b)	1,31(0,32X)
Riz// mais + niébé+ mucuna	0,84(0,33ab)	0,04(0,05b)	0,09(0,08b)	0,32(0,15XY)
Riz//mais +haricot-riz	0,40(0,25ab)	0,13(0,13b)	0,00(0,00b)	0,18(0,13XY)
Riz + stylosanthes	0,00(0,00b)	0,00(0,00b)	0,00(0,00b)	0,00(0,00Y)
Moyenne	1,10(0,32A)	0,23(0,12B)	0,02(0,02B)	0,45(0,15)

Dénombrement du striga 122 JAS

Tableau des densités totales de striga observées pour 10 m² après 122JAS (le 19 mars 2013)

Système	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//mais – labour	159,44(2,19a)	37,43(1,49ab)	0,27(0,24cd)	65,71(1,31X)
Riz// mais + niébé+ mucuna	38,80(1,69ab)	22,35(1,34ab)	2,60(0,45cd)	21,25(1,16X)
Riz//mais +haricot-riz	14,90(1,02bc)	17,50(1,60ab)	0,44(0,29cd)	10,95(0,97X)
Riz + stylosanthes	3,88(0,79bcd)	1,85(0,37cd)	0,00(0,00c)	1,91(0,38Y)
Moyenne	54,26(1,42A)	19,79(1,204B)	0,83(0,24C)	24,96(0,95)

Morphologie du striga le 19 mars 2013 : sur la parcelle E

Les strigas sont notés soit sains et non fleuris, soit sains et fleuris sans capsules, soit sains et fleuris avec des capsules, soit malades.

Tableau de Strigas sains non fleuris le 19 mars 2013

Système	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//mais – labour	32,89(1,58a)	8,77(1,07ab)	0,09(0,08cd)	13,92(0,91X)
Riz// mais + niébé+ mucuna	11,86(1,15ab)	8,91(0,99abc)	0,57(0,27bcd)	7,11 (0,81X)
Riz//mais +haricot-riz	4,98(0,58bcd)	5,91(1,08ab)	0,04(0,05cd)	3,65 (0,57XY)
Riz + stylosanthes	1,72(0,43bcd)	1,50(0,31bcd)	0,00(0,00d)	1,07 (0,25Y)
Moyenne	12,86 (0,94A)	6,27 (0,86A)	0,18(0,10B)	6,44 (0,64)

Tableau de Strigas sains fleuris sans capsules le 19 mars 2013

Système	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//mais – labour	8,55(1,15a)	3,62(0,78ab)	0,09(0,08c)	4,09 (0,68X)
Riz// mais + niébé+ mucuna	4,98(0,94a)	2,47(0,67abc)	0,62(0,24bc)	2,69 (0,63X)
Riz//mais +haricot-riz	2,73(0,66abc)	3,04(1,10a)	0,27(0,23bc)	2,01 (0,62X)
Riz + stylosanthes	1,32(0,50abc)	0,13(0,13bc)	0,00(0,00c)	0,49 (0,21Y)
Moyenne	4,40 (0,81A)	2,32 (0,65A)	0,24 (0,14B)	2,32 (0,54)

Tableau de Strigas sains fleuris avec capsules le 19 mars 2013

Système	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//mais – labour	44,58(1,68a)	14,64(1,14ab)	0,09(0,08d)	19,77(0,97X)
Riz// mais + niébé+ mucuna	13,58(1,23ab)	8,47(0,92bc)	1,37(0,34cd)	7,80(0,83X)
Riz//mais +haricot-riz	3,57(0,69bcd)	6,17(1,20ab)	0,13(0,13d)	3,29(0,67X)
Riz + stylosanthes	0,75(0,35cd)	0,22(0,13d)	0,00(0,00d)	0,32(0,16Y)
Moyenne	15,62 (0,99A)	7,37 (0,85A)	0,40 (0,14 B)	7,79 (0,66)

Tableau de Strigas malades, *Fusarium sp.*, le 19 mars 2013

Système	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//maïs – labour	73,41 (1,62a)	10,41(1,03ab)	0,00 (0,00c)	27,94 (0,88X)
Riz// maïs + niébé+ mucuna	8,38 (1,05ab)	2,51 (0,75bc)	0,04 (0,05c)	3,65 (0,62XY)
Riz//maïs + haricot-riz	3,62 (0,52bc)	2,38 (0,68bc)	0,00 (0,00c)	2,00 (0,40Y)
Riz + stylosanthes	0,09 (0,08c)	0,00 (0,00c)	0,00(0,00c)	0,03 (0,03Z)
Moyenne	21,37 (0,82A)	3,83 (0,62A)	0,01 (0,01B)	8,40 (0,48)

ANNEXE III : Résultats sur la croissance des plantes de riz

Effet des systèmes sur la hauteur du Riz.

Précédent cultural	Hauteur cm 60 JAS
maïs + niébé + mucuna SCV	56,9 a
maïs seul Labour	46,7 b
maïs + haricot-riz SCV	45,6 b
maïs +stylosanthes SCV (riz associé stylo)	37,2 c

Hauteur moyenne des variétés du Riz à 60 JAS

Variété	B22	N9	N4
Hauteur cm 60 JAS	53,4 x	45,0 y	41,4 z

Hauteur du riz à 60JAS en cm

Système	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//Maïs + niébé + mucuna_SCV	67,3 a	54,0 b	49,5 bcd	57,0 X
Riz//Maïs_Labour	51,2 bc	46,2 bcde	42,4 de	46,7 Y
Riz//Maïs + haricot-riz_SCV	52,1 bc	44,6 cde	40,1 ef	45,6 Y
Riz+ stylosanthes//Maïs+ stylosanthes_SCV	42,8 de	35,4 f	33,4 f	37,2 Z
Moyenne	53,4 A	45,0 B	41,4 C	46,6

Hauteur du riz à 75 JAS en cm

Système	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//Maïs + niébé + mucuna_SCV	79,0 a	67,5 b	64,1 bc	70,2 X
Riz//Maïs_Labour	66,9 b	59,0 cd	55,9 de	60,6 Y
Riz//Maïs + haricot-riz_SCV	70,7 b	56,3 de	55,4 de	60,9 Y
Riz+ stylosanthes//Maïs+stylosanthes_SCV	50,2 e	41,9 f	41,5 f	44,5 Z
Moyenne	66,7 A	56,2 B	54,2 B	59

Hauteur du riz à 95 JAS en cm

Système	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//Maïs + niébé + mucuna_SCV	105,3 a	93,0 bc	89,7 bc	96,0 X
Riz//Maïs_Labour	91,3b c	84,2 cd	74,7 d	83,4 Y
Riz//Maïs + haricot-riz_SCV	95,7 b	78,3 d	79,0 d	84,3 Y
Riz+stylosanthes//Maïs+stylosanthes_SCV	66,1 e	56 f	56,1 f	59,4 Z
Moyenne	89,6 A	77,8 B	74,9 B	80,8

Hauteur du riz à 120 JAS en cm

Système	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//Maïs + niébé + mucuna_SCV	102,8 a	92,4 b	90,1 bc	95,1 X
Riz//Maïs_Labour	93,0 b	87,5 bc	82,5 c	87,7 Y
Riz//Maïs + haricot-riz_SCV	95,6 b	80,1 c	80,9 c	85,5 Y
Riz+stylosanthes //Maïs+stylosanthes	66,6 d	57,0 e	57,8 e	60,4 Z
Moyenne	89,5 A	79,2 B	77,8 B	82,2

ANNEXE IV: Rendement de la plante de riz

Rendement en t/ ha de paddy estimé à partir de 9 poquets

Système	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//Maïs + niébé + mucuna_SCV	2,87ab	3,51a	3,11ab	3,16A
Riz//Maïs_Labour	1,95b	3,19ab	2,52ab	2,55B
Riz//Maïs +haricot-riz_SCV	2,57ab	1,97b	2,50ab	2,35B
Riz+ stylosanthes//Maïs + stylosanthes_SCV	0,72c	0,68c	0,78c	0,73C
Moyenne	2,03X	2,34X	2,23X	2,2

Densité à la récolte exprimée en nombre de plantes /m²

Système	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//Maïs + niébé + mucuna_SCV	91,05 a	77,47ab	73,77ab	80,76X
Riz//Maïs_Labour	83,33 ab	69,44ab	78,70ab	77,16XY
Riz//Maïs + haricot-riz_SCV	80,56 ab	66,36b	62,04b	69,65Y
Riz+ stylosanthes//Maïs+stylosanthes SCV	78,09ab	64,51b	64,51b	69,03Y
Moyenne	83,26A	69,44B	69,75B	74,15

Nombre de talles par m²

Système	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//Maïs + niébé + mucuna_SCV	174,69ab	192,28a	171,61ab	179,53A
Riz//Maïs_Labour	138,27bcde	169,14ab	150,93abcd	152,78B
Riz//Maïs + haricot-riz_SCV	160,49abc	123,77cdef	109,57def	131,28C
Riz+ stylosanthes//Maïs + stylosanthes_SCV	114,82def	98,46ef	93,52f	102,26D
Moyenne	147,07X	145,91X	131,40X	141,46

Nombre de talles par plante

Système	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//Maïs + niébé + mucuna_SCV	1,93abc	2,55a	2,34ab	2,27A
Riz//Maïs_Labour	1,66c	2,45ab	1,93abc	2,01B
Riz//Maïs + haricot-riz_SCV	2,00abc	1,93abc	1,82bc	1,91B
Riz+ stylosanthes//Maïs + stylosanthes_SCV	1,45c	1,54c	1,46c	1,49C
Moyenne	1,76Y	2,12X	1,89Y	1,92

Nombre de panicules par m²

Système	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//Maïs + niébé + mucuna_SCV	160,80ab	181,48a	162,35ab	168,21A
Riz//Maïs_Labour	125,00bcde	166,67ab	141,36abcd	144,34B
Riz//Maïs + haricot-riz_SCV	150,62abc	114,20cde	100,31de	121,71C
Riz+ stylosanthes //Maïs + stylosanthes_SCV	97,53de	83,64e	80,25e	87,14D
Moyenne	133,49X	136,50X	121,07X	130,35

Nombre de panicules par plantes

Système	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//Maïs + niébé + mucuna_SCV	3,28abc	4,46a	4,08ab	3,94A
Riz//Maïs_Labour	2,79c	4,46a	3,36abc	3,54AB
Riz//Maïs + haricot-riz_SCV	3,47abc	3,31abc	3,03bc	3,27B
Riz+ stylosanthes //Maïs + stylosanthes _SCV	2,27c	2,42c	2,34c	2,34C
Moyenne	2,95Y	3,66X	3,20Y	3,27

Nombre de panicules par talle

Système	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//Maïs + niébé + mucuna_SCV	0,92a	0,94a	0,94a	0,93A
Riz//Maïs_Labour	0,90a	0,99a	0,94a	0,94A
Riz//Maïs +haricot-riz_SCV	0,93a	0,92a	0,91a	0,92A
Riz+ stylosanthes //Maïs + stylosanthes _SCV	0,83a	0,85a	0,86a	0,85A
Moyenne	0,90X	0,93X	0,91X	0,91

Nombre de grains par m²

Système	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//Maïs + niébé + mucuna_SCV	8467,59bc	13692,28a	11237,35ab	11132,41A
Riz//Maïs_Labour	585278cd	11274,07ab	9456,17bc	8861,01B
Riz//Maïs +haricot-riz_SCV	7633,03bc	7386,11bc	9190,12bc	8069,75B
Riz+ stylosanthes //Maïs + stylosanthes _SCV	2108,64d	2609,26d	2887,26d	2534,98C
Moyenne	6015,51Y	8740,43X	8192,67X	7649,54

Nombre de grains par panicules

Système	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//Maïs + niébé + mucuna_SCV	60,24bc	88,62ab	77,82abc	75,56A
Riz//Maïs_Labour	54,44bc	80,20abc	74,76abc	69,80A
Riz//Maïs +haricot-riz_SCV	61,78abc	79,75abc	111,69a	84,40A
Riz+ stylosanthes //Maïs + stylosanthes _SCV	26,79c	36,57bc	36,65bc	33,34B
Moyenne	50,81Y	71,28X	75,23X	65

Pourcentages de grains pleins

Système	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//Maïs + niébé + mucuna_SCV	88,46abc	84,39abc	90,43a	87,76A
Riz//Maïs_Labour	83,19bc	82,96bc	88,99abc	85,05A
Riz//Maïs +haricot-riz_SCV	85,88abc	82,15c	89,90ab	85,98A
Riz+ stylosanthes //Maïs + stylosanthes _SCV	85,32abc	83,69abc	88,21abc	85,74A
Moyenne	85,72Y	83,30Z	89,38X	86,13

Poids de 1000 grains pleins

Système	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//Maïs + niébé + mucuna_SCV	33,74a	25,74b	27,63b	29,04A
Riz//Maïs_Labour	32,69a	28,38b	26,57b	29,22A
Riz//Maïs + haricot-riz_SCV	33,36a	26,69b	27,23b	29,07A
Riz+ stylosanthes //Maïs + stylosanthes _SCV	33,48a	25,90b	26,88b	28,75A
Moyenne	33,32X	26,67Y	27,08Y	29,02

Rendement de la récolte de riz sans le système de stylosanthes

Variété de riz	Maïs seul labour	Maïs + haricot-riz	Maïs + niébé + mucuna	Moyenne
B 22	1,834 c	2,502 bc	2,913 ab	2,417 X
N 9	2,344 bc	1,907 c	3,249 a	2,500 X
N 4	2,201 bc	2,159 bc	3,310 a	2,557 X
Moyenne	2,126 B	2,189 B	3,157 A	2,518

Rendement de paddy avec le système de stylosanthes

Variété de riz	Maïs + stylosanthes	Maïs seul labour	Maïs + haricot-riz	Maïs + niébé + mucuna	Moyenne
B 22	0,709 d	1,834 c	2,502 abc	2,913 ab	1,990 X
N 9	0,474 d	2,344 bc	1,907 c	3,249 a	1,993 X
N 4	0,543 d	2,201 bc	2,159 bc	3,310 a	2,053 X
Moyenne	0,576 C	2,126 B	2,189 B	3,157 A	2,012

Biomasse de paille en t/ha de matière sèche

Système	B22	N9	N4	Moyenne
Riz//Maïs+ niébé+mucuna _SCV	2,55 a	2,24 ab	2,06 abc	2,29 X
Riz//Maïs - Labour	1,77 bcd	1,73 bcd	1,74 bcd	1,75 Y
Riz//Maïs+ haricot-riz _SCV	2,09 abc	1,39 d	1,53 cd	1,67 Y
Riz+Stylosanthes//Maïs+Stylosanthes _SCV	0,63 e	0,48 e	0,43 e	0,51 Z
Moyenne	1,76 A	1,46 B	1,44 B	1,55

Les résultats significativement différents au seuil 5 % sont affectés de lettres différentes.