



Institut Supérieur Polytechnique de Madagascar



**Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en
Biotechnologie**

Mention : Agriculture et Elevage

**ETUDE DE L'IMPACT DE LA
FERTILISATION AZOTEE ET DU SYSTEME
DE CULTURE SUR LA SENSIBILITE DU RIZ
PLUVIAL A LA PYRICULARIOSE**

Présenté par : NIRINARISON Sanda Eric

Président du jury : Professeur RABOANARY Julien Amedée

Encadreur pédagogique : Docteur RAZANOELISOA Bakoarsina

Encadreurs professionnels : Docteur SESTER Mathilde,

Docteur DUSSERRE Julie

Octobre 2014

REMERCIEMENTS

Je rends hommage à Dieu car c'est grâce à son amour et son soutien que ce mémoire de fin d'études a pu être effectué.

Mes profonds remerciements vont à :

- ❖ Professeurs RABOANARY Julien Amédée, Recteur de l'ISPM et président de jury de la présentation de ce mémoire.
- ❖ Docteur RAZANOELISOA Bakoarsina, professeur à l'ISPM et mon encadreur pédagogique de bien vouloir m'aider malgré ses nombreuses occupations.
- ❖ Madame Mathilde SESTER, docteur en épidémiologie et chercheur du CIRAD, qui est aussi mon encadreur professionnel durant ce stage, pour ses conseils infinis et ses aides lors de la descente sur le terrain et ses recommandations pour la rédaction.
- ❖ Madame Julie DUSSERE, docteur en écophysiologie et chercheur du CIRAD, qui est aussi encadreur professionnel de ce stage pour avoir bien voulu participer à apporter des recommandations utiles pour améliorer ce travail.
- ❖ Monsieur RAVELOSON Harinjaka, phytopathologiste du FOFIFA pour les encadrements sur terrain qu'il a bien voulu m'accorder.
- ❖ A tous les corps administratifs et enseignants de l'ISPM, qui m'ont donné des connaissances durant mes cinq années d'étude.
- ❖ Au CIRAD et au FOFIFA Antsirabe pour avoir fourni les matériels et l'appui financier pour la réalisation de ce travail.
- ❖ Mes parents, ma famille et mes amis pour le soutien moral, matériel et financier
- ❖ A tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Merci du fond du cœur!

LISTE DES ABREVIATIONS

AEE : Agriculture et Elevage

ANR : Agence Nationale de la Recherche

Cm : centimètre

DTJA : Droit et Techniques Juridiques des Affaires

EMII : Electromécanique et Informatique Industrielle

EMP : Economie et Management de Projet

ESIHA : Electronique, Systèmes Informatiques et Intelligence Artificielle

ESSTIM : Ecole Supérieur des Sciences et de la Technologie de l'Informatique de Madagascar

FAO : Food and Agriculture Organization

FOFIFA: FOibem-pirenena momba ny Fikarohana ampiharina ho Fampanandrosoana ny tontolo Ambanivohitra ou Centre de Recherche Appliquée au Développement Rural

F1 : fumure de base seule

F2 : fumure de base + 30N après le semis + 15 N après 30Jas + 15 N à 60Jas

FV : fumure de base + 30N après le semis + 30N à 30Jas

g : gramme

GARP : Gestion Agronomique de la Résistance du riz à la Pyriculariose

GCA : Génie Civil et Architecture

Ha : hectare

IAA : Industries Agro-alimentaires

ICMP : Industries Chimiques, Minières et Pétrolières

IGGLIA : Informatique de Gestion, Génie Logiciel et Intelligence Artificielle

IMTIC : Informatique, Multimédia, Technologies de l'information de la Communication

ISPM : Institut Supérieur Polytechnique de Madagascar

Jas : jours après semis

Kg : kilogramme

Lab : système de culture labour

LAI : Leaf Area Index

LMD : Licence Masters Doctorat

MAEP : Ministère de l'Agriculture de l'Élevage et de la Pêche

m : mètre

mm : millimètre

NH₄⁺ : ion ammonium

NO₃⁻ : nitrate

ph : Potentiel Hydrogène

PIP : Pharmacologie et Industries Pharmaceutiques

SCV : Semis Direct sur Couverture Végétale

SPAD : Systèmes de Production d'Altitude et Durabilité

t : tonne

URP : Unité de Recherche en Partenariat

V1 : FOFIFA 154 (Andranomanelatra et Ivory)

V2 : FOFIFA 161 (Andranomanelatra) et B22 (Ivory)

V3 : FOFIFA 172 (Andranomanelatra) et nerica 4 (Ivory)

°C : degré celsius

% : pourcentage

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....	i
LISTE DES ABREVIATIONS.....	ii
SOMMAIRE.....	iv
LISTE DES ILLUSTRATIONS.....	v
INTRODUCTION.....	1
I. PARTIE I : Cadres institutionnels.....	3
A. L' ISPM.....	3
B. Organisme d'accueil.....	6
II. PARTIE II : contexte de l'étude.....	8
A. Le riz à Madagascar.....	8
B. Le riz pluvial.....	9
C. La pyriculariose.....	13
D. Interactions entre métabolisme de l'azote, système de culture et la pyriculariose....	18
III. PARTIE III : Matériels et Méthodes.....	22
A. Milieux d'études.....	22
B. Dispositifs expérimentaux.....	24
C. Les mesures sur le terrain.....	28
D. Analyses des données pluriannuelles.....	32
IV. PARTIE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	34
A. Evolution du rendement du riz pluvial en fonction du site et du système de culture	34
B. Evolution de la pyriculariose.....	45
C. Impact de la pyriculariose sur le rendement du riz pluvial en fonction du système de culture et de la fertilisation.....	49
D. Discussions et analyses.....	52
V. PARTIE INFORMATIQUE.....	55
CONCLUSION.....	56
BIBLIOGRAPHIE.....	57
ANNEXES :.....	61

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Liste des photos

photo 1 : Culture de riz pluvial à Madagascar.....	9
photo 2 : Lésion typique de la pyriculariose foliaire. Source :wikipédia.....	16
photo 3 : Symptôme typique de la pyriculariose nodale. Source : wikipédia	16
photo 4 : Pyriculariose paniculaire	17
photo 5 : Récolte sur le site d'Ivory Source : auteur	31

Liste des courbes

courbe 1 : Evolution de la température et de la pluviométrie pendant la campagne culturale 2013-2014 sur le site d'Ivory (Source : station météorologique d'Ivory).....	24
courbe 2 : La quantité de pluie sur le site d'Ivory durant le projet	71
courbe 3 : Température moyenne sur le site d'Ivory durant le projet	71
courbe 4 : Quantité de pluie sur le site d'Andranomanelatra durant le projet.....	72
courbe 5 : Température moyenne sur le site d'Andranomanelatra durant le projet	72

Liste des tableaux

Tableau 1 : tableau récapitulatif des effets significatifs et non significatifs des facteurs sur le rendement des trois variétés sur le site d'Ivory de 2011 à 2014.	42
---	----

Liste des figures

Figure 1 : Logo de l'ISPM	3
Figure 2 : dispositif GARP à Andranomanelatra campagne 2013-2014.....	27
Figure 3 : dispositif GARP à Ivory campagne 2013-2014.....	28
Figure 4 : menu d'accueil de la base de données du projet GARP	33
Figure 5 : Fenêtre principale	55

Annexes

annexe 1 : Fiche de notation de la pyriculariose paniculaire	61
annexe 2 : Code de la programmation.....	62
annexe 3 : pluviométrie et température sur les deux sites durant le projet	71

Liste des graphiques

Graphique 1 : Evolution du rendement de la variété FOFIFA 154 sur le site d'Ivory de 2011 à 2014 en fonction du système de culture. Les valeurs sont les rendements moyens par variété et par année, toutes fertilisations et blocs confondus. Par année, les moyennes avec une lettre différente sont significativement différentes.....	34
graphique 2 : Rendement de la variété FOFIFA 154 en fonction de la fertilisation sur le site d'Ivory de 2011 à 2014	35
graphique 3 : Evolution du rendement de la variété FOFIFA 154 en fonction du système de culture et de la fertilisation sur le site d'Ivory de 2011 à 2014. Par année, les moyennes avec une lettre différente sont significativement différentes.....	35
graphique 4 : évolution du rendement de la variété B22 sur le site d'Ivory de 2011 à 2014 en fonction du système de culture. Par année, les moyennes avec une lettre différente sont significativement différentes.....	36
graphique 5 : Evolution du rendement de la variété B22 sur le site d'Ivory en fonction de la fertilisation (F1 = fumure de base, F2 = fumure de base + azote minéral). Par année, les moyennes avec des lettres différentes sont significativement différentes.....	37
graphique 6 : Evolution du rendement de la variété B22 sur le site d'Ivory en fonction du système de culture et de la fertilisation de 2011 à 2014. Par année, les moyennes avec des lettres différentes sont significativement différentes.....	38
graphique 7 : évolution du rendement de la variété nerica 4 sur le site d'IVORY de 2011 à 2014 en fonction du système de culture. Par année, les moyennes avec une lettre différente sont significativement différentes.	39
graphique 8 : Evolution du rendement de la variété nerica 4 sur le site d'Ivory en fonction de la fertilisation de 2011 à 2014. Par année, les moyennes avec des lettres différentes sont significativement différentes.....	40

graphique 9 : Evolution du rendement de la variété nerica 4 sur le site d'Ivory de 2011 à 2014 en fonction du système de culture et de la fertilisation. Par année, les moyennes de rendement avec des lettres différentes sont significativement différentes.	41
graphique 10 : Evolution du rendement de la variété FOFIFA 154 (variété sensible) sur le site d'Andranomanelatra en 2010, 2012 et 2014.) en fonction du système de culture et de la fertilisation. Chaque lettre représente la moyenne de rendement d'une variété sur une année. Par variété, les moyennes avec des lettres différentes sont significativement différentes.	43
graphique 11 : Evolution du rendement pour la variété tolérante FOFIFA 161 sur le site d'Andranomanelatra en 2010, 2012 et 2014 en fonction du système de culture et de la fertilisation. Chaque lettre représente la moyenne de rendement d'une variété sur une année. Par variété, les moyennes avec des lettres différentes sont significativement différentes.	44
graphique 12 : évolution de la sévérité de la pyriculariose foliaire sur les variétés FOFIFA 154 et B22 sur le site d'Ivory en fonction du système de culture et de la fertilisation. La lettre S indique qu'il y a un effet significatif du système de culture et la lettre F un effet significatif de la fertilisation.....	45
graphique 13 : évolution de la sévérité de la pyriculariose paniculaire sur les variétés FOFIFA 154 et B22 sur le site d'Ivory de 2011 à 2014	46
graphique 14 : Evolution de la pyriculariose foliaire (1) et de la pyriculariose paniculaire (2) sur le site d'Andranomanelatra en 2010 et 2012 en fonction du système de culture et de la fertilisation	47
graphique 15 : Evolution de la sévérité de la pyriculariose foliaire(a) et de la pyriculariose paniculaire (b) pour la variété tolérante FOFIFA 161 en 2010 et 2012 en fonction du système de culture et de la fertilisation sur le site d'Andranomanelatra.....	48
graphique 16 : Evolutions du rendement des variétés FOFIFA 154 et B22 (A) et l'évolution de la sévérité de la pyriculariose paniculaire (B) sur le site d'Ivory de 2011 à 2014. Les lettres S et F signifie que les effets système de culture et fertilisation sont significatifs.	49
graphique 17: Pourcentage de grains pleins en fonction du système de culture et de la fertilisation de 2011 à 2014 sur le site d'Ivory. Les lettres S et F signifient que l'effet système de culture et l'effet fertilisation sont significatifs.	51

Liste des schémas :

Schéma 1 : Organigramme de l'ISPM	4
Schéma 2 : Cours des études à l'ISPM	5
Schéma 3 : Phases de croissance d'un plant de riz pluvial	11
Schéma 4 : Cycle infectieux de <i>Magnaporthe oryzae</i> . Source : Ribot et al., 2008	15
Schéma 5 : Echelle de sévérité en pourcentage de la pyriculariose foliaire. Source : Vales, 1996, d'après Notteghem, 1977	29

INTRODUCTION

Le riz est l'aliment de base des Malgaches. Un malgache consomme annuellement en moyenne 118kg en milieu urbain et 130 kg en milieu rural (UPDR/FAO, 2001). A l'échelle mondiale, Madagascar est classé 16^{ème} plus gros producteur de riz et le deuxième pays rizicole Africain. En 2011, la surface rizicole à Madagascar était estimée à 1 900 000 ha et la production de 5 000 000 de tonnes (UPDR/FAO, 2011). La production rizicole représente 48% du total des revenus agricoles. Cependant, avec une croissance démographique de l'ordre de 3% chaque année et le manque de surface rizicole surtout en riziculture irriguée, la production de riz est insuffisante pour satisfaire le besoins alimentaires de la population. Face à cette situation, une solution est l'adoption de la riziculture pluviale pratiquée sur les plateaux sommitaux, les « tanety », d'où l'appellation de « Vary an-tanety », ou riz des collines. C'est dans cette optique que le FOFIFA (Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural) et le CIRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement), face à l'absence de variétés de riz pluvial suffisamment tolérantes au froid pour être cultivées à des altitudes supérieures à 1300m, ont lancé un programme de création variétale spécifique au milieu des années 1980. La première phase de ce programme centré sur la création variétale a abouti dès le milieu des années 1990 à l'inscription au catalogue officiel des premières variétés de riz pluvial tolérantes au froid (Déchanet R et al., 1997). Cependant, dès le début des années 2000, la résistance à la pyriculariose a été surmontée chez la plupart de ces variétés.

Mon stage porte sur l'analyse des interactions entre le métabolisme de l'azote, les systèmes de culture et la sensibilité du riz pluvial à la pyriculariose ». La pyriculariose est une maladie fongique du riz (*Oryza sativa*) causée par *Magnaporthe oryzae*. Elle est l'une des contraintes majeures du riz pluvial car elle peut entraîner des pertes allant jusqu'à 100% des récoltes et c'est justement pour cette raison que le projet GARP (Gestion Agronomique de la Résistance du Riz à la Pyriculariose) a été initié par le CIRAD en 2009 en France, au Brésil, en Bolivie et à Madagascar. Ce projet se propose de mieux comprendre les interactions entre la résistance de la plante (riz pluvial) à la pyriculariose et un des mécanismes majeurs dans la productivité des céréales : le métabolisme azoté. Au champ, deux systèmes de culture sont comparés : le système traditionnel peu durable avec un labour chaque année, le second basé sur les principes de l'agriculture de conservation, le SCV. (Capillon et Séguy 2002, Corbeels et al 2004).

Le projet GARP est construit selon 3 axes principaux de recherche :

- Mesurer l'effet des systèmes de culture et de la fertilisation sur la résistance du riz pluvial à la pyriculariose
- Etudier les relations entre nutrition azotée et sensibilité à la pyriculariose
- Etudier au laboratoire les interactions entre métabolisme de l'azote et mécanismes de défense de la plante.

Dans le cadre de ce stage, l'objectif est de présenter un bilan des essais mis en place dans le cadre du projet, suivant trois étapes :

- Analyser l'évolution de la croissance et du rendement du riz sur les 5 années du projet en fonction du site et du système de culture
- Analyser l'évolution de la pyriculariose durant le projet en fonction du site, du système et de la fertilisation
- Analyser l'impact de la pyriculariose sur le rendement du riz pluvial en fonction du système de culture et de la fertilisation

I. PARTIE I : Cadres institutionnels

A. L'ISPM

1. Historique et Objectifs

L'institut Supérieur Polytechnique de Madagascar (ISPM) (figure 1) a été créé en 1993 par Monsieur le Recteur **RABOANARY Julien Amédée**. C'était aussi le premier institut privé agréé et homologué par l'Etat Malagasy suivant l'arrêté n°3725 du 19 août 1994. A sa création, il n'y avait qu'un seul département : l'informatique de gestion et génie logiciel et les étudiants ne comptaient qu'une cinquantaine. Son ancien nom était ESSTIM (Ecole Supérieure des Sciences et de la Technologie de l'Informatique de Madagascar). Aujourd'hui, grâce à la création d'autres départements et à son développement, le nombre de ses étudiants approche les 1500 élèves jusqu'à son quinzième anniversaire. L'ISPM est maintenant composé de 16 filières réparties en 5 départements :



Institut Supérieur Polytechnique de Madagascar

Figure 1 : Logo de l'ISPM

2. Organigramme

Les fonctions habituellement assurées par une entreprise se retrouvent à l'intérieur d'une Institution. L'organigramme de l'ISPM est un graphique qui représente sous une forme

schématique la structure de l'entreprise, c'est-à-dire la liaison hiérarchique et la liaison fonctionnelle. (schéma 1).

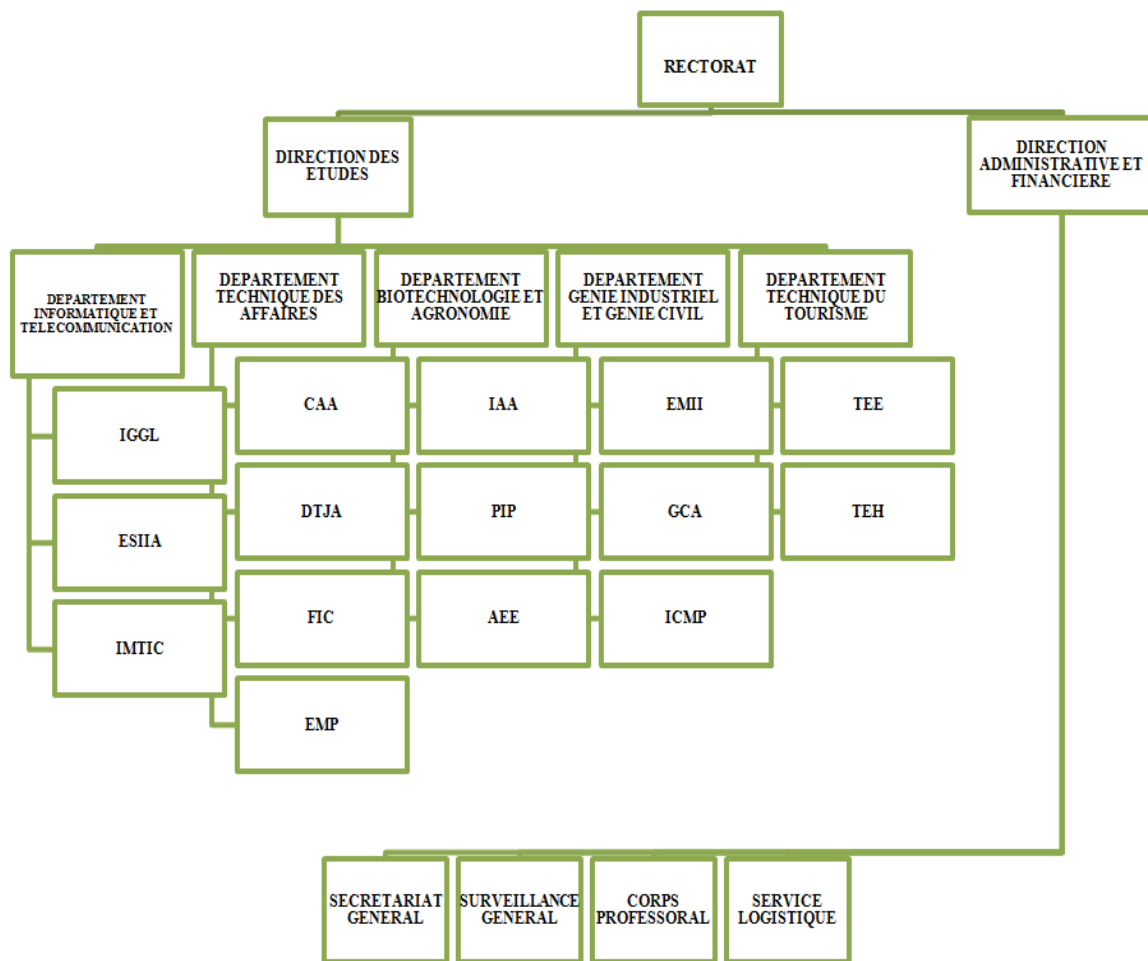


Schéma 1 : Organigramme de l'ISPM

L'ISPM a son bureau administratif à Ambatomaro - Antsobolo (Bibilava), Antananarivo 101. L'entrée à l'ISPM se fait par voie de concours, ouvert aux candidats titulaires d'au moins, un diplôme de Baccalauréat A, C, D ou Technique selon la filière choisie. La formation de licence au Bac+3 et d'ingénieurs au Bac+5 (fin second cycle) est l'objectif fondamental de l'institut.

L'ISPM a comme devise « FAHAIZANA-FAMPANDROSOANA-FIHAVANANA » traduite par « Compétence-Développement-Fraternité » et tout membre de cette communauté

doit mettre en œuvre ses compétences, son savoir-faire et savoir-être pour que cette devise soit une réalité dynamique.

Concernant le cursus, les études sont réparties en deux cycles (schéma 2) :

- Le premier cycle est constitué par les trois premières années.
- Le second cycle est formé par les deux dernières années.

L'étudiant doit effectuer un stage dans une entreprise d'une durée de 3 mois, pour avoir le diplôme de Licence (BAC + 3). Au bout de cinq années consécutives, l'étudiant doit également faire un stage de 6 mois pour l'obtention d'un diplôme d'ingénieur. Il peut soit travailler soit poursuivre ses études et faire des recherches afin de décrocher un diplôme de Doctorat.

L'ISPM suit le système LMD (Licence-Masters-Doctorat). En 2012, 95% des sortants ingénieurs ont trouvé du travail et 5% ont continué leurs études.

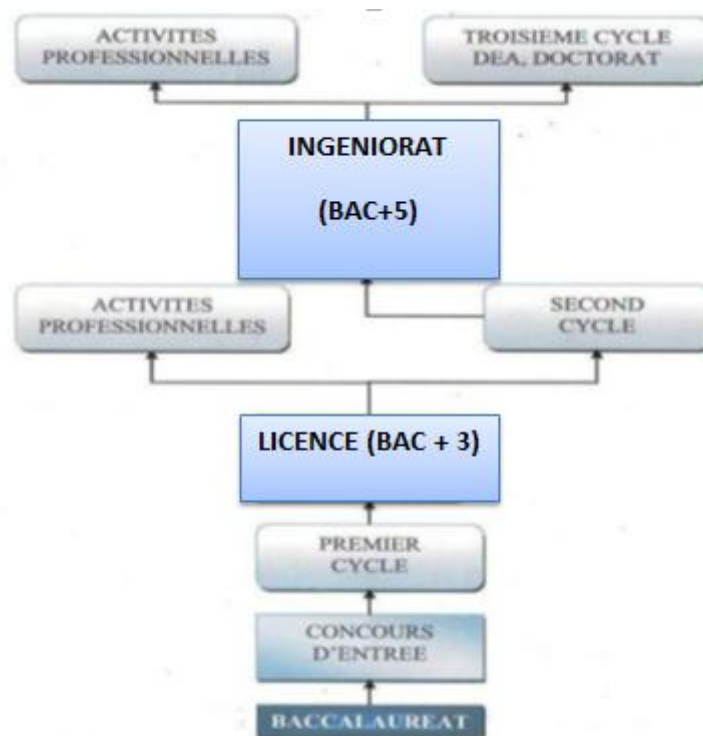


Schéma 2 : Cursus des études à l'ISPM

B. Organisme d'accueil

Mon stage s'est déroulé au Cirad (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement), sur le site de la Station Régionale de Recherche du FOFIFA d'Antsirabe à Madagascar du 10 janvier au 10 juillet 2014.

Le Cirad est un centre de recherche français placé sous la double tutelle du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et du ministère des Affaires étrangères et européennes. Sa mission est d'une part la production et la transmission de nouvelles connaissances, pour accompagner le développement agricole des pays du Sud en partenariat avec les centres de recherche locale, et d'autre part la contribution au débat sur les grands enjeux mondiaux de l'agronomie. En tant qu'organisme de recherche finalisée, sa programmation s'établit à partir des besoins du développement sur le terrain. Ses activités relèvent à la fois des sciences du vivant, des sciences sociales et des sciences de l'ingénieur appliquées à l'agriculture, à l'alimentation et aux territoires ruraux.

Le Cirad concentre ses recherches autour de 6 axes scientifiques prioritaires, menés par 3 départements scientifiques : Systèmes biologiques (Bios), Performance des systèmes de production et de transformation tropicaux (Persyst) et Environnement et sociétés (ES) regroupant 36 unités de recherche en tout.

Le département scientifique Persyst, en particulier, s'intéresse aux processus biologiques en interaction avec les conditions environnementales et les interventions techniques. Au sein de ce département, l'unité propre de recherche (UPR) Systèmes de Cultures Annuelles (SCA) s'adresse aux agricultures familiales du Sud. Son objectif est de répondre au défi de « l'intensification écologique », c'est-à-dire de permettre aux agriculteurs de produire plus et de façon plus régulière, en améliorant le recours aux services écosystémiques. Depuis janvier 2014, l'UPR SCA est devenue UPR AÏDA avec l'intégration des équipes centrées sur la conception des systèmes en agriculture de conservation.

Les chercheurs d'AÏDA basés à Madagascar travaillent en étroite collaboration avec le FOFIFA et l'Université d'Antananarivo dans le cadre du programme SCRiD (Systèmes de Culture et Rizicultures Durables), sur la caractérisation et l'amélioration de systèmes de culture durables à base de riz pluvial d'altitude.

L'un des projets phares de l'équipe SCRiD est le projet GARP (Gestion Agronomique de la Résistance du riz à la Pyriculariose), dont l'objectif est d'approfondir les connaissances

sur les interactions entre mécanismes de résistance à la pyriculariose et métabolisme de l'azote, dans des systèmes de culture en agriculture de conservation. Ce projet est financé par le programme Ecosystèmes, territoires, ressources vivantes et agricultures (SYSTERRA) de l'ANR (Agence Nationale de la Recherche).

II. PARTIE II : contexte de l'étude

A. Le riz à Madagascar

Principale culture vivrière à Madagascar, le riz occupe une place importante dans le secteur agricole. Il constitue la première activité économique en milieu rural en termes de volume. Le riz est l'aliment de base des Malgaches, en effet avec plus d'un million neuf cent mille hectares de surface cultivée en riz et une production annuelle de plus de cinq millions de tonnes (FAO, 2011). Madagascar se classe 16^{ème} plus gros producteur mondial de riz et 2^{ème} pays rizicole africain. La consommation annuelle moyenne de riz par habitant est estimée à 118kg en milieu urbain et 130kg en milieu rural. A Madagascar, on peut distinguer 3 grands systèmes de riziculture:

La riziculture irriguée

La riziculture pluviale

Le « tavy » ou culture sur brûlis

Selon les statistiques du ministère de l'agriculture, sur 587 000 km² de superficie de Madagascar, la superficie totale effective cultivée en riz du pays est estimée à 1 620 615ha dont 1 060 000 ha utilisée en riziculture irriguée de grande saison, 280 000 ha partiellement cultivée en contre saison et 281 000 ha en riz pluvial (MAEP, 2007). Des enquêtes ont montré que 86,5% des ménages cultivent du riz contribuant de 36% à la production totale malgache (Penot et al ; 2009, INSTAT 2010).

Face à une croissance démographique considérable ces dernières années, la production de riz irriguée à elle seule n'était plus suffisante pour satisfaire les besoins alimentaires de la population. Face à cette situation, la pratique de la riziculture pluviale s'est développée progressivement. En 2000, au moins 10% des agriculteurs du Vakinankaratra avaient commencé à cultiver le riz pluvial en altitude (Galtier et Guimera, 2000). Puis une enquête en 2006 réalisée dans 843 exploitations de 26 villages situés au-dessus de 1250m d'altitude a montré que 62% de ces villages et 36% des exploitations cultivaient le riz pluvial (Radanielina, 2010). La région du Moyen-ouest du Vakinankaratra est une zone à fort potentiel de développement de la riziculture pluviale car elle dispose de vastes collines planes et le climat adéquats à son développement.

B. Le riz pluvial



photo 1 : Culture de riz pluvial à Madagascar

Le riz pluvial (photo 1) est la culture du riz sur les « tanety », qui dépend essentiellement de la pluviométrie pour son développement et sa croissance. En 2004-2005, la superficie cultivée en riz pluvial était estimée à 8,4% (10450 ha) de la surface rizicole du pays (MAEP, 2007).

La culture du riz pluvial a lieu essentiellement pendant la période des pluies c'est-à-dire d'octobre à avril (le semis se fait donc à partir du mois d'octobre en fonction de la quantité de pluie). Le cycle de développement du riz pluvial dure entre 100 à 130 jours, en fonction de la variété cultivée, des systèmes de culture et des conditions climatiques (température, pluviométrie et ensoleillement). Le cycle du riz pluvial se subdivise en trois phases (Moreau 1987) (schéma 3)

1. Historique du riz pluvial

En 1980, un programme de création variétale de riz pluvial a été lancé en partenariat entre le FOFIFA et le CIRAD. Ce programme a été initié dans le but de créer des variétés de riz pluvial suffisamment tolérantes au froid pour être cultivées à des altitudes supérieures à 1300 m. En 1990, la première phase du programme a abouti à l'inscription au catalogue officiel des premières variétés de riz pluvial tolérantes au froid (Dechanet et al., 1997). Cependant, en 2000 la pyriculariose (maladie fongique causant le plus de dégâts sur le riz) est apparue et la résistance de la plante à cette dernière a été vite surmontée. La sélection pour la résistance a

la pyriculariose s'est progressivement imposée comme un critère prioritaire de sélection au cours de cette période, compte tenu de l'augmentation de la pression des épidémies. La deuxième phase du programme, centrée sur l'évaluation participative, pluriannuelle et multilocale des nouvelles variétés et sur l'appui à la production de semences (Dzido et al., 2004) a contribué à l'adoption de la riziculture pluviale par un grand nombre d'agriculteurs en particulier dans la région de Vakinankaratra (Galtier et Guinera., 2000 ; Radanielina., 2010)., une quinzaine de variétés de riz pluvial tolérantes au froid ont été sélectionnées et proposées à la diffusion. Cela a permis de repousser la frontière de la culture du riz pluvial au-delà de 1800 m d'altitude. Grâce à ces variétés, la riziculture pluviale a connu un développement extrêmement rapide, en particulier dans la région de Vakinankaratra, entre la ville d'Antsirabe et d'Ambatolampy (à 100km au Nord). Désormais, le riz pluvial fait partie intégrante du paysage et devient même par endroit dominant dans les systèmes de culture pluviaux. En 2004, le programme de sélection est entré dans une troisième phase, de nouveau centrée sur la création variétale qui vise à intégrer différents objectifs : la résistance à la pyriculariose, la diversification de la qualité du grain, la tolérance au froid et l'adaptation aux conditions de l'Agriculture de Conservation.

2. Le cycle du riz pluvial

- La phase végétative

La formation des talles et des feuilles se produit durant la phase végétative (schéma 3), ainsi que l'augmentation de la surface foliaire. Le nombre de talles et de panicules par m² est déterminé également pendant cette phase. La formation des panicules se poursuit pendant la phase reproductive.

- La phase de reproduction

La phase de reproduction s'étale de l'initiation paniculaire jusqu'à l'épiaison-floraison. Elle dure en moyenne 35 jours, et c'est à l'initiation paniculaire que le nombre d'épillets est déterminé. La durée de cette phase peut être prolongée notamment à cause d'un stress hydrique ou d'une température très basse qui rendent le riz très sensible.

- La phase de maturation

la phase de maturation a une durée d'au moins 25 jours, elle correspond essentiellement à la période de remplissage des grains. Le poids d'un grain et le pourcentage de grains remplis sont déterminés pendant cette phase. La pluie ou les basses températures peuvent allonger cette phase, par contre le soleil et la chaleur peuvent la raccourcir.

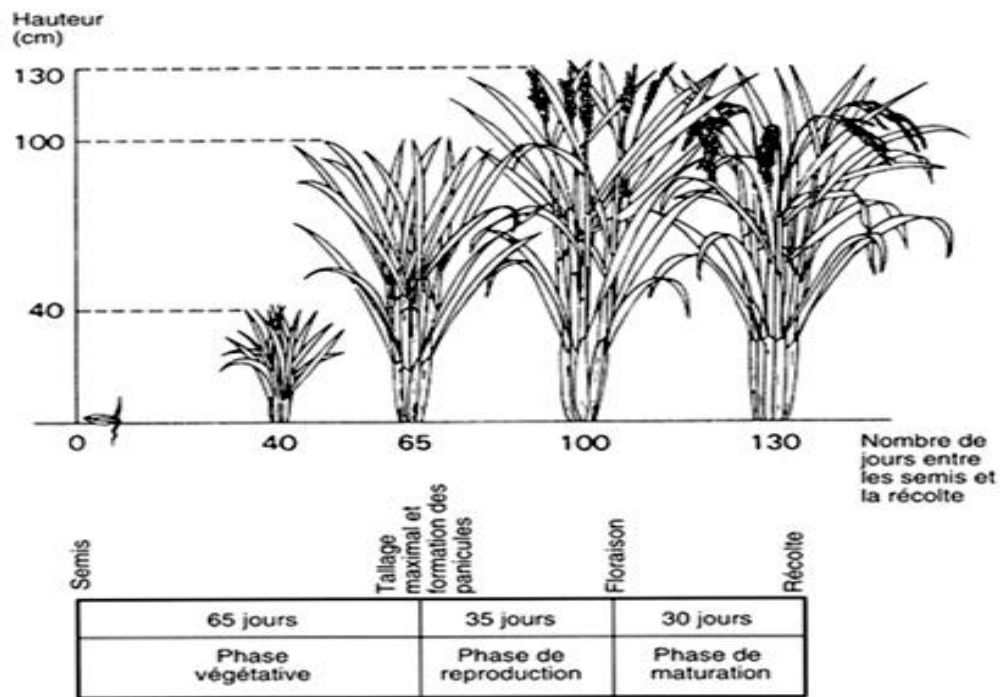


Schéma 3 : Phases de croissance d'un plant de riz pluvial

3. Contraintes de la riziculture pluviale

Les contraintes de la riziculture pluviale ne permettent pas d'atteindre des rendements très élevés (2,5t/ha de paddy en moyenne dans la région du Vakinankaratra selon Penot et al. 2009). Les facteurs limitant sont de nature climatique, biologique et agronomique (FAO ; Rakotofiringa et Tokarski, 2007)

- Contraintes climatiques

En termes de production de riz pluvial, la quantité et la variabilité de la pluviométrie constituent deux contraintes majeures. En effet, le stress hydrique pendant les stades de levée, de floraison et de remplissage des grains peut entraîner des effets dommageables pour le développement et la croissance de la plante et pour le remplissage des grains.

Le riz est également très sensible au froid et des températures basses peuvent entraîner un allongement du cycle semis-floraison et du processus de remplissage et de maturation des grains (Chabanne et Razamiaramanana 1997). Il est indispensable pour les variétés d'altitude que le cycle soit suffisamment court pour que la floraison ait lieu avant l'arrivée des températures trop fraîches, et ce d'autant plus pour le riz pluvial qui n'est pas protégé par la lame d'eau. C'est depuis ce programme conjoint CIRAD-FOFIFA entamé dans les années 1990 pour le riz d'altitude, que les premières variétés de riz pluvial adapté aux Hautes Terres ont été obtenues.

- Contraintes agronomiques

Une faible capacité de rétention de l'humidité du sol n'est pas favorable pour le bon développement du riz pluvial (Olofintoye et Ajayi, 1996), donc les sols grossiers ou peu profonds ne sont pas conseillés pour sa culture. Sur les Hautes Terres, les sols des « tanety » sont du type ferrallitiques très acides (pH 4 à 5,5) et pauvres en azote, en phosphore et en soufre, présentant aussi une teneur assez élevée en fer et en aluminium qui sont des éléments pouvant être toxiques pour le riz.

Sur les parcelles en pente, les fortes pluies accélèrent considérablement l'érosion qui emporte les couches arables et les éléments nutritifs conduisant à un appauvrissement du sol.

La sensibilité du riz pluvial aux maladies telles que la pyriculariose est favorisée par les conditions pédologiques inadéquates pour la culture du riz pluvial.

- Contraintes biologiques

A la différence du riz irrigué qui est protégé par l'eau d'irrigation, le riz pluvial souffre des attaques des ravageurs : des insectes, des maladies, des nématodes et des rongeurs (Jacquot et Courtois, 1983). La présence des adventices ou des mauvaises herbes constitue également un obstacle majeur pour le plant de riz et nécessite une lutte constante car ce sont

des concurrents directs du riz pour les éléments nutritifs, la lumière et l'eau. Donc le travail de désherbage et de sarclage n'est pas à minimiser.

La pression de la pyriculariose (maladie cryptogamique la plus importante en riziculture pluviale) est très forte aussi bien en phase végétative qu'en phase reproductrice. L'incidence et la sévérité de la maladie varie selon les systèmes de culture et les variétés (Sester et al, 2014). Elles peuvent atteindre 100% avec les variétés les plus sensibles (comme le FOFIFA 154, 152).

Le Striga est une plante de la famille des *Scrophulariaceae* (famille des *Orobanchaceae*), parasite de cultures annuelles d'importance majeure comme le riz. C'est une plante particulièrement bien adaptée aux zones à faible pluviométrie avec une saison sèche bien marquée et une température annuelle élevée. Il se développe mal dans les zones à faible pluviométrie et dans les climats subtropicaux (au-dessus de 1200 m d'altitude à Madagascar). En particulier, c'est dans le Moyen-Ouest et dans le sud de l'île que le striga est la plus répandue causant des dommages considérables aux cultures. C'est un concurrent direct des graminées qu'il parasite, en puisant toutes les réserves nutritives destinées à la plante hôte.

C. La pyriculariose

1. Généralités sur la maladie

La pyriculariose est reconnue mondialement comme étant la principale maladie fongique du riz car elle peut entraîner des dégâts allant jusqu'à la perte totale de la récolte dans des conditions favorables au développement du pathogène (Ou, 1985 ; Pande, 1997). La pyriculariose est caractérisée par sa capacité à toucher différents organes du riz : feuilles, ligules, cous, panicules ou encore tissus conducteurs, selon le stade de développement de la plante (Ribot et al. 2008). L'agent responsable de cette maladie est le champignon le *Magnaporthe oryzae*. Dans la littérature, Rasolofo et al (1986) ont mentionné que la pyriculariose a été observée pour la première fois à Madagascar en 1957. Dans la région des Hautes Terres les paysans lui ont donné le nom vernaculaire de « matyfotsy ».

2. Biologie de Magnaporthe

L'agent responsable de la pyriculariose est un champignon filamenteux, ascomycète de type pyrénomycète et appartient à la super classe des Septomycètes. C'est sous sa forme asexuée (*Pyricularia oryzae cavara*) qu'il a été décrit pour la première fois en 1891. La forme sexuée est appelée *Magnaporthe grisea*. Elle a été obtenue pour la première fois au laboratoire en croisant deux isolats de *Pyricularia grisea* pathogènes de *Digitaria sanguinalis*. Les espèces du genre *Magnaporthe* sont capables de provoquer des lésions sur au moins 65 espèces de 33 genres de monocotylédones différents.

Ce champignon présente un mycélium constitué de filaments cloisonnés dont les articles possèdent un noyau haploïde. Ce mycélium peut produire des conidiophores portant des bouquets de conidies, les organes de multiplication asexuée du champignon. Lorsque ces conidies sont libérées, elles peuvent se fixer sur des surfaces hydrophobes (dans la nature, des cuticules de feuilles) grâce à un mucilage glycoprotéique adhésif. (schéma 4)

3. Les étapes de l'infection par Magnaporthe oryzae

Quand la spore est fixée sur la plante, elle ne se détache plus. La germination de la conidie a lieu pendant la nuit sous certaines conditions optimales de température et d'humidité (humidité relative $\geq 90\%$ et une température comprise entre 18°C et 20°C). La spore produit un tube germinatif qui arrête rapidement sa croissance pour se différencier en une cellule spécialisée dans la pénétration : l'appressorium, qui forme à son tour un tube capable de percer la cuticule et la paroi de la cellule hôte épidermique grâce à la formation des hyphes de pénétration et grâce à la forte pression osmotique développée dans l'appressorium. Les hyphes se nourrissent ensuite des éléments nutritifs présents dans la cellule et affectent la photosynthèse avant d'infecter les cellules voisines en passant par les plasmodesmes. La croissance des hyphes est corrélée positivement à l'intensité lumineuse. La sporulation se produit la nuit par la formation d'hyphes aériens qui constituent le mycelium principalement localisé au centre de la lésion. Ces hyphes sont porteurs des conidiophores, aux quels sont fixées 3 à 5 conidies, celles-ci ne peuvent se détacher que si l'hygrométrie est suffisamment importante (au moins 89%). Dans le cas contraire, les lésions ne font qu'augmenter en surface sans qu'il y ait sporulation. Une fois détachée, les conidies sont emportées par le vent ou par l'eau. L'étendue de la dispersion dépendra de la vitesse et de la direction du vent.

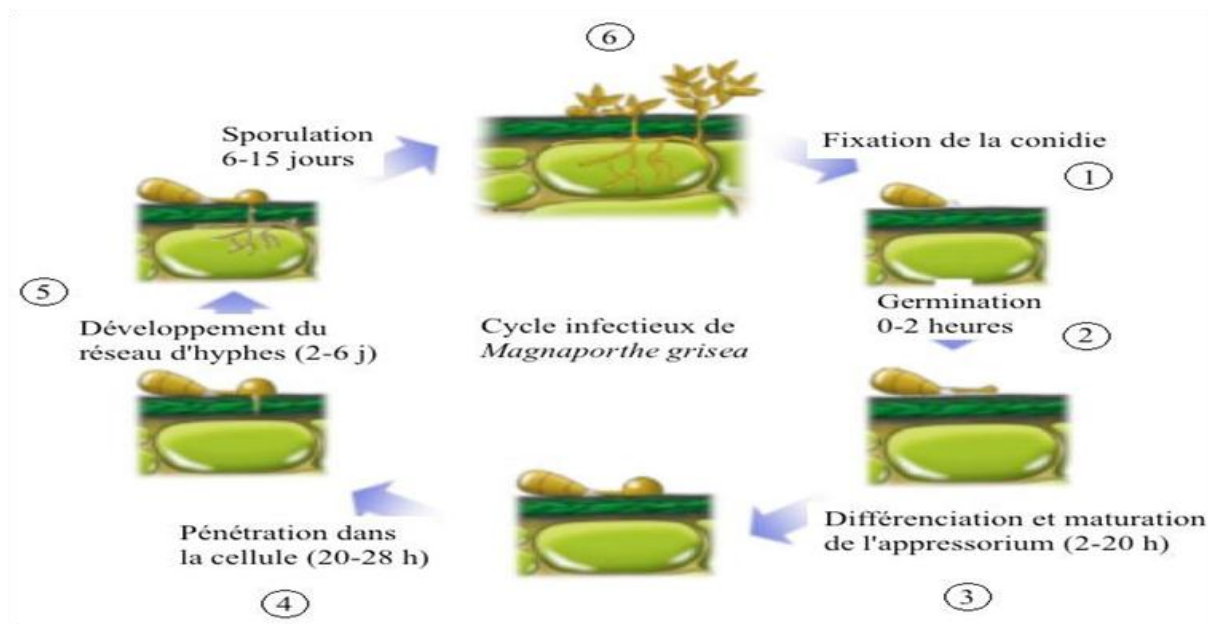


Schéma 4 : Cycle infectieux de *Magnaporthe oryzae*. Source : Ribot et al., 2008

4. Les symptômes de la pyriculariose

a) Pyriculariose foliaire

4 à 5 jours après le dépôt d'une spore sur une feuille, les premiers symptômes visibles à l'œil nu apparaissent. Ce sont des petites taches grisâtres de 1 à 2 mm de diamètre (Andrianarisoa, 1970) qui correspondent chacune à un point d'infection par une conidie. Les symptômes foliaires débutent par l'apparition de lésions blanchâtres qui évoluent vers des lésions nécrotiques en forme de losange dont le centre est grisâtre et les bords bruns (photo 2). Ces lésions présentent une forme plus ou moins effilée et orientée dans le sens de la longueur de la feuille. Dans le cas d'attaques sévères sur des individus très sensibles, les lésions peuvent fusionner et provoquer la mort de la feuille, et même de la plante si l'attaque a lieu très précocement. Ces lésions entraînent la diminution de l'activité photosynthétique des feuilles, ce qui a pour conséquence une baisse du tallage, de la hauteur des plantes puis finalement du nombre de grains et de leur poids et donc conduit à une baisse considérable du rendement. Il a été également montré que la pyriculariose foliaire constituait un foyer d'infection pour la pyriculariose paniculaire (Kato, 1974).



photo 2 : Lésion typique de la pyriculariose foliaire. Source : wikipédia

b) Pyriculariose nodale

Lorsque l'attaque du champignon est localisée au niveau des nœuds des chaumes, on constate un anneau brun sur ces nœuds (photo 3). Puis cette couleur devient grisâtre lorsque les tissus cellulodiques sont détruits. La tige devient fragile et peut facilement se casser au niveau des nœuds. (DPV et GTZ, 1990)



photo 3 : Symptôme typique de la pyriculariose nodale. Source : wikipédia

c) Pyriculariose paniculaire

La pyriculariose paniculaire (photo 4) intervient dès la floraison. Les lésions peuvent se développer au niveau des rachis de l'inflorescence, à la base de la feuille paniculaire (on parle alors de pyriculariose du cou) ou au niveau des noeuds inférieurs de la tige paniculaire (pyriculariose nodale). Le remplissage des grains est empêché par la pyriculariose paniculaire, les flux de sève sont rompus par la nécrose des tissus. La panicule portera alors des grains peu remplis si le remplissage avait déjà été initié avant la nécrose, ou des grains vides si la maladie s'est installée avant le remplissage. En empêchant le bon remplissage des grains, la pyriculariose paniculaire diminue le pourcentage de grains pleins (attaque précoce) et le poids des grains pleins (attaque plus tardive). Donc c'est au stade de la pyriculariose paniculaire qu'on peut voir significativement l'effet de la maladie sur le rendement. On reconnaît la pyriculariose paniculaire par la couleur blanchâtre des grains, la panicule courbée, une couleur noir sur la base des grains, ou bien une lésion sur la tige qui maintient la panicule.



photo 4 : Pyriculariose paniculaire

5. Moyens de lutte

a) Lutte agronomique

Généralement, la lutte agronomique consiste en une lutte prophylactique, c'est-à-dire à adopter des pratiques culturales défavorables à la pyriculariose :

- Détruire les pailles malades par brûlage
- gérer la densité de semis est également une lutte efficace car une forte densité augmente l'humidité et qui favorise le développement du champignon

- L'adoption du SCV (Semis direct sous Couverture Végétale) a un effet sur l'équilibre nutritionnel de la plante et peut modifier sa sensibilité à la pyriculariose (Sester et al., 2014)
- Pratiquer la rotation culturale (Angladette, 1966)
- Eviter l'excès de fertilisation azotée car une forte dose d'azote entraîne la sensibilité de la plante à la maladie.

b) Lutte génétique

La lutte génétique consiste à l'utilisation de variétés résistantes à la pyriculariose. Cependant, l'utilisation de variétés résistantes n'est pas suffisante dans la mesure où le pathogène peut s'adapter et pourra contourner facilement la résistance du riz (Andriatsimialona, 2004)

c) Lutte chimique

La lutte chimique consiste à traiter les semences à titre préventif et/ou la plante en végétation en cas de maladie. Le traitement des semences garantit une protection de la plante pendant les 40 premiers jours après la levée du riz. On peut traiter les semences par exemple avec le tricyclozole. Pour le traitement chimique au champ de la pyriculariose foliaire et de la pyriculariose du cou, il est préconisé de traiter les plants tous les 15 jours jusqu'au stade pâteux des grains avec le Beam 75 WP à la dose de 400g/ha en utilisant un pulvérisateur à dos.

La lutte chimique reste une solution polluante pour l'environnement et présentant des risques pour la santé humaine. A Madagascar, non seulement les produits sont beaucoup trop coûteux pour les agriculteurs mais ils sont également très difficiles à trouver.

D. Interactions entre métabolisme de l'azote, système de culture et la pyriculariose

1. Interaction entre pyriculariose et azote

L'utilisation de fertilisation minérale, particulièrement d'engrais azoté, permet d'augmenter le rendement en riz pluvial (Rakotoarisoa et al., 2010). Cependant, l'apport d'azote peut aggraver l'attaque de la pyriculariose sur la culture de riz pluvial (Long et al., 2000). Des observations ont montré que l'apport en une seule fois d'azote minéral en début de cycle pouvait entraîner des attaques de pyriculariose foliaire plus sévères que dans le cas d'apports fractionnés (Kurschner et al., 1992, Long et al., 2000). Ceci montre que le métabolisme de l'azote dans la plante a vraiment une interaction avec la résistance de la plante à la pyriculariose.

La forme sous laquelle l'azote est absorbé par la plante a aussi une influence sur la sévérité de la pyriculariose sur le riz pluvial. Quand la plante absorbe l'azote sous sa forme nitrrique c'est-à-dire sa forme assimilable (NO_3^-), l'attaque est plus sévère que dans le cas où l'azote est absorbé sous sa forme ammoniacale (NH_4^+). C'est peut-être pour cette raison que le riz pluvial cultivé en milieu aérobie et absorbant du NO_3^- est plus attaqué par la pyriculariose que le riz irrigué (Osuna-Canizalez et al., 1991).

2. Interaction entre système de culture et pyriculariose

En termes de système de culture, deux pratiques sont comparées : le labour conventionnel et le SCV (semis direct sous couverture végétale). Le SCV fait partie intégrante de l'Agriculture de conservation, l'introduction du SCV à Madagascar avait pour but de réduire et limiter l'érosion et améliorer la fertilité du sol. Le SCV obéit aux trois principes suivants :

- Minimiser la perturbation du sol et de la litière (pas de travail mécanique du sol)
- Maintenir le sol couvert en permanence
- Produire et restituer au sol une forte biomasse par associations/ successions d'une diversité de plantes aux fonctions multiples

En effet, la minimisation du travail du sol ralentit la minéralisation, favorise l'activité biologique dans le sol et permet de maintenir la couverture végétale. Le mulch (provenant de résidus végétaux des précédents culturaux, qui protège la structure de la terre et limite les pertes d'eau et la croissance des mauvaises herbes (www.futura-sciences.com/magasines) permet de réduire l'évapotranspiration et le ruissellement, une augmentation de l'infiltration et du stockage de l'eau et permet de diminuer le stress hydrique. D'autre part, la dégradation lente de la matière organique améliore la fertilité du sol et permet de tamponner le pH, augmente également la quantité de minéraux disponibles pour la plante et entretient l'activité biologique du sol (Seguy et al., 2009). La présence des résidus de cultures sur le sol en SCV est un avantage pour le riz pluvial car ces résidus constituent une réserve constante d'azote, apportant régulièrement de la matière organique et surtout cela peut limiter les pics d'absorption d'azote qui peut entraîner des déséquilibres métaboliques au niveau de la plante et ayant un impact sur la résistance de la plante à la pyriculariose donc sa défense par rapport à l'attaque de *Magnaportheoryzae* qui est favorisée par l'excès d'azote dans la plante.

Il a été constaté que la sévérité de la pyriculariose était moins importante sur les parcelles conduites en SCV que sur les parcelles conduites en labour surtout sur celles avec un niveau de fertilisation élevé (Sester et al., 2008, 2014).

3. Objectif du stage

Dans le but de mettre en place de nombreux modèles d'agriculture durable dits Agro écologiques (Altieri, 1995), l'intensification écologique doit prendre en compte les dégâts des bio agresseurs dont les impacts peuvent être réduits par l'utilisation de cultivars résistants et des pratiques agronomiques. C'est dans cette optique que le projet GARP (Gestion Agronomique de la Résistance du Riz à la Pyriculariose) a été initié par le CIRAD (Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) en 2009 en France, en Bolivie, au Brésil et à Madagascar. Ce projet se propose donc de mieux comprendre l'interaction entre la résistance de la plante et un des mécanismes majeur dans la productivité des céréales, le métabolisme azoté, en mesurant l'effet de système d'intensification écologique qui est le SCV (Semis Direct sur Couverture Végétale) (Capillon et Seguy, 2002, Corbeels et al, 2004), sur la dynamique du métabolisme de l'azote et sur la résistance de la plante. Dans le projet GARP, la plante utilisée est le riz pluvial et le champignon modèle le *Magnaporthe oryzae* agent de la plus importante maladie du riz, **la pyriculariose**.

Mon stage s'est déroulé à la dernière année du projet GARP, dont l'objectif est de faire une synthèse de l'évolution du rendement sur les différentes années c'est-à-dire de 2009 à 2014 et de montrer également l'impact que la pyriculariose a sur le rendement durant ces 5 campagnes en fonction des traitements utilisés et des facteurs mis en cause (fertilisation, système de culture, variétés). Les différences d'évolution en fonction des systèmes de culture pouvant s'expliquer par les hypothèses suivantes :

- **Une différence au niveau de l'absorption d'azote** par la plante au cours du cycle. En SCV, la présence des résidus de récolte entrainerait la disponibilité régulière de l'azote pour la plante grâce à l'immobilisation constante et de minéralisation de l'azote. En labour, l'apport d'azote entrainerait des pics d'absorption d'azote qui sont considérablement favorables au développement de *Magnaporthe oryzae* et réduirait la résistance de la plante à la pyriculariose.
- **Une différence de développement de la plante**. En SCV, le développement et la croissance du riz est retardé, ce qui diminuerait la sévérité de la maladie en

permettant de décaler le cycle de la plante par rapport aux pics de pression de la maladie. La diminution de la densité du couvert entraînée par la moindre croissance du riz en SCV aurait pour conséquence la propagation limitée du pathogène.

III. PARTIE III : Matériels et Méthodes

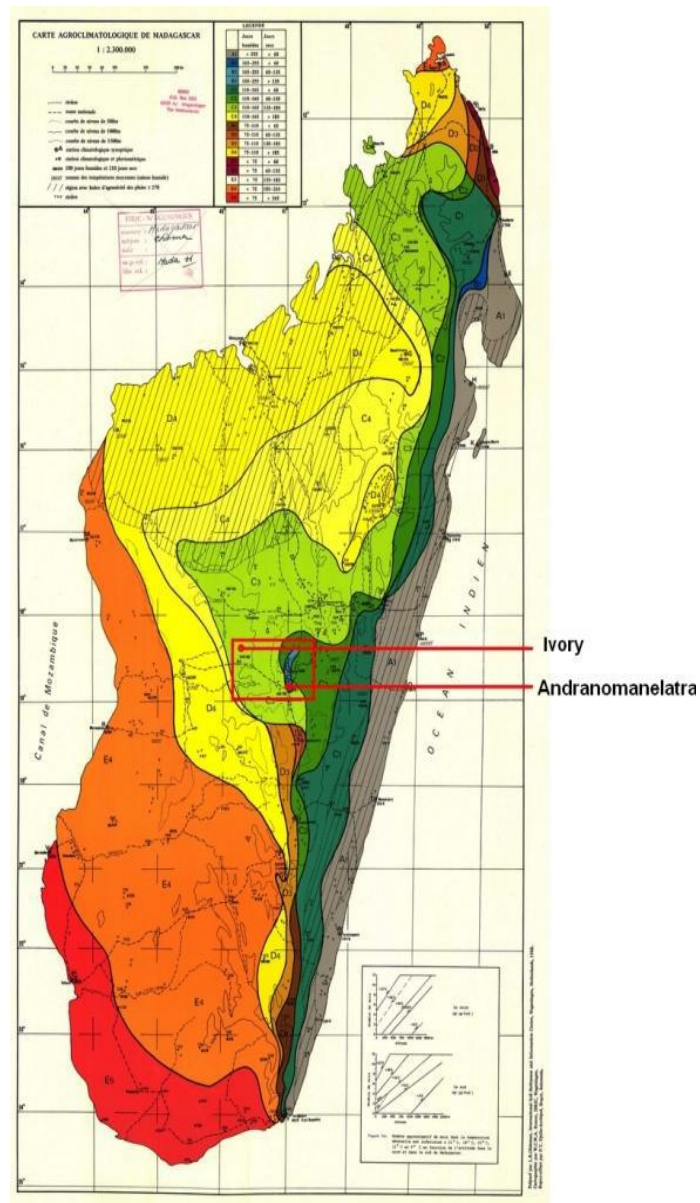
A. Milieux d'études

1. Localisation et relief

La zone d'étude se situe sur les Hautes Terres centrales de Madagascar (carte 1), dans la région du Vakinankaratra qui a une superficie de 17496 km² (source : préfecture de Vakinankaratra) où la riziculture pluviale est en plein essor malgré le froid relatif lié à l'altitude. Dans le cadre du projet, deux sites ont été choisis pour les essais au champ, le site d'Ivory et le site d'Andranomanelatra. Ces deux sites ont été choisis à cause de leurs conditions pédoclimatiques contrastées mais surtout de l'importance croissante du riz pluvial dans la production rizicole locale :

Le site d'Andranomanelatra a une altitude de 1650 m, situé à 17 km au nord d'Antsirabe, ayant une précipitation de 500 – 700 mm, une température moyenne de 13 – 20°C et un sol ferralitique sur alluvions volcano-lacustres

Le site d'Ivory a une altitude de 914 m, situé à 90 km à l'Ouest d'Antsirabe dans la région du Moyen-Ouest, ayant une précipitation supérieure à 1400 mm, une température moyenne de 20 à 25°C et un sol ferralitique sur colluvions.

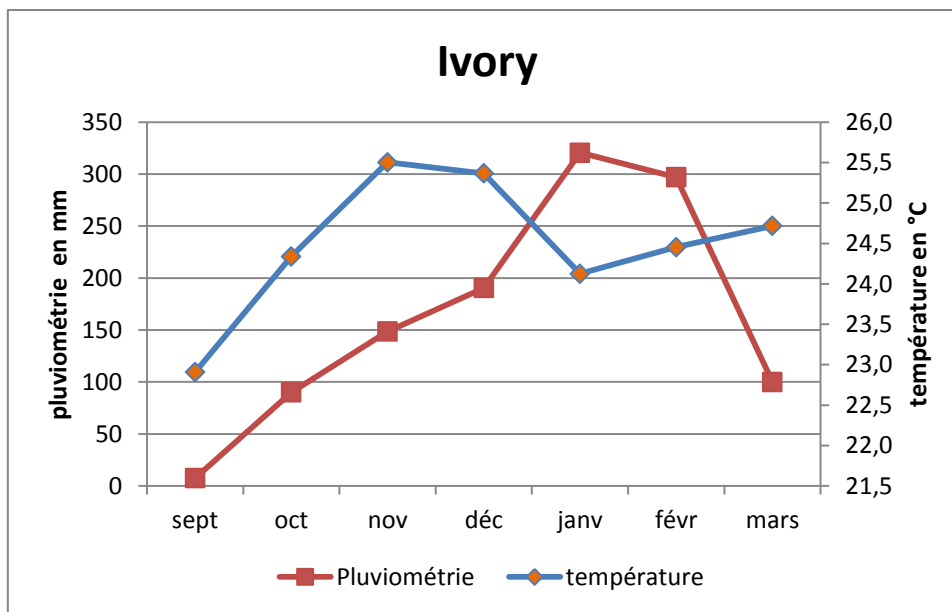


carte 1 : carte agro climatique de Madagascar et localisation des deux sites d'études

2. Météorologie

Le climat de la zone d'étude est de type tropical d'altitude. La région du Vakinankaratra comporte deux saisons bien individualisées au cours de l'année (courbe 1) :

- Une saison pluvieuse et moyennement chaude de novembre à mars
- Une saison fraîche et relativement sèche d'Avril en octobre



courbe 1 : Evolution de la température et de la pluviométrie pendant la campagne culturale 2013-2014 sur le site d'Ivory (Source : station météorologique d'Ivory)

B. Dispositifs expérimentaux

1. Organisation des essais

Sur chaque site, deux ensembles parcellaires ont été mis en place, cultivés selon une succession culturale biennale avec comme base la rotation Riz / maïs+soja, à laquelle des plantes de service ont été rajoutées dans le SC :

- pour le site d'Andranomanelatra, Riz pluvial / maïs + soja + vesce et crotalaire en SCV
- pour le site d'Ivory, riz pluvial / maïs + soja + cajanus.

Deux parcelles sont installées pour chaque site, la première avec la culture en rotation et la deuxième avec le riz. Chaque site est constitué de quatre blocs (A, B, C et D) avec 18 parcelles élémentaires de 42 m² (6m x 7m) chacun. La combinaison de trois facteurs est étudiée sur chaque site : la fertilisation azotée, le système de culture et la variété

Pour les deux sites, les semences sont traitées avec un composé d'Imidachlopride et de thirame (Gaucho, 2,5g/kg de semences), et un traitement préventif contre les vers blancs sur les parcelles devant être semées en riz est fait environ un mois avant le semis. Le semis se

déroule généralement en 4 jours (un bloc par jour), début novembre. Des désherbages manuels réguliers sont réalisés en particulier en décembre et en janvier.

La fertilisation azotée

Les trois niveaux de fertilisation azotée diffèrent par la quantité d'azote minéral apporté. La forme d'azote utilisée est l'urée. Les trois niveaux sont notés F1, F2 et F3 (ou FV).

Pour toutes les parcelles, une fumure de base est apportée dont le but est d'apporter les éléments minéraux nécessaires pour éviter toute carence en P, K ou en microéléments avec la composition suivante : 5t/ha de fumier (21 kg par parcelle) + 500 kg/ha de dolomie (2,1 kg/parcelle) (36% de CaO + 16% de MgO) + 150 kg/ha de superphosphate triple (630g par parcelle) (42% de P₂O₅ soit 63 unités de P₂O₅) + 80 kg/ha de KCL soit 60 unités de K₂O (340g par parcelle). La fumure de base au moment du semis, en localisé.

C'est la quantité d'azote (Urée) qui varie entre les traitements : pour **F1**, il n'y a pas d'apport d'azote minéral ; pour **F2**, un apport de fertilisation azotée proche des recommandations agronomiques du FOFIFA et pour **FV** c'est une fertilisation variable qui est fonction des besoins ou questions de recherche. Pour la campagne de 2012-2013, FV correspondait à la même quantité d'azote minéral que F2, mais avec des apports répartis différemment.

Les systèmes de culture

Sur les deux sites de GARP, deux systèmes de culture sont utilisés : le SCV et le Labour. Le SCV correspond au système en Agriculture de Conservation reposant sur 3 principes : la limitation du travail du sol, la couverture permanente du sol et la rotation. Sur labour, on pratique le labour avec l'Angady avec exportation des résidus.

Les variétés de riz pluvial

Trois variétés de riz pluvial sont semées sur chaque site : **V1** (variété sensible), **V2** (variété intermédiaire) et **V3** (variété résistante). La V3 est utilisée comme témoin permettant d'évaluer l'impact du système de culture en l'absence de maladie. Le choix de ces variétés était fonction de leur adaptation aux conditions climatiques du site où elles sont utilisées :

- A Andranomanelatra, V1=F154, V2= F161 et V3=F172.
- A Ivory, V1= F154, V2= B22 et V3=Nerica4

2. Historique des itinéraires cultureux sur les deux sites

En 2009, les essais GARP ont été mis en place sur chaque site, et ont été suivi chaque campagne jusqu'en 2014 la fin du projet. Cependant, des problèmes ont été constatés comme l'attaque de vers blancs et la présence importante d'adventices durant les campagnes 2010-2011 et 2012-2013 sur le site d'Andranomanelatra qui est devenu inexploitable. C'est pour cette raison que seul le site d'Ivory a été suivi durant ces campagnes.

- Site d'Andranomanelatra

Pour faciliter la conduite des essais dès la première année, le dispositif a été mis en place sur des terrains déjà cultivés en SCV depuis une dizaine d'années. Ce sont des parcelles de la station de l'ONG TAFa (ONG appuyant la formation, la conception et la diffusion de SCV) qui ont été choisies. L'installation du dispositif en 2009-2010 sur le site d'Andranomanelatra a donc consisté à labourer (manuellement à l'angady) les parcelles à conduire en labour (figure 2) tout en maintenant les parcelles cultivées en SCV et à installer des plantes de couverture en SCV qui sont compatibles avec la rotation choisie (vesce et avoine).

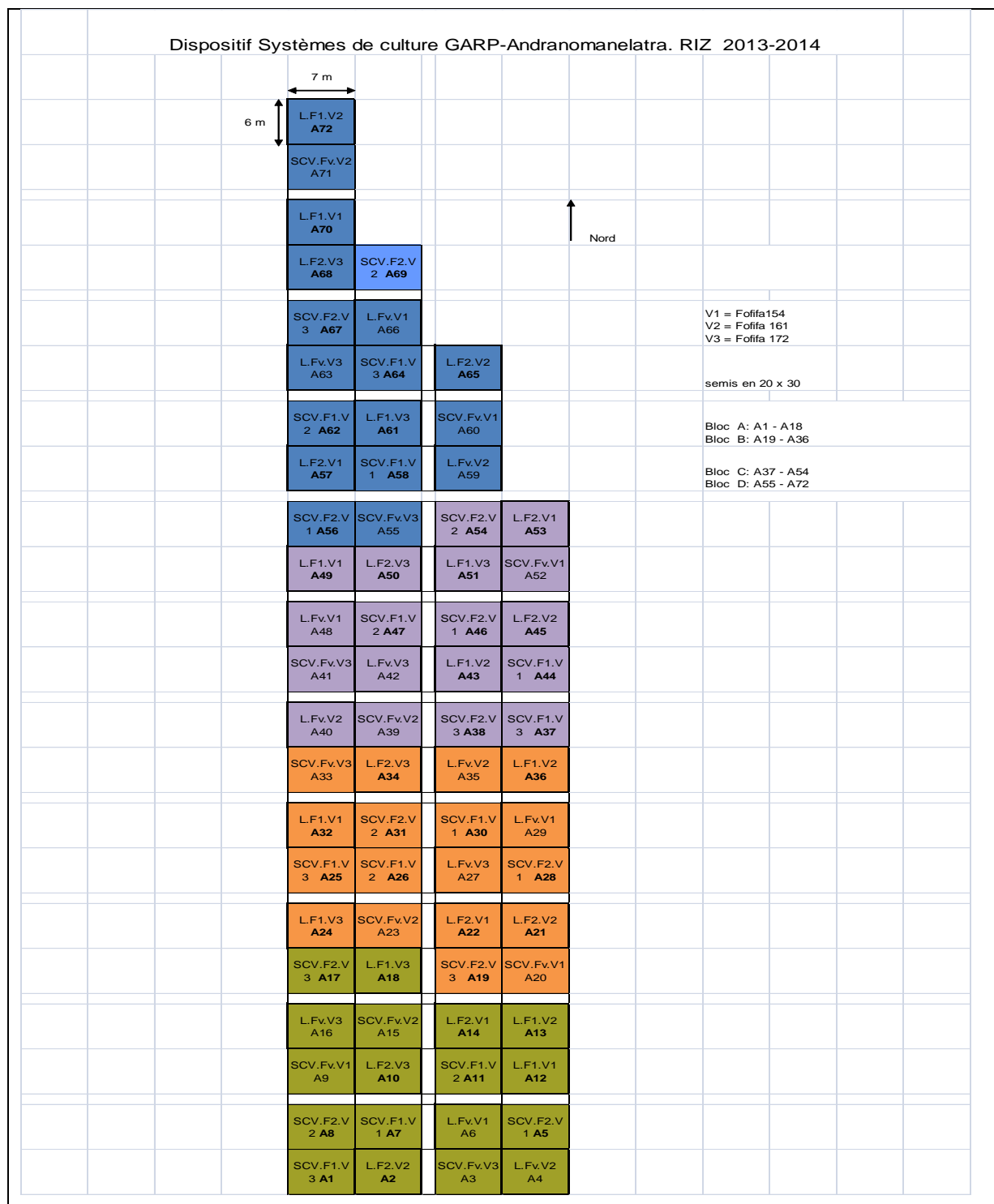


Figure 2 : dispositif GARP à Andranomanelatra campagne 2013-2014

- Site d'Ivory

Pour la première année à Ivory, le dispositif a été installé sur des parcelles en friche qui ont été labourées la première année dans le but d'homogénéiser le dispositif donc seul le système

labour a pu être étudié. Chaque site est constitué de quatre blocs (A, B,C et D) avec 18 parcelles élémentaires de 42 m² (6m x 7m) chacun (figure 3).

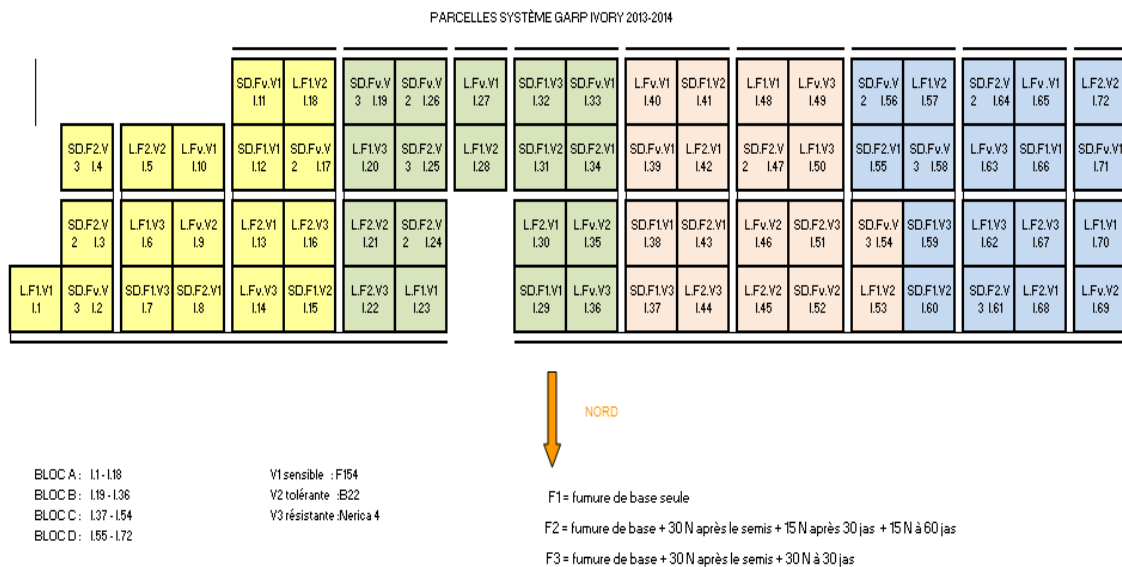


Figure 3 : dispositif GARP à Ivory campagne 2013-2014

C. Les mesures sur le terrain

Pour suivre l'évolution de la pyriculariose sur le terrain au cours du cycle de culture, des notations sont nécessaires à différents stades de développement de la plante, dans le but de mesurer la sévérité de la maladie. A partir de l'apparition des premiers symptômes de pyriculariose, des notations sont effectuées au champ. Sur une parcelle expérimentale, la notation s'effectue en choisissant 10 poquets répartis le long de la diagonale de la parcelle

1. Mesure de la pyriculariose foliaire

La notation de la pyriculariose foliaire s'effectue une à deux fois pendant le stade végétatif

Les notations sont réalisées par deux ou trois personnes : Une première personne se charge de compter le nombre de talles total sur un poquet et le nombre de talles malades. Une deuxième personne réalise la notation sur 3 talles malades de la surface foliaire attaquée sur les 4 dernières feuilles (schéma 5).

Pour calculer la sévérité globale (foliaire ou paniculaire) de la pyriculariose du riz pluvial sur une parcelle, il faut utiliser la formule suivante :

Sévérité globale paniculaire (ou foliaire) = sévérité sur les panicules (ou feuilles) malades x nombre de panicules (ou feuilles) malades / nombre total de panicules (ou feuilles)



Schéma 5 : Echelle de sévérité en pourcentage de la pyriculariose foliaire. Source : Vales, 1996, d'après Notteghem, 1977

La sévérité globale dans la parcelle est une note synthétique qui représente une moyenne de surface foliaire attaquée sur les feuilles les plus hautes pour l'ensemble des plantes de la parcelle.

2. Mesure de pyriculariose paniculaire

Les notations sur pyriculariose paniculaire ont lieu une ou deux fois à partir de la floraison. Comme pour la notation foliaire, on choisit 10 poquets sur la diagonale de la parcelle expérimentale (annexe 1), une première personne compte le nombre de panicules sur une plante ainsi que le nombre de panicules malades, puis une seconde personne évalue le pourcentage de grains touchés par la maladie sur 5 panicules malades. Lors d'une attaque précoce au niveau du cou de la panicule, la panicule est entièrement desséchée et la note sera de 100% de grains touchés. A l'opposé, si l'attaque concerne uniquement un rachis d'un grain, la note pourra être de 1 à 2%, en fonction du nombre de grains dans la panicule.

La sévérité globale paniculaire représente une estimation du pourcentage de grains attaqués sur l'ensemble de la parcelle :

Sévérité globale paniculaire = sévérité sur les panicules malades x nombre de panicules malades / nombre total de panicules

3. Mesure de la croissance et de l'état azoté du riz

▪ Mesure du statut azoté du riz

Des mesures du statut azoté ont été réalisées à plusieurs reprises durant les différentes campagnes. Pour effectuer ces mesures, deux appareils ont été utilisés : le SPAD (Soil-Plant Analysis Development) et le Dualex. Ces deux appareils permettent d'estimer la teneur en azote de la plante par la mesure de la teneur en chlorophylle des feuilles. Les mesures sont effectuées sur la dernière feuille ligulée (la dernière feuille entièrement développée) de 20 talles appartenant à 20 poquets différents.

▪ SunScan et LAI (Leaf Area Index)

A partir de la campagne 2011-2012, des mesures au SunScan ont été réalisées pour évaluer la surface foliaire (LAI) à l'échelle d'une parcelle. Le SunScan est un appareil qui mesure le rayonnement intercepté par le couvert et donne une estimation du LAI. Six mesures sont effectuées sous différents angles dans le couvert avec le SunScan pour avoir une mesure moyenne pour chaque parcelle.

▪ Prélèvement de biomasse

A différents stades du développement de la plante, des prélèvements de biomasse ont été réalisés c'est-à-dire début tallage, mi tallage, début montaison, épiaison. Pour cela, six poquets sont prélevés dans une parcelle. Le nombre de plants et de talles est compté pour chacun des poquets puis on met les six poquets dans un emballage (poquets sans racine) qui sont ensuite mis à sécher à l'étuve puis peser afin de déterminer la biomasse aérienne des poquets prélevés pour chacune des parcelles.

4. Mesure du rendement



photo 5 : Récolte sur le site d'Ivory Source : auteur

Pour la campagne 2013-2014 pour le site d'Ivory (photo 5), la récolte a été réalisée du 23 mars au 26 mars 2014, tandis que pour le site d'Andranomanelatra du 08 avril au 10 avril 2014. Sur un site, la récolte se fait par variété, normalement la récolte d'une variété s'effectue en 1 jour. Avant de couper les plants de riz à la base, il faut délimiter la parcelle en laissant 5 poquets de bordure sur le coin de la parcelle, le carré restant au milieu a 14 lignes de 20 poquets. Puis sur ce carré, on prélève neuf poquets qui caractérisent la parcelle. Sur ces poquets, on compte le nombre de plants, de talles et de panicules. On pèsera le poids des pailles et des grains, des grains vides et des grains pleins et le poids de 200 grains vides et de 200 grains pleins. On coupe alors le reste des poquets sur le carré, puis ils passent à la batteuse dans le but de séparer les grains de la paille, on pèse les grains et la paille. Un échantillon de grains et un échantillon de pailles sont également prélevés et pesés (poids frais et poids sec après séchage à l'étuve). Le reste des pailles est remis sur la parcelle. C'est au moment où ces opérations sont effectuées qu'on coupe les bordures et qu'on les bat.

L'élaboration du rendement du riz est décomposée en plusieurs phases que l'on peut représenter par l'équation 1.

$$\text{Rendement du riz} = (\text{nombre de plants/m}^2) \times (\text{nombre de panicules/ plant}) \times (\text{nombre d'épillets/ panicule}) \times (\% \text{ de grains pleins}) \times (\text{poids moyen d'un grain plein})$$

Équation 1 : décomposition du rendement en ses différentes composantes

D. Analyses des données pluriannuelles

1. Dispositifs suivis durant le stage

Pour le dispositif du site d'Ivory pendant la campagne suivie 2013-2014, le semis a été réalisé en Novembre 2013. En ce qui concerne les notations de pyriculariose nous avons réalisé trois notations sur feuilles, les 22/01, 27/01 et 07/02 et deux notations sur panicules les 28/02 et 05/03. Une seule notation a été réalisée à Andranomanelatra le 31/01 mais le niveau de pyriculariose était extrêmement faible et aucun symptôme n'a été observé sur les panicules.

Les dates de récolte sont les suivantes pour les deux sites du projet GARP :

- Ivory : du 23 mars jusqu'au 26 mars 2014
- Andranomanelatra : du 08 avril jusqu'au 10 avril 2014

2. Base de données du projet GARP

Pour l'analyse de l'évolution pluriannuelle des résultats, une base de données a été développée en 2011, qui centralise les données de l'ensemble du projet et qui permet de reprendre les données des années précédentes pour faire des analyses. Cette base de données a été conçue sous Microsoft Access, en partenariat avec le service informatique du Cirad Montpellier. Le but de cette base de données est aussi de développer un outil permettant de mettre en relation les différentes données et de produire des bilans comparatifs, ainsi que de faciliter les analyses statistiques. La figure 6 montre le menu d'accueil de la base de données du projet GARP.

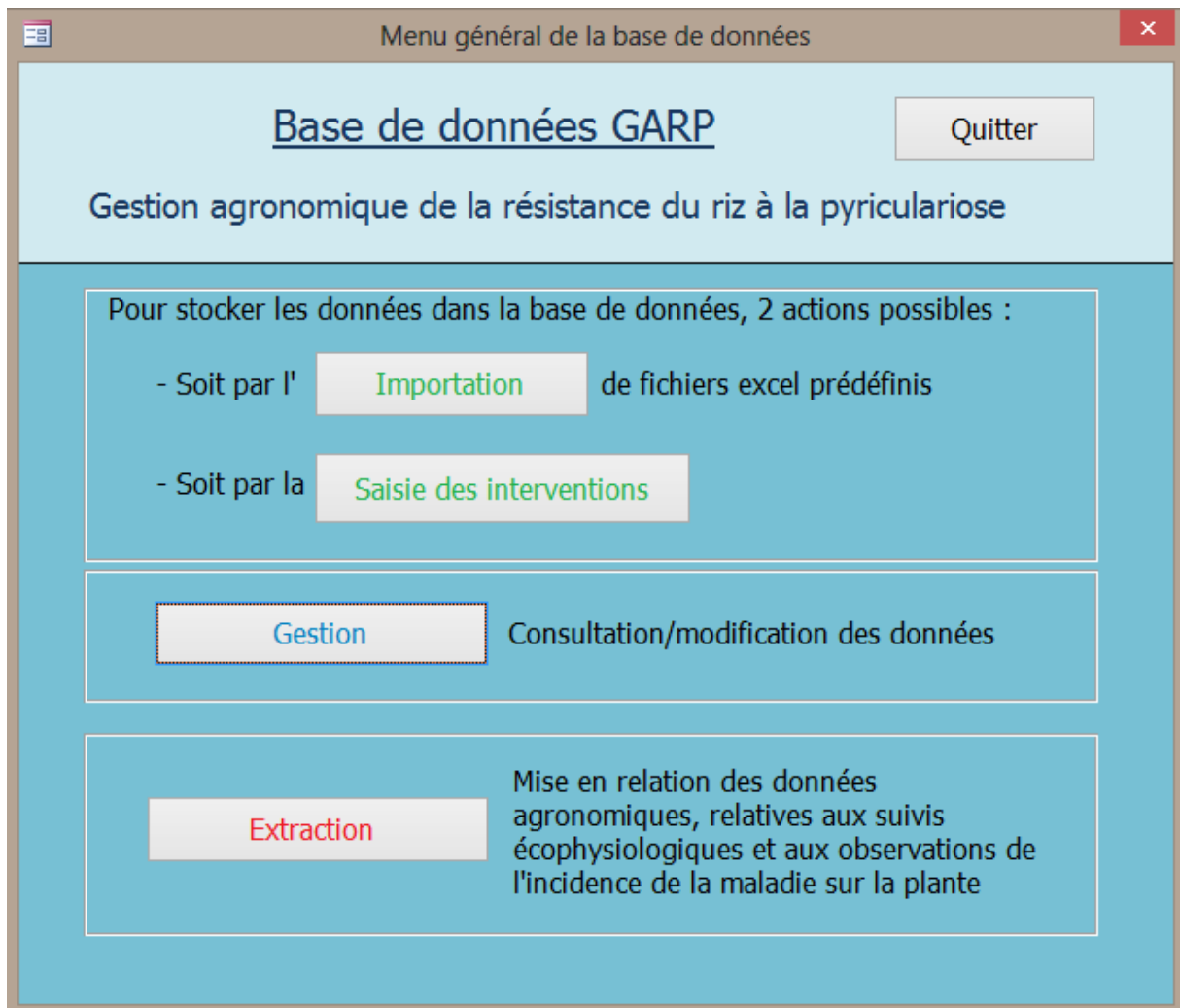


Figure 4 : menu d'accueil de la base de données du projet GARP

3. Analyses menées pendant l'étude

Sur ce rapport de stage, je vais surtout m'appuyer sur l'évolution des rendements à Ivory, en la mettant en relation avec les données de la pyriculariose pour pouvoir comprendre et tirer des conclusions sur l'effets des facteurs qui ont interagi dans cette évolution et variation du rendement, et c'est à partir de là, qu'on peut répondre aux hypothèses du projet GARP, notamment pour déterminer en quoi le système de culture influence le niveau de la sévérité de la pyriculariose.

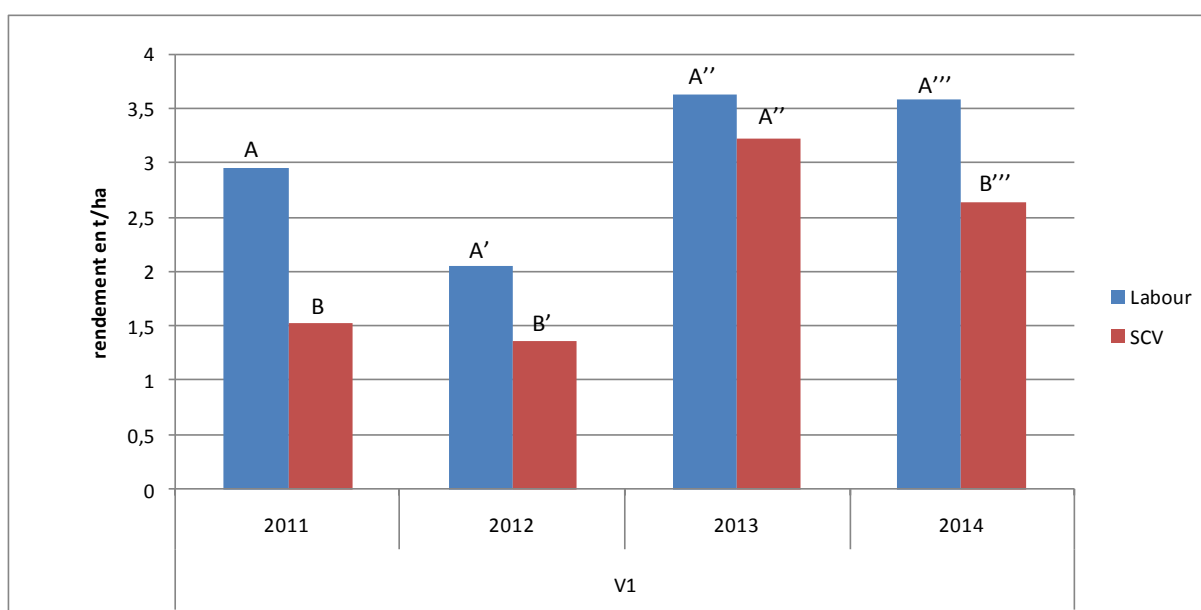
IV. PARTIE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS

A. Evolution du rendement du riz pluvial en fonction du site et du système de culture

1. Evolution des rendements sur le site d'Ivory

❖ FOFIFA 154

▪ Impact du système de culture

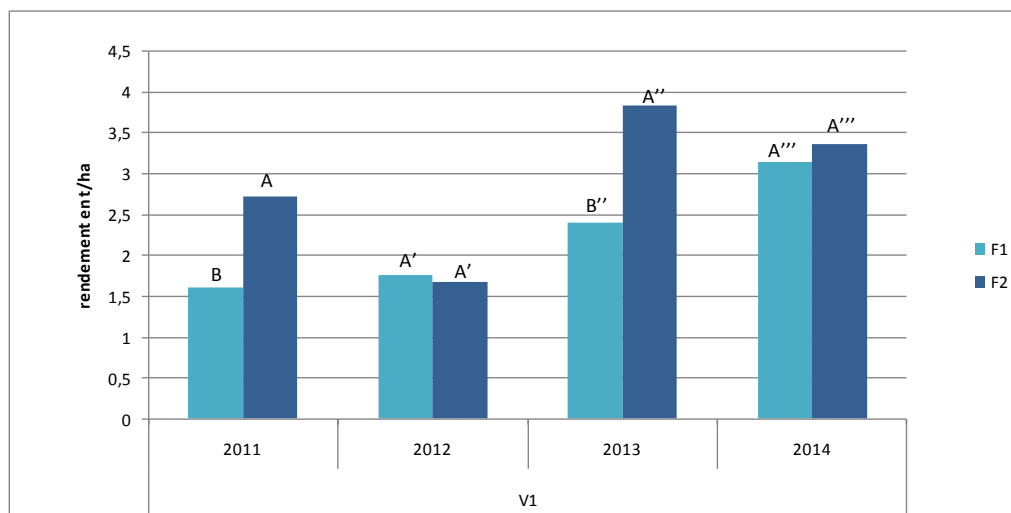


Graphique 1 : Evolution du rendement de la variété FOFIFA 154 sur le site d'Ivory de 2011 à 2014 en fonction du système de culture. Les valeurs sont les rendements moyens par variété et par année, toutes fertilisations et blocs confondus. Par année, les moyennes avec une lettre différente sont significativement différentes.

Le graphique 1 montre l'évolution des rendements de la variété FOFIFA 154 en fonction du système de culture. En 2011, 2012 et 2014, on remarque qu'il y a une différence de rendement significative entre les deux systèmes de culture (labour et SCV), le rendement en labour est toujours supérieur à celui en SCV. Par contre, en 2013 il n'y a pas de différence significative entre les deux systèmes.

- Impact du niveau de fertilisation azotée

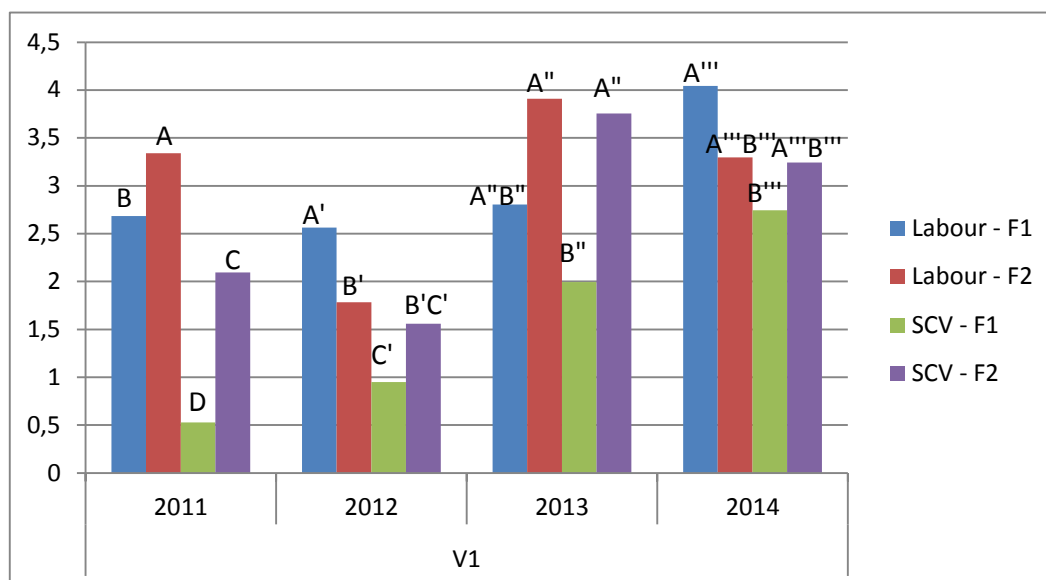
D'après le graphique 2, le rendement avec F2 est supérieur à celui avec F1 en 2011 et en 2013 mais les écarts ne sont pas significatifs en 2012 et en 2014.



graphique 2 : Rendement de la variété FOFIFA 154 en fonction de la fertilisation sur le site d'Ivory de 2011 à 2014

- Interactions entre système de culture et fertilisation

Le graphique 3 illustre l'interaction entre le système de culture et la fertilisation



graphique 3 : Evolution du rendement de la variété FOFIFA 154 en fonction du système de culture et de la fertilisation sur le site d'Ivory de 2011 à 2014. Par année, les moyennes avec une lettre différente sont significativement différentes.

Selon le graphique 3, le rendement du SCV en F1 est toujours le plus faible mais la différence avec le SCV F2 n'est pas significative en 2012 et 2014.

On constate que l'effet non significatif de la fertilisation en 2012 et 2014 (tableau 1) vient des systèmes avec labour où les rendements ces deux années sont inférieurs en F2 qu'en F1.

On remarque que l'évolution des rendements n'est pas identique selon les systèmes. Le rendement en SCV a augmenté progressivement de 2011 à 2014 alors que pour le labour le rendement est assez stable, sauf pour l'année 2012, où le rendement est le plus bas.

Le graphique montre également que les résultats négatifs en 2012 ont affecté tous les traitements excepté le Labour F1 qui a un rendement très similaire aux autres années. L'effet du système de culture est significatif en 2011, 2012 et 2014 surtout avec la fertilisation F1.

❖ B22

- Effet du système de culture

Le graphique 4 illustre l'effet du système de culture sur le rendement de la variété B22.



graphique 4 : évolution du rendement de la variété B22 sur le site d'Ivory de 2011 à 2014 en fonction du système de culture. Par année, les moyennes avec une lettre différente sont significativement différentes.

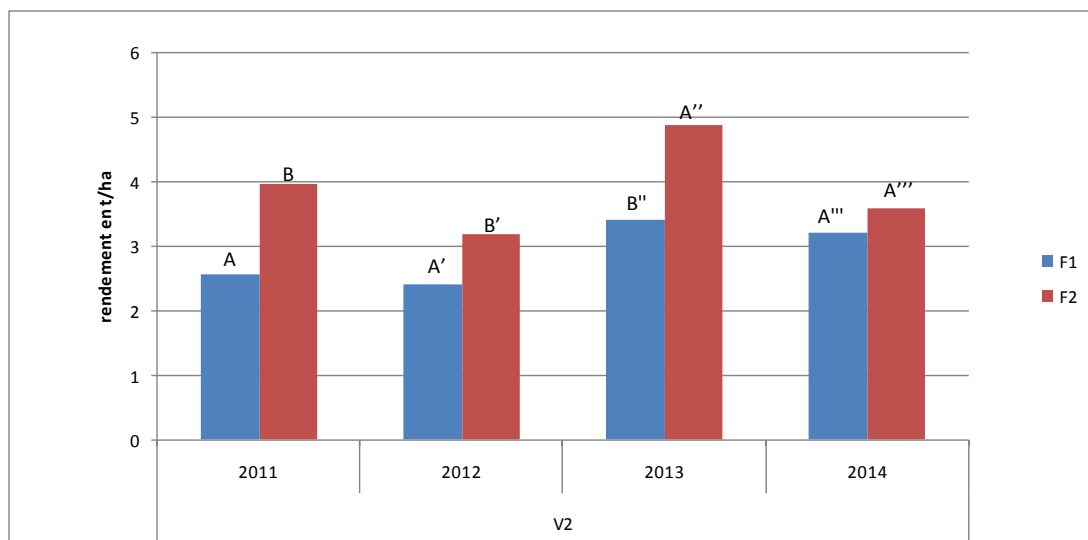
D'après le graphique 4, on remarque que, pour la variété B22, la différence de rendement entre les deux systèmes labour et SCV est significative pour toutes les années sauf en 2013.

Hormis cette année-là, les rendements en labour sont toujours supérieurs pour B22 à ceux du SCV.

On constate aussi que le rendement en SCV augmente d'année en année jusqu'en 2013 où il est équivalent à celui du labour, mais chute de nouveau en 2014. Pour le labour, en revanche, c'est le rendement de 2014 qui est le plus élevé.

- Effet du niveau de fertilisation minérale

D'après le graphique 5, en 2011, 2012 et 2013, le rendement de la variété B22 avec la fertilisation F2 est supérieur au rendement avec F1. En 2014, l'effet de la fertilisation n'est pas significatif. En 2011 et 2013, le rendement augmente de pratiquement 1,5t en ajoutant la fertilisation alors qu'en 2012, l'augmentation est de moins d'1 t/ha.



graphique 5 : Evolution du rendement de la variété B22 sur le site d'Ivory en fonction de la fertilisation (F1 = fumure de base, F2 = fumure de base + azote minéral). Par année, les moyennes avec des lettres différentes sont significativement différentes.

- Interaction entre système de culture et fertilisation

Le graphique 6 illustre l'évolution du rendement de la variété B22 en fonction du système de culture.



graphique 6 : Evolution du rendement de la variété B22 sur le site d'Ivory en fonction du système de culture et de la fertilisation de 2011 à 2014. Par année, les moyennes avec des lettres différentes sont significativement différentes.

D'après le graphique 6, pour B22, en 2011 et 2012, les rendements les plus faibles sont obtenus en SCV F1 et les plus forts en Labour F2. En 2012, le rendement du SCV F2 est équivalent à celui du Labour F2. En 2013, comme nous l'avons vu précédemment, les rendements en labour et en SCV sont équivalents. Ceci est valable pour les deux niveaux de fertilisation. En 2014, en revanche, on constate que les rendements en SCV sont largement en dessous de ceux en labour, alors que la fertilisation n'a pas d'effet significatif, dans aucun des systèmes.

❖ Nerica 4

- Effet du système de culture

Le graphique 7 illustre l'évolution du rendement de la variété nerica 4 en fonction du système de culture.



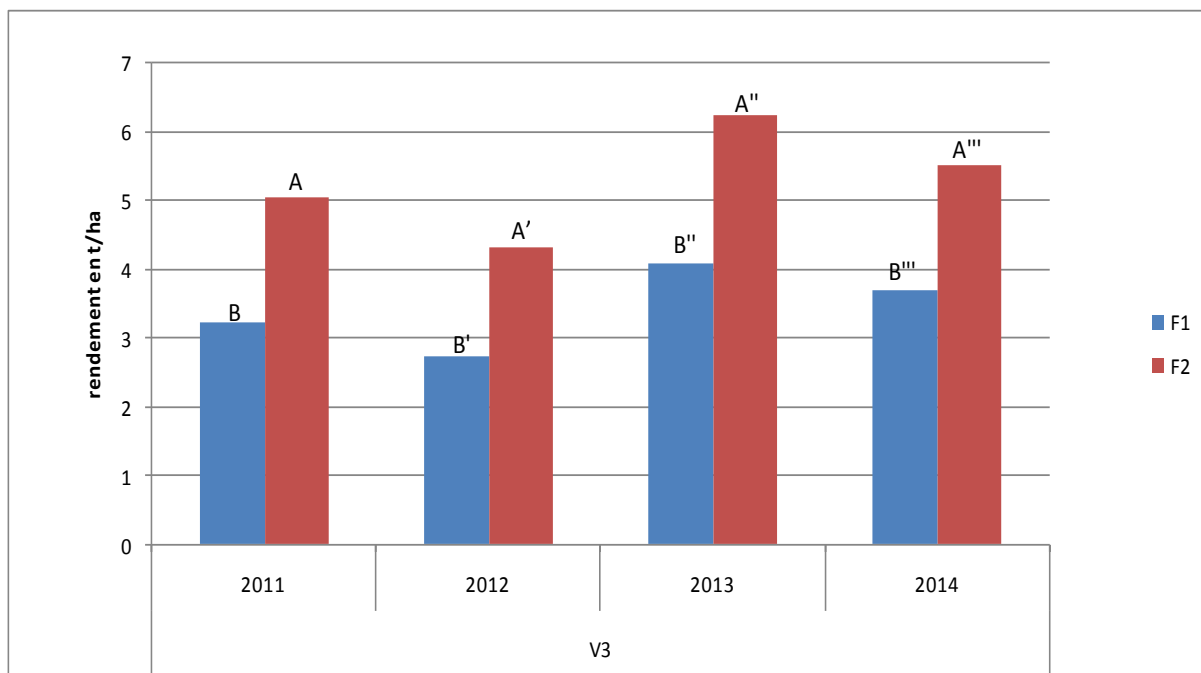
graphique 7 : évolution du rendement de la variété nerica 4 sur le site d'IVORY de 2011 à 2014 en fonction du système de culture. Par année, les moyennes avec une lettre différente sont significativement différentes.

D'après le graphique 7, la différence de rendement entre le labour et le SCV n'est pas significative pour 2012, 2013 et 2014, par contre en 2011 cette différence est significative, on remarque que le rendement en labour est supérieur pour la variété nerica 4 à celui du SCV, on note en effet une différence de 3,47t pour cette année.

Pour le système SCV, le rendement augmente progressivement d'année en année jusqu'en 2013, puis diminue en 2014. Le rendement le plus bas est observé sur le SCV de 2011 tandis que le plus élevé c'est celui du labour sur cette même année. La moyenne de rendement le plus bas pour les deux systèmes confondus c'est celui de 2012 et le plus élevé c'est celui de 2013.

- Effet du niveau de fertilisation minérale

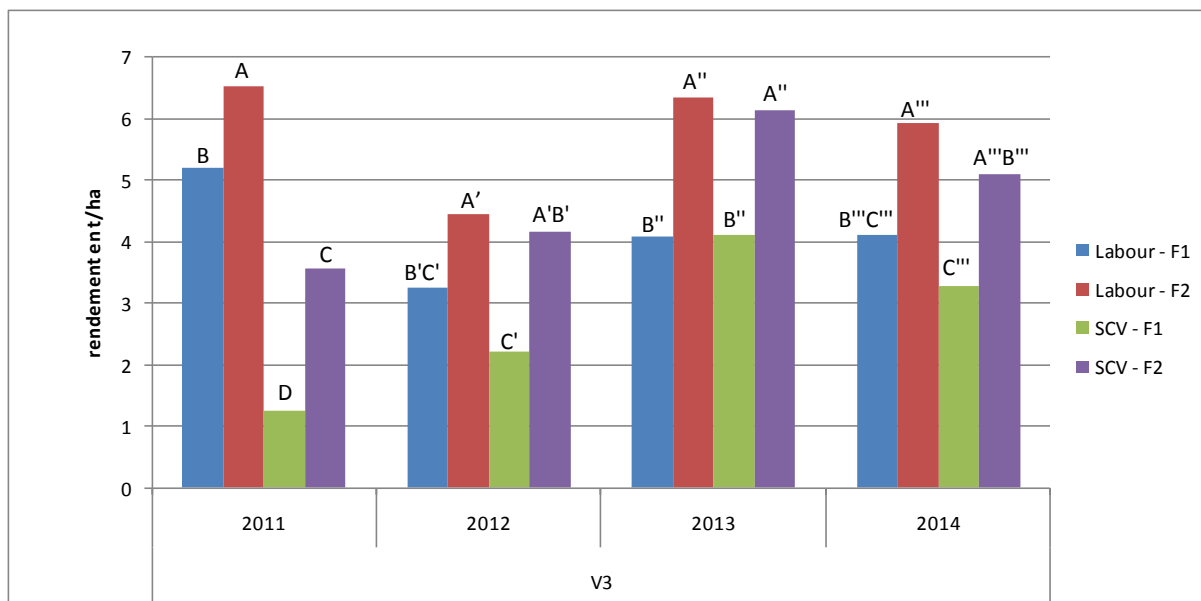
D'après le graphique 8, l'effet fertilisation est significatif pour toutes les années (tableau 1). Le rendement avec la fertilisation F2 est toujours supérieur à celui avec F1.



graphique 8 : Evolution du rendement de la variété nERICA 4 sur le site d'Ivory en fonction de la fertilisation de 2011 à 2014. Par année, les moyennes avec des lettres différentes sont significativement différentes.

- Interaction entre système de culture et fertilisation

D'après le graphique 9, le rendement le plus élevé est observé sur le labour F2 pour les années 2011 et 2013, tandis que le plus bas est celui du SCV F1. Pour 2013 et 2014, le SCV F2 est équivalent au labour F2 et le SCV F1 est équivalent au labour F1. L'effet système n'est donc pas significatif pour ces deux années tandis que l'effet fertilisation est toujours significatif pour toutes les années. Les rendements les plus forts sont observés en 2013 tandis que les plus faibles sont ceux de 2012.



graphique 9 : Evolution du rendement de la variété nerica 4 sur le site d'Ivory de 2011 à 2014 en fonction du système de culture et de la fertilisation. Par année, les moyennes de rendement avec des lettres différentes sont significativement différentes.

Tableau 1 : tableau récapitulatif des effets significatifs et non significatifs des facteurs sur le rendement des trois variétés sur le site d'Ivory de 2011 à 2014.

(*** : $p < 0,0005$. ** : $p < 0,005$, * : $p < 0,05$) les cases avec des couleurs montrent que les effets sont non significatifs

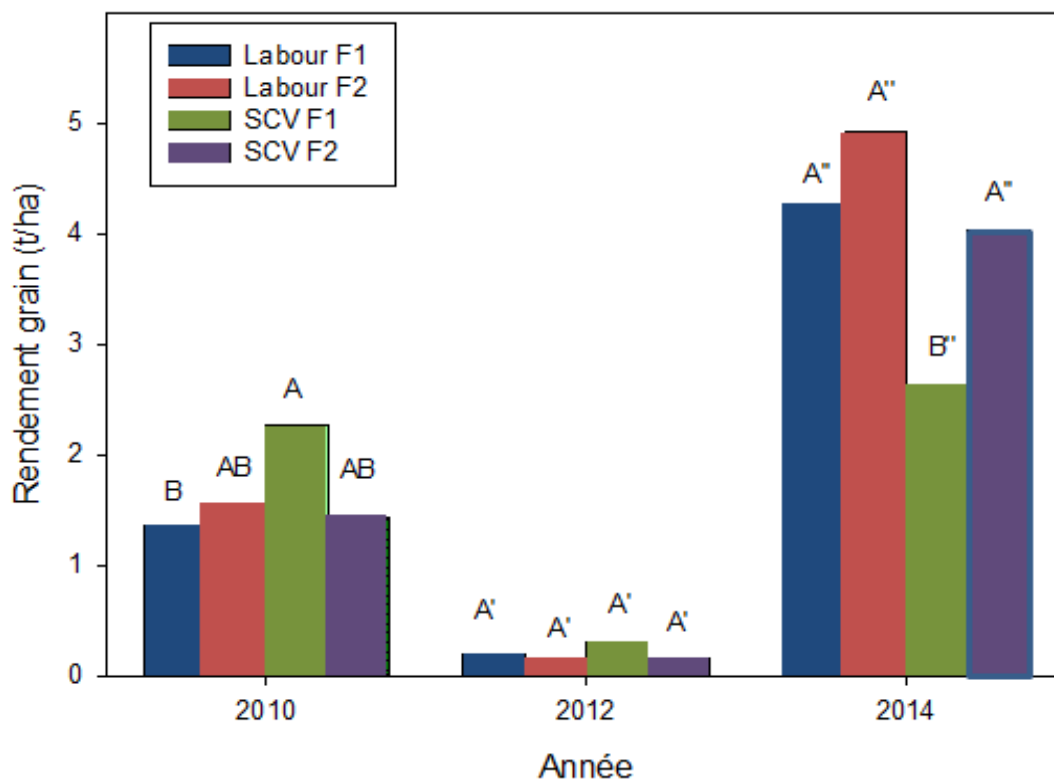
variétés	FOFIFA 154				B22				NERICA 4			
année	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014
système	***	***		*	***	*		**	***			
fertilisation	***	***	**		***	**	**		**	**	***	**
système*fertilisation	**											
Année	***				***				***			
année*système	**				**				***			
année*fertilisation	**				*							

Le tableau 1 montre que sur les traitements système de culture et fertilisation pris séparément, l'effet fertilisation ou l'effet système de culture est significatif en général. Pour la variété résistante nerica 4 l'effet système n'est pas significatif hormis pour l'année 2011. Mais d'après le tableau 1 l'interaction entre les deux effets est rarement significative (seulement pour l'année 2011 de la variété sensible FOFIFA 154).

2. Variations de rendement sur le site d'Andranomanelatra

Pour Andranomanelatra, nous ne présenterons que les comparaisons de rendements entre tous les systèmes et les interactions entre les effets système et les effets fertilisation.

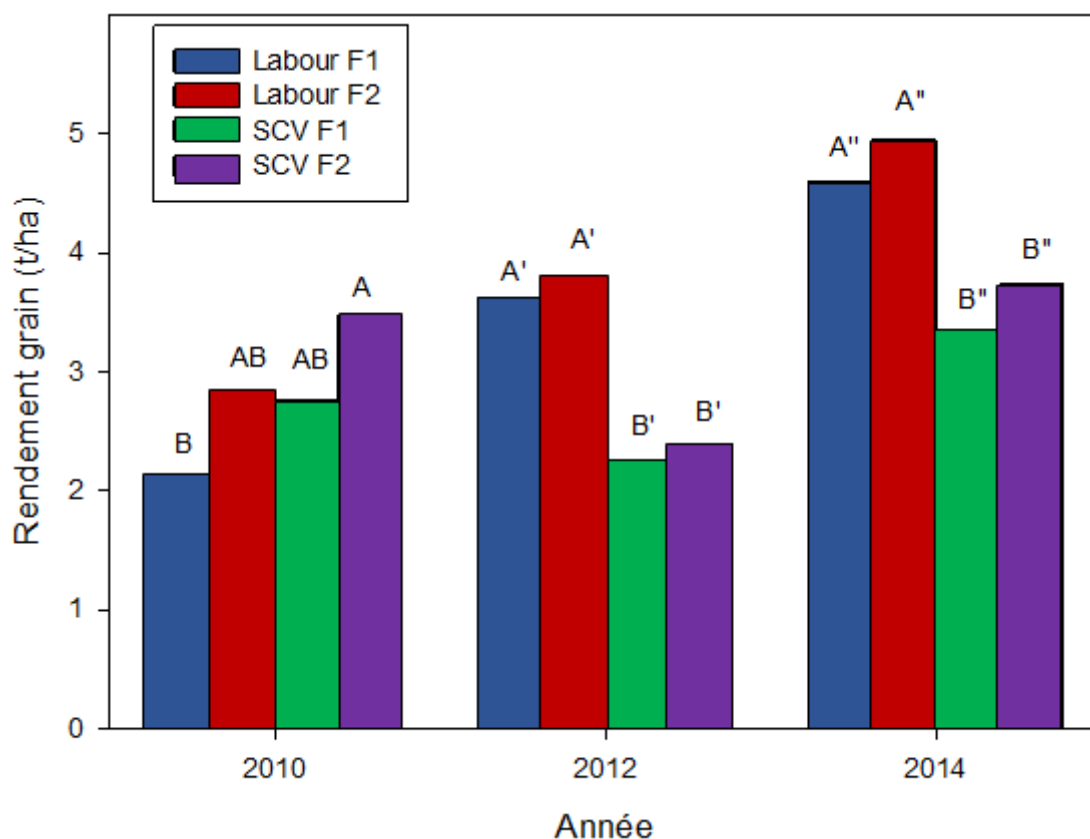
❖ FOFIFA 154



graphique 10 : Evolution du rendement de la variété FOFIFA 154 (variété sensible) sur le site d'Andranomanelatra en 2010, 2012 et 2014.) en fonction du système de culture et de la fertilisation. Chaque lettre représente la moyenne de rendement d'une variété sur une année. Par variété, les moyennes avec des lettres différentes sont significativement différentes.

D'après le graphique 10, en 2012 le rendement est le plus bas que se soit en labour qu'en SCV, d'ailleurs, on note que la différence du rendement n'est pas significative. En 2012, on observe que le rendement en SCV est plus élevé qu'en labour. Le rendement en 2014 est le plus élevé, on remarque que le rendement en labour est supérieur par rapport à celui sur SCV, on remarque qu'il y a un effet fertilisation significatif pour le système SCV et un effet système de culture significatif pour la fertilisation F1.

❖ FOFIFA 161



graphique 11 : Evolution du rendement pour la variété tolérante FOFIFA 161 sur le site d'Andranomanelatra en 2010, 2012 et 2014 en fonction du système de culture et de la fertilisation. Chaque lettre représente la moyenne de rendement d'une variété sur une année. Par variété, les moyennes avec des lettres différentes sont significativement différentes.

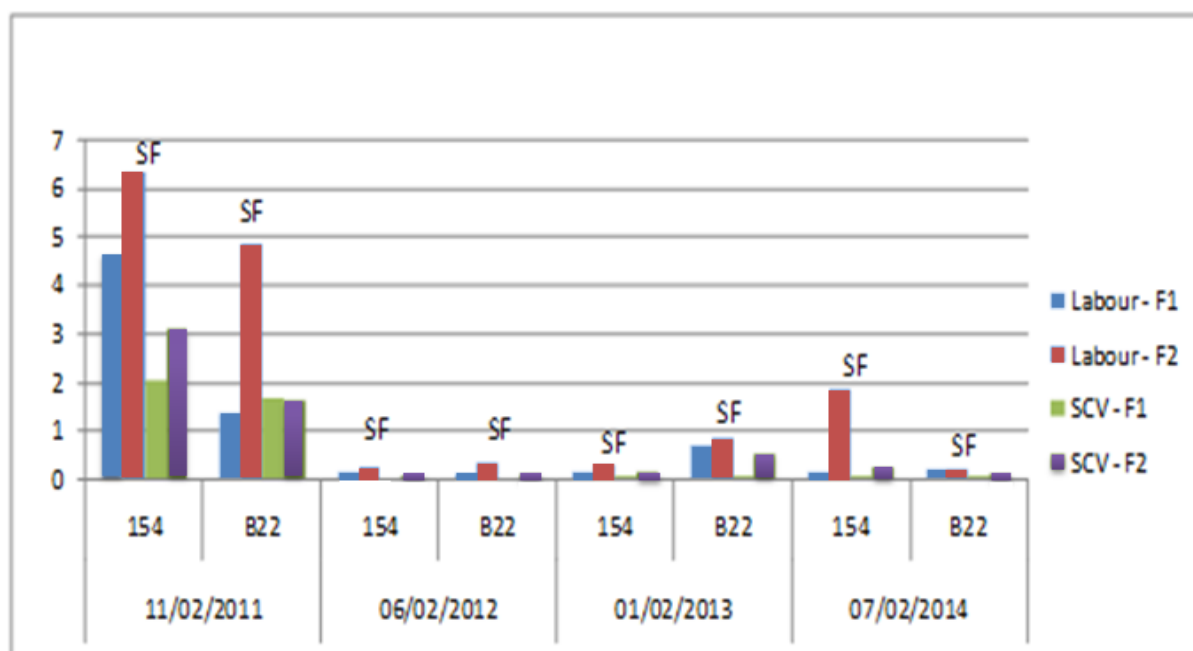
Pour la variété tolérante FOFIFA 161, en 2010, le rendement en SCV est plus élevé par rapport à celui du labour. Le rendement le plus élevé est observé en 2014. En 2012 et 2014, l'effet système de culture est significatif avec un rendement en labour plus élevé qu'en SCV (graphique 11).

B. Evolution de la pyriculariose

1. Sur le site d'Ivory

❖ Pyriculariose foliaire

Le graphique 12 illustre l'évolution de la sévérité de la pyriculariose foliaire sur les deux variétés FOFIFA 154 et B22.

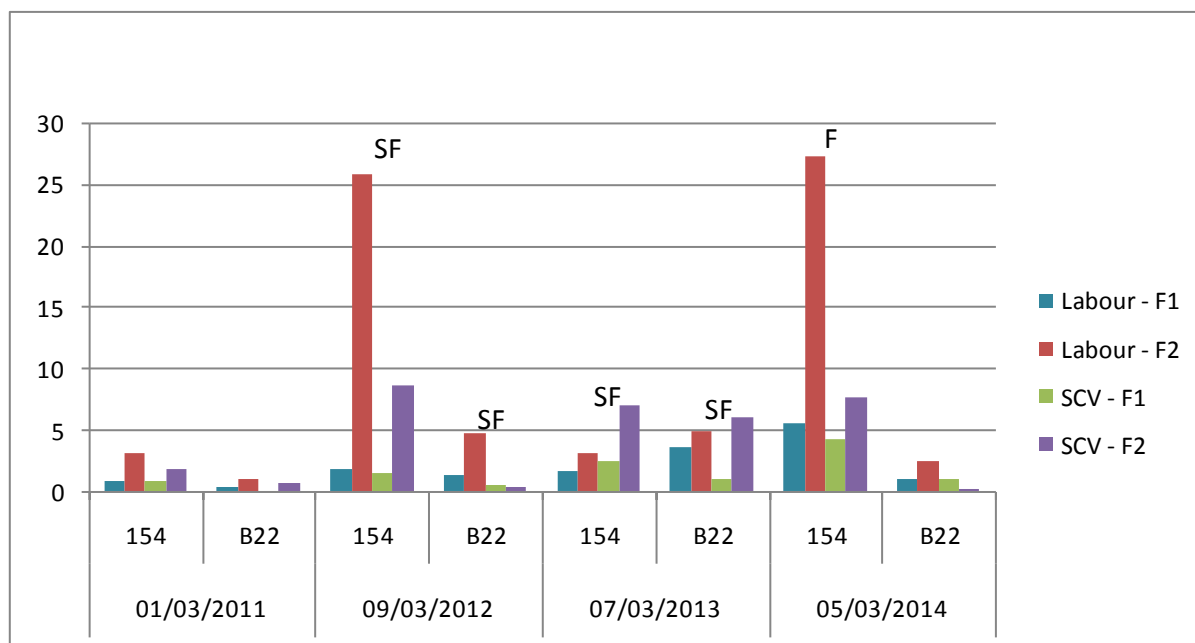


graphique 12 : évolution de la sévérité de la pyriculariose foliaire sur les variétés FOFIFA 154 et B22 sur le site d'Ivory en fonction du système de culture et de la fertilisation. La lettre S indique qu'il y a un effet significatif du système de culture et la lettre F un effet significatif de la fertilisation.

D'après le graphique 12, on remarque que pour les deux variétés, l'effet système de culture et l'effet fertilisation sont significatifs pour toutes les années. D'après le graphique, on note que la pression de la pyriculariose foliaire est très élevée en 2011, pour les deux variétés on remarque que pour les traitements système de culture et fertilisation sont significatifs sauf pour le SCV de la variété B22 où on observe un niveau équivalent de la pyriculariose en F1 et F2.

On remarque également que la sévérité de la pyriculariose foliaire a régressé d'année en année.

❖ Pyriculariose paniculaire



graphique 13 : évolution de la sévérité de la pyriculariose paniculaire sur les variétés FOFIFA 154 et B22 sur le site d'Ivoire de 2011 à 2014

D'après le graphique 13, les notes les plus élevées de pyriculariose paniculaire ont été observées en 2012 et 2014 pour la variété sensible FOFIFA 154

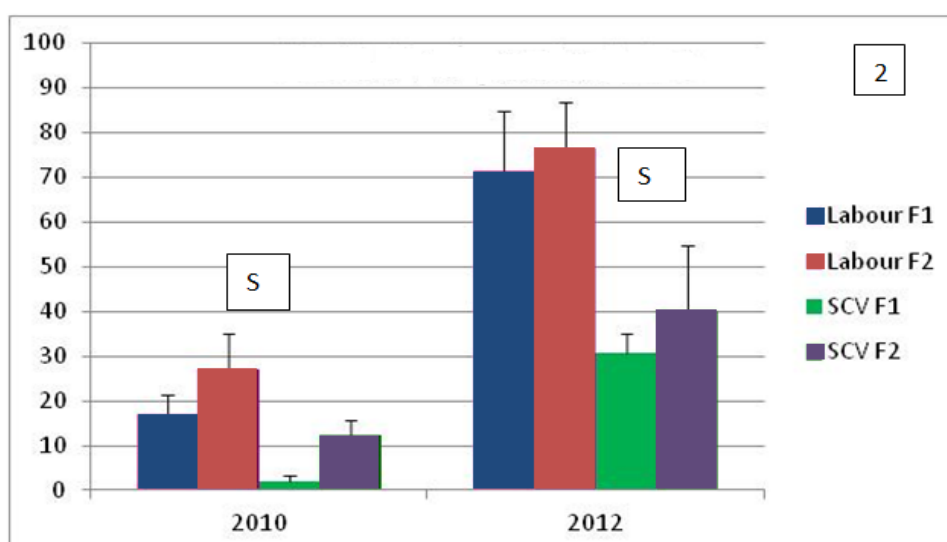
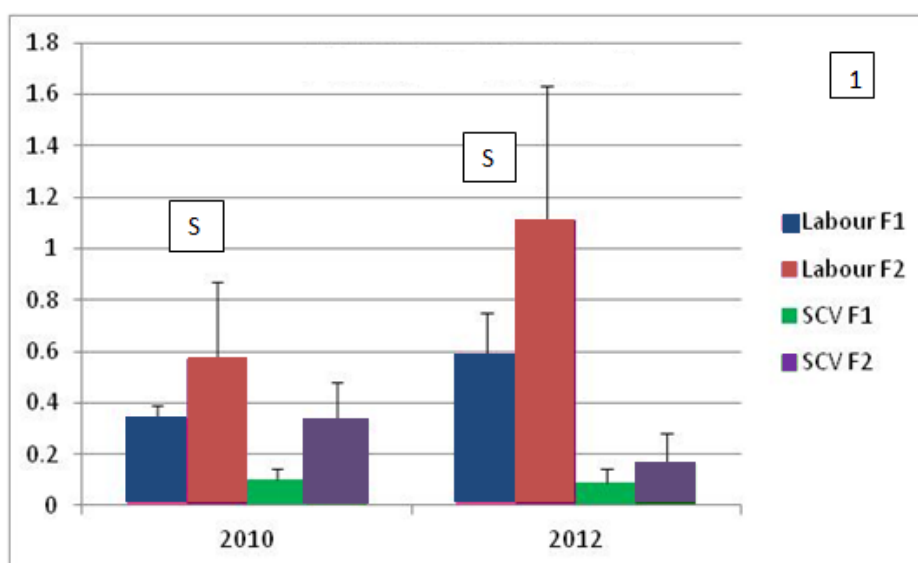
L'effet système de culture est significatif en 2012 et 2014 pour la variété FOFIFA 154. En 2013, on remarque que la sévérité de la pyriculariose paniculaire en SCV est significativement supérieure par rapport à celle du système labour. En générale, la sévérité en labour est supérieure à celle du SCV.

On observe un effet significatif de la fertilisation en 2012 et 2014 pour la variété FOFIFA 154, on note que la sévérité de la pyriculariose avec F2 est supérieure par rapport à celle avec F1. Pour la variété B22, l'effet de la fertilisation n'est pas significatif sauf pour l'année 2012.

2. Sur le site d'Andranomanelatra

A Andranomanelatra, les campagnes 2011 et 2013 n'ont pas pu être exploitées car les parcelles ont été ravagées par les attaques de vers blancs. En 2014, le niveau de pyriculariose était tellement faible que seules quelques lésions sporadiques ont pu être notées dans les parcelles, ne permettant pas l'analyse. Seuls les résultats de 2010 et 2012 sont donc présentés ici.

❖ FOFIFA 154

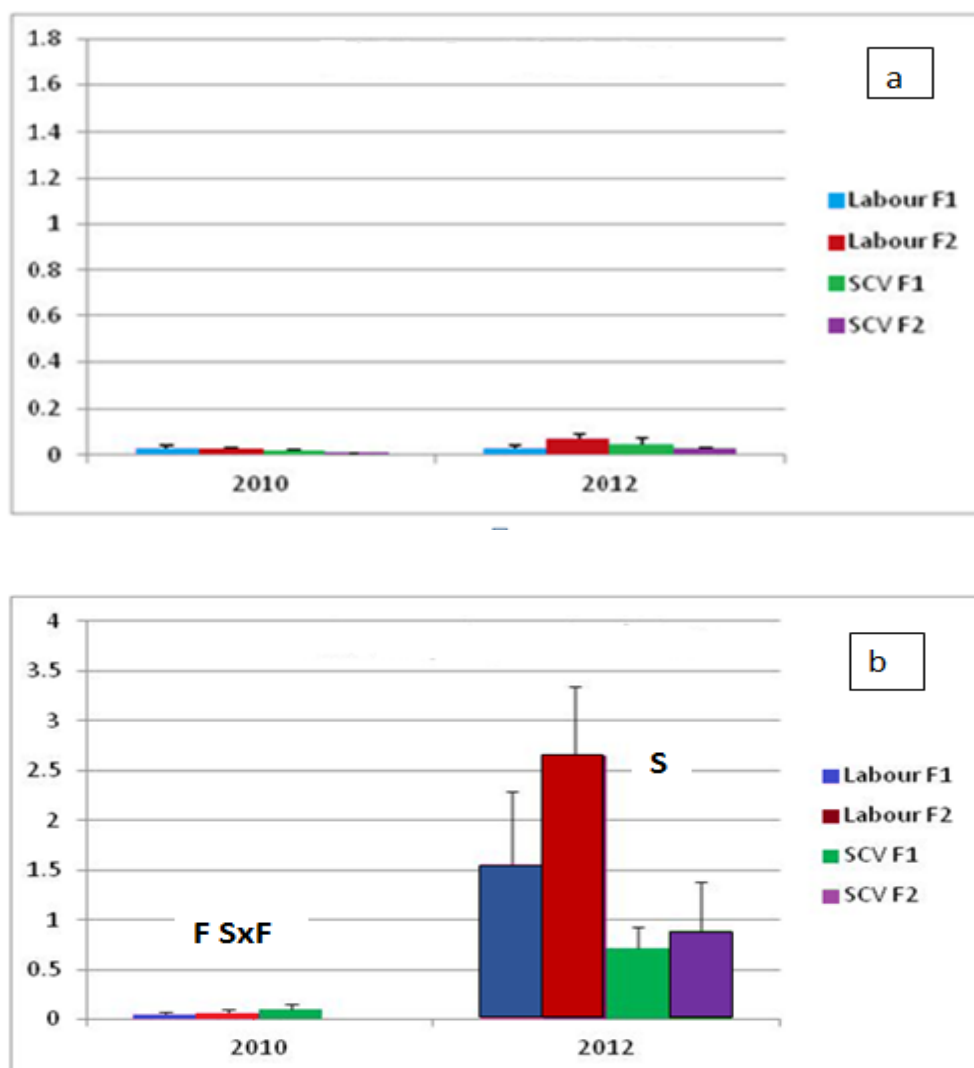


graphique 14 : Evolution de la pyriculariose foliaire (1) et de la pyriculariose paniculaire (2) sur le site d'Andranomanelatra en 2010 et 2012 en fonction du système de culture et de la fertilisation

Pour la variété sensible FOFIFA 154, l'effet du système de culture est significatif les deux années pour la pyriculariose foliaire comme la pyriculariose paniculaire. En revanche, l'effet de la fertilisation n'est jamais significatif (graphique 14).

❖ FOFIFA 161

La pression de la pyriculariose au stade foliaire comme au stade paniculaire est très faible pour la variété tolérante en 2010 et 2012 (graphique 15). Au stade paniculaire, en 2010 on remarque que l'effet fertilisation est significatif ainsi que l'interaction entre l'effet système de culture et l'effet fertilisation. En 2012 seul l'effet système de culture est significatif.

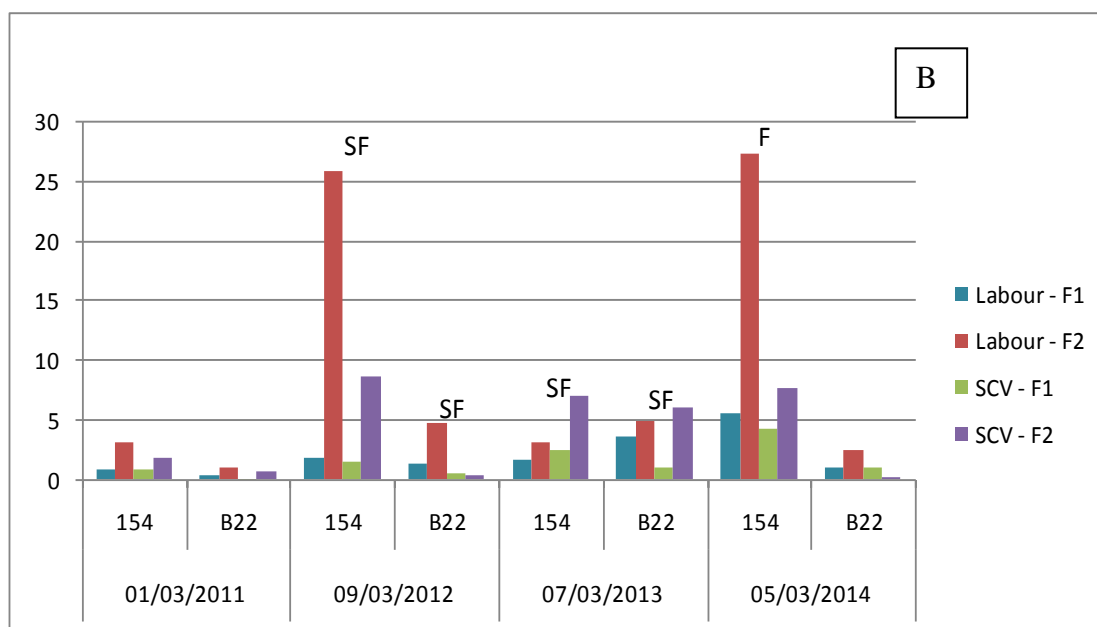
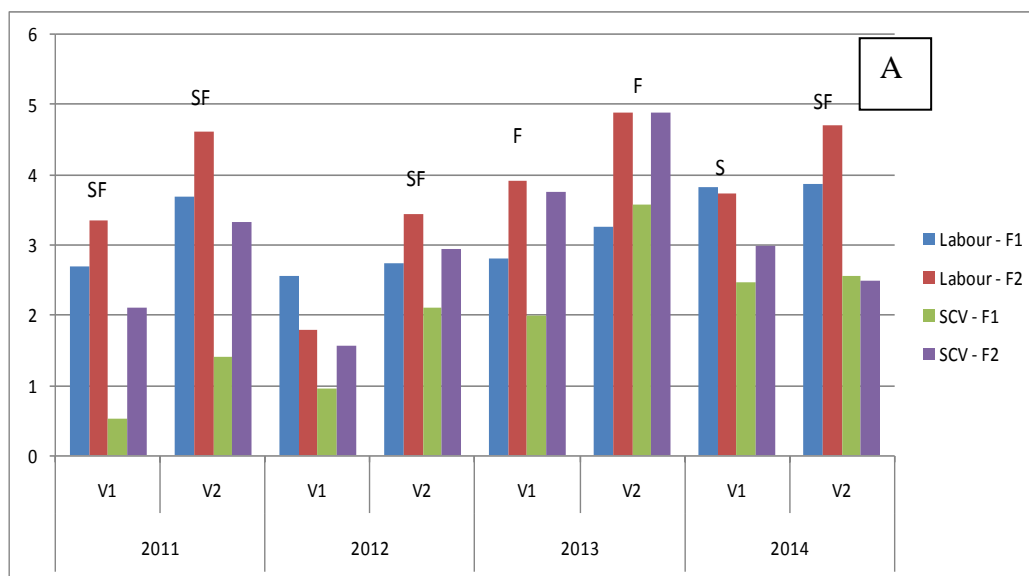


graphique 15 : Evolution de la sévérité de la pyriculariose foliaire(a) et de la pyriculariose paniculaire (b) pour la variété tolérante FOFIFA 161 en 2010 et 2012 en fonction du système de culture et de la fertilisation sur le site d'Andranomanelatra

C. Impact de la pyriculariose sur le rendement du riz pluvial en fonction du système de culture et de la fertilisation

1. Impact de la pyriculariose paniculaire sur le rendement

Le site d'Ivory étant le plus complet en termes de nombre d'années observées, nous l'avons choisi pour mieux comprendre l'impact de la pyriculariose sur le rendement.



graphique 16 : Evolutions du rendement des variétés FOFIFA 154 et B22 (A) et l'évolution de la sévérité de la pyriculariose paniculaire (B) sur le site d'Ivory de 2011 à 2014. Les lettres S et F signifie que les effets système de culture et fertilisation sont significatifs.

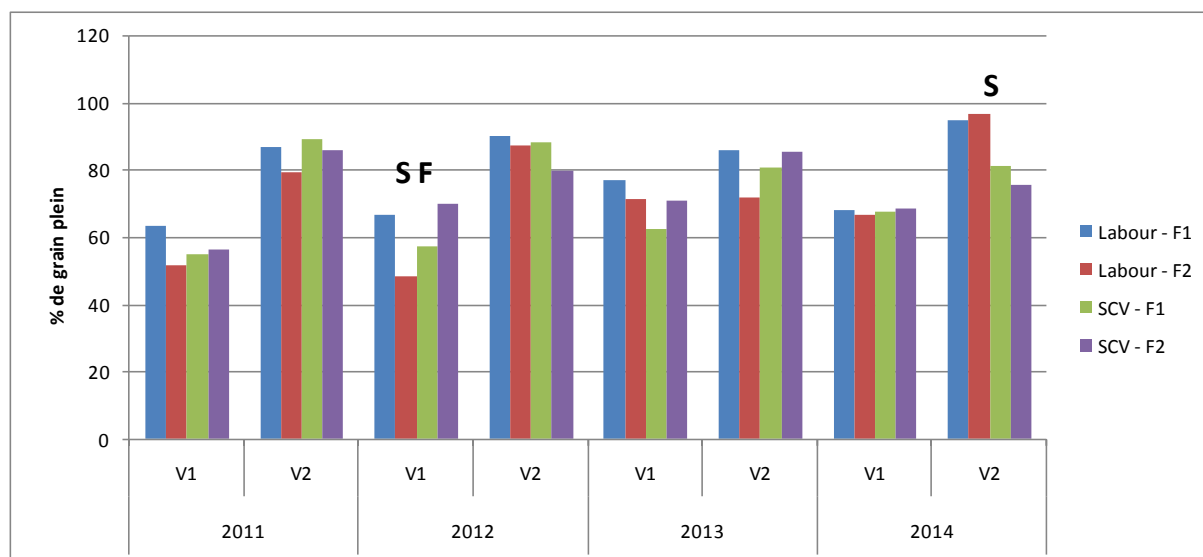
Le graphique 16 met en parallèle les évolutions de rendement et de sévérité de pyriculariose paniculaire pour toutes les années à Ivory pour les variétés V1 et V2. Avec des attaques de pyriculariose paniculaire significativement supérieures par rapport aux autres années en 2012 pour la variété sensible FOFIFA 154 (graphique 16B), on remarque que pour cette année le rendement est aussi significativement faible. Par contre, en 2014 on remarque également que la sévérité de la pyriculariose est importante, pourtant le rendement pour cette année pour la variété sensible est assez satisfaisant.

Pour la variété tolérante B22, on remarque surtout que la sévérité la plus élevée pour cette variété est observé en 2013, pourtant c'est aussi l'année où le rendement est le plus élevé.

Généralement, le SCV est moins attaqué que le labour. Pourtant, en termes de rendement, le labour est généralement plus élevé.

2. Impact de la pyriculariose sur le pourcentage de grains pleins

le pourcentage de grains pleins en fonction du système de culture et de la fertilisation sur le site d'Ivory est illustré par le graphique suivant.



graphique 17: Pourcentage de grains pleins en fonction du système de culture et de la fertilisation de 2011 à 2014 sur le site d'Ivory. Les lettres S et F signifient que l'effet système de culture et l'effet fertilisation sont significatifs.

D'après le graphique 17, on remarque qu'en général le pourcentage de grains pleins est faible pour la variété sensible FOFIFA 154 surtout pour les années 2011 et 2012. Le pourcentage de grains pleins le plus élevé pour cette variété est observé pour l'année 2013.

En 2014 l'effet système de culture est significatif pour la variété B22. Le pourcentage de grains pleins le plus élevé est observé sur labour en 2014 sur la variété B22 tandis que le plus faible est celui du SCV de la variété FOFIFA 154 en 2011.

D'après les graphiques 17 et 16B, plus la pression de pyriculariose est forte, et plus le pourcentage de grains pleins diminue. Le pourcentage de grains pleins le plus élevé est observé en 2014 pour la variété B22 avec une sévérité de la pyriculariose très faible. Cependant, on constate aussi une sévérité de la pyriculariose faible en 2011 avec également un pourcentage de grains pleins faible.

D. Discussions et analyses

1. Facteurs de variabilité des résultats durant le projet GARP

a) Variation du rendement au cours du projet

Les résultats montrent que le rendement a beaucoup évolué de 2011 à 2014. Plusieurs facteurs sont à l'origine de ces variations. Le rendement du riz pluvial dépend essentiellement de la variété choisie, de l'effet du système de culture et de l'effet de la fertilisation. Cependant, des variations interannuelles importantes ont été observées, indépendamment des facteurs mesurés, et qui sont perceptibles notamment avec des années à très faibles rendements pour toutes les variétés dans toutes les conditions comme l'année 2012, qui peut s'expliquer par une année climatique très contraignante pour la culture du riz pluvial.

Les effets du système de culture et de la fertilisation sont aussi variables en fonction des années. Si le rendement en labour est toujours supérieur à celui du SCV, cette différence semble s'amenuiser au cours du projet à Ivory, avec des SCV dont les rendements rattrapent ceux du labour, alors qu'à Andranomanelatra les différences sont importantes tous les ans.

b) Variation de la pression de pyriculariose durant le projet

Le niveau de sévérité de la pyriculariose a beaucoup évolué au cours du projet. Certaines années ont été fortement attaquées comme 2012 et 2014 à Ivory alors que pour d'autres, le niveau est resté globalement faible dans tous les traitements. A Andranomanelatra en 2014, le niveau a été tellement faible que seules quelques lésions foliaires ont pu être notées. Il semble qu'au cours du projet, les variétés F154 et F161 subissent une pression de maladie de plus en plus faible. Ceci peut être lié à l'abandon progressif de ces variétés, alors que des variétés plus tolérantes et plus rustiques ont été diffusées dans la région (Raboin et al., 2013).

2. Impact des différents traitements

a) Effet de la fertilisation sur la pyriculariose

L'effet de la fertilisation sur la maladie est très visible certaines années pour la variété sensible, et en particulier en 2012 et 2014 à Ivory, en labour. Cela montre que l'apport d'azote minéral favorise le développement de la maladie puisqu'aucun autre facteur, que ce soit le fumier, le phosphore ou le potassium, n'a changé.

Cet effet n'est cependant ni stable ni vérifiable dans toutes les conditions. Il a été significatif pour la pyriculariose foliaire à Ivory chaque année pour les deux variétés mais pas pour la pyriculariose paniculaire en 2011 ni en 2014 sur la variété intermédiaire. A Andranomanelatra, l'effet fertilisation est très limité, il n'a pu être mis en évidence qu'en 2010 sur la pyriculariose paniculaire pour la variété moyennement sensible.

b) Effet du système de culture sur la pyriculariose

Lors des notations sur le terrain, nous avons remarqué une différence significative de sévérité de pyriculariose en fonction du système de culture. Pourtant, ces différences observées ne sont pas toujours la cause de diminutions de rendement. Au contraire, dans certaines conditions où la pyriculariose a été élevée, les rendements ont également été élevés, comme pour le labour F2 en 2013, à Ivory, sur la variété sensible. Il semble que le lien entre le niveau de pyriculariose et le rendement soit indirect : les plantes qui se développent beaucoup vont avoir des rendements importants mais aussi des conditions favorables au développement des épidémies. Si la maladie reste tout de même d'un ordre de grandeur assez faible (25 % de grains attaqués au maximum sur la projet), l'écart de rendement reste positif. En effet, des essais menés à Andranomanelatra sur la densité ont montré que plus la densité est élevée et plus la pyriculariose est importante car une forte densité entraîne une humidité importante dans le couvert, qui favorise la sporulation et la germination de la pyriculariose.

3. Vérification des hypothèses du projet GARP

L'hypothèse principale du projet GARP était l'existence d'une interaction entre l'effet du système de culture et celui de la fertilisation azotée sur la pyriculariose, c'est-à-dire que le SCV permettrait de limiter les effets négatifs de la fertilisation. Avec nos résultats, nous avons remarqué que le système de culture avait bien un impact sur la pyriculariose : le système de culture du type SCV réduit la pression de la pyriculariose tandis que le labour a tendance à la favoriser. Nous avons également vérifié l'effet de l'azote, principalement à Ivory, mais nous n'avons pas pu mettre en évidence beaucoup d'interactions entre système de culture et fertilisation, si ce n'est à Andranomanelatra en 2010. L'hypothèse du projet comme quoi l'ensemble des effets du système de culture passerait par un effet sur la nutrition azotée ne semble donc pas entièrement vérifiée.

D'après les résultats, le développement des plantes en SCV sur les 3 premières années a été plus tardif que celui des plantes cultivées en labour sur le site d'Ivory, car les plantes en SCV mettent plus de temps à démarrer leur croissance que celles cultivées en labour. Ainsi, chaque fois que les plantes en SCV étaient moins touchées par la maladie, le couvert était également moins dense et les plantes moins bien développées. Il est donc possible que l'effet du SCV sur la maladie soit dû à un retard de croissance. La campagne de 2012-2013 à Ivory est un exemple de ce qu'il se passe lorsque le SCV est aussi bien développé que le labour : cette année-là, le développement en SCV était proche de celui en labour, ceci peut s'expliquer par un épisode de sécheresse cette année (annexe 3) qui a entraîné un stress hydrique important en labour tandis que le mulch en SCV a permis aux plantes d'arriver à un couvert équivalent à celui du labour. Or, les mesures de pyriculariose durant cette campagne ont montré que les plantes en SCV ont été plus touchées par la pyriculariose que les plantes en labour. L'hypothèse selon laquelle l'effet du système sur la maladie est lié à un effet du système sur la croissance semble donc vérifiée, plus que celle d'un tamponnement dans la dynamique d'apport d'azote.

V. PARTIE INFORMATIQUE

Cette dernière partie présentera un logiciel créé à l'aide de Microsoft Visual basic. C'est un logiciel qui permet de faire un calcul de la sévérité globale de la pyriculariose paniculaire et de l'estimation du rendement sur une parcelle de riz pluvial d'une surface d'un hectare.

La figure suivante montre la fenêtre principale du logiciel.



Figure 5 : Fenêtre principale

Le code de la programmation du logiciel est présenté en annexe2.

CONCLUSION

Au terme du projet GARP, les études et les expérimentations menées au cours de ces cinq années de projet ont permis de fournir des explications sur la raison de la variation des résultats sur la sévérité de la pyriculariose en fonction du système de culture et de la fertilisation. Mon stage s'étant déroulé en dernière année du projet, j'ai pu réaliser un bilan des années passées et confirmer ou infirmer les hypothèses du début de projet.

D'après les résultats, le système de culture et la fertilisation azotée ont tous les deux des effets sur la pyriculariose. Le système SCV réduit la pression de la pyriculariose et l'augmentation de l'apport d'azote favorise la maladie. Cependant ces effets semblent être très liés aux différences de développement des plantes en fonction des traitements.

A Ivory, les rendements en SCV sont plus faibles ou équivalents au labour. Le rendement en SCV augmente d'année en année. La poursuite des essais et des expérimentations aux champs sur des périodes plus longues permettrait d'observer l'évolution du rendement en SCV et de vérifier si le niveau du rendement en SCV devient équivalent ou supérieur à celui du labour.

Une collaboration entre le CIRAD, le FOFIFA et les agriculteurs (paysans) serait nécessaire pour lutter efficacement contre la pyriculariose, en organisant des ateliers de vulgarisation et de formation sur l'utilisation des semences adaptées et résistantes à la pyriculariose et aux pratiques des systèmes de culture pouvant contribuer à lutter contre la pyriculariose, l'érosion et la préservation de l'environnement.

BIBLIOGRAPHIE

Les cours dispensés à l'ISPM

- 1- **RANDRIAMANANORO Jean Joseph** : Agriculture Biologique 2012-2013
- 2- **RAZAKAMANANA Harisoa Nirina**, Phytopathologie, 2011-2012
- 3- **RAZANOELISOA Bakoarsina**, Agroécologie, 2012-2013
- 4- **VELOMBOLA Second Modeste**, Protection intégrée 2012-2013
- 5- **VELOMBOLA Second Modeste**, Expérimentation et Biométrie 2011-2012

Références bibliographiques

- 6- **Altiéri MA** (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74 : 19-31.
- 7- **Andrianarisoa B.** (1970). *La pyriculariose du riz*. Mémoire de fin d'étude, ESSA, Département Agriculture, Université d'Antananarivo, 93p.
- 8- **Andriantsimialona R. D.** (2004). Les maladies du riz sur les hautes terres, 4p
- 9- **Angladette A.** (1966). *Le riz*, Ed. Maisonneuve et Larose, Paris, 930p
- 10- **Capillon A., Séguy L.** (2002). Ecosystèmes cultivés et stockage du carbone : cas des systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale. *Comptes-rendus de l'Académie d'Agriculture Française* 88(5):63-70.
- 11- **Chabanne, A., Razakamiaramanana, M.,** (1997). La climatologie d'altitude à Madagascar. In: Poisson, C., Rakotoarisoa, J. (Eds.), Actes du séminaire riziculture d'altitude CIRAD-CA, Antananarivo, Madagascar, pp. 55-62.
- 12- **Déchanet R, Razafindrakoto J, Valès M,** 1997. Résultats de l'amélioration variétale du riz d'altitude Malgache. In : Poisson C, Rakotoarisoa J, éd. Rice for highlands. Proceeding of

the international conference on rice for highlands. 29/03-05/04/1996. Antananarivo (Madagascar) ; Montpellier (France) : Cirad.

13- Dzido JL., Vales M., Rakotoarisoa J., Chabanne A., Ahmadi N. (2004). Upland rice for the highlands: New varieties and sustainable cropping systems to face food security. Promising prospects for the global challenges of rice production the world will face in the coming years? FAO Rice Conference, Rome, 12-13 Feb. 2004.

14- Eusoils : Oldeman LR., (1988), ISRIC, Wageningen.

http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/Esdb_Archive/EuDASM/Africa/lists/cmng.htm

15- *fr.wikipedia.org/wiki/Pyriculariose*

16- Galtier A, Guimera P (2000). Diffusion de la riziculture pluviale d'altitude et ses perspectives dans la région de Vakinankaratra à Madagascar. Mémoire de fin d'étude ESITPA, Cirad (Montpellier, France).

17- IRRI (International Rice Research Institute). World Rice Statistics Online Query Facility.

<http://ricestat.irri.org:8080/wrs2/entrypoint.htm>

18- Jacquot M., Brigitte C. (1983). Le riz pluvial. Col. Le technicien d'agriculture tropicale. Edit. Maisonneuve et Larousse. 121 p.

19- Kato H. (1974). Epidemiological aspect of sporulation by blast fungus on rice plants. Japan agricultural research quarterly, Tropical Agriculture Research Center, Ministry of Agriculture and Forestry, 8(1):19-22.

20- Kürschner E., Bonman JM., Garrity DP., Tamisin MM., Pabale D., Estrada BA. (1992). Effects of nitrogen timing and split application on blast disease in upland rice. *Plant Dis.* 76:384-389.

21- Long DH., Lee FN. and Te Beest DO. (2000). Effect of nitrogen fertilization on disease progress of rice blast on susceptible and resistant cultivars. *Plant Dis.* 84:403-409.

22- Ministère de L'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche. Unité de politique de Développement rural (UPDR) préfecture de Vakinankaratra

23- Moreau D. (1987). L'analyse de l'élaboration du rendement du riz : les outils de diagnostic. GRET (Groupe de Recherche et d'Échanges Technologiques).

- 24- Notteghem JL.** (1977). Field evaluation of horizontal resistance to rice blast disease. *Agron. Trop.*, 34 (2):180–192.
- 25- Olofintoye JA., Ajayi AS.** (1996). Rainfed rice (*oryza sativa*) response to soil moisture conservation - Practices in rainfed rice ecosystem in the guinea savanna zone of Nigeria. *Biocommerce Research Communication* Vol. 8 N°1.
- 26- Osuna-Canizalez FJ., De Datta SK., Bonman JM.** (1991). Nitrogen form and silicon nutrition effects on resistance to blast disease of rice. *Plant and Soil* 135:223-231.
- 27- Ou SH.** (1985). *Rice Disease*, 2nd ed.. Commonwealth Mycological Institute, CAB International, Kew, UK.
- 28- Penot E., Tokarski Y., Rakotofiringa A., Bodoy A., Ahmim Richard A., Dabat MH., Rahahison T., Rakoto H A, Razafimandimby S.** (2009). Rôle et place du riz pluvial dans les exploitations du Vakinankaratra (Hauts Plateaux et Moyen Ouest). Atelier national sur la recherche et le développement du riz pluvial à Madagascar, Antsirabe, Madagascar.
- 29-Raboin L., Ramanantsoanirina A., Dzido J.L., Frouin J., Radanielina T., Tharreau D., Dusserre J., Ahmadi N.** (2013). Création variétale pour la riziculture pluviale d'altitude à Madagascar : bilan de 25 années de sélection. *Cahiers de l'agriculture*. 22, 450–458.
- 30- Radanielina T.** (2010), Diversité génétique du riz (*Oryza sativa* L.) dans la région de Vakinankaratra, Madagascar : importance, utilisation et gestion de l'agro-biodiversité. PhD thesis, Institut National Agronomique Paris-Grignon (INA-PG), France
- 31- Rakotoarisoa A.** (2006). Effet du système de culture, de la date de semis et du mode d'apport en azote sur la pyriculariose du riz pluvial. Master thesis, Université d'Antananarivo, Ecole Supérieure des Sciences agronomiques, Tananarive, Madagascar.
- 32- Rakotofiringa A., Tokarski Y.** (2007). Le riz pluvial : quelle opportunité pour les paysans d'une zone péri-urbaine des hauts plateaux de Madagascar ? Exemple de la commune d'Andranomanelatra. Rapport de stage IRC Montpellier SupAgro, 24p.
- 33- Rasolofo, Razafindramamba, Raliarison, (1986).** Les maladies des cultures à Madagascar, division de pathologie végétale 182 p

- 34- Ribot C., Hirsch J., Balzergue S., Tharreau D., Nottéghem JL., Lebrun MH., Morel JB.** (2008). Susceptibility of rice to the blast fungus, *Magnaporthe grisea*. *Plant Physiol.* 165(1):114-24.
- 35- Séguy L., Husson O., Charpentier H., Bouzinac S., Michellon R., Chabanne A., Boulakia S., Tivet F., Naudin K., Enjalric F., Ramaroson I., Rakotondramanana M.** (2009). Principes et intérêts du semis direct, Volume I. Chapitre 1 : Principes et fonctionnement des écosystèmes cultivés en semis direct sur couverture végétale permanente.
- 36- Sester M., Raveloson H., Tharreau D., Dusserre J.** (2014). Conservation agriculture cropping system to limit blast disease in upland rainfed rice. *Plant Pathology*. doi: 10.1111/ppa.12099.
- 37- Station météorologique CIMEL Ivory
- 38- UPDR/FAO,** 2001. Diagnostic et perspectives de développement de la filière riz à Madagascar.. Antananarivo : ministère de l'Agriculture–FAO.
- 39- Vales M., Razafindrakoto J.** (1996). Point sur la recherche et le développement de la riziculture d'altitude. Communications présentées par l'Amélioration des Plantes du Programme Riz Altitude du FOFIFA-CIRAD. Atelier international FOFIFA-CIRAD.

Webographie

- 40- (www.futura-sciences.com/magasines)
- 41- www.maep.gov.mg/newindex.htm maep 2007

ANNEXES :

annexe 1 : Fiche de notation de la pyriculariose paniculaire

DATE :
PARCELLE :
VARIETE :

Poquet	Nb panic	Nb infect	Panicule n°				
			1	2	3	4	5
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

annexe 2 : Code de la programmation

```
Private Sub Combo1_Change()
```

```
If IsNumeric(Combo1.Text) = False Or Val(Combo1.Text) > 31 Then
```

```
    Combo1.Text = ""
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Combo2_Change()
```

```
If IsNumeric(Combo2.Text) = False Or Val(Combo2.Text) > 100 Then
```

```
    Combo2.Text = ""
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Combo3_Change()
```

```
If IsNumeric(Combo3.Text) = False Or Val(Combo3.Text) > 16 Or Val(Combo3.Text) >  
Val(Combo1.Text) Then
```

```
    Combo3.Text = ""
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
Dim resultat, ren As Double
```

```
If Combo1.Text <> "" And Combo2.Text <> "" And Combo3.Text <> "" Then
```

```
    resultat = (Val(Combo3.Text) * Val(Combo2.Text) / Val(Combo1.Text))
```

```

ren = ((100 - resultat) * 2000 / 100)

Text1.MaxLength = 5

Text2.MaxLength = 7

Text1.Text = Str(resultat)

Text2.Text = Str(ren)

Command2.Visible = True

Text3.Text = "%"

Text4.Text = "Kg"

For i = 0 To 3

If i Mod 2 = 0 Then

    Timer1.Enabled = True

Else

    Timer2.Enabled = True

End If

Next

Command1.Visible = False

Combo1.Enabled = False

Combo2.Enabled = False

Combo3.Enabled = False

Else

    k = MsgBox("Complétez les données !", vbOKOnly + vbInformation)

End If

```


End Sub

Private Sub Command2_Click()

End

End Sub

Private Sub Form_Load()

Combo1.AddItem ("3")

Combo1.AddItem ("4")

Combo1.AddItem ("5")

Combo1.AddItem ("6")

Combo1.AddItem ("7")

Combo1.AddItem ("8")

Combo1.AddItem ("9")

Combo1.AddItem ("10")

Combo1.AddItem ("11")

Combo1.AddItem ("12")

Combo1.AddItem ("13")

Combo1.AddItem ("14")

Combo1.AddItem ("15")

Combo1.AddItem ("16")

Combo1.AddItem ("17")

Combo1.AddItem ("18")

Combo1.AddItem ("19")

Combo1.AddItem ("20")

Combo1.AddItem ("21")

Combo1.AddItem ("22")

Combo1.AddItem ("23")

Combo1.AddItem ("24")

Combo1.AddItem ("25")

Combo1.AddItem ("26")

Combo1.AddItem ("27")

Combo1.AddItem ("28")

Combo1.AddItem ("29")

Combo1.AddItem ("30")

Combo1.AddItem ("31")

Combo2.AddItem ("1")

Combo2.AddItem ("2")

Combo2.AddItem ("3")

Combo2.AddItem ("4")

Combo2.AddItem ("5")

Combo2.AddItem ("6")

Combo2.AddItem ("7")

Combo2.AddItem ("8")

Combo2.AddItem ("9")
Combo2.AddItem ("10")
Combo2.AddItem ("11")
Combo2.AddItem ("12")
Combo2.AddItem ("13")
Combo2.AddItem ("14")
Combo2.AddItem ("15")
Combo2.AddItem ("16")
Combo2.AddItem ("17")
Combo2.AddItem ("18")
Combo2.AddItem ("19")
Combo2.AddItem ("20")
Combo2.AddItem ("21")
Combo2.AddItem ("22")
Combo2.AddItem ("23")
Combo2.AddItem ("24")
Combo2.AddItem ("25")
Combo2.AddItem ("26")
Combo2.AddItem ("27")
Combo2.AddItem ("28")
Combo2.AddItem ("29")
Combo2.AddItem ("30")
Combo2.AddItem ("31")

Combo2.AddItem ("32")

Combo2.AddItem ("33")

Combo2.AddItem ("34")

Combo2.AddItem ("35")

Combo2.AddItem ("36")

Combo2.AddItem ("37")

Combo2.AddItem ("38")

Combo2.AddItem ("39")

Combo2.AddItem ("40")

Combo2.AddItem ("41")

Combo2.AddItem ("42")

Combo2.AddItem ("43")

Combo2.AddItem ("44")

Combo2.AddItem ("45")

Combo2.AddItem ("46")

Combo2.AddItem ("47")

Combo2.AddItem ("48")

Combo2.AddItem ("49")

Combo2.AddItem ("50")

Combo2.AddItem ("51")

Combo2.AddItem ("52")

Combo2.AddItem ("53")

Combo2.AddItem ("54")

Combo2.AddItem ("55")

Combo2.AddItem ("56")

Combo2.AddItem ("57")

Combo2.AddItem ("58")

Combo2.AddItem ("59")

Combo2.AddItem ("60")

Combo2.AddItem ("61")

Combo2.AddItem ("62")

Combo2.AddItem ("63")

Combo2.AddItem ("64")

Combo2.AddItem ("65")

Combo2.AddItem ("66")

Combo2.AddItem ("67")

Combo2.AddItem ("68")

Combo2.AddItem ("69")

Combo2.AddItem ("70")

Combo2.AddItem ("71")

Combo2.AddItem ("72")

Combo2.AddItem ("73")

Combo2.AddItem ("74")

Combo2.AddItem ("75")

Combo2.AddItem ("76")

Combo2.AddItem ("77")

Combo2.AddItem ("78")
Combo2.AddItem ("79")
Combo2.AddItem ("80")
Combo2.AddItem ("81")
Combo2.AddItem ("82")
Combo2.AddItem ("83")
Combo2.AddItem ("84")
Combo2.AddItem ("85")
Combo2.AddItem ("86")
Combo2.AddItem ("87")
Combo2.AddItem ("88")
Combo2.AddItem ("89")
Combo2.AddItem ("90")
Combo2.AddItem ("91")
Combo2.AddItem ("92")
Combo2.AddItem ("93")
Combo2.AddItem ("94")
Combo2.AddItem ("95")
Combo2.AddItem ("96")
Combo2.AddItem ("97")
Combo2.AddItem ("98")
Combo2.AddItem ("99")
Combo2.AddItem ("100")

End Sub

Private Sub Timer1_Timer()

Text1.Visible = False

Text2.Visible = False

Text3.Visible = False

Text4.Visible = False

End Sub

Private Sub Timer2_Timer()

Text1.Visible = True

Text2.Visible = True

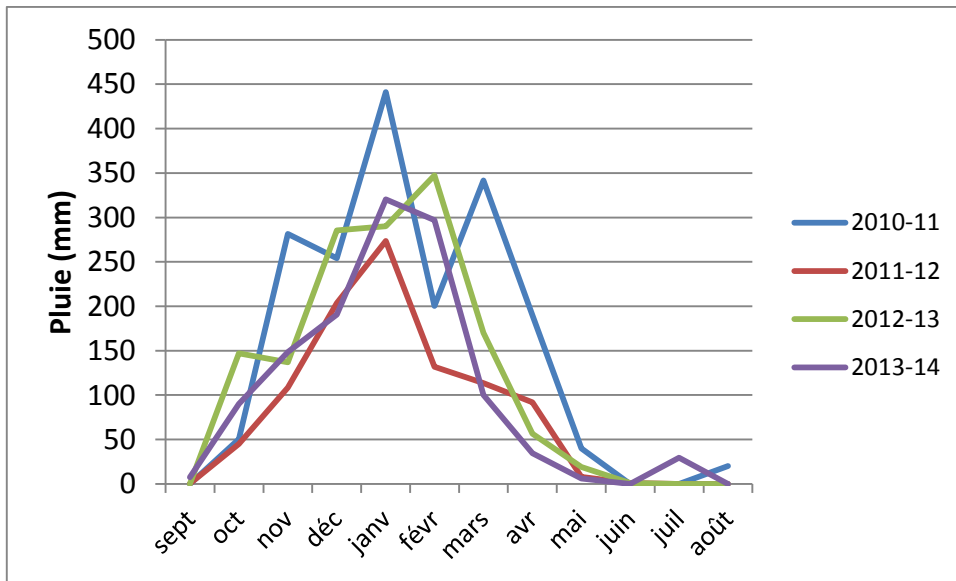
Text3.Visible = True

Text4.Visible = True

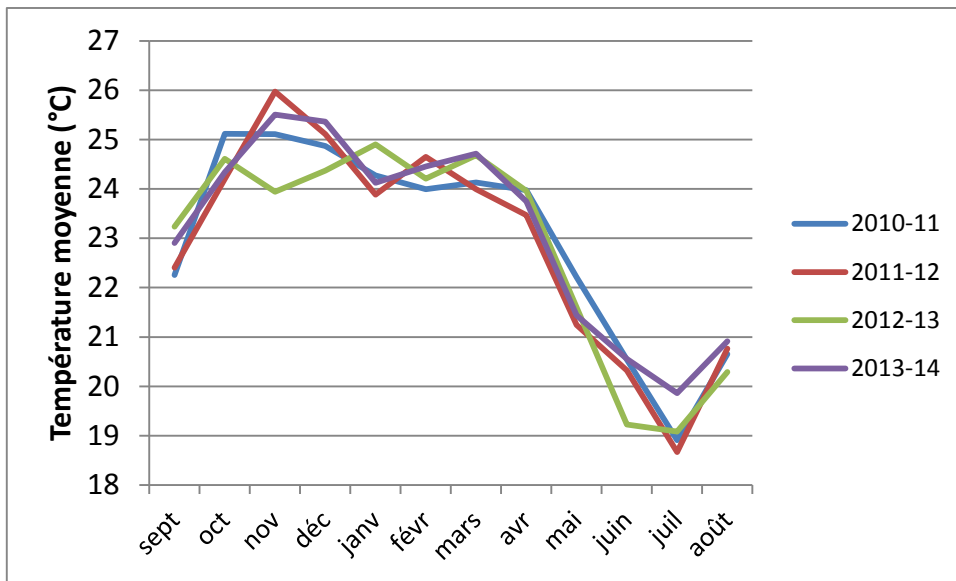
End Sub

annexe 3 : pluviométrie et température sur les deux sites durant le projet

- Données météo sur le site d'Ivory

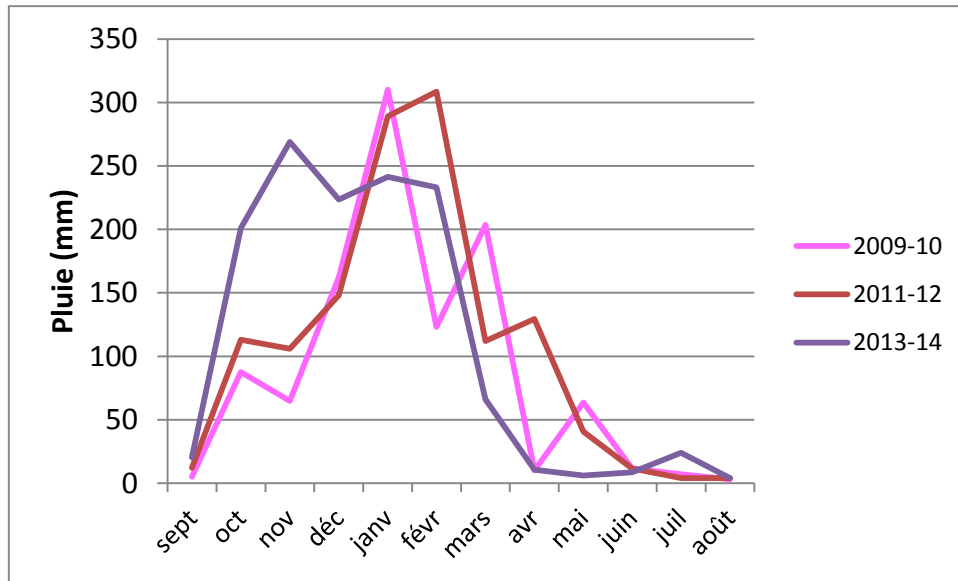


courbe 2 : La quantité de pluie sur le site d'Ivory durant le projet



courbe 3 : Température moyenne sur le site d'Ivory durant le projet

- Données météo sur le site d'Andranomanelatra



courbe 4 : Quantité de pluie sur le site d'Andranomanelatra durant le projet



courbe 5 : Température moyenne sur le site d'Andranomanelatra durant le projet

Summary

Upland rice has been more and more cropped in the region of the central Highlands of Madagascar since the diffusion of cultivars adapted to high altitudes. To overcome the risk of erosion due to the cropping of the hillsides (tanety), conservation agriculture cropping systems, named “SCV”, have been studied. In previous studies, it appeared that these cropping systems could have an impact on the susceptibility of rice against a devastating fungal disease : the rice blast, in interaction with the nitrogen fertilization. The GARP project has been built in order to study and to understand, in different countries, the relationships between cropping system, nitrogen fertilization and susceptibility to blast. In Madagascar, two sites of experimentation have been used: the site of Andranomanelatra located in high altitude and the site of Ivory, which was the mid-altitude site, located in the Middle West Antsirabe. My work took place during the fourth year of the project. My objective was to synthesize the results obtained from 2010 and to highlight the interactions between cropping system, nitrogen fertilization and blast disease.

According to the results, the plants are less attacked by rice blast with the conservation agriculture cropping system and nitrogen fertilization increases the disease. However, few interactions between the effects of the system and the effects of the mineral nitrogen fertilization have been shown. Then the effects of the cropping system on the susceptibility to the rice blast don't necessarily pass by a modification of the nitrogen dynamics. Several hypotheses were formulated, for example the modification of the growth of the plants.

Key words: upland rice, cropping system, fertilization, rice blast



Institut Supérieur Polytechnique de Madagascar



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en Biotechnologie

Mention : Agriculture et Elevage

Intitulé : IMPACT DE LA FERTILISATION AZOTEE ET DU SYSTEME DE CULTURE SUR LA SENSIBILITE DU RIZ PLUVIAL A LA PYRICULARIOSE

Présenté par : NIRINARISON Sanda Eric

Président du jury : Professeur RABOANARY Julien Amedée

Encadreur pédagogique : Docteur RAZANOELISOA Bakoarsina

Encadreurs professionnels : Docteur SESTER Mathilde,

Docteur DUSSERRE Julie

Résumé

La culture du riz pluvial est en plein essor sur les Hautes-Terres centrales de Madagascar depuis la diffusion de variétés adaptées à l'altitude. Pour pallier au risque d'érosion lié à la mise en culture des collines (tanety), des systèmes en agriculture de conservation, les SCV, sont à l'étude pour accompagner la riziculture pluviale. Au cours d'études antérieures, il est apparu que ces systèmes pourraient avoir un impact sur la sensibilité du riz à une maladie fongique dévastatrice, la pyriculariose, en interaction avec la fertilisation azotée. Le projet GARP a été mis en place afin d'étudier et de comprendre, dans différents pays, les relations entre système de culture, fertilisation azotée et sensibilité à la pyriculariose. A Madagascar, deux sites d'expérimentation ont été utilisés pour cette étude : le site d'Andranomelatra situé en haute altitude et le site d'Ivory situé en moyenne altitude dans le Moyen-Ouest d'Antsirabe. Mon stage, qui s'est déroulé pendant la quatrième année du projet, avait pour objectif de faire un bilan des résultats obtenus depuis 2010 et de mettre en évidence les interactions entre système de culture, fertilisation azotée et pyriculariose.

D'après les résultats les plantes sont moins touchées par la pyriculariose avec le système de culture SCV et l'apport d'azote favorise la maladie. Cependant peu d'interactions entre les effets du système et ceux de l'apport d'azote minéral ont pu être mises en évidence, laissant penser que l'effet du système sur la sensibilité à la pyriculariose ne passe pas nécessairement par une modification de la dynamique de l'azote. Plusieurs hypothèses ont pu être formulées, comme la modification de la croissance des plantes.

Mots clés : riz pluvial, système de culture, fertilisation, pyriculariose

Nombre de pages : 81

Photos : 05

tableaux : 01

graphiques : 17

schémas : 05

Figures : 05

cartes : 01

courbes : 05