



Athénée Saint Joseph Antsirabe
UNIVERSITE A VOCATION PROFESSIONNALISANTE

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

En

Filière : SCIENCES AGRONOMIQUES

Option : PRODUCTION VEGETALE

**Analyse de la stérilité de riz pluvial en fonction de la
température**

Soutenu par : RASOLONJATOVO Soafara Gisèle

Devant le jury composé de :

Président : Monsieur RAHERIMANDIMBY Joseph Léon, Ingénieur en Chef d'agriculture

Rapporteurs : Madame Julie DUSSERRE, docteur en écophysiologie

Monsieur RABARY Eugène, Ingénieur agronome sélectionneur

Examineurs : Monsieur RAKOTONIRAINY H. Jaona, Ingénieur agronome

Monsieur RALAIVAOHITA Damien, docteur en économie rural

Présenté le : 20 Novembre 2010



Tél: 4448319/20
BP.287
E-mail: asja@moov.mg

RESUME

A priori, cette étude est basée sur l'analyse de la stérilité de riz pluvial en fonction de la température. Des relations entre la moyenne des températures minimales à la montaison et épiaison permettent d'obtenir un taux de pourcentage de grains pleins varié. De plus, ces relations permettent d'évaluer les seuils des températures qui peuvent induire à la stérilité des grains de riz.

Seulement les relations sur les données d'Andranomanelatra ont été prises pour réaliser l'étude car celles d'Ivory présentent des températures élevées qui affectent encore le pourcentage de grains pleins. A partir de cela, il est possible de déterminer les variétés s'adaptant aux zones de basse à moyenne et haute altitudes en connaissant leurs seuils de températures.

Enfin, les analyses fréquentielles des variations des températures minimales sur le site d'Andranomanelatra sur huit années nous montrent la variation des températures minimales durant la période montaison-épiaison, qui sont aussi en relation avec les seuils des températures indiqués.

Mots-clés : Analyse ; températures minimales ; stérilité ; pourcentage de grains pleins ; seuils ; riz pluvial.

ABSTRACT

This survey is based on the analysis of the barrenness of upland rice according to the temperature. The relations between the average of minimal temperatures, booting and heading has permit to get the best relations with the percentage of full grains. Besides, these relations have permit to value the doorsteps of the temperatures that can lead to the barrenness of the rice grains.

Only the relations on the Andranomanelatra data have been taken to achieve the survey because those of Ivory present the elevated temperatures that affect the percentage of full grains again. From it, it is possible to determine the varieties adapted to the zones of low, to middle and high altitudes when the real temperature is specified.

Finally, the frequentially analyses of the variations of minimal temperatures on the site of Andranomanelatra during on eight years show us the variation of minimal temperatures during the booting - heading period. That is also in relation with the doorsteps of the indicated temperatures.

Keywords: Analysis; minimal temperatures; barrenness; percentage of full grains; doorstep; upland rice.

REMERCIEMENTS

Nous te rendons grâce, oh Seigneur de nous avoir armé de force, de courage, de volonté durant ces quelques années d'études et particulièrement tout au long de l'accomplissement de ce travail.

L'achèvement de ces études ne fut possible sans le concours de nombreuses personnes auxquelles nous tenons à consacrer ces quelques lignes en guise de reconnaissance :

- A père **CUOMO Mario Giuseppe**, Fondateur de l'Université. Nous lui sommes plus que reconnaissants d'avoir bâti cette Université à vocation professionnalisante où nous avons pu puiser des connaissances.
- A Madame **RALAMBORANTO Laurence**, Recteur de l'Université
- A Monsieur **RAHERIMANDIMBY Joseph Léon**, qui nous fait l'honneur de présider le jury de cette soutenance
- A Monsieur **RABARY Eugène**, qui a bien voulu encadrer ce travail. Qu'il en soit vivement remercié
- A Madame **DUSSERRE Julie**, qui a accepté d'encadrer ce travail malgré ses multiples occupations. Qu'elle soit assurée de notre gratitude et de notre reconnaissance les plus respectueuses
- A Monsieur **RALAIVAOHITA Damien** pour avoir examiné cet ouvrage, nous vous exprimons notre profond respect
- A Monsieur **RAKOTONIRAINY Heriarivony John** d'avoir bien voulu accepter de juger ce travail. Nous vous sommes très reconnaissants
 - Notre profonde gratitude s'adresse également :
- A Monsieur **RAMANANTSOANIRINA Alain**, responsable du projet RISOCAS de nous avoir acceptés comme stagiaire et nous vous remercions aussi pour les appuis financiers durant le stage
- A tous les **Enseignants de l'ASJA** de nous avoir transmis leurs connaissances durant les études
- **Aux personnels du FOFIFA et CIRAD, Techniciens et Main d'œuvre** pour leurs aides pendant le stage
- **A ma famille et amis** pour leur soutien moral et financier durant mes études
- **A nos collègues de classe et tous nos proches amis** pour leur encouragement

GLOSSAIRE

Coefficient de corrélation : Indice statistique indiquant le degré de liaison entre deux variables dans deux séries de tests subis par un même individu.

Désaturé : Qualifie un horizon dont le rapport entre la somme des cations échangeables et la capacité d'échange cationique de l'horizon est inférieur à 20%.

Echaudage : Phénomène commun à toutes les céréales souffrant de la sécheresse au moment de la fécondation, il se caractérise par la stérilité des épillets.

Evapotranspiration : Quantité d'eau évaporée par un organisme végétal.

Hydromorphe : C'est un type de sols dominés par la présence temporaire ou permanente d'une nappe d'eau qui engorge plus ou moins totalement le profil.

Photosynthèse : Synthèse d'un corps chimique, de substances organiques (glucides), à l'aide de l'énergie lumineuse, par les végétaux chlorophylliens.

Pluviométrie : Répartition des pluies dans l'espace et dans le temps.

Split-plot : Qui signifie parcelle séparée est une façon de disposer les parcelles sur un terrain d'expérimentation. Il est établi pour faciliter les interprétations et analyses des résultats des essais.

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Listes des cartes

Carte 1 : Localisation géographique d'Andranomanelatra	8
Carte 2 : Localisation du site d'Ivory.....	15

Liste des photos

Photo 1 : Station météo automatique CIMEL du PCP-SCRID.....	9
Photo 2 : Plant, panicules et grains de riz ouvert.....	20
Photo 3 : Le dispositif MRG à Andranomanelatra.....	30

Liste des figures

Figure 1: Les températures moyennes mensuelles dans le site d'Andranomanelatra depuis 2002.....	10
Figure 2: La pluviométrie moyenne mensuelle dans le site d'Andranomanelatra depuis 2002.....	10
Figure 3: Courbe thermique présentant les températures moyennes mensuelles de 8 ans dans le site d'Ivory depuis 2002.....	16
Figure 4 : Courbe présentant la pluviométrie moyenne mensuelle de 8 ans dans le site d'Ivory depuis 2002.....	17
Figure 5 : Les différentes phases du cycle et la formation des composantes de rendement	22
Figure 6 : Relation entre rendement et pourcentage de grains pleins pour toutes les variétés sur le site d'Andranomanelatra et d'Ivory, pour les deux campagnes 2008/2009 et 2009/2010	35
Figure 7 : Variété Nerica4.....	37

Figure 8 : Variété Botramaitso.....	37
Figure 9 : Variété IRAT 112.....	38
Figure 10 : Variété B22.....	39
Figure 11 : Variété WAB 878.....	40
Figure 12 : Variété Primavera.....	40
Figure 13 : Variété CHHG.....	41
Figure 14 : Variété FOFIFA 172.....	42
Figure 15 : Variété FOFIFA 161.....	43
Figure 16 : Variété FOFIFA 167.....	44

Liste des tableaux

Tableau 1: Ressources forestières de la commune d'Andranomanelatra.....	11
Tableau 2: Production annuelle dans la commune d'Andranomanelatra.....	13
Tableau 3: Présentation des composantes de rendement et la phase d'élaboration de la composante.....	22
Tableau 4: Caractéristiques des variétés.....	27
Tableau 5: Calendrier agricole du riz pluvial des deux sites d'études.....	34
Tableau 6 : Equations de la relation « moyenne des températures minimales entre montaison et épiaison et pourcentage de grains pleins », coefficient de corrélation et température seuil pour 0 et 50 % de grains pleins, pour chaque variété.....	44
Tableau 7 : Variété B22.....	46
Tableau 8 : Variété Botramaitso.....	46
Tableau 9 : Variété CHHG.....	47
Tableau 10 : Variété FOFIFA 161.....	47
Tableau 11 : Variété FOFIFA 167.....	48

Tableau 12 : Variété FOFIFA 172.....	48
Tableau 13 : Variété IRAT 112.....	49
Tableau 14 : Variété Nerica 4	50
Tableau 15 : Variété Primavera.....	50
Tableau : 16 : Variété WAB 878	51

Liste des schémas

Schéma 1: Le dispositif d'Andranomanelatra, campagne 2009-2010.....	31
Schéma 2 : Carré de rendement pour les dispositifs	32
Schéma 3 : Le dispositif du site d'Ivory, campagne 2009-2010.....	33

LISTE DES SIGLES ABRÉVIATIONS

Sigles et abréviations

%GP : Pourcentage de Grains Pleins

ASJA : Athénée Saint Joseph Antsirabe

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

BD : Base de Données

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

ESSA : Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques

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

GSDM : Groupement Semis Direct de Madagascar

GTZ : Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit

KOBAMA : Koba Malagasy

LMM : Les Moulins de Madagascar

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

MRG : Mini Rice Garden

Nep/Pa : Nombre d'épillets par Panicule

NG/Pa : Nombre de Grains par panicule

NP/ha : Nombre de Plants par hectare

NP/m² : Nombre de Panicules par mètre carré

NPa/P : Nombre de Panicules par Plant

ONG : Organisme Non Gouvernemental

PCD : Plan Communal de Développement

PCP : Pôle de Compétence en Partenariat

PG: Poids d'un Grain

Plt : Plant

PRA: Riz Pluvial d'Altitude

Rdt : Rendement

RISOCAS: Rice and Sorghum crop adaptation strategies for climate change in vulnerable environment in Africa

RN : Route Nationale

SCRiD : Systèmes de Culture et Rizicultures Durables

TAFA: Tany sy Fampanandrosoana

TIKO: Tiako ka Iriko

UPDR : Unité Politique de Développement Rural

URP : Unité de Recherche en Partenariat

Unités de mesure

% : pourcentage

°C : degré Celsius

cm : centimètre

Chapitre 3 : RIZ ET CLIMAT.....	19
3.1 CARACTERISTIQUES DU RIZ.....	19
3.1.1 Morphologie	19
3.1.2 Croissance et développement.....	20
3.1.3 Composante de rendement.....	21
3.2 FACTEUR CLIMATIQUE.....	22
3.2.1 Température.....	22
3.2.2 La luminosité.....	23
3.3 BESOIN DU RIZ.....	24
3.3.1 Besoin en latitude et altitude.....	24
3.3.2 Besoin en température.....	24
3.3.3 Besoin en eau.....	24
 PARTIE 2 : DEMARCHE	
Chapitre 1 : MATERIEL ET METHODE.....	26
1.1 LE MATERIEL.....	26
1.1.1 Définition de l'objectif.....	26
1.1.2 Matériel végétal.....	26
1.1.3 Matériel technique.....	28
1.2 METHODE.....	28
Chapitre 2 : DISPOSITIF EXPERIMENTAL.....	30
2.1 LE DISPOSITIF D'ANDRANOMANELATRA.....	30
2.2 LE DISPOSITIF D'IVORY.....	32
2.3 LES CONDITIONS EXPERIMENTALES.....	34

PARTIE 3 : RESULTAT ET ANALYSE

Chapitre 1 : RELATIONS INTERFACTEURS.....35

1.1 RELATION ENTRE RENDEMENTS ET POURCENTAGE DE GRAINS
PLEINS.....35

1.2 RELATION ENTRE TEMPERATURE MINIMALE ET POURCENTAGE
DE GRAINS PLEINS.....36

1.2.1 Variété de basse à moyenne altitude.....36

1.2.2 Variété de haute altitude.....41

Chapitre 2 : DISCUSSION ET CONCLUSION.....44

2.1 VARIETES ADAPTEES AUX ZONES DE BASSE A MOYENNE
ALTITUDE.....44

2.2 VARIATIONS DES TEMPERATURES MINIMALES.....45

CONCLUSION GENERALE.....52

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

INTRODUCTION

A Madagascar, la riziculture irriguée est pratiquée par la majeure partie des paysans. Toutefois, 59 % cultivent moins de 70 ares par famille (HIRSCH, 2000), et les zones de bas-fonds, comme sur les Hautes Terres sont saturées. Madagascar dispose encore de terre à disposition sur les versants des collines, les *tanety*, dont 63 % sont cultivables, malgré un relief plus ou moins accidenté. Pour développer les surfaces consacrées à la riziculture, les *tanety* pourraient être plus exploitées, car actuellement seuls 5 % sont cultivées. (RABEZANDRINA, 2002).

La région du Vakinankaratra, sur les Hautes Terres, située entre 18°59' et 20°03' de latitude Sud et de 46°17' et 47°19' de longitude Est, couvre une superficie de 760 000 ha, entre 1 000 à 1 500 m d'altitude, dont 600 000 ha sont cultivés en riz et fournissent du riz commercialisé dans le pays (RAUNET, 1999).

La culture de riz y est pratiquée dans deux conditions non strictement distinctes, allant du pluvial strict uniquement tributaire de la pluie sur les pentes douces des collines, aux cultures irriguées des zones de plaines inondées bénéficiant d'aménagements hydrauliques. A ces deux conditions hydrologiques s'ajoute la variabilité de la nature du sol : ferrallitique ou basaltique sur les collines, hydromorphe minéral et organique en plaines. Par ailleurs, la région entière est soumise à d'importantes variations de pluviométrie annuelle avec une moyenne de 1400 mm. A partir du mois d'avril, les températures sont trop basses pour permettre un développement normal du riz.

La recherche variétale a, sous la convention signée par le FOFIFA et le CIRAD (projet PRA, Riz pluvial d'altitude) depuis 1983, visé l'élargissement de la gamme variétale pour permettre, dans la zone de 1000 à 1500 m d'altitude, de stabiliser voire d'augmenter les surfaces rizicultivées de la région du Vakinankaratra. Cependant, l'extension a été limitée à 1200 m d'altitude car certaines des variétés utilisées n'étaient pas tolérantes au froid, et aux conditions climatiques de la zone de culture, d'où leur faible rendement (Centre Français du Riz, 1995)

Au début des années 2000, le nombre d'exploitants en riz pluvial a été estimé à 10.000 dans la région du Vakinankaratra (CHAUVIGNE V., 2005). Actuellement, la pratique de la riziculture pluviale stricte sur colline n'est plus limitée du fait de la présence de variétés adaptées, en particulier du point de vue de cycle cultural, provenant des résultats de la recherche précédemment évoquée. En effet, les variétés qui ont été diffusées par le FOFIFA sont appréciées et ont été rapidement adoptées par les paysans. La participation active des agriculteurs et de leurs organisations au processus de diffusion des nouvelles variétés et des systèmes de culture a donc un rôle déterminant dans le développement du riz pluvial (DOMAS P. *et al* ; 2009)

Ce mémoire se propose, en complément et en continuité de la confirmation de l'adaptabilité des variétés diffusées, d'étudier leur stérilité en fonction de la température, celle-ci a une influence prépondérante sur le rendement (tolérance au froid), d'où l'intitulé : « Analyse de la stérilité de riz pluvial en fonction de la température ». Il se subdivise en trois grandes parties : la première partie se focalisera sur la généralité de l'étude, la deuxième partie sur la démarche et la troisième partie sur le résultat et analyse.

PARTIE 1 : GENERALITE SUR L'ETUDE

Chapitre 1 : CONTEXTE ET JUSTIFICATION

1.1 LE PROJET RISOCAS

Le projet RISOCAS (Developing Rice and Sorghum crop adaptation strategies for climate change in vulnerable environment in Africa) dans lequel s'insère ce mémoire est un projet qui développe des stratégies d'adaptation du riz et du sorgho, pour faire face aux changements climatiques des environnements vulnérables en Afrique.

Ce projet fournit une méthode opérationnelle qui servira à mesurer l'impact de scénarios de changement du climat sur la culture dans ce continent.

Il vise à aider d'une part, les opérateurs politiques à développer des stratégies pour adapter l'agriculture africaine au changement climatique et, d'autre part, les producteurs à adapter leur système de production à la variabilité climatique, en faisant des essais expérimentaux sur place avec des variétés adaptées aux climats de chaque zone de cultures.

Ce projet est financé par l'Allemagne (GTZ) et les centres internationaux de Recherches Agricoles pour lutter contre l'insuffisance alimentaire qui ne cesse d'augmenter en Afrique.

Le projet RISOCAS est en partenariat avec :

- L'Université de Hohenheim en Allemagne ;
- Le CIRAD à Montpellier ;
- Le FOFIFA à Madagascar ;
- L'IER au Mali et l'ADRAO au Sénégal.

Depuis son existence au sein du FOFIFA Antsirabe, ce projet reçoit des stagiaires venant de diverses Universités et ces derniers apportent une participation au travail de réalisation expérimental effectué par cette entité, en suivant de près les démarches de l'expérimentation.

Concernant les stages à effectuer, ce sont les chercheurs au sein de l'unité qui proposent les thèmes à traiter par les stagiaires.

1.2 L'URP SCRiD

Créée en fin Septembre 2001, le Pôle de Compétence en Partenariat (PCP) sur les « Systèmes de Culture et Rizicultures Durables » (SCRiD) est devenu URP (Unité de Recherche en Partenariat) en 2004. Il associe le FOFIFA, centre national de la recherche appliquée au développement rural, l'Université d'Antananarivo et le CIRAD.

L'URP est née de la volonté de ces 3 institutions. D'une part, sa mission est de promouvoir à la fois une recherche de qualité répondant aux besoins du développement, et d'autre part pour

renforcer leur coopération pour assurer l'accompagnement agronomique et économique du développement de la riziculture pluviale sur les collines.

Dans cette unité de l'URP se trouvent des agronomes, des sélectionneurs, des entomologistes, des physiologistes, des phytopathologistes et des Economistes. Pour tester ses hypothèses de recherche, l'unité met en œuvre des approches pluridisciplinaires et intégrées.

Le but de leur collaboration est de mettre au point des recherches pour améliorer la productivité et la durabilité technique, économique et sociale des systèmes de culture pluviaux.

Ces systèmes pluviaux contribuent dans plusieurs régions du pays, en complément des rizicultures aquatiques, à la sécurité alimentaire. En effet, à Madagascar, la demande croissante en riz et l'augmentation de la pression foncière sur les terres inondées liées à la croissance démographique, conduisent au développement d'une riziculture pluviale sur les collines.

Un renforcement des capacités obtenu à travers les formations supérieures par l'encadrement de thèses et de stages développés à partir des thématiques de l'unité. Concernant le partenariat, l'unité a développé un partenariat de développement local, ses partenaires privilégiés du développement sont la plupart des institutions membres du Groupement Semis Direct de Madagascar (GSDM) et d'autres opérateurs de développement de la région du Vakinankaratra. Ainsi qu'un partenariat scientifique avec des équipes du Nord : CIRAD, IRD, INRA, Université de Montpellier, Université d'Hohenheim.

1.3 ORGANISMES D'ACCUEIL

1.3.1 Le CIRAD

Le Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement ou CIRAD est un organisme scientifique français spécialisé dans le domaine de l'agriculture et du développement rural des régions tropicales et subtropicales. Sa mission est de contribuer au développement de ces régions par des recherches, des réalisations expérimentales, la formation, l'information scientifique et l'appui technique. Le partage des connaissances viennent tout naturellement compléter la recherche agronomique en contribuant à donner aux partenaires et aux acteurs du développement la capacité de faire les choix qui leur reviennent. L'essentiel de la mission du CIRAD est de relever la responsabilité de chacun de ses chercheurs.

Le CIRAD s'acquitte de sa mission de recherche finalisée pour le développement en mettant ses compétences au service d'un objectif : imaginer une agriculture capable de nourrir 8 milliards d'êtres humains en 2030, une agriculture équitable, qui préserve la santé de chacun et l'environnement.

Ses activités couvrent aussi les domaines de l'Elevage et Médecine vétérinaire, la Foresterie, l'Agroalimentaire et l'Agriculture.

Il travaille à Madagascar en étroite collaboration avec le FOFIFA, sur le thème de la riziculture pluviale, dont le but est de diffuser des systèmes de cultures efficaces adaptés aux zones des Hautes Terres et en créant des variétés pluviales plus productives, s'adaptant dans les régions d'altitudes et à des régions écologiquement plus défavorables. Il propose des techniques qui sécurisent la production et préservent l'environnement, apporte un appui aux agriculteurs pour mieux gérer les ressources naturelles, produire au moindre coût, réduire la pénibilité du travail de l'agriculteur.

1.3.2 Le FOFIFA

Le FOibem-pirenena momba ny Fikarohana ampiarina ho Fampanandrosoana ny tontolo Ambanivohitra ou FOFIFA, créée en 1974, est un Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural. Il représente la composante principale du Système National de Recherche Agricole à Madagascar. Ses activités s'orientent sur des recherches agronomiques et à des participations au développement rural. Ses domaines recouvrent l'Agriculture, l'Elevage, la Foresterie, le machinisme agricole et génie rural, les Technologies de conservation et de transformation des produits agricoles, la formation et l'encadrement technique, l'Hydraulique et les Etudes socio-économiques.

Le FOFIFA dispose de 110 scientifiques de différentes spécialités (agronomie, pédologie, phytopathologie, entomologie, génétique, foresterie, sylviculture, médecine vétérinaire, zootechnie, économie, socio-économie, ...) dont plusieurs d'entre eux ont des expériences d'expertise et de consultations de renommée internationale.

Sa mission est de contribuer au développement rural du Vakinankaratra par la mise en œuvre des activités de recherches agricoles en générant des technologies adaptées aux conditions rurales concernant la production végétale : sur la riziculture et les cultures vivrières.

Les perspectives du FOFIFA sont d'améliorer et d'intensifier le partenariat aussi bien local qu'international pour pouvoir mener des actions par projets de recherche à buts de publications

Chapitre 2 : ZONES D'INTERVENTION

Ce stage de fin d'études a été effectué dans deux zones de la région du Vakinankaratra, à savoir la zone d'Andranomanelatra, zone de haute altitude (1650 m) et la zone d'Ivory, zone de moyenne altitude (954 m). Le site d'Ankepaka, au Sud Est, en basse altitude, a également fait l'objet d'expérimentation mais les rendements obtenus n'ont pas été pris en considération en raison des problèmes cycloniques rencontrés lors des 2 campagnes de mesure.

2.1 LA ZONE D'ANDRANOMANELATRA

2.1.1 Composante physique

- **Délimitation territoriale**

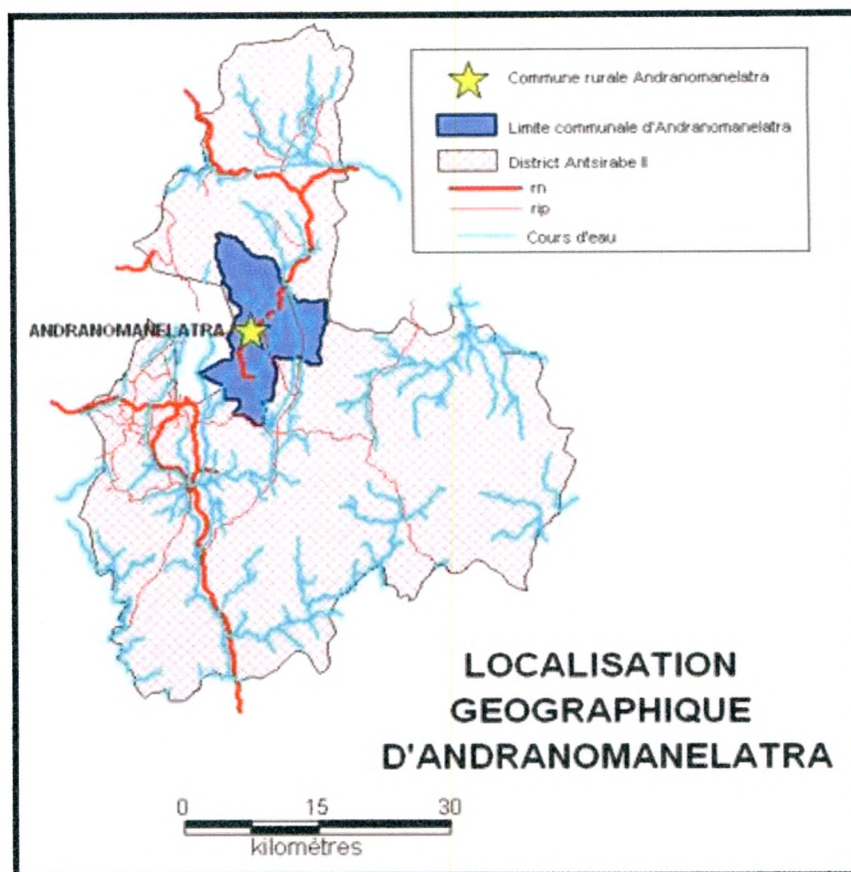
L'expérimentation s'est réalisée à Andranomanelatra, autrefois ferme d'usine KOBAMA, suivant les délimitations suivantes : Andranomanelatra est une commune rurale localisée dans la région du Vakinankaratra, District Antsirabe II.

- **Situation géographique**

Elle se situe à 16 km au nord d'Antsirabe sur la RN7 et est entourée :

- au Nord, par la Commune Rurale d'Antsoantany ;
 - à l'Est, par la Commune Rurale d'Ambohimiarivo ;
 - au Sud, par la ville d'Antsirabe ;
 - à l'Ouest, par la Commune Rurale d'Ambano.
- **Superficie** : Elle s'étend sur une superficie de 164 km².
 - **Altitude** : Elle se trouve dans la zone de haute altitude (1650 m)
 - **Coordonnées géographiques** : 19°49' et 20°52' de latitude Sud, 47°4' et 49°06' de longitude Est.

La localisation géographique de la zone d'étude à Andranomanelatra est représentée par la carte suivante. Elle a été traitée avec le logiciel SIG, BD 500, Mapinfo.



Carte 1 : Localisation géographique d'Andranomanelatra

Source : BD500, Mapinfo

- Climat

La région du Vakinankaratra fait partie du régime climatique tropical d'altitude, supérieure à 900 mètres. Elle est caractérisée par une température moyenne annuelle inférieure ou égale à 20° C (Direction de la Météorologie Ampandrianomby).

Pendant la saison sèche et froide : les températures minimales se situent entre 6 et 9°C, les extrêmes peuvent descendre en dessous de 0°C. On compte 1 à 10 jours de gel à une altitude variant entre 1400 et 1600 m (ROLLIN, 1994). C'est entre le 15 Juin et le 10 Août que les risques de gel sont les plus grands (RABEMANAMBOLA, 2007), ce qui correspond aussi à la période de plus faible ensoleillement et aux températures moyennes les plus basses. Il y a lieu de rappeler que le froid constitue un facteur limitant pour les cultures de contre saison.

La station météorologique CIMEL installée sur le site d'Andranomanelatra, permet d'avoir les conditions climatiques affectant l'expérimentation, c'est-à-dire la température, la pluviométrie, le vent et la durée d'ensoleillement.



**Photo 1 : Station météo automatique CIMEL du PCP-
SCRID**

Source : Auteur

➤ **Température**

En général, la température moyenne annuelle de la région du Vakinankaratra se situe aux environs de 17°C avec des maxima de 25°C (Octobre à Novembre) et des minima de 5°C (Juin).

La zone d'Andranomanelatra est caractérisée par l'alternance d'une saison sèche et froide qui se déroule du mois de mai jusqu'au mois de septembre et d'une saison chaude et humide qui débute au mois d'Octobre et se termine au mois d'Avril. En 2009-2010, les températures moyennes varient de 16 à 20°C pendant toute l'année, mais elle est variable en fonction du mois.

L'évolution de la température depuis l'année 2002 est montrée par la figure ci-après.

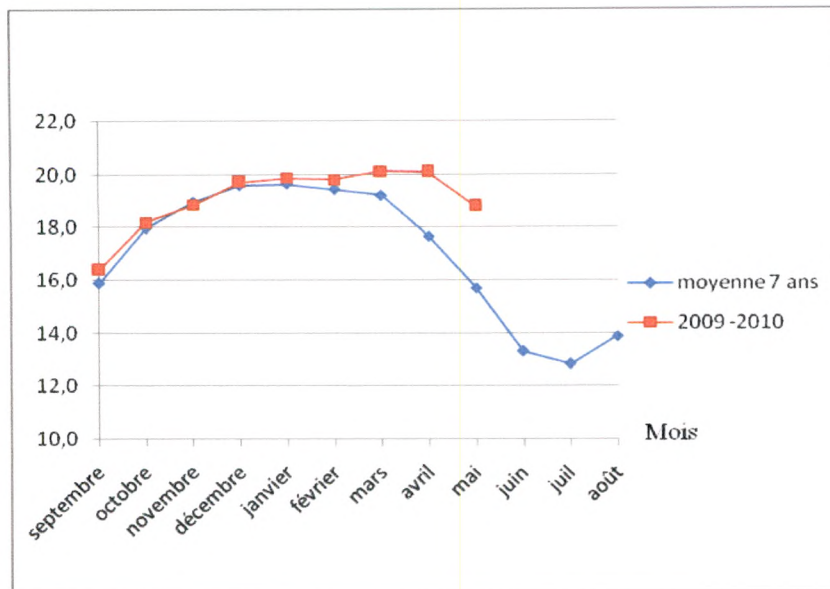


Figure 1: Les températures moyennes mensuelles dans le site d'Andranomanelatra depuis 2002.

Source : Station CIMEL Andranomanelatra

➤ Pluviométrie

Pour cette campagne 2009-2010, la pluie est faible par rapport à la moyenne de 7ans. A la période du semis, elle a augmenté jusqu'à 300 mm et après diminuait. Elle est variable en fonction des mois et de l'année.

La figure suivante représente l'évolution de la pluviométrie à Andranomanelatra depuis l'année 2002.

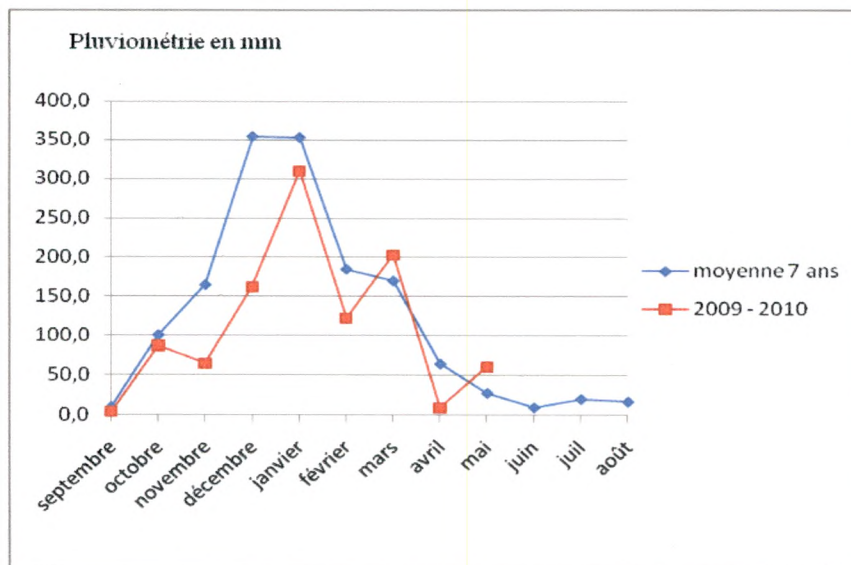


Figure 2: La pluviométrie moyenne mensuelle dans le site d'Andranomanelatra depuis 2002.

Source : Station CIMEL Andranomanelatra.

- Nature du sol

Selon la classification de Zebrowski, le sol de cette zone est comme un sol ferrallitique fortement désaturé, typique, rajeuni, humifère, sur matériaux volcaniques acides, et par Raunet (1981) comme un sol ferrallitique gibbsitique, fortement désaturé, roux ou ocre, sur alluvions volcano-lacustres. Les sols ferrallitiques fortement désaturés possèdent de faibles niveaux de matières organiques et de teneurs élevées en Alumine échangeable liées à très forte acidité.

Le sol, du dispositif d'Andranomanelatra est caractérisé par de sol ferrallitique fortement désaturé, très lessivé et plus acide en surface qu'en profondeur. (MAEP /UPDR, 2003)
Tous les cours d'eau, les affluents existants dans la commune d'Andranomanelatra traversent la rivière d'Andranotobaka.

- Relief

Le paysage de la commune d'Andranomanelatra est marqué par des variations du relief. On s'aperçoit cependant que le relief influe non seulement le paysage de la commune mais aussi le paysage de l'exploitation.

Au sein de la commune d'Andranomanelatra le relief est donc varié et la disponibilité en eau diffère selon les unités paysagères.

2.1.2 Composante biologique

- Ressources forestières

Les ressources forestières existant dans la commune est indiqués dans le tableau ci-après, selon leur nature, leur unité et ainsi que leur observation au niveau du nombre exploitable.

Tableau 1: Ressources forestières de la commune d'Andranomanelatra

NATURE	UNITE	OBSERVATION
Forêt	825 Ha	107 Exploitables

Source : PCD Andranomanelatra

Il y a 107 ha de forêt exploitable, constituée essentiellement d'espèces exotiques à l'instar des Pins et Eucalyptus.

La classification des forêts se présente comme suit:

- Superficie forestière totale : 825 ha
- Nombre de feu de brousse : 3 à 4 par an
- Existence d'un centre pépinière : OUI

2.1.3 Composante humaine

- Population et démographie

Au niveau district, la densité globale de la population est de l'ordre de 77,53 hab / km².

La Commune d'Andranomanelatra est relativement peuplée, due en partie à sa qualité de zone suburbaine. En 2007, le recensement a avancé le chiffre 32.276 pour sa population totale, avec un taux de 52% de femmes. La répartition par âge de la population indique une population jeune constituant une énorme potentialité humaine.

- Composition ethnique

L'ethnie dominante dans la Commune est Merina. Les principales pratiques ancestrales qui ont résisté aux temps et encore respectées jusqu'à présent sont l'exhumation ou « *famadihana* » et la circoncision ou « *famorana* ». Les habitants de la commune attachent une importance aux traditions, reflétées par l'importance accordée aux prescriptions et manières copiées à l'ancien tant pour l'économie que pour le social.

- Education

Selon les données statistiques de recensement effectué en 2001, une école primaire et secondaire est disponible dans la ville.

- Agriculture

La majorité (63,5 %) de la population de la commune d'Andranomanelatra est des agriculteurs, tandis que 35 % reçoivent leur subsistance de l'élevage.

Les cultures les plus importantes sont le riz et le maïs, tandis que d'autres produits agricoles importants sont les fruits et les légumes comme les pommes de terre et les tomates. Le riz pluvial reste une culture de subsistance pour les agriculteurs de la commune d'Andranomanelatra. Le riz pluvial permet ainsi à ces agriculteurs d'assurer ou de tenter d'assurer la sécurisation de l'alimentation de leur famille.

La production annuelle des cultures vivrières et les cultures de rente au niveau paysan dans la commune est montrée par le tableau suivant.

Tableau 2: Production annuelle dans la Commune d'Andranomanelatra

TYPOLOGIE	PRODUITS	SUPERFICIE (Ha)
Céréales	Riz	1180
	Maïs	2150
Tubercules Racines	Manioc	499
	Pomme de terre	126
	Patates douces	586
	Saonjo	35
Légumineuses	Haricot	1360
Légumes	Tomate	
	Carottes	
	Laitues	
Arboriculture fruitière	Pommes	57580 pieds
	Pêche	26781 pieds
	Prunes	33778 pieds

Source : PCD Andranomanelatra

- Riziculture et culture d'autres céréales

Près de 1180 ha de la surface cultivée de la Commune sont destinés à la riziculture dont plus de 10% réservé au riz pluvial. Les surfaces aménageables pour cette culture sont encore immenses car 8090 ha de terrains peuvent être reconvertis pour la plantation de riz. Les potentialités qui s'offrent à la réforme de l'agriculture, notamment pour le riz commence à avoir de la place.

- Economie

Les secteurs économiques les plus rencontrés dans la commune sont : l'agriculture, l'élevage, le commerce et l'industrie. L'agriculture et l'élevage sont pratiqués par la majorité des habitants. La différence réside dans la proportion de terrain cultivé et les nombres de têtes de bétail ou de volailles que les ménages possèdent. Par rapport à d'autres communes rurales, une des particularités est la présence des grandes industries agroalimentaires : Groupe TIKO- Les Moulins de Madagascar (L.M.M)

2.2 LA ZONE D'IVORY

2.2.1 Composante physique

- Délimitation territoriale

La zone d'étude à Ivory (Moyen-Ouest) est localisée dans la commune rurale d'Ankazomiriotra, (partie centre - Ouest du Vakinankaratra). Elle appartient au District de Betafo, dans la région du Vakinankaratra et dans la province d'Antananarivo.

- Situation géographique

Elle se situe à 88 km à l'Ouest d'Antsirabe sur l'axe RN 34 qui relie Antsirabe à Miandrivazo et est délimitée par les villes et communes environnantes suivantes :

- au Nord, par Tsaramasoandro, Ambatolahimaro, Betsohana ;
 - à l'Est, par Ambaratra, Betainakoho, Andohanampivalanana, Ampadiambola ;
 - au Sud, par Soamiafara, Ankelidrano, Antsahondramaromandry, Bemikitrana ;
 - à l'Ouest, par Ambohitararoa, Atsimo Ambohimena, Ampombaka.
- Superficie : Elle s'étend sur une superficie de 197 km²
 - Altitude : Elle se trouve dans la zone de basse altitude (954 m)
 - Coordonnées géographiques : 19°33' et 19°39' de latitude Sud et 46°25' et 46°32' de longitude Est

La localisation géographique de la zone d'Ivory est représentée par la carte ci-après.

CARTE DE LOCALISATION D'IVORY



LEGENDE	
•	village
•	chef lieu
★	Commune
■	Zone d'études
— (blue)	ruisseaux
— (dark blue)	cours d'eau
— (red)	piste
— (orange)	RN
— (brown)	limite
□ (pink)	fiv

Carte 2 : Localisation du site d'Ivory

Source : BD500, Mapinfo

- Climat

Aucun mois n'est sec dans la région du Vakinankaratra sauf au Moyen-Ouest en début de la saison, cela implique que les Communes de Mandoto et d'Ankazomiriotra sont caractérisées par la présence de mois sec au printemps.

- Température

Depuis l'année 2002, la température dans ce site augmente au fur et à mesure, il fait très chaud pendant la saison sèche.

L'évolution de la température dans le site d'Ivory est montrée par la figure suivante

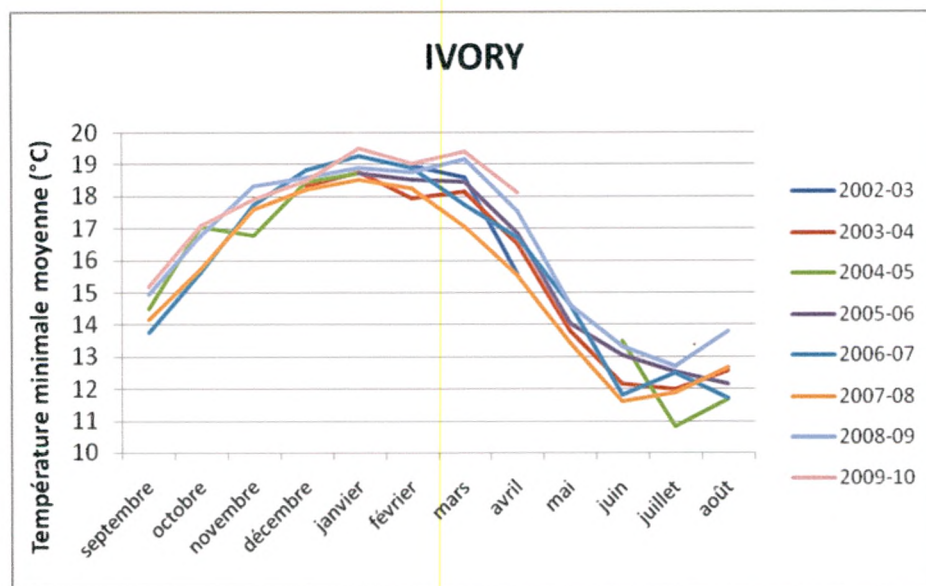


Figure 3: Courbe thermique présentant les températures moyennes mensuelles de 8 ans dans le site d'Ivory depuis 2002.

Source : Station Gemini à Ivory

- Pluviométrie

Ces deux Communes sont des zones de basse altitude donc moins arrosées et beaucoup plus chaudes, ce qui signifie encore que la répartition diminue avec l'altitude.

Le nombre de jour de pluie décroît aussi de l'Est vers l'Ouest variant de 149 jours à 39 par an. (RAVEROMIHAJA.H, Mai 1996)

La figure ci-après représente la moyenne mensuelle de pluviométrie depuis 2002 jusqu'à 2010

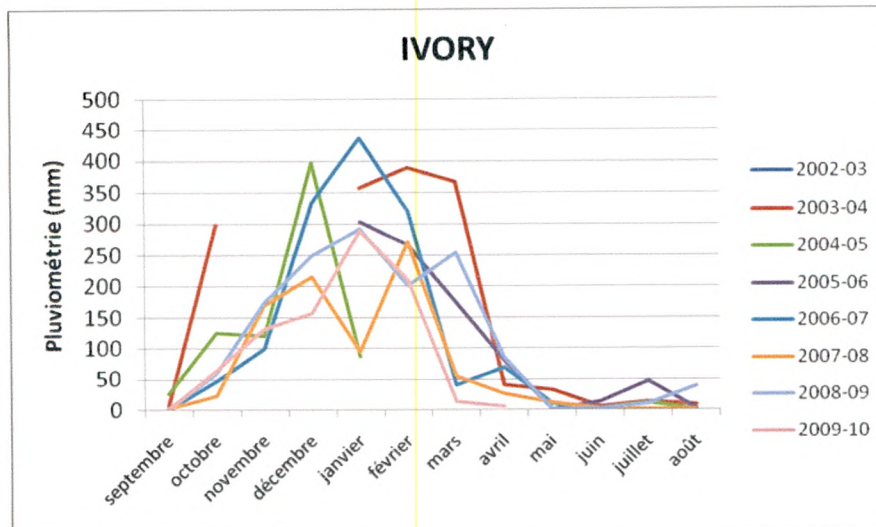


Figure 4: Courbe présentant la pluviométrie moyenne mensuelle de 8 ans dans le site d'Ivory depuis 2002.

Source : Station Gemini à Ivory

- Nature du sol

Il est caractérisé par de sol ferrallitique sur migmatite granitoïde (RAMAHANDRY, 2003) et ferrallitique humifère. (RAKOTOSON, 2003)

- Hydrographie

Les cours d'eau sont tous des affluents de la Mania les uns directement ou presque, les autres par l'intermédiaire de l'Iandratsay.

Toutes les rivières entre Ankazomiriotra et Mandoto coulent vers le Kitsamby au Nord.

- Relief

Les environs d'Ankazomiriotra forment une pénéplaine très latéritisée, avec des pointements gneissiques ou granitiques s'élevant au-dessus de la région. Au nord de Mandoto se trouve le grand massif granitique d'Iasy-Mandray, dominant la vallée de la Kitsamby.

2.2.2 Composante biologique

- Végétation

Les rizières ont partout remplacé les galeries forestières qui ne subsistent plus que très rarement le long des rivières encaissées.

2.2.3 Composante humaine

- Population et démographie

La population de la commune a été estimée à environ 34.000 en 2001, selon le recensement de la Statistique.

Comme composition ethnique, la population dominante dans cette commune est Merina et l'Antandroy.

- Education

L'école primaire et secondaire sont les seules infrastructures où les élèves peuvent fréquenter dans la dite commune ; sinon, ils doivent poursuivre leurs études dans une autre ville.

- Agriculture

La majorité (75 %) de la population de la commune est des agriculteurs, tandis que 25 % reçoivent leur subsistance de l'élevage.

La culture la plus importante est le riz, mais d'autres produits comme le maïs et le manioc y sont aussi importants.

- Economie

L'économie de la commune est essentiellement basée sur l'agriculture.

Le Moyen-Ouest ne possède pas d'unité industrielle et les débouchés sont moins importants que sur les Hautes Terres. Le principal débouché agricole est la vente à des collecteurs de certains produits tels que le riz, les tubercules, l'arachide. En effet, les exploitations agricoles du Moyen-Ouest ont souvent une superficie beaucoup plus importante que celles sur les Hautes Terres, car moins soumises à la pression démographique, elles dégagent donc souvent un surplus qui pourra être vendu.

Remarque :

L'expérimentation s'est déroulée dans les dispositifs d'Andranomanelatra et d'Ivory au Moyen-Ouest. Les zones d'études se trouvent à des altitudes différentes caractérisant chacune des conditions climatiques différentes.

Chapitre 3 : RIZ ET CLIMAT

3.1 CARACTERISTIQUES DU RIZ

Classification :

- Règne : VEGETAL
- Embranchement : SPERMATOPHYTES
- Sous-embranchement : ANGIOSPERMES
- Classe : MONOCOTYLEDONES
- Famille : Poaceae
- Genre : *Oryza*
- Espèce : *Oryza glaberrima* et *Oryza sativa*

3.1.1 Morphologie

Le riz est une plante herbacée annuelle avec une tige ronde recouverte de feuilles sessiles plates en forme de lame et une panicule terminale.

- Les racines sont constituées de racines secondaires et de poils absorbants. La racine primaire croît à partir de la semence au moment de la germination, et ne vit qu'un court moment. Elle est rapidement remplacée par des racines secondaires.
- La tige est constituée d'un certain nombre de nœuds et d'inter nœuds dans un ordre successif.
- Les feuilles prennent naissance à un nœud de la tige et sont constituées de deux parties : la gaine foliaire et le limbe foliaire. Chaque nœud donne naissance à une feuille. La gaine foliaire enveloppe la totalité de l'inter nœud et même dans certains cas plus d'une année. Le limbe foliaire ou la partie terminale de la feuille est attachée au nœud par la gaine foliaire. (LACHARME, 2001)

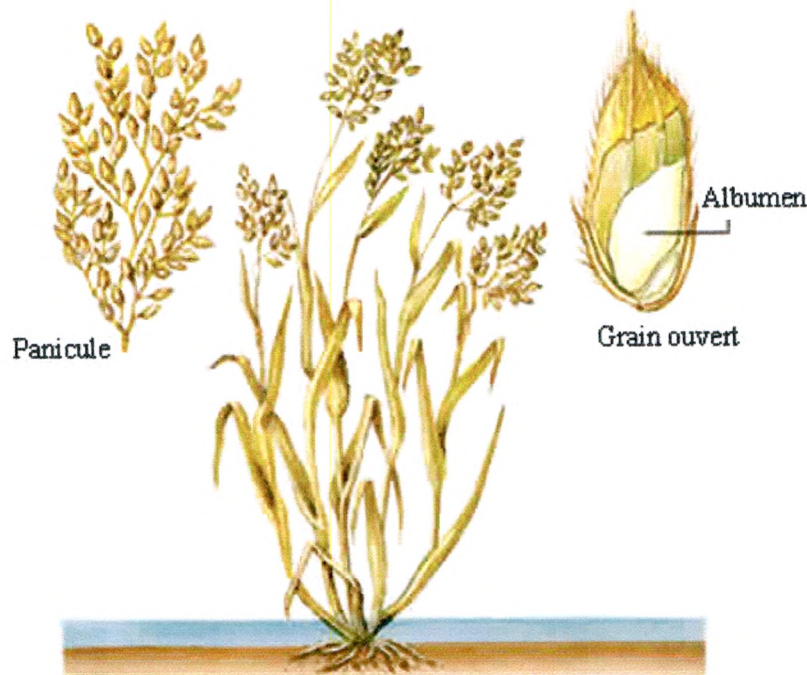


Photo 2 : Plant, panicules et grains de riz ouvert

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

3.1.2 Croissance et développement

- La phase végétative

Cette phase comprend la germination, la levée et le tallage. Elle dure du semis jusqu'à la phase de l'initiation paniculaire. Selon la température, la phase de germination dure de 5 à 20 jours (5 jours en condition chaude et 20 jours sous des basses températures).

La levée va de l'émergence jusqu'au stade de 4 feuilles et dure de 15 à 25 jours, mais des basses températures rallongent la durée de la levée. La durée (germination + levée) est d'environ 21 jours. Elle peut être rallongée jusqu'à près de 40 jours pour les semis de tout début de contre saison chaude (LACHARME, 2001).

Le tallage commence à partir du stade 5 feuilles et a une durée variable qui dépend des conditions climatiques (température) et de la variété. C'est la longueur de cette phase végétative qui différencie les variétés de cycle court, moyen et long (Hari K. Pande, 1997)

- La phase reproductive

Elle commence dès l'initiation paniculaire jusqu'à la fécondation. La durée de la phase est entre 19 à 25 jours. Elle comprend l'initiation paniculaire, la montaison, l'épiaison, floraison et la fécondation. A partir de l'initiation paniculaire, le tallage s'arrête. Durant cette phase reproductive, le plant de riz est particulièrement sensible à des conditions défavorables (sécheresse, basses températures...) (LACHARME, 2001).

La phase reproductive est sous la dépendance de divers facteurs : humidité, nutrition et surtout température et durée du jour, le facteur variétal n'étant cependant pas négligeable.

Elle comprend deux périodes :

1^{ère} période : de l'initiation de la panicule à l'exsertion ;

2^{ème} période : de l'exsertion ou épiaison à la floraison (ANGLADETTE, 1966).

- La phase de remplissage du grain et de maturation

Cette phase va de la fécondation des grains jusqu'à la maturité. Durant cette phase, on observe un remplissage des grains par un mouvement des éléments nutritifs de la plante vers les grains. Les grains passent par une phase de grain laiteux, puis grain pâteux et enfin de grain mature. Elle dure de 30 à 42 jours, selon les conditions de température et d'humidité (LACHARME, 2001).

3.1.3 Composantes de rendement

Le rendement étant la production par unité de surface, ses composantes dépendent des conditions de culture et sont très interdépendantes : par exemple un faible nombre de plantes au mètre carré peut être en partie corrigé par un tallage plus élevé ou par un plus grand nombre de grains par panicule.

Par ailleurs, les techniques culturales et les conditions climatiques ont une influence décisive sur chacune des composantes du rendement en grain. En revanche, elles ont un effet limité sur l'indice de récolte (Rendement en grain / Production totale de matière sèche) ; qui est avant tout une caractéristique variétale (CIRAD-GRET, Mémento de l'Agronome).

Les composantes du rendement sont, au cours de cette étude, mesurées à la récolte sur une placette de 9 poquets. Ce sont

- NP / ha : le nombre de plants par hectare ;
- N Pa / P : c'est le nombre de panicules par plant ;
- NG / Pa : le nombre de grains par panicule ;
- % GP : le pourcentage de grains pleins ;
- PG : le poids d'un grain.

Le rendement correspond au poids total des grains de la placette récoltée, après séchage à l'étuve (MOREAU, 1987).

Chacune de ces composantes est élaborée à une période déterminée du cycle de la plante.

Tableau 3: Présentation des composantes de rendement et la phase d'élaboration de la composante

Composantes du rendement	Phase d'élaboration de la composante
Nombre de plants /m ²	Germination - levée
Nombre de panicules par plant	Début tallage – fin tallage
Nombre d'épillets par panicule	Fin tallage – début montaison
Pourcentage de grains pleins	Montaison – épiaison - fécondation
Poids d'un grain	Remplissage du grain - maturation

Source : Lacharme, 2001

Les différentes phases du cycle de la plante de riz et la formation des composantes du rendement sont indiqués dans la figure suivante :

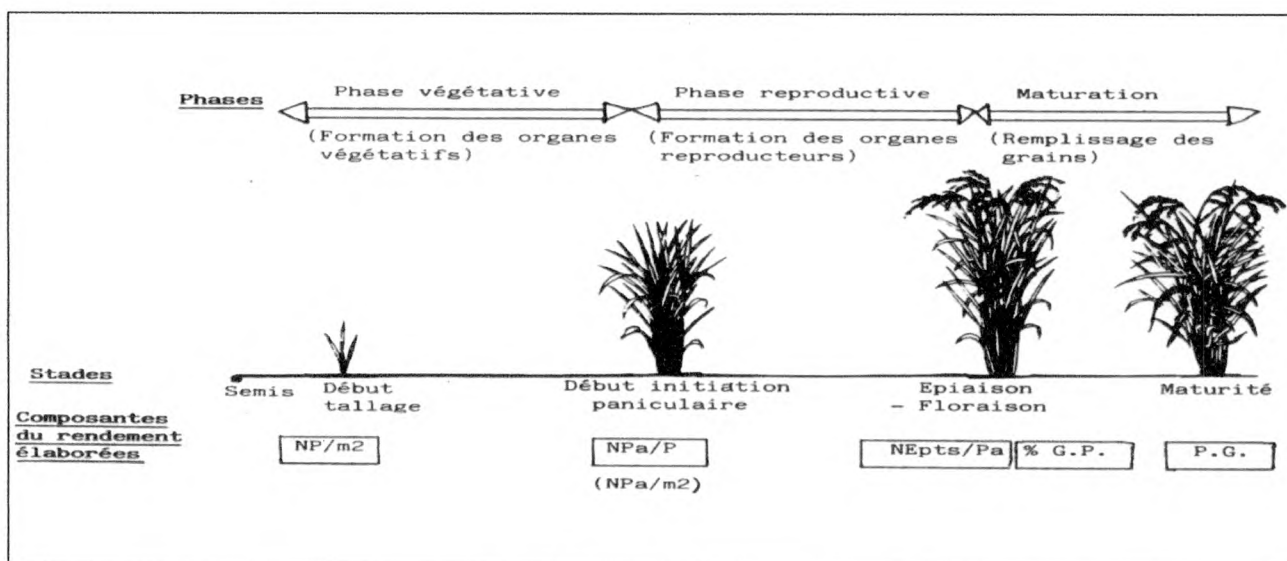


Figure 5 : Les différentes phases du cycle et la formation des composantes de rendement

Source : Moreau, 1987

3.2 FACTEUR CLIMATIQUE

La plante est soumise aux aléas climatiques sans pouvoir se protéger même si de long processus d'adaptation peuvent exister. Les principaux facteurs qui interviennent sont :

3.2.1 Température

La température est une mesure d'énergie ; on l'exprime le plus souvent en degré Celsius (°C). Elle est très variable près du sol, soit jusqu'à 1000 m d'altitude, puis elle décroît en moyenne de 0,5 °C tous les 100 m dans la troposphère. (SOLTNER. D, 1999)

La stérilité est due aux basses températures, elles agissent lorsque les cellules reproductrices sont en cours de formation ; et induisent la malformation de ces organes (ovaire ou pollen). Le froid a une double conséquence : d'une part, l'absence des grains ou la stérilité et d'autre part, la prolifération pathogène des cellules bactériennes (en culture aquatique) et cryptogamiques (en culture pluviale) (IRAT, CIRAD, 1989). Le taux de stérilité varie en fonction de l'altitude. En outre, chaque variété de riz cultivée se comporte différemment ; la sensibilité au froid ou à une forte chaleur n'est pas la même. La sensibilité au froid est différente suivant le stade végétatif et son influence varie suivant l'organe considéré : incidence du froid sur les organes de reproduction et le niveau de fécondité, sur le niveau d'activité de la photosynthèse (PUARD et ROCHE, 1993). Ainsi, la sensibilité à la basse température est grande de 15 à 20 jours avant la floraison.

Les exigences thermiques des plantes signifient que, leurs besoins en chaleur augmentent avec les étapes de la croissance du cycle, depuis la germination jusqu'à la récolte. Les exigences de la plante sont limitées par des températures minimales et maximales, en dehors desquelles la phase de développement n'a pas lieu. Entre ces deux limites, il existe une température à laquelle chaque variété donne son meilleur rendement.

Le cycle évolutif des plantes est très sensible au rythme des températures. Ceci est représenté par un simple facteur, qui est la somme des températures. Cette somme est le résultat d'une addition des températures moyennes quotidiennes ou, mieux encore, la somme de l'excédent de la température au-dessus du seuil de croissance.

3.2.2 La luminosité

La luminosité provient du soleil sous forme de rayonnements transmis à la terre en ondes électromagnétiques dont la lumière et la chaleur sont essentielles à la vie. La quantité de rayonnement transmise varie d'un endroit à un autre pour un moment donné, elle dépend de la lumière solaire, ainsi de la durée de l'insolation.

Un faible rayonnement pendant la période de formation des cellules reproductrices peut induire une forte stérilité. La période critique pour les besoins en radiations est définie autour de l'épiaison. Néanmoins, l'effet de la radiation solaire sur la fertilité ou non du riz est variable.

3.3 BESOIN DU RIZ

3.3.1 Besoin en latitude et altitude ✕

Ces deux paramètres agissent sur le riz par l'intermédiaire des températures. La latitude agit de plus par l'intermédiaire de la photopériode, tandis que l'altitude dépend de la température. Par exemple pour les cas des Hautes Terres malgaches, la culture du riz pluvial est limitée à une altitude inférieure à 1200 m, alors si l'altitude de la zone de culture dépasse ceci, il y a risque de mauvais et faible rendement parce que cela ne convient pas à certaines des variétés cultivées. La photopériode ou durée du jour, correspond au nombre d'heures pendant lesquelles le soleil est situé au-dessus de l'horizon. Elle dépend exclusivement de la latitude du lieu et du jour calendaire (BALDY. C, STIGTER C. J, 1993).

3.3.2 Besoin en température

C'est un facteur limitant du développement des plantes. On admet que le riz n'initie son développement que pour de températures supérieures à 13 °C. Pour le développement du riz, 5 jours à 23°C conduit au même stade de développement que 10 jours à 18°C. Cela s'explique qu'avec l'élévation en altitude et de baisse progressive de la température moyenne, la durée totale du cycle de développement du riz s'allonge.

Des températures trop basses (inférieures à 15°C) peuvent induire une mortalité importante des grains de riz lors de leur germination et à la levée. Une température excessive lors de l'épiaison- floraison entraînera la mort de nombreux épillets, ainsi, peut entraîner un coup de chaleur qui sera une cause d'échaudage. Des températures basses lors de la floraison feront avorter de nombreux épillets, et elles peuvent aussi limiter le remplissage des grains. Quand la température minimum diminue, le taux de stérilité augmente.

3.3.3 Besoin en eau

En culture pluviale, il faut de 160 à 300 mm de pluie par mois pendant toute la durée du cycle, soit 1000 à 1800 mm jusqu'à la fin du cycle. La phase d'initiation paniculaire est particulièrement sensible au manque d'eau. Durant la phase de remplissage des grains, la plante a besoin d'eau pour assurer la circulation de la sève. Une mauvaise alimentation hydrique ou un fort coup de chaleur provoquant un dessèchement de la plante pendant cette phase et empêche la migration des réserves vers les grains : on dit qu'il y a échaudage. Ce dernier entraîne la réduction du poids moyen d'un grain et une grande proportion de grains vides (HUBERT, 1968).

Les plantes contiennent plus de 80% d'eau qui est sans cesse renouvelée. L'eau absorbée provient de la pluie ou de la nappe phréatique en profondeur qui monte. Le déficit hydrique dans le sol se traduit par une augmentation des températures diurnes des feuilles ; elle est due à la fermeture (partielle ou totale) des stomates, provoquée elle-même par l'alimentation en eau insuffisante des organes aériens par les racines pendant la journée. Cette dernière peut être due au développement insuffisant des racines, ou à un déficit réel en eau du sol (BALDY & STIGTER, 1993).

Tous les stades sont sensibles à la forte sécheresse et aussi aux excès d'eau mais la phase d'initiation paniculaire et maturation sont les plus sensibles. De mauvaises conditions climatiques durant la période de formation des panicules et la floraison entraînent un nombre important de fleurs stériles, et réduisent le nombre de grains par panicule (Hari K. Pande, 1997)

Remarque :

Les caractéristiques du riz ont été présentées selon la description de la plante et de son développement.

La plante est soumise aux aléas climatiques par l'intervention des divers facteurs sans pouvoir se protéger même si de long processus d'adaptation peuvent exister.

PARTIE 2 : DEMARCHE

Chapitre 1 : MATERIEL ET METHODE

1.1 MATERIEL

1.1.1 Définition de l'objectif

Après avoir déterminé la valeur de la température « seuil de sensibilité au froid » de chacune des variétés, l'objectif suivant a été défini : mettre en évidence les relations qui existent entre la stérilité des grains et les températures minimales préexistantes durant les périodes de culture.

Les résultats sont très importants pour faciliter le choix des géniteurs dans les futurs programmes de création variétale dans des nouvelles zones de cultures et pour des outils de modélisation afin de tester des scénarios de changement climatique.

Pour ce faire, l'analyse a été conduite en trois temps :

- Mettre en relation les rendements obtenus avec les pourcentages de grains pleins (inverse de la stérilité) afin de montrer que la variation du pourcentage de grains pleins explique l'essentiel des variations de rendement. Pour cela, une analyse des données des récoltes des cinq dates de semis sur les deux sites a été réalisée;
- Mettre en relation les pourcentages de grains pleins avec les températures minimales lors de la phase de sensibilité au froid, ce sera l'essentiel de notre travail. Il faudra pour cela analyser les dates importantes (date de montaison, épiaison et floraison) et les données de température associées à ces dates ;
- Faire un petit travail prospectif à partir des données météorologiques de la zone d'Andranomanelatra afin de réaliser une étude de risque de stérilité. Il aurait été plus intéressant de travailler avec des données météorologiques d'un autre site avec de nombreuses années, malheureusement l'analyse n'a pu se faire qu'avec les données météorologiques de l'URP SCRiD (8 années sur Andranomanelatra).

1.1.2 Matériel végétal

Les variétés de riz pluvial retenues pour l'étude sont issues des variétés diffusées dans les zones d'altitude. Elles ont été créées ou introduites par le FOFIFA et ont été auparavant testées plusieurs fois dans les régions des Hautes Terres malgaches, au lac Alaotra et au Moyen-Ouest.

Lors de l'expérimentation, 10 variétés de riz pluvial ont été utilisées :

- B22 d'origine brésilienne, de basse à moyenne altitude, introduite au CALA en 1983 ;
- Botramaitso, variété traditionnelle de basse à moyenne altitude de la côte – est ;
- Chhomrong Dhan, variété népalaise de haute altitude, introduite ;
- FOFIFA161, variété SCRiD de haute altitude

- FOFIFA167, variété SCRID de haute altitude
- FOFIFA172, variété SCRID de haute altitude
- IRAT112, variété brésilienne de basse à moyenne altitude, c'est un cultivar créé lors du programme d'amélioration variétale de l'IRAT /Montpellier/France ;
- Nerica 4, variété d'origine africaine (ADRAO) de basse à moyenne altitude ;
- Primavera, variété d'origine brésilienne de basse à moyenne altitude ;
- WAB 878, c'est une variété africaine (ADRAO) de basse à moyenne altitude.

Longueur du cycle végétatif, tolérance au froid, résistance à la maladie, nombre de plants, nombre de talle, nombre de panicule, nombre de grains, pourcentage de grains pleins, poids des grains sont autant de caractères qui ont fait l'objet de mensuration.

Tableau 4 : Caractéristiques des variétés

N°	Variété et origine	Description et points forts	Points faibles
1	CHHOMRONG DHAN , variété népalaise	Hauteur moyenne de la plante 120 cm, aptitude au tallage très bonne, exsertion paniculaire excellente, grain aristulé, tolérante aux maladies, résistante au froid, rendement maximum 6,8t/ha, adaptation à la haute altitude	Sensible à la verse, au stress hydrique « panicules blanchies », sensible à l'égrenage
2	F161 ou «Mahefa», parents : IRAT 114 (femelle) et FOFIFA 133 (mâle)	Variété à paille intermédiaire et à feuille grande, hauteur moyenne 92 cm, port de la feuille paniculaire semi-dressé, panicule compacte, gros grain poilu demi-ronde, variété très homogène, bonne productivité : 2,8t/ha en moyenne à 6,6t/ha maximum, résistante à la pyriculariose, adaptation à l'altitude, rustique, tolérante au froid, cycle végétatif moyen 154 jours	Tallage moyen, un peu sensible à l'égrenage,
3	F167 , parents : CA 148 (femelle) et Shin Ei (mâle)	Plante haute à feuille fine, hauteur moyenne 115cm, fort tallage, port de la feuille paniculaire intermédiaire, compétitive vis-à-vis des mauvaises herbes, tolérante aux maladies, grain barbu, meilleur rendement 4t/ha, résistante à l'égrenage, cycle végétatif moyen 165 jours à 1500m	Hétérogène, cycle un peu tardif, petit grain demi-long, un peu sensible à la verse, sensible à la pyriculariose
4	F172	Hauteur moyenne de la plante 95 cm, port de la feuille paniculaire horizontal, aptitude au tallage très bonne, aspect sanitaire du grain excellent, grain médium à péricarpe rouge, feuilles basses couvrantes, tiges et feuilles fines, bon tallage malgré la précocité, rendement maximum 5t/ha, résistante aux maladies, adaptation à la très haute altitude	Sensible à l'égrenage
5	IRAT 112 , variété d'origine brésilienne	Hauteur de la plante 104 cm, exsertion paniculaire bonne, translucidité du grain excellente, aristation mutique, couleur des glumelles à maturité fauve, résistante à la verse, très bonne qualité du grain	Peu sensible à l'égrenage, assez résistante à la pyriculariose

(Source : Fiche technique des variétés du riz pluvial au FOFIFA Antsirabe)

Chapitre 2 : DISPOSITIF EXPERIMENTAL

2.1 LE DISPOSITIF D'ANDRANOMANELATRA

L'expérimentation a été conduite au Mini Rice Garden (MRG), sur un ancien terrain de la ferme de l'usine KOBAMA. Le dispositif expérimental a été mis en place sur une surface de 50 m² (10 m x 5 m), allées non comprises. Le terrain est subdivisé en 50 parcelles de 1 m² chacune et est constitué de cinq dates de semis. Chaque date comporte 10 parcelles de 1 m² chacune, en deux lignes et séparée d'une allée. Les dix variétés étudiées sont réparties au hasard pour chaque date de semis. Dans chaque date de semis, trois facteurs sont considérés :

- ✓ Calendrier cultural : le semis de toutes les dates est décalé de 1 mois
- ✓ Altitude : pour connaître les variétés adaptées en altitude
- ✓ Condition climatique : pour les variétés ayant une tolérance au froid et à la température, ayant aussi le fort pourcentage de stérilité du grain.

Le dispositif global de l'expérimentation est un split-plot dont le facteur principal : variété, le facteur secondaire : date de semis et le troisième facteur : la condition climatique.



Photo 3 : Le dispositif MRG à Andranomanelatra

Le schéma ci-après indique le dispositif réalisé sur le site d'expérimentation d'Andranomanelatra pour cette campagne 2009-2010.

D1	P46 V5	P47 V3	P48 V2	P49 V6	P50 V9
	P41 V10	P42 V1	P43 V8	P44 V4	P45 V7
D2	P36 V6	P37 V10	P38 V4	P39 V9	P40 V2
	P31 V1	P32 V8	P33 V7	P34 V3	P35 V5
D3	P26 V5	P27 V9	P28 V10	P29 V2	P30 V3
	P21 V6	P22 V7	P23 V1	P24 V8	P25 V4
D4	P16 V8	P17 V1	P18 V2	P19 V7	P20 V3
	P11 V4	P12 V6	P13 V5	P14 V10	P15 V9
D5	P6 V4	P7 V3	P8 V9	P9 V8	P10 V1
	P1 V2	P2 V10	P3 V3	P4 V6	P5 V5

Schéma 1: Le dispositif d'Andranomanelatra, campagne 2009-2010

Source: URP / SCRiD

V : Variété (1 à 10) P : Parcelle (1 à 50) D : Date de semis (1 à 5)

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
B22	BOTRAMAITSO	CHHOMRONG	FOFIFA 161	FOFIFA 167	FOFIFA 172	IRAT 112	NERICA 4	PRIMAVERA	WAB 878

La parcelle de 1 m² : 1 m de long x 1 m de large avec poquet (6 à 8 grains)

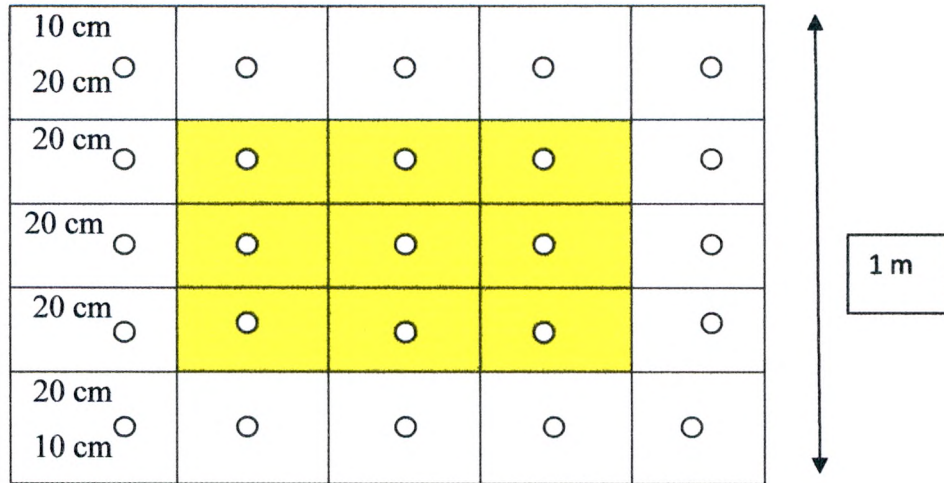


Schéma 2 : Carré de rendement pour les dispositifs

Source : Auteur

2.2 LE DISPOSITIF D'IVORY

Le champ d'expérimentation Mini Rice Garden (MRG) à Ivory se trouve à environ 6 km au Nord de la Route Nationale (RN34) qui relie la ville d'Antsirabe à Miandrivazo. L'expérimentation s'est déroulée sur un dispositif ayant une surface de 50 m² (10 m x 5 m), allées non comprises. Pour ce site, le dispositif est subdivisé en 50 parcelles de 1 m² chacune et comporte 5 dates de semis, mais une date avec les 10 variétés se trouve sur une ligne. Identique à celui d'Andranomanelatra pour le schéma élémentaire est représenté par le schéma ci-après :

Le dispositif d'Ivory pour cette campagne 2009-2010 est représenté par le schéma ci-après

D1	D2	D3	D4	D5
P1 V3	P11 V5	P21 V4	P31 V7	P41 V6
P2 V9	P12 V3	P22 V1	P32 V3	P42 V10
P3 V2	P13 V8	P23 V10	P33 V9	P43 V7
P4 V4	P14 V2	P24 V7	P34 V4	P44 V5
P5 V5	P15 V9	P25 V8	P35 V2	P45 V4
P6 V6	P16 V7	P26 V9	P36 V10	P46 V9
P7 V1	P17 V1	P27 V3	P37 V5	P47 V2
P8 V10	P18 V10	P28 V2	P38 V6	P48 V8
P9 V8	P19 V4	P29 V5	P39 V1	P49 V3
P10 V7	P20 V6	P30 V6	P40 V8	P50 V1

Schéma 3 : Le dispositif du site d'Ivory, campagne 2009-2010

Source : URP /SCRiD

2.3 LES CONDITIONS EXPERIMENTALES

Les conditions expérimentales ont été identiques pour les deux sites d'expérimentation :

- Antécédent cultural : jachère
- Technique culturale : semis manuel en poquet de 20 sur 20 (20 cm d'écart entre lignes de semis et entre poquets) à raison de 8 grains par poquet soit une dose de semence de 80 kg/ha.
- Fertilisation :
 - Au semis, un apport de NPK (11-22-16), de dolomie et de fumier de parc dont les doses respectives sont 300 kg / ha, 500 kg / ha et 5 t / ha.
 - Au cours du cycle de développement, deux apports d'Urée (46%) ont été effectués avec la dose de 35 kg pendant le premier sarclage et de 30 kg pour le deuxième.
- Entretien cultural : Des sarclages fréquents garantissent une culture propre tout au long des stades de développement des plants
- Protection phytosanitaire totale

Le calendrier agricole de cette campagne 2009-2010 est présenté par le tableau ci-après.

Tableau 5: Calendrier agricole du riz pluvial des deux sites d'études

Localisation	Mois											
	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Andranomanelatra	←→			—						←→		
Ivory	←→			—						←→		

Source : MAEP, 2003

- ←→ : Préparation du sol
- : Semis
- ←→ : Récolte

Remarque :

Le choix des variétés utilisées repose d'une part sur leur variabilité morphologique et génétique et d'autre part sur leur origine.

L'expérimentation a été conduite sur le dispositif expérimental d'Andranomanelatra et d'Ivory sur un terrain ayant une surface de 50 m² (10 m x 5 m) avec des carrés de 1m².

Les conditions culturales des deux sites sont les mêmes.

*PARTIE 3 : RESULTAT ET
ANALYSE*

Chapitre 1 : RELATIONS INTERFACTEURS

1.1 RELATION ENTRE RENDEMENTS ET POURCENTAGE DE GRAINS PLEINS

Pour mettre en évidence que le rendement est relié au % de grains pleins, la mise en relation des valeurs de rendement et du composant « pourcentage de grains pleins » a été réalisée (cf. figure 6).

Pour l'ensemble des variétés, une forte relation linéaire entre le rendement et le pourcentage de grains pleins est obtenue sur le site d'Andranomanelatra avec un coefficient de corrélation de 0,79 pour les campagnes 2008-2009 et 0,89 pour 2009-2010. Cette relation indique que 79 et 89% des variations de rendement sont expliqués par les variations du pourcentage de grains pleins. Ce qui explique donc une très forte part des variations de rendement observées.

Sur le site d'Ivory, les relations sont moins bonnes (44% en 2008-09 et 41 % en 2009-10). Ces variations de rendement ne sont pas uniquement liées à cette composante, c'est-à-dire que les rendements faibles observés malgré des pourcentages de grains pleins forts sont dues à d'autres composantes. Sur ce site les températures minimales n'ont pas été un problème, mais ces variations peuvent être dues à l'insuffisance hydrique car cette zone est plus chaude avec une évapotranspiration plus importante, de plus la durée des pluies est moins longue que sur les Hautes Terres. Ces conditions plus sèches ont pu être limitant et ainsi réduire d'autres composantes comme le nombre d'épillets par panicule.

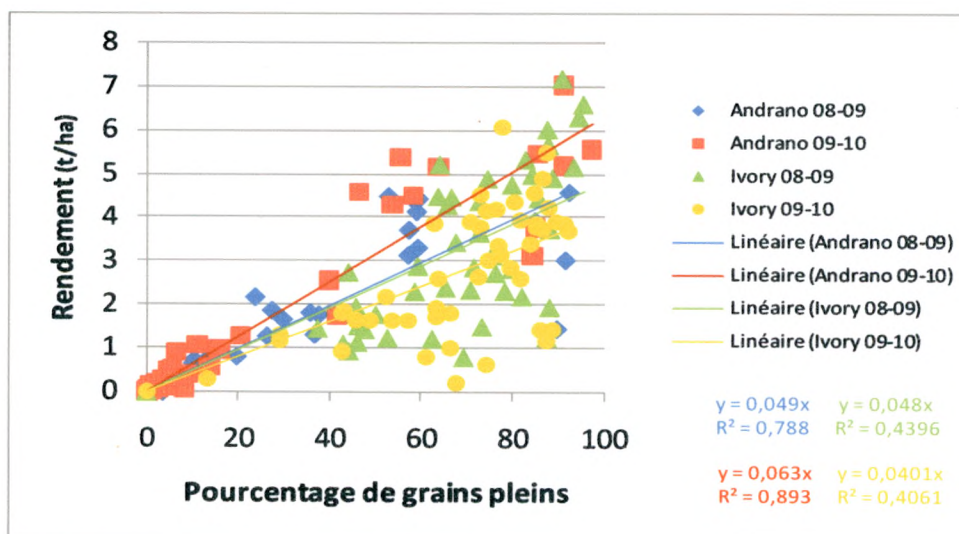


Figure 6 : Relation entre rendement et pourcentage de grains pleins pour toutes les variétés sur le site d'Andranomanelatra et d'Ivory pour les deux campagnes 2008/2009 et 2009/2010

1.2 RELATION ENTRE TEMPERATURE MINIMALE ET POURCENTAGE DE GRAINS PLEINS

Le travail consistait à déterminer si relation il y a entre % de grains pleins et les températures minimales observées sur les 2 sites et les 5 dates de semis sachant que la période critique de sensibilité au froid engendrant de la stérilité se situe de 10 à 15 jours avant la floraison.

Pour ce faire, pour toutes les variétés, les courbes suivantes ont été établies avec les % de grains pleins (en abscisse):

- Température minimale à la date de montaison,
- Température minimale à la date d'épiaison,
- Température minimale durant la période entre 25 à 10 jours avant la floraison,
- Moyenne des températures minimales durant la période entre montaison et épiaison.

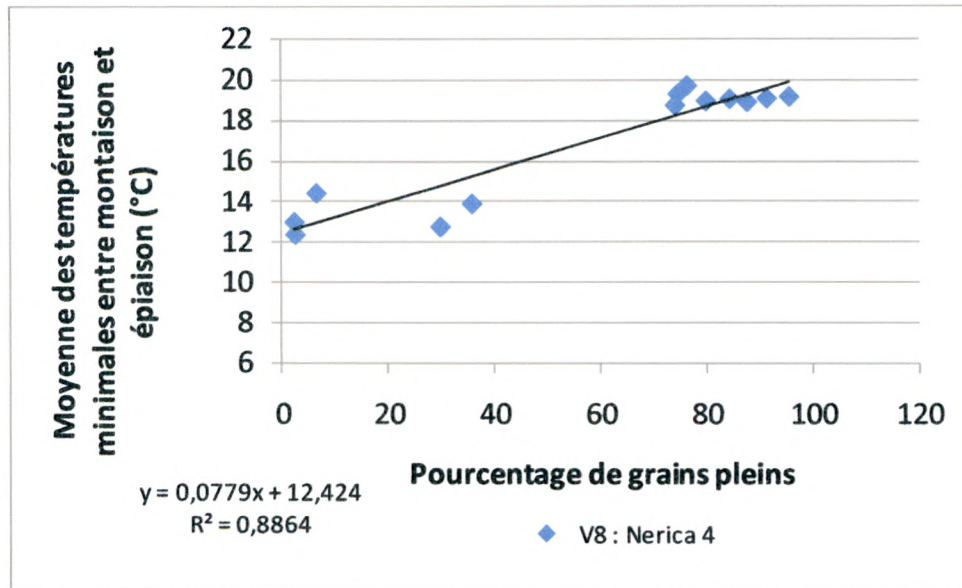
C'est avec la moyenne des températures minimales entre montaison et épiaison (dernier cas) que les meilleures relations avec le % de grains pleins ont été décelées. Celles-ci sont présentées ci-dessous, en 2 groupes de variétés par spécificité d'altitude. L'établissement de ces relations a permis également d'évaluer les températures seuils de sensibilité à la stérilité des grains.

1.2.1 1^{er} cas : Variétés de basse à moyenne altitudes

- **Pour la variété Nerica 4 : figure7**

Pour cette variété de basse à moyenne altitude, une forte relation entre le pourcentage de grains pleins et la moyenne des températures entre montaison et épiaison avec un coefficient de corrélation 0,89 est observée sur les 2 sites. Ce qui signifie que 89% des variations du pourcentage de grains pleins sont expliquées par les variations des températures minimales.

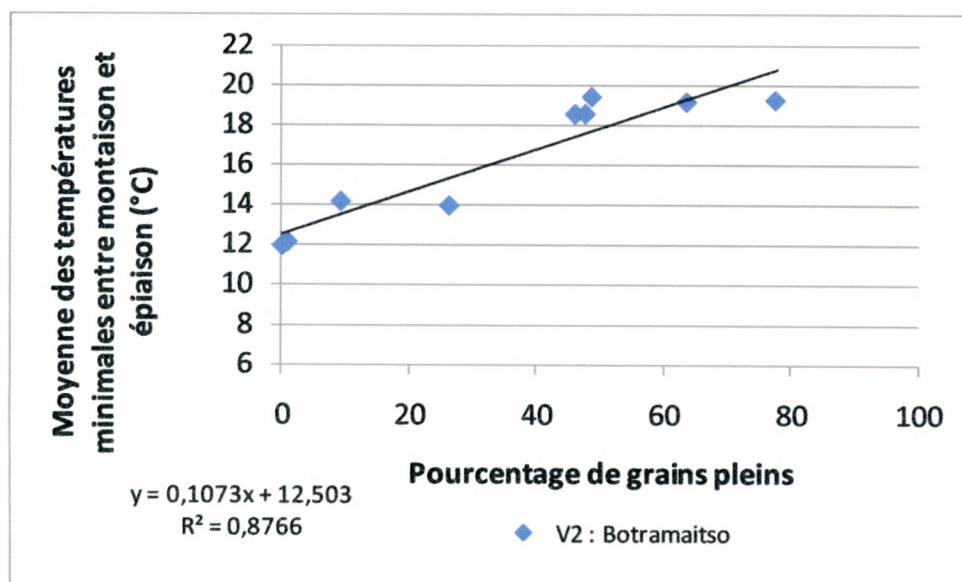
A ces stades, à une température aux environs de 12 à 15°C, le pourcentage de grains pleins varie de 0 à 40% sur Andranomanelatra, mais à partir de 18°C, le pourcentage est aux environs de 70 à 100% sur Ivory . La température seuil de sensibilité au froid de la stérilité est de 12,4°C.



- **Pour la variété Botramaitso : figure 8**

Pour cette variété, une forte relation linéaire est aussi obtenue sur les 2 sites, avec un coefficient de corrélation de 0,88 . Ce qui signifie que 88% des variations du pourcentage de grains pleins sont expliquées par les variations des températures.

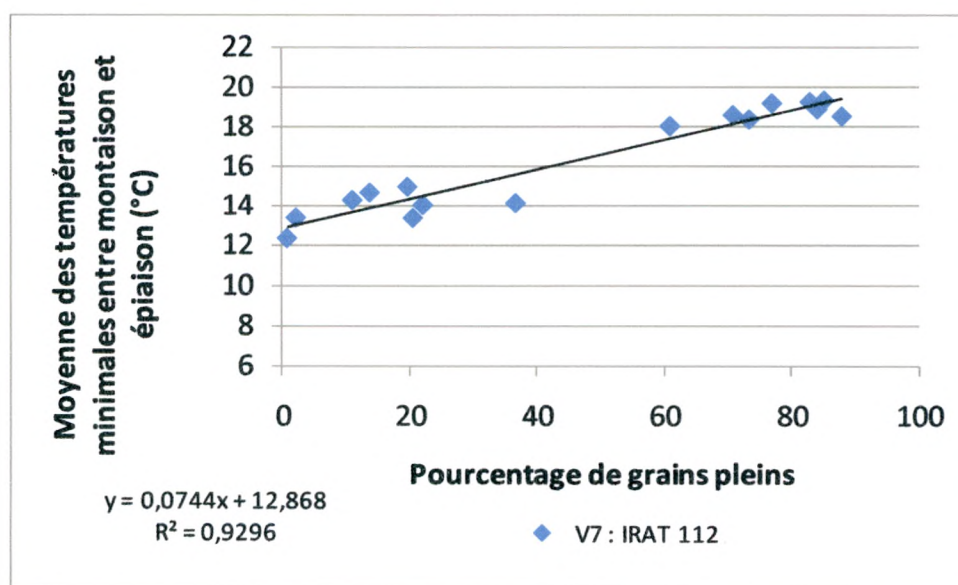
La température seuil de sensibilité au froid de la stérilité est de 12,5°C, cette variété présente un fort pourcentage de stérilité sur Andranomanelatra, mais à 14°C, 30% de grains pleins peut être obtenu. A une température supérieure à 18°C sur Ivory, elle peut donner jusqu'à 88% de grains pleins.



- **Pour la variété IRAT 112 : figure 9**

Une forte relation linéaire entre le pourcentage de grains pleins et la moyenne des températures minimales entre les stades montaison et épiaison avec un coefficient de corrélation 0,93 est observée sur les 2 sites. Ce qui indique que 93% des variations du pourcentage de grains pleins sont expliquées par les variations des températures.

Au stade montaison et épiaison, des moyennes de températures variant de 12 à 15°C présentent un faible pourcentage de grains pleins sur Andranomanelatra . Les températures convenables à cette variété à la montaison et épiaison doivent être supérieure à 16,6°C pour obtenir les 50% des grains pleins. La température seuil de sensibilité au froid de la stérilité est de 12,9°C.



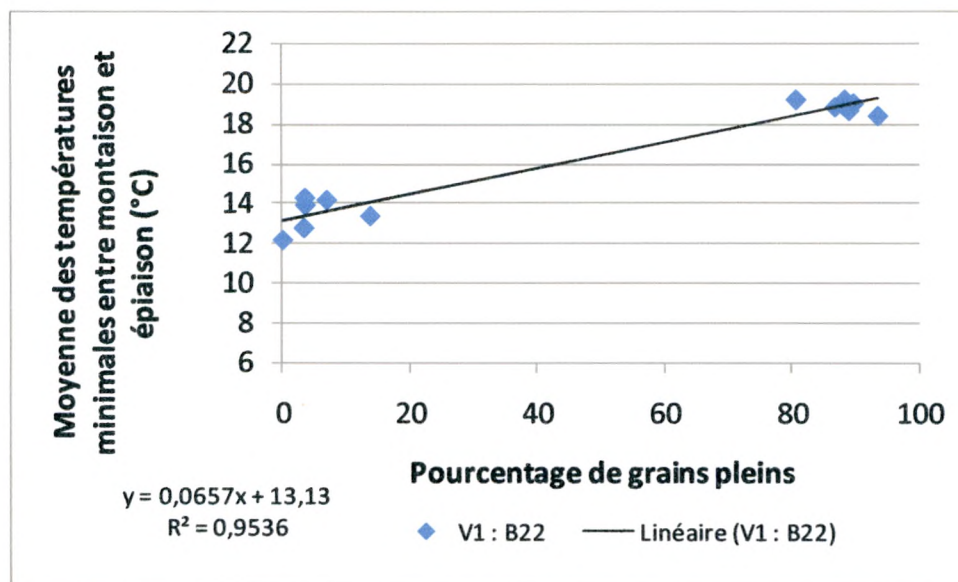
- **Pour la variété B22 : figure 10**

Sur les deux sites d'études, pour cette variété, une forte relation linéaire entre le pourcentage de grains pleins et la moyenne des températures minimales entre montaison et épiaison est observée avec un coefficient de corrélation de 0,95. Cette corrélation indique que 95% des variations du pourcentage de grains pleins sur ce site sont expliquées par les variations des températures.

Sur le site d'Andranomanelatra, avec des températures minimales de 12 à 15°C entre la montaison et l'épiaison, le pourcentage de grains pleins est très faible inférieur à 20%. Mais pour

le site d'Ivory, à une température minimale supérieure à 18°C, le pourcentage est très élevé de 80 à 95% de grains pleins.

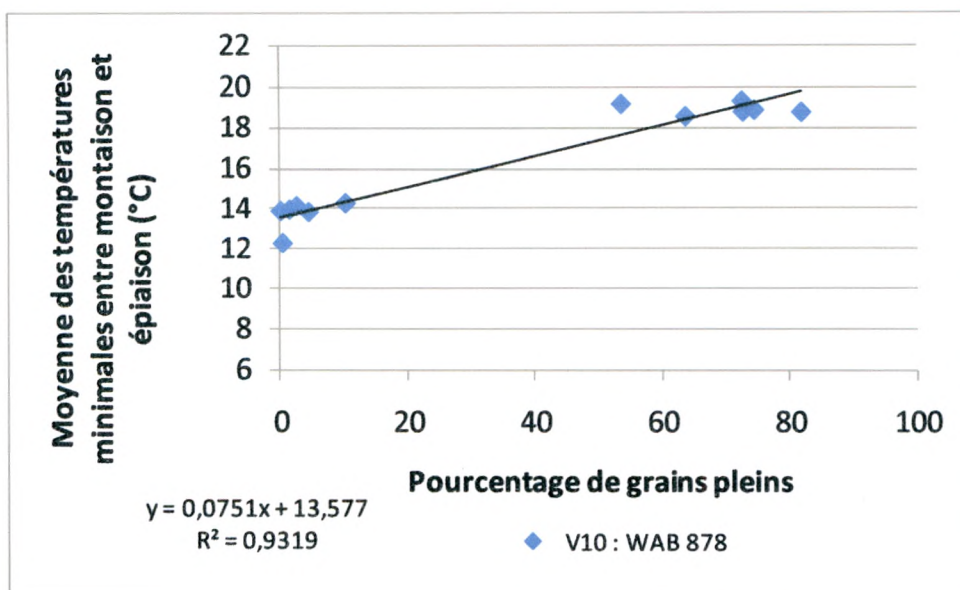
En tant qu'une variété s'adaptant à la basse et moyenne altitude, elle est très sensible au froid. Les températures minimales favorables aux stades montaison et épiaison doivent être au dessus de 16,4°C pour obtenir 50% de grains pleins. La température seuil de sensibilité au froid de la stérilité est de 13,1°C.



- **Pour la variété WAB 878 : figure 11**

Pour cette variété toujours destinée aux zones de basse à moyenne altitude, une forte relation linéaire entre le pourcentage de grains pleins et la moyenne des températures minimales entre montaison et épiaison avec un coefficient de corrélation 0,93 est observée sur les 2 sites. Ce qui indique que 93% des variations du pourcentage de grains pleins sont expliquées par les variations des températures .

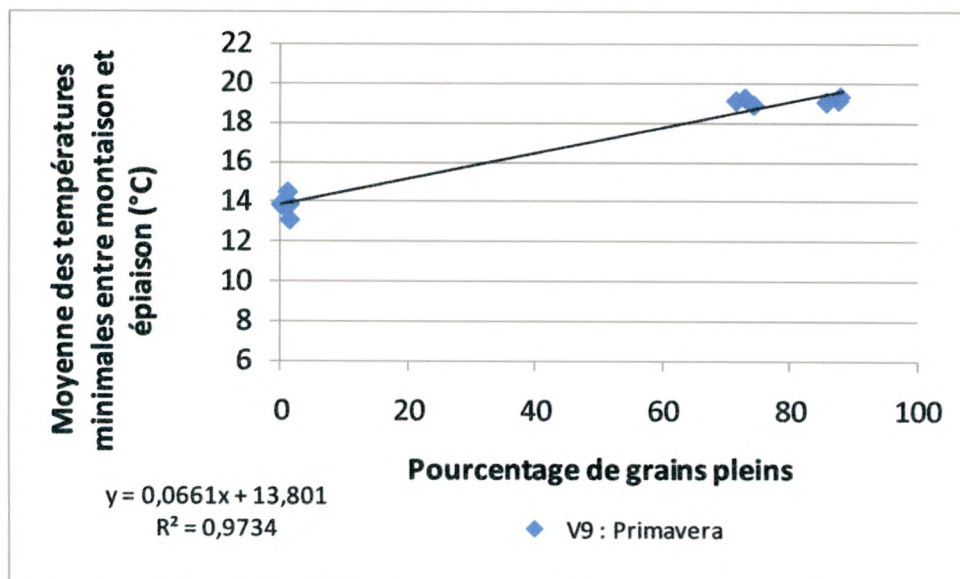
La température seuil de sensibilité au froid de la stérilité est de 13,6°C . Cette variété présente un très faible pourcentage de grains pleins sur Andranomanelatra, mais à des températures minimales supérieures à 18°C, elle donne un pourcentage de 50 jusqu'à 85% sur Ivory. Pour obtenir les 50% des grains pleins les températures entre la montaison et l'épiaison doivent être supérieures à 17,3°C.



- **Pour la variété Primavera : figure 12**

Pour cette variété toujours adaptée aux zones de basse à moyenne altitude , une forte relation linéaire entre le pourcentage de grains pleins et la moyenne des températures minimales entre la montaison et l'épiaison avec un coefficient de corrélation 0,97est observée sur les 2 sites. Ce qui indique que 97% des variations du pourcentage de grains pleins sont expliquées par les variations des températures.

Entre la montaison et l'épiaison, à une température variant de 13 à 15°C , cette variété donne un très faible pourcentage de grains pleins sur Andranomanelatra, mais entre 18 et 20°C , elle présente 70 à 90% des grains pleins sur Ivory. La température seuil de sensibilité au froid de la stérilité est de13,8°C.



1.2.2 : 2^{ème} cas : Variétés de haute altitude

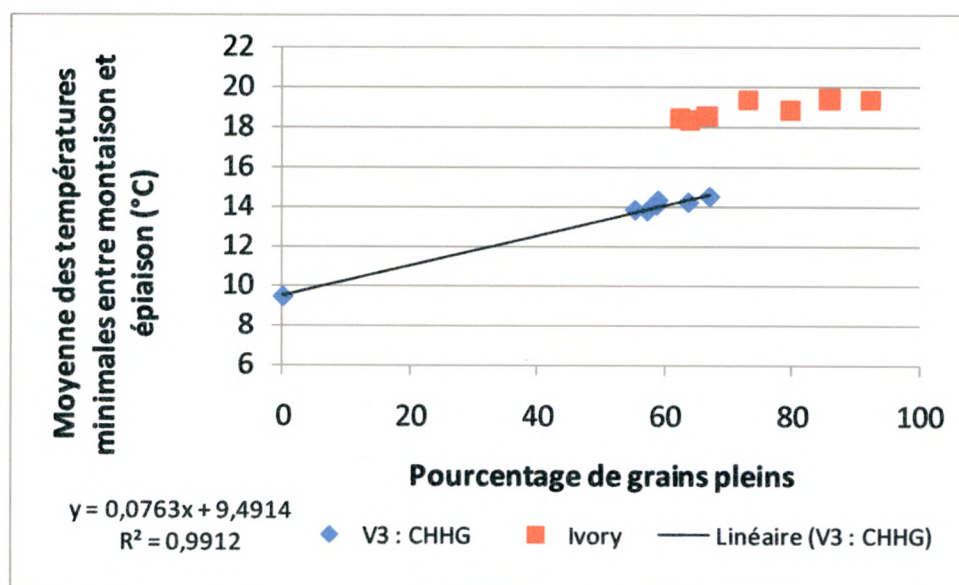
Pour ces variétés d'altitude, la gamme de pourcentage de grains pleins étant pratiquement complète en ne gardant que les données issues du site d'Andranomanelatra (les données issues du site d'Ivory n'améliorant pas le pourcentage de grains pleins malgré des températures supérieures), l'étude a été basée sur les données d'Andranomanelatra (celles d'Ivory sont tout de même représentées en rouge dans le graphique).

- **Pour la variété CHHG : figure 13**

Une forte relation linéaire entre le pourcentage de grains pleins et la moyenne des températures minimales entre montaison et épiaison avec un coefficient de corrélation de 0,99 est observée sur Andranomanelatra. Cette relation indique que 99% des variations du pourcentage de grains pleins sont expliquées par les variations des températures.

A la montaison et épiaison, les températures inférieures à 10°C provoquent une forte stérilité des grains sur Andranomanelatra. Aux environs de 13 à 14°C, 55 à 70% de grains pleins peuvent être obtenu. A 18°C sur Ivory nous observons déjà les mêmes pourcentages de grains pleins autour de 60 – 70 %, allant jusqu'à 95 % (variation indépendante de la température).

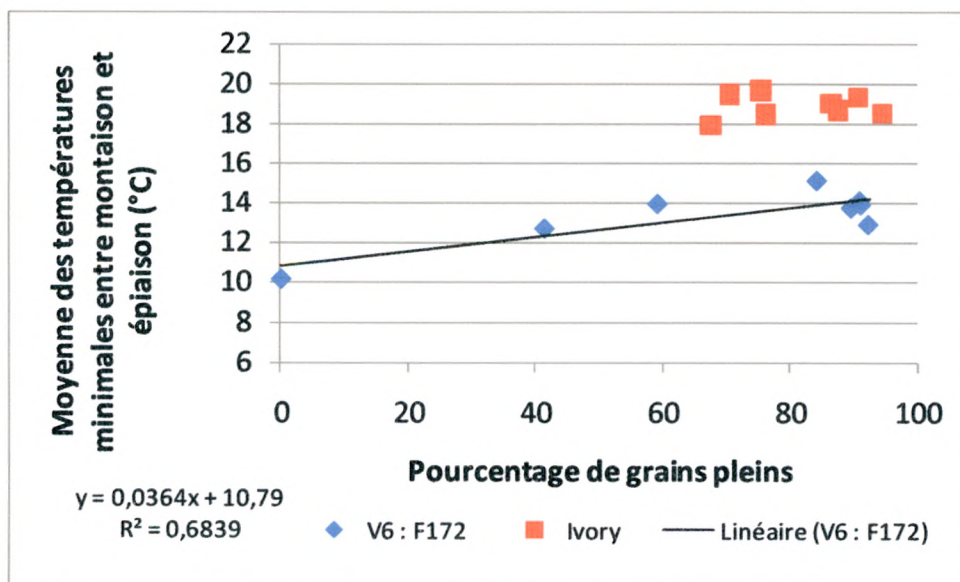
C'est une variété de haute altitude, les températures favorables au moment de la montaison et épiaison doivent être supérieures à 13,3°C pour obtenir un pourcentage de grains pleins plus de 50%, la température seuil de sensibilité au froid de la stérilité est de 9, 5°C.



- **Pour la variété F172 : figure 14**

Un forte relation linéaire entre le pourcentage de grains et la moyenne des températures minimales entre la montaison et épiaison, avec un coefficient de corrélation de 0,68 est observée sur Andranomanelatra. Cette relation indique que 68% des variations du pourcentage de grains pleins sont expliquées par les variations des températures.

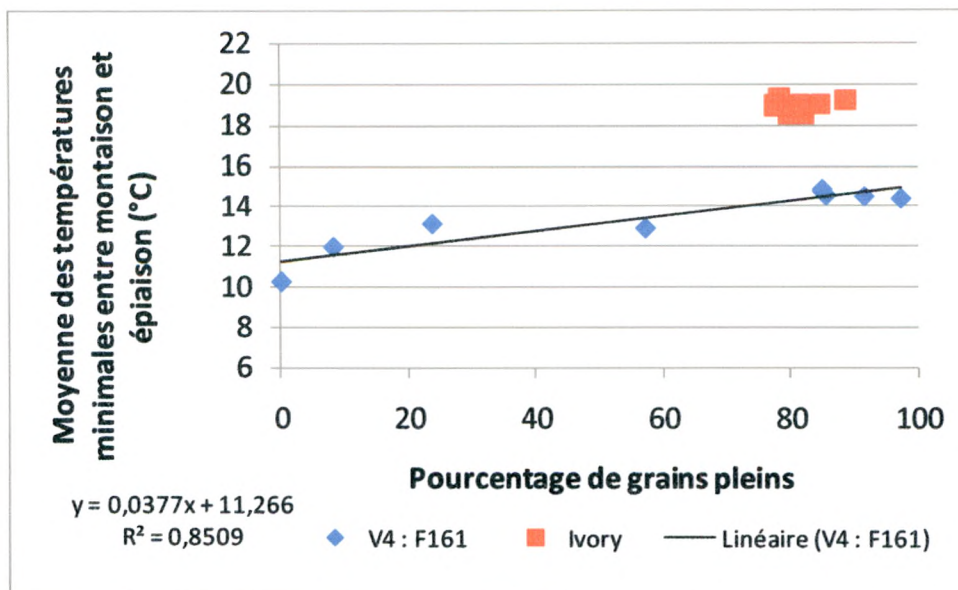
Au stade montaison et épiaison, des températures inférieures à 10,79°C provoquent un fort pourcentage de stérilité pour le site d'Andranomanelatra . En effet, à des températures entre 12 et 15°C, le pourcentage de grains pleins augmente au fur et à mesure. Sur le site d'Ivory, des températures variant de 18 à 20°C n'améliorent pas le pourcentage de grains pleins. La température seuil de sensibilité au froid de la stérilité est de 10,8°C, les températures minimales convenables doivent dépasser 12,6°C pour induire 50% de grains pleins.



- **Pour la variété F161 : figure 15**

Un forte relation linéaire entre le pourcentage de grains et la moyenne des températures minimales entre la montaison et épiaison, avec un coefficient de corrélation de 0,85 est observée sur Andranomaneltra. Cette relation indique que 85% des variations du pourcentage de grains pleins sont expliquées par les variations des températures.

La température seuil de sensibilité au froid de la stérilité est de 11, 3°C, mais à 14°C, elle donne 80 à 98% de grains pleins. Sur Ivory, des températures variant de 18 à 20°C présente plus de 80% de grains pleins.

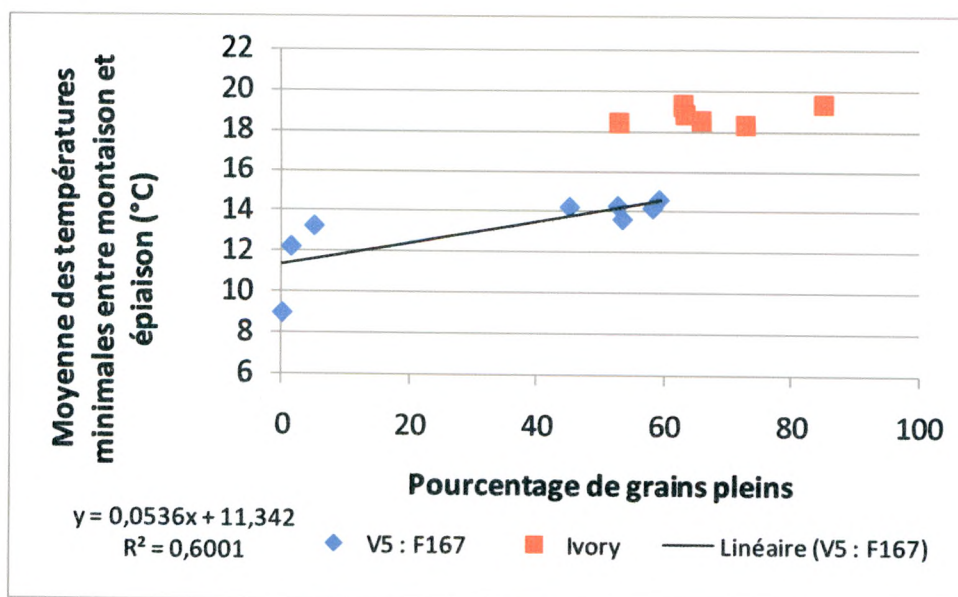


- **Pour la variété F167 : figure 16**

Pour cette variété, on observe une forte relation linéaire entre le pourcentage de grains et la moyenne des températures minimales entre la montaison et l'épiaison, avec un coefficient de corrélation de 0,60 est observée sur Andranomaneltra. Cette relation indique que 60 % des variations du pourcentage de grains pleins sont expliquées par les variations des températures.

A des températures inférieures à 14°C, cette variété cours un fort risque de stérilité sur le site d'Andranomanelatra, mais aux environs de 14 et 15°C, le pourcentage de grains pleins varie entre 40 à 60%. Sur Ivory, les températures restent stables entre 18 et 20°C d'où le pourcentage des grains pleins varie entre 50 à 90%.

La température seuil de sensibilité au froid de la stérilité est de 11,3°C, les températures convenables à cette variété au moment de la montaison et l'épiaison doivent dépasser 14°C pour induire 50% de grains pleins.



Chapitre 2 : DISCUSSION ET CONCLUSION

2.1 VARIETES ADAPTEES AUX ZONES DE BASSE A MOYENNE ET HAUTES ALTITUDES

Le tableau 6 récapitule pour chaque variété l'équation linéaire obtenue, la température seuil de sensibilité acquise ainsi que la température - seuil pour obtenir 50 % de grains pleins.

Tableau 6 : Equations de la relation « moyenne des températures minimales entre montaison et épiaison et pourcentage de grains pleins », coefficient de corrélation et température seuil pour 0 et 50 % de grains pleins, pour chaque variété.

Variétés	Relation linéaire	Coefficient de corrélation	Température minimale	
			Pour 0% de grains pleins	Pour 50% de grains pleins
Variété de basse à moyenne altitude				
Nerica 4	$y = 0,0779x + 12,4$	$R^2 = 0,886$	12,4	16,3
Botramaitso	$y = 0,1073x + 12,5$	$R^2 = 0,876$	12,5	17,9
IRAT 112	$y = 0,0744x + 12,9$	$R^2 = 0,929$	12,9	16,6
B22	$y = 0,0657x + 13,13$	$R^2 = 0,953$	13,1	16,4
WAB 878	$y = 0,0751x + 13,6$	$R^2 = 0,931$	13,6	17,3
Primavera	$y = 0,0661x + 13,8$	$R^2 = 0,973$	13,8	17,1
Variété de haute altitude				
CHHG	$y = 0,0763x + 9,5$	$R^2 = 0,991$	9,5	13,3
F172	$y = 0,0364x + 10,8$	$R^2 = 0,683$	10,8	12,6
F161	$y = 0,0377x + 11,3$	$R^2 = 0,850$	11,3	13,2
F167	$y = 0,0536x + 11,3$	$R^2 = 0,600$	11,3	14,0

- Pour les variétés adaptées aux basse et moyenne altitudes

Le tableau montre que les variétés Nerica 4, Botramaitso et l'IRAT112 sont les meilleures pour les zones de basse et moyenne altitudes puisqu'il leur faut des températures inférieures à 13°C pour montrer un fort pourcentage de grains stériles. Il y aura moins de risque de stérilité car les zones de basse et moyenne altitudes possèdent des températures minimales relativement plus élevée et les températures indiquées pour obtenir 50% de grains pleins sont en dessous des températures données par les zones. Alors, il y aura une forte chance que ces variétés s'adaptent très bien aux zones de basse et moyenne altitudes.

- Pour les variétés adaptées à la haute altitude

Le tableau indique que les variétés Chhomrong Dhan, F172 et F161 sont les plus intéressantes pour les zones de haute altitude, car elles présentent des températures plus basses pour concourir à un risque de stérilité. Ainsi, les températures minimales exigées pour obtenir les 50% des grains pleins sont favorables aux températures des zones car plus l'altitude monte, plus la température diminue. Il est nécessaire de cultiver des variétés qui ont plus de tolérance au froid pour qu'elles puissent donner un meilleur rendement.

2.2 VARIATIONS DES TEMPERATURES MINIMALES

Pour effectuer les analyses fréquentielles des variations des températures minimales sur le site d'Andranomanelatra sur huit années, deux dates de semis ont été prises (une date précoce vers la mi à fin octobre et une date tardive vers la mi à fin novembre), qui semblent les plus courantes dans la région, pour déterminer les risques de stérilité des variétés de riz pluvial étudiées.

Pour chaque date de semis, nous avons estimé les dates potentielles de montaison et d'épiaison selon trois décades (en considérant que la période entre montaison et épiaison est en moyenne de 10 jours comme observé sur nos données), en effet comme les températures varient chaque année on ne peut pas connaître exactement, en fonction de la date de semis, quelle sera la date de montaison et d'épiaison. Ensuite nous avons calculé pour chaque décade les températures minimales moyennes que nous comparerons à nos températures seuil déterminées dans la partie suivante.

Pour B22 : tableau 7

Décade	Année								Température minimale			Variété
	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	pour 0% GP	pour 50 % GP		
									0	50		
11 au 20 janvier	15,33	14,52	13,79	14,14	15,26	13,47	14,6	14,87	13,1	16,4		V1
21 au 31 janvier	15,73	15,95	13,84	14,59	15,1	14,7	13,98	13,69				
1 au 10 février	14,65	13,67	13,65	14,85	16,38	14,74	14,07	14,24				
21 au 28 février	14,43	14,33	14,8	13,38	13,7	14,26	12,5	12,93				
1 au 10 mars	14,45	15,3	14,87	14,61	12,84	13,47	14,04	15,24				
10 au 21 mars	14,82	14,18	12,73	13,21	13,45	12,58	14,36	15,19				

Pour le semis précoce (les 3 premières décades du tableau), aucune année sur huit ne présente des températures inférieures à 13,1°C, qui n'est autre que la limite des températures minimales pour obtenir 0% de grains pleins. Pendant la période de montaison – épiaison, les températures sur huit années varient entre 13,47 et 16,38°C, ce qui signifie qu'elles sont au dessus de la moyenne pour avoir les 0% de grains pleins. Aucun risque de stérilité complet n'apparaît pour la variété B22 si le semis est effectué précocement.

Pour le semis tardif (les 3 dernières décades du tableau), cinq années sur huit ont montré des températures inférieures à la limite où l'on risque d'avoir un pourcentage de stérilité de 100 %. Les températures minimales au moment de la période de montaison – épiaison varient entre 12,5 et 15,24°C.

• **Pour Botramaintso : tableau 8**

Décade	Année								Température minimale			Variété
	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	pour 0% GP	pour 50 % GP		
									0	50		
11 au 20 février	13,21	14,1	13,37	13,65	15	14,4	12,66	14,18	12,5	17,9		V2
21 au 28 février	14,43	14,33	14,8	13,38	13,7	14,26	12,5	12,93				
1 au 10 mars	14,45	15,3	14,87	14,61	12,84	13,47	14,04	15,24				
21 au 31 mars	14	12,42	12,45	12,64	11,42	12,19	13,36	13,82				
1 au 10 avril	12,37	12,4	11,39	12,08	13,44	11,44	14,33	11,67				
11 au 20 avril	8,02	12,83	10,54	11	11,49	10,96	13,05	15,14				

Pour le semis précoce (les 3 premières décades), une année sur huit obtient une température correspondant à la limite pour avoir 0% de grains pleins. Les températures entre montaison – épiaison varient entre 12, 5 et 15,24°C, qui sont au dessus du seuil de 0 % de grains pleins.

Concernant le semis tardif (les 3 dernières décades), sept années sur huit présentent des températures inférieures à 12,5°C. Avec ces sept années qui présentent des températures inférieures aux seuils, le risque de stérilité est très fort. Pendant la période de montaison – épiaison, les températures minimales fluctuent entre 8,02 et 15,14 °C.

• **Pour CHH DHAN : tableau 9**

Décade	Année								Température minimale		
	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	pour 0% GP	pour 50 % GP	Variété
									0	50	
11 au 20 janvier	15,33	14,52	13,79	14,14	15,26	13,47	14,6	14,87	9,5	13,3	V3
21 au 31 janvier	15,73	15,95	13,84	14,59	15,1	14,7	13,98	13,69			
1 au 10 février	14,65	13,67	13,65	14,85	16,38	14,74	14,07	14,24			
11 au 20 février	14,43	14,33	14,8	13,38	13,7	14,26	12,5	12,93			
21 au 28 février	14,45	15,3	14,87	14,61	12,84	13,47	14,04	15,24			
1 au 10 mars	14,81	14,03	12,76	12,75	13,63	12,77	14,28	15,14			

Pour le semis précoce (les 3 premières décades), aucune des températures sur huit années n'est inférieure à 9,5°C. Pendant la période épiaison – montaison, ces températures varient entre 13,47 et 16,38°C, ce qui signifie qu'elles sont au dessus de la moyenne pour avoir les risques de 0% de grains pleins.

De même, pour le semis tardif (les 3 dernières décades), aucune température inférieure au seuil n'est apparue. Les températures minimales entre montaison et épiaison varient entre 12,5 et 15,24°C. La variété Chhomrong Dhan ne court aucun risque de stérilité totale même si le semis est en avance ou en retard.

• **Pour FOFIFA 161 : tableau 10**

Décade	Année								Température minimale		
	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	pour 0% GP	pour 50 % GP	Variété
									0	50	
11 au 20 janvier	15,33	14,52	13,79	14,14	15,26	13,47	14,6	14,87	11,3	13,2	V4
21 au 31 janvier	15,73	15,95	13,84	14,59	15,1	14,7	13,98	13,69			
1 au 10 février	14,65	13,67	13,65	14,85	16,38	14,74	14,07	14,24			
11 au 20 février	13,21	14,1	13,37	13,65	15	14,4	12,66	14,18			
21 au 28 février	14,43	14,33	14,8	13,38	13,7	14,26	12,5	12,93			
1 au 10 mars	14,45	15,3	14,87	14,61	12,84	13,47	14,04	15,24			

Pour le semis précoce (les 3 premières décades), aucune année sur huit n'a une température inférieure à 11,3°C. Les températures durant la période montaison - épiaison varient entre 13, 47 et 16,38°C. Ce qui veut dire que la variété F161 ne court aucun risque de stérilité totale.

De même pour le semis tardif (les 3 dernières décades), toutes les températures obtenues sont supérieures à la température pour avoir 0% de grains pleins. Les températures entre montaison et épiaison se situent entre 12,5 et 15,24°C qui dépassent les seuils pour avoir le risque de 0% de grains pleins.

Pour FOFIFA 167 : tableau 11

Décade	Année								Température minimale		
	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	pour 0% GP	pour 50 % GP	Variété
									0	50	
21 au 31 janvier	15,73	15,95	13,84	14,59	15,1	14,7	13,98	13,69	11,3	14	V5
1 au 10 février	14,65	13,67	13,65	14,85	16,38	14,74	14,07	14,24			
11 au 20 février	13,21	14,1	13,37	13,65	15	14,4	12,66	14,18			
1 au 10 mars	14,45	15,3	14,87	14,61	12,84	13,47	14,04	15,24			
11 au 20 mars	14,81	14,03	12,76	12,75	13,63	12,77	14,28	15,14			
21 au 31 mars	14	12,42	12,45	12,64	11,42	12,19	13,36	13,82			

Pour le semis précoce (les 3 premières décades) de la variété F167, aucune année sur huit ne présente une température inférieure à 11,3°C qui peut induire à un risque de stérilité. Toutes les températures obtenues sont supérieures à la moyenne pour obtenir 0% de grains pleins. Les températures entre montaison et épiaison se situent entre 12,66 à 16, 38°C.

Pour le semis tardif (les 3 dernières décades), durant la période montaison – épiaison les températures ont varié de 11,42 à 15,24°C. Ces températures sont toutes au dessus du seuil pour avoir 0% de grains pleins. Il y a une forte chance d'obtenir 50% et plus de grains pleins.

Pour FOFIFA 172 : tableau 12

Décade	Année								Température minimale		
	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	pour 0% GP	pour 50 % GP	Variété
									0	50	
11 au 20 janvier	15,33	14,52	13,79	14,14	15,26	13,47	14,6	14,87	10,8	12,6	V6
21 au 31 janvier	15,73	15,95	13,84	14,59	15,1	14,7	13,98	13,69			
1 au 10 février	14,65	13,67	13,65	14,85	16,38	14,74	14,07	14,24			
11 au 20 février	13,21	14,1	13,37	13,65	15	14,4	12,66	14,18			
21 au 28 février	14,43	14,33	14,8	13,38	13,7	14,26	12,5	12,93			
1 au 10 mars	14,45	15,3	14,87	14,61	12,84	13,47	14,04	15,24			

Pour le semis précoce (les 3 premières décades) de la variété F172, on n'observe aucune température inférieure à 10,8°C. Elle ne court aucun risque de stérilité totale car toutes les températures obtenues sur les huit années sont supérieures à ce seuil. La période de montaison – épiaison présente des températures minimales variant de 13,47 et 16,38 °C.

De même pour le semis tardif (les 3 dernières décades), toutes les températures sur les huit années ont dépassé celle du seuil. Les températures durant montaison – épiaison varient de 12,5 à 15, 24°C.

Pour IRAT 112 : tableau 13

Décade	Année								Température minimale		
	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	pour 0% GP	pour 50 % GP	Variété
									0	50	
11 au 20 janvier	15,33	14,52	13,79	14,14	15,26	13,47	14,6	14,87	12,9	16,6	V7
21 au 31 janvier	15,73	15,95	13,84	14,59	15,1	14,7	13,98	13,69			
1 au 10 février	14,65	13,67	13,65	14,85	16,38	14,74	14,07	14,24			
11 au 20 février	13,21	14,1	13,37	13,65	15	14,4	12,66	14,18			
21 au 28 février	14,43	14,33	14,8	13,38	13,7	14,26	12,5	12,93			
1 au 10 mars	14,45	15,3	14,87	14,61	12,84	13,47	14,04	15,24			

Pour le semis précoce (les 3 premières décades) de la variété IRAT 112, on n'obtient aucune température inférieure à 12,9°C qui est le seuil de température pour avoir 0% de grains pleins. Les températures minimales pendant la période montaison – épiaison varient entre 13,47 et 16,38 °C. Ce qui indique que cette variété n'a aucun risque de stérilité totale.

Pour le semis tardif (les 3 dernières décades), deux années sur huit années présentent des températures inférieures aux seuils pour avoir 0% de grains pleins. Pour la période montaison – épiaison, les températures variaient de 12,5 à 15, 24°C.

Le choix de la date de semis convient aux températures obtenues sur huit années, mais le risque de ne pas obtenir 50% des grains pleins est fort car ces températures sont inférieures à 16,6°C.

- **Pour Nerica 4 : tableau 14**

Décade	Année								Température minimale		
	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	pour 0% GP	pour 50 % GP	Variété
									0	50	
11 au 20 janvier	15,33	14,52	13,79	14,14	15,26	13,47	14,6	14,87	12,4	16,3	V8
21 au 31 janvier	15,73	15,95	13,84	14,59	15,1	14,7	13,98	13,69			
1 au 10 février	14,65	13,67	13,65	14,85	16,38	14,74	14,07	14,24			
11 au 20 février	13,21	14,1	13,37	13,65	15	14,4	12,66	14,18			
21 au 28 février	14,43	14,33	14,8	13,38	13,7	14,26	12,5	12,93			
1 au 10 mars	14,45	15,3	14,87	14,61	12,84	13,47	14,04	15,24			

Pour le semis précoce (les 3 premières décades), aucune année sur huit n'a présenté des températures inférieures à 12,4°C. La variété Nerica 4 ne présente aucun risque de stérilité totale lors d'un semis précoce. Les températures minimales à la période montaison – épiaison varient entre 13,47 et 16,38 °C, qui sont supérieures au seuil pour avoir 0% de grains pleins et supérieures également par rapport à celle pour obtenir 50%.

Pour le semis tardif (les 3 dernières décades), aucune année sur huit ne présentent des températures inférieures à 12,4°C. Ce qui signifie qu'il y a peu de risque que le pourcentage de grains pleins diminue mais on n'atteint pas le 50% des grains pleins. La période montaison - épiaison se déroule à des températures variant de 12,5 à 15, 24°C.

- **Pour Primavera : tableau 15**

Décade	Année								Température minimale		
	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	pour 0% GP	pour 50 % GP	Variété
									0	50	
21 au 31 janvier	15,73	15,95	13,84	14,59	15,1	14,7	13,98	13,69	13,8	17,1	V9
1 au 10 février	14,65	13,67	13,65	14,85	16,38	14,74	14,07	14,24			
11 au 20 février	13,21	14,1	13,37	13,65	15	14,4	12,66	14,18			
21 au 28 février	14,43	14,33	14,8	13,38	13,7	14,26	12,5	12,93			
1 au 10 mars	14,45	15,3	14,87	14,61	12,84	13,47	14,04	15,24			
11 au 20 mars	14,81	14,03	12,76	12,75	13,63	12,77	14,28	15,14			

Pour le semis précoce (les 3 premières décades), six années sur huit présentent des températures inférieures à 13,8°C pour la variété Primavera. Alors, aucun risque de stérilité totale n'est observé en se référant aux températures du seuil, mais il y a un risque pour atteindre

les 50%. La période montaison – épiaison s’est déroulée entre des températures variant de 12,66 à 16,38 °C, qui sont en dessous des seuils pour obtenir les 0% et 50% des grains pleins.

Pour le semis tardif (les 3 dernières décades), six années sur huit montrent des températures en dessous des seuils et qui entraîne un fort pourcentage de stérilité. Les températures minimales à la période montaison – épiaison varient de 12,5 à 15, 24°C.

• **Pour WAB 878 : tableau 16**

Décade	Année								Température minimale		
	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	pour 0% GP	pour 50 % GP	Variété
									0	50	
21 au 31 janvier	15,73	15,95	13,84	14,59	15,1	14,7	13,98	13,69	13,6	17,3	V10
1 au 10 février	14,65	13,67	13,65	14,85	16,38	14,74	14,07	14,24			
11 au 20 février	13,21	14,1	13,37	13,65	15	14,4	12,66	14,18			
21 au 28 février	14,43	14,33	14,8	13,38	13,7	14,26	12,5	12,93			
1 au 10 mars	14,45	15,3	14,87	14,61	12,84	13,47	14,04	15,24			
11 au 20 mars	14,81	14,03	12,76	12,75	13,63	12,77	14,28	15,14			

Pour le semis précoce (les 3 premières décades), trois années sur huit ont montrés des températures minimales inférieures par rapport aux seuils pour obtenir 0% et 50% des grains pleins pour la variété WAB878. La période montaison – épiaison s’est déroulée à des températures situées entre 12,66 et 16,38 °C.

Pour le semis tardif (les 3 dernières décades), six années sur huit présentent des températures inférieures aux seuils. A la période montaison – épiaison, les températures varient entre 12,5 et 15, 24°C.

Pour l’ensemble du semis précoce et tardif pour cette variété, les températures sur huit années sont toutes inférieures à 17,3°C, ce qui implique un fort pourcentage de stérilité et un mauvais rendement.

Remarque :

La mise en relation avec les rendements a permis de connaître ou de présumer qu’il y a une influence de facteurs qui occasionnent de la stérilité des épillets. Pour connaître ces facteurs, les moyennes des températures minimales entre montaison – épiaison avec les pourcentages de grains pleins ont été comparé et les températures seuils de stérilité ont été trouvé; et les risques de stérilité dépend des dates de semis, de même d’ailleurs le risque d’être en – dessous du seuil d’obtention de 50% de grains pleins. Ce qui nous permet déjà de dire qu’en fait le rendement en riz pluvial dépend étroitement de seuils de température, mis que ces seuils sont propres à chaque variété.

CONCLUSION GENERALE

Le stage de fin d'études s'est déroulé au sein de la station FOFIFA Antsirabe en collaboration avec le CIRAD. L'étude a été insérée dans le projet RISOCAS, développant des stratégies d'adaptation du riz et du sorgho, pour faire face aux changements climatiques des environnements vulnérables en Afrique. Leurs activités s'orientent sur des recherches agronomiques et des participations au développement rural de la région du Vakinankaratra et met en œuvre des activités de recherches agricoles.

L'expérimentation était basée sur l'analyse de la stérilité de riz en fonction de la température et a été réalisé sur les dispositifs expérimentaux du projet RISOCAS d'Andranomanelatra et d'Ivory au Moyen-Ouest.

Les résultats obtenus ont montré l'importance de la composante du rendement « stérilité des grains » dans les variations de rendement observées même pour les variétés adaptées à l'altitude. Les températures minimales seuils de stérilité des 10 variétés étudiées ont été calculées. Les températures seuils pour obtenir 0% de grains pleins variaient de 12,4°C à 13,8°C pour les variétés de basse à moyenne altitudes et de 16,3°C à 17,1°C pour obtenir 50% de grains pleins. Pour les variétés de haute altitudes, les températures seuils pour obtenir 0% de grains pleins variaient de 9,5°C à 11,3°C et pour les 50% de 13,3°C à 14°C. Cette analyse devra bien sûr être confirmée par d'autres mesures.

Les données sont très importantes pour la suite des travaux de modélisation qui devraient avoir lieu dans le projet RISOCAS. De plus, elles pourront aussi être utilisées par les agronomes et sélectionneurs pour orienter leur choix variétal lors de mise en place d'essais dans de nouvelles zones de culture.

Les analyses fréquentielles des variations des températures sur le site d'Andranomanelatra sur 8 années ont été faites à partir des tableaux montrant la variation des températures minimales durant la période montaison - épiaison en relation avec les températures seuils déterminées.

Pour réduire la stérilité, il est important de :

- Respecter le calendrier cultural ;
- Utiliser les variétés résistantes au froid et convenables à l'altitude.

BIBLIOGRAPHIE

- 1- ANGLADETTE A. *Le riz*. Maisonneuve et Larose. 30 pages.
- 2- BALDY C., STIGTER C J., *Agrométéorologie des cultures multiples en régions chaudes*, INRA, Paris. 1993.142 pages.
- 3- CFR, *Riz du débouché à la culture*, Septembre 1995, 52 pages.
- 4- CHAUVIGNE V. *Enjeux et perspectives du développement de la riziculture pluviale à Madagascar*, DESS pratiques sociales du développement. Octobre 2005. 115 pages.
- 5- CIRAD-GRET. *Mémento de l'agronome*. Ministères des affaires étrangères. 1691 pages.
- 6- Direction Générale de la Météorologie. *Changement climatique à Madagascar*. 2008. 34 pages.
- 7- DOMAS R., PENOT E., ANDRIAMALALA H. *Acte de l'atelier national sur la recherché et le développement du riz pluvial à Madagascar*. Antananarivo : FOFIFA, 2009. p86-91.
- 8- DOUCET Roger. *La science agricole*. Edition Berger. Décembre 1997. 699 pages.
- 9- E. S. S. A. 2003.73 pages.
- 10- FOFIFA. *Fiche technique du riz pluvial pour les zones d'altitudes*. 37 pages.
- 11- GIRET M M, ORLOFF, DUCLOS, DAVID. *Etude géologiques des feuilles Antsirabe-Mandoto-Sovinandriana*.2004. 67 pages.
- 12- Hirsch, 2000, in Galtier 1 et Guimera, 2000.12 pages.
- 13- HUBERT P. *Recueil de fiches techniques d'agriculture spécial*. Février 1968, 265 pages.
- 14- IRAT-CIRAD. *Programme riz : Image de la recherche*. 1987. p 20.
- 15- Kluwer Academic Publishers. *Plant and soil*. Printed in the Netherlands. 2003. 15 pages.
- 16- LACHARME M. *Le plant du riz : Données morphologique et cycle de la plante*, Fascicule 2. Juin 2001, 19 pages.
- 17- LAFON Jean Patrick. THARAUD-PRAYER C. LEVY G. *Biologie des plantes cultivées*. 2^{ème} édition. 1987. 150 pages.
- 18- MAEP / UPDR. *Monographie de Vakinankaratra*. 2003. 107 pages.
- 19- MAEP. *Recensement de l'agriculture*, campagne agricole 2004-2005. 2006.22 pages.

- 20- MANDIMBINAINA Tahinjanahary R H. *Risques climatiques et activités agricoles dans les deux Fokontany Antsapanimahazo et Amberobe* (Région Vakinankaratra). En vue de l'obtention du diplôme d'Etude Approfondie en Géographie. E.S.S.A, Antananarivo. Mars 2009. 77 pages.
- 21- MONOGRAPHIE DE MADAGASCAR : Manakara, 2003, 111 pages.
- 22- MOREAU Dominique. *L'analyse de l'élaboration du rendement du riz : les outils de diagnostique*. Paris, 1987. 125 pages.
- 23- PANDE Hari K. *Systèmes améliorés de riziculture*. Edition FAO. Février 1968
- 24- *Plan Communal de Développement d'Andranomanelatra*, 2008, 32 pages.
- 25- PUARD M, ROCHE Ph. *Etude sur la résistance au froid*. 1^{er} Juillet 1993. 24 pages.
- 26- RABEMANAMBOLA M F. *Contribution à l'étude d'une filière alimentaire et de son inscription spatiale dans un pays en voie de développement*. Thèse en vue de l'obtention du grade de Docteur en géographie. Université de Clermont Ferrand II. 2007. 332 pages.
- 27- RABEZANDRINA René. *Manuel d'agriculture générale Malagasy*, Département R
- 28- RAKOTONIRAINY R, RAVATOMANGA Jeannine, 1987, 59 pages.
- 29- RAKOTOSON Laingotiana. *Essai agronomique en vue de suivre les effets de la fertilisation et de la densité sur la physiologie et le statut azoté du riz pluvial*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur en agronomie, option agriculture.
- 30- RAMAHANDRY Fidiniaina. *Influence des conditions pédoclimatiques et de l'itinéraire cultural sur la phase végétative et l'élaboration du rendement de variétés de riz pluvial d'altitude*. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur en agronomie, option agriculture. E.S.S.A. 2003. 100 pages.
- 31- RANDRIANASANDRATRINIONY Yvan. *Monographie de la région du Vakinankaratra*. Juin 2003. 107 pages.
- 32- RAUNET et al. *SCV Techniques au concept*. 1999. 9 pages.
- 33- RAUNET M Cliché, *Riziculture pluvial d'altitude à Madagascar*, 84 pages.
- 34- RAVEROMIHAJA H, Atlas, CIRVA Antsirabe, Ministère de l'agriculture. Madagascar. Mai 1996.
- 35- ROESSLER. S. *Guides des îles : Madagascar*. Allemagne, 2000, 622 pages.
- 36- ROLLIN D. *Des rizières aux paysages : éléments pour une gestion de la fertilité dans les exploitations agricoles du Vakinankaratra et du Nord Betsileo*, Madagascar. Université de Paris X Nanterre, Département de géographie. 1994. 323 pages.

37- SOLTNER D. *Les bases de la production végétale : Le climat*. 8^{ème} édition. 1999. 319 pages.

38- [http : // w.w.w. cirad.mg / fr / anx / rizpluvial.php](http://w.w.w.cirad.mg/fr/anx/rizpluvial.php)

39- [http : // w.w.w.fofifa.mg / pcp_scrid.htm](http://w.w.w.fofifa.mg/pcp_scrid.htm)

40- [http : // w.w.w. agriculture.gov.mg / pdf / doc](http://w.w.w.agriculture.gov.mg/pdf/doc)

41- [http : // fr.wikipedia.org/wiki/Riz%](http://fr.wikipedia.org/wiki/Riz%20)

Annexe I

FOFIFA 161

-N° dans le catalogue CIRAD-CA GERVEX : 9172

N° dans le catalogue FOFIFA : 4355

Synonymes : Mahefa, Exp 103

Origine géographique : Madagascar

Origine génétique : IRAT 114 X FOFIFA 133 C 546 - F 880 - 1- 98- 2 - 4 - 1

- Année d'obtention : 2003

Groupe morphologique : type pluvial

Groupe enzymatique :

CARACTERES DE LA PLANTE

Longueur des feuilles : 12 cm

Largeur des feuilles : cm

Pilosité des feuilles : intermédiaire

Couleur de la gaine foliaire : verte

Port de la feuille paniculaire : intermédiaire

Hauteur de la plante : 95 cm

Aptitude au tallage : moyenne

Port de la plante : semi-érigé

Exertion paniculaire : bonne

Photosensibilité :

Cycle semi-floraison : 115 j

(Moyenne Antsirabe / 1600 m)

Cycle semis- maturité : 155 j

(Moyenne Antsirabe / 1600 m)

CARACTERES DU GRAIN

Aristation : mutique

Couleur de l'apex : non coloré

Couleur des glumelles : paille / blanchâtre

Pilosité des glumelles : poils courts

Fermeture des glumelles : bonne

Poids de 1000 grains : 28 g

Longueur du grain vêtu : 8.1 mm

Largeur du grain vêtu : 4.0 mm

Réaction au phénol : non réalisé

Taux d'amylose : 23.7 % M.S (assez élevé)

Translucidité : claire

Test à l'alcali : non réalisé

Gonflement à la cuisson : 300 % (élevé)

Fermeté : non réalisé

Recouvrance élastique :

Température de gélification : 61-79 °

CARACTERES AGRONOMIQUES

Vocation culturale : culture pluviale

Niveau d'intensification : traditionnel

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

Résistance à :

La verse : moyenne (4/9)

L'égrenage : moyennement sensible (6/9)

La sécheresse :

Tolérance aux maladies :

Pyriculariose du cou : tolérante (5/9)

Pyriculariose foliaire : sensible (7/9)

Sarocladium : moyennement sensible (6/9)

Autres tolérances ou résistances : certaine tolérance au froid, rustique

Caractères particuliers : panicule compacte, grain rond, lourd et velu, de couleur presque blanchâtre

Rendements obtenus en milieu contrôlé :

Moyen : 2.8 t / ha

Maximum : 6.6 t / ha

POINTS FORTS	POINTS FAIBLES
<ol style="list-style-type: none">1. Tolérance à la pyriculariose2. Certaine tolérance au froid3. Bonne adaptation à la riziculture pluviale d'altitude à Madagascar4. Fertilité5. Rusticité6. Panicules compactes7. Homogénéité8. Aspect sanitaire du grain :9. Grain apprécié	<ol style="list-style-type: none">1. Tallage moyen2. Certaine sensibilité à l'égrenage

Annexe II :

FOFIFA 172

N° dans le catalogue CIRAD – CA GERVEX :

Année d'obtention : 2006

N° dans le catalogue FOFIFA : 4370

Groupe morphologique : type pluvial

Synonymes : Exp 411

Groupe enzymatique :

Origine géographique : Madagascar

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

CARACTERES DE LA PLANTE

Longueur des feuilles : 30 cm

Largeur des feuilles : 9 mm

Pilosité des feuilles :

Couleur de la gaine foliaire : violet foncé

Port de la feuille paniculaire : horizontal

Hauteur moyenne de la plante : 95 cm

Aptitude au tallage : très bonne (3 / 9)

Port de la plante : ouverte

Exertion paniculaire : excellente (1 / 9)

Longueur de la panicule : 19 cm

Photosensibilité :

Cycle semis – floraison : 112 j

(Moyenne Antsirabe / 1600 m)

Cycle semis- maturité : 150 j

(Moyenne Antsirabe / 1600 m)

CARACTERES DU GRAIN

Aristation : aristé

Couleur de l'apex : violet

Couleur des glumelles : bicolore (brun et paille)

Pilosité des glumelles : faible (3 / 9)

Fermeture des glumelles : bonne

Poids de 1000 grains : 34 g

Longueur du grain vêtu : 9.0 mm

Largeur du grain vêtu : 3.4 mm

Réaction au phénol : non réalisé

Taux d'amylose : non réalisé

Translucidité : très bonne (2 / 9)

Test à l'alcali : non réalisé

Gonflement à la cuisson : non réalisé

Fermeté : non réalisé

Recouvrance élastique : non réalisé

Température de gélification : non réalisé

Teneur en protéines : non réalisé

Rendement à l'usage : non réalisé

CARACTERES AGRONOMIQUES

Vocation culturale : culture pluviale

Niveau d'intensification : traditionnel à assez intensif

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

Résistance à :

La verse : bonne (3 / 9)

L'égrenage : médiocre (6 / 9)

La sécheresse :

Tolérance aux maladies :

Pyriculariose du cou : très résistante (2 / 9)

Pyriculariose foliaire : très résistante (2 / 9)

Sarocladium : résistante (3 / 9)

Autres tolérances ou résistances :

Aspect sanitaire du grain : excellent, bon stay- green

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

Rendements obtenus en milieu contrôlé :

Moyen : t / ha

Maximum : 5 t / ha

POINTS FORTS	POINTS FAIBLES
<p>Résistance aux maladies</p> <p>Adaptation à la très haute altitude</p> <ol style="list-style-type: none">1. Grain rouge2. Précocité3. Tallage4. Aspect sanitaire du grain5. Port couvrant du feuillage6. « stay-green »	<ol style="list-style-type: none">1. Sensible à l'égrenage

Annexe III :

FOFIFA 167

N° collection nationale : 4362

N° CIRAD : 489

N° GERVEX : 9173

N° expérimental : 933

Parents : CA 148 et Shin Ei

CARACTERISTIQUES

Principal caractéristiques physiques	Plante haute à tige pas trop grosse et blanche à la base Feuille fine
Type de plante	Semi- pluvial
Type de grain	Médium
Aristation	Mutique
Poids 1000 grains (g)	32
Hauteur de la plante (cm)	115
CYCLE	Tardif
Floraison (jours) 1600 m	125
Maturité (jours) 1600 m	165
Tallage	Très bon
Résistance verse	Moyenne
Résistance égrenage	Moyenne
Résistance pyriculariose	Médiocre (voir points faibles)
Résistance de brunissure de gaine	Bonne
PRODUCTIVITE	Très bonne
Niveau indicatif (q / ha)	35
Maximum observé (q / ha)	80

POINTS FORTS ET / OU INTERESSANTS	POINTS FAIBLES ET / OU GENANTS
<p>Productivité</p> <p>Aspect végétatif :</p> <p>Tallage</p> <p>Vigueur au départ</p> <p>Bonne couverture du sol</p> <p>Production masse végétale</p> <p>Paille longue appréciée</p> <p>Bon « stay-green »</p>	<p>Tardif</p> <p>Sensibilité à la pyriculariose (mais généralement évitée à cause de la longueur du cycle)</p> <p>Sensibilité à la verse</p>

Annexe IV :

CHHOMRONGDHAN

N° dans le catalogue CIRAD- CA GERVEX :

N° dans le catalogue FOFIFA : 4368

Synonymes :

CARACTERES DE LA PLANTE

Longueur des feuilles : 37 cm

Largeur des feuilles : 11 mm

Pilosité des feuilles :

Couleur de la gaine foliaire :

Port de la feuille paniculaire : pendante

Hauteur moyenne de la plante : 120 cm

Aptitude au tallage : très bonne (3 / 9)

Port de la plante : ouverte

Exertion paniculaire : excellente (1 / 9)

Longueur de la panicule : 21 cm

Photosensibilité :

Cycle semis- floraison 115 j

(Moyenne Antsirabe / 1600 m)

Cycle semis-maturité : 153 j

(Moyenne Antsirabe / 1600 m)

CARACTERES AGRONOMIQUES

Vocation culturale : culture pluviale et irriguée

Niveau d'intensification : traditionnel à assez intensif

Aires de culture reconnues : zone de haute altitude, de 1000 à 1850 m, à Madagascar

Résistance à :

La verse : médiocre (6 / 9)

Année d'obtention :

Groupe morphologique

Groupe enzymatique :

CARACTERES DU GRAIN

Aristation : aristulé

Couleur de l'apex : violet foncé

Couleur des glumelles : bicolore (brun à brun foncé)

Pilosité des glumelles : très faible (2 / 9)

Fermeture des glumelles : bonne

Poids de 1000 grains : 32 g

Longueur du grain vêtu : 7.9 mm

Largeur du grain vêtu : 3.7 mm

Réaction au phénol : non réalisé

Taux d'amylose : non réalisé

Translucidité : bonne (3 / 9)

Gonflement à la cuisson : non réalisé

Fermeté : non réalisé

Recouvrance élastique élastique : non réalisé

Température de gélification : non réalisé

Teneur en protéines : non réalisé

Rendement à l'usinage : non réalisé

L'égrenage : assez bonne (4 / 9)

La sécheresse :

Tolérance aux maladies :

Pyriculariose du cou : bonne (3 / 9)

Pyriculariose foliaire : bonne (3 / 9)

Sarocladium : sensible (7 / 9)

Autres tolérances ou résistances : résistant au froid

Aspect sanitaire du grain : excellent

Caractères particuliers : grain rond à péricarpe rouge, panicules longues et lâches, feuilles basses couvrantes (port horizontal), tiges colorée plus ou moins rayée de violet, feuilles fines, bon tallage

Rendement obtenus en milieu contrôlé :

Moyen : t / ha

Maximum : 6.8 t / ha

POINTS FORTS	POINTS FAIBLES
<ol style="list-style-type: none">1. Adaptation à la très haute altitude2. Résistance aux maladies3. Productivité4. Grain rouge5. Cycle semi-précoce6. Tallage7. Aspect sanitaire du grain	<ol style="list-style-type: none">1. Sensible à la verse2. Sensible au stress hydrique « panicules blanchies »

Annex V :

IRAT 112

N° de catalogue central IRAT : 4991

Origine génétique : IRAT 13 X Dourado précoce

Origine géographique : croisement réalisé en côte d'Ivoire en 1974

Groupe variétal : type pluvial intermédiaire

Cycle semis-épiaison

Photopériode :

Durée du cycle semis-épiaison : 76 j

Cycle total :

CARACTERISTIQUES VARIETALES VEGETATIVES

Hauteur de la plante : 104 cm

Port de la plante :

Port de la feuille paniculaire :

Port de la panicule :

Tallage : moyen

Exertion paniculaire : bonne

Paddy

Longueur : 9.5 mm

Largeur : 3.1 mm

Epaisseur : 2.3 mm

Poids de 1000 grains : 38 g

Caryopse

Longueur :

Largeur :

Translucidité : excellente

Rendement à l'usinage (blanchi entier) : 49 %

Caractères spéciaux :

1. Port des feuilles :
2. Aristation : mutique
3. Couleur apex à maturité :
4. Couleur glumelles à maturité : fauve
5. Pilosité : glabre

CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES

1. Aptitude culturale Verse : résistante
2. Egrenage : peu sensible
3. Réponses aux engrais :
4. Pyriculariose foliaire : assez résistante
5. Pyriculariose du cou :
6. Dormance :

Potentiel de rendement: Côte d'Ivoire 1980 : 38 q / ha

Remarques : Très bonnes qualités du grain : format, translucidité, qualités culinaires.

Origine de la description : (38)

Aire de culture

IRAT 112, obtention récente, commence tout juste à être recommandée en Côte d'Ivoire en 1980 (38), en remplacement de Dourado Précoce dont elle a gardé toutes les qualités ; elle présente en plus l'avantage de ne pas verser et de ne pas être sensible à la pyriculariose du cou ; elle conviendrait particulièrement comme culture de premier cycle en zone forestière, mais pourrait sans doute s'adapter à d'autres conditions car elle est assez plastique.

Essais locaux et multi locaux IRAT

Côte d'Ivoire

IRAT 112 testée en 1977 à Tombokro, Bouaké et Han (22) et dans le réseau CIDT en 1978, où on signale à Daloa et Daoukro des dégâts d'oiseaux (précocité) ; elle est également testée dans l'Ouest du pays (91).

Cameroun

IRAT 112 se montre inférieure à IRAT 10 dans un essai variétal à la plaine des Mbo.

Guyane

IRAT 112 rentre dans plusieurs assai variétaux en 1979 (153) :

à Sinnamary (savane Combi) en premier cycle de culture, IRAT 112 semble prometteuse et doit rentrer dans les essais variétaux des cycles suivants ;

au même endroit, en deuxième cycle de culture, IRAT 112 montre son bon comportement en conditions difficiles ; c'est la variété de l'essai la plus tolérante aux insectes foreurs.

