



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 DUSSERE, 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



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

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
CONTEXTE ET ORGANISME D'ACCUEIL.....	3
1.1 LE PROJET RISOCAS	3
1.2 L'URP SCRiD	3
ZONES D'INTERVENTION	5
2.1 LA ZONE D'ANDRANOMANELATRA.....	5
2.1.1 Composante physique.....	5
2.1.2 Composante biologique	9
2.1.2 Composante humaine	10
2.2 LA ZONE D'IVORY	12
2.2.1 Composante physique.....	12
2.2.2 Composante biologique	15
2.2.3 Composante humaine	16
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	17
3.1 CARACTERISTIQUES DU RIZ	17
3.1.1 Morphologie	17
3.1.2 Croissance et développement.....	18
3.1.3 Composantes de rendement.....	19
3.2 FACTEUR CLIMATIQUE.....	20
3.2.1 La température.....	20
3.2.2 La luminosité	21
3.3 BESOIN DU RIZ	22
3.3.1 Besoin en latitude et altitude	22
3.3.2 Besoin en température.....	22

3.3.3	Besoin en eau	22
MATERIEL ET METHODE		24
4.1	Objectif et démarche.....	24
4.2	Matériel Végétal	24
4.3	Dispositifs expérimentaux	26
4.3.1	Le dispositif d'Andranomaneltra	26
4.3.2	Le dispositif d'Ivory.....	27
4.4	Mesures	28
4.4.1	Suivis de la phénologie	28
RESULTATS		30
5.1	Relation entre le rendement et le pourcentage de grains pleins	30
5.2	Relations entre les températures minimales et le pourcentage de grains plein.....	31
5.2.1	Variétés de basse à moyenne altitude.....	32
5.2.2	Variétés de haute altitude	34
5.3	Analyse fréquentielle de risque de stérilité due au froid.....	37
CONCLUSION GENERALE.....		42

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. Jusqu'à là, 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.

CONTEXTE ET ORGANISME D'ACCUEIL

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

Crée 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 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 est 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.

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 de sol moins favorables, de forte pression de maladies et de passages cycloniques rencontrés lors des 2 campagnes de mesure.

2.1 LA ZONE D'ANDRANOMANELATRA

2.1.1 Composante physique

- Délimitation territoriale

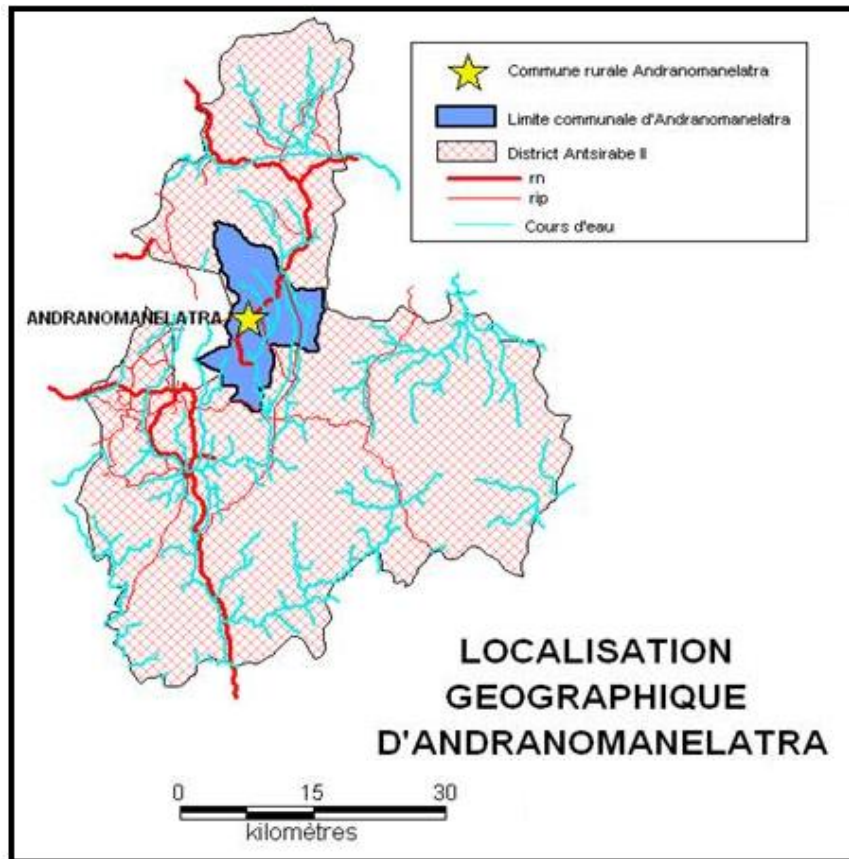
L'expérimentation s'est réalisée à Andranomanelatra, autrefois ferme d'usine KOBAMA, suivant les délimitations suivantes : Andranomanelatra est une commune rurale localisée dans la région du Vakinankaratra, District Antsirabe II.

- 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 (1500 – 1900 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 se caractérise par un régime climatique tropical d'altitude, supérieur 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, l'humidité, le vent et le rayonnement.



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

Source : Auteur

➤ **Température**

La région du Vakinankaratra 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. Globalement, 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).

D'après la figure 1, présentant les températures moyennes sur les 8 années de mise en place de la station Cimel sur le site SCRiD d'Andranomaneltra (1650 m), la température moyenne oscille entre 18 et 19°C de novembre à mars, et passe en dessous de 17°C en avril et en dessous de 15°C en mai. Ceci met en évidence les conditions très contraignantes de température sur ce site.

La comparaison des données de température moyenne des 2 dernières campagnes par rapport à la moyenne sur 8 ans, indique qu'en 2009-2010, les températures moyennes ont été un peu plus élevées de mars à juin.

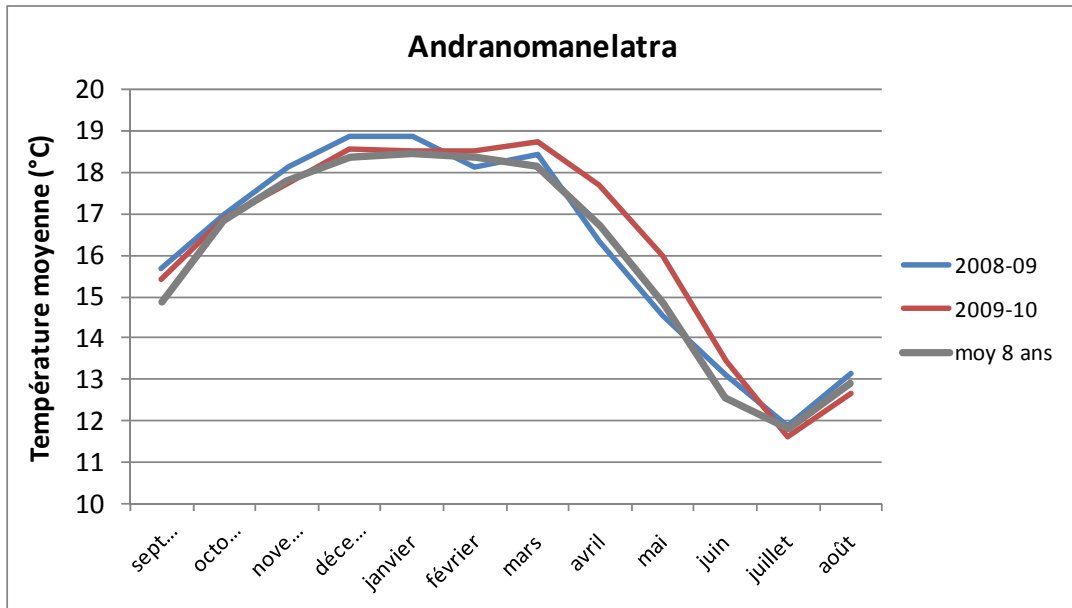


Figure 1 : Températures moyennes mensuelles du site d'Andranomanelatra pour les campagnes 2008-09 et 2009-10 et la moyenne sur 8 ans (2002-2010)

Source : Station CIMEL Andranomanelatra

➤ Pluviométrie

Pour cette campagne 2009-2010, la pluviométrie a été plus faible par rapport à la moyenne de 8 ans, principalement en début de cycle (1051 mm au total contre 1422 mm en moyenne sur 8 ans), mais suffisante pour le riz pluvial (cf. figure 2). En 2008-09, elle avait été supérieure à la moyenne (1658 mm).

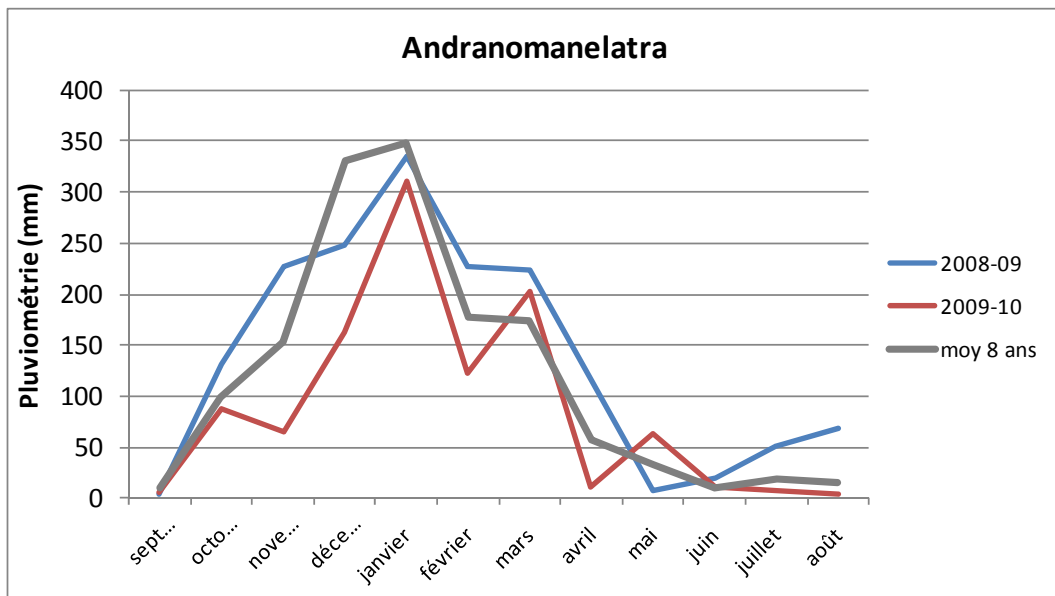


Figure 2 : Pluviométrie moyenne mensuelle du site d'Andranomanelatra pour les campagnes 2008-09 et 2009-10 et la moyenne sur 8 ans (2002-2010)

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 caractérisée 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

2.1.2 Composante humaine

- Population et démographie

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

TYPLOGIE	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, Ampidiambola ;
- au Sud, par Soamiafara, Ankelidrano, Antsahondramaromandry, Bemikitrana ;
- à l'Ouest, par Ambohitsararoa, Atsimo Ambohimena, Ampombaka.

- Superficie : Elle s'étend sur une superficie de 197 km²
- Altitude : Elle se trouve dans une zone de moyenne altitude (800 - 1300 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



Carte 2 : Localisation du site d'Ivory

Source : BD500, Mapinfo

- Climat

Dans la région du Moyen-Ouest, le climat est de même type que sur les Hautes Terres, mais avec des températures plus élevée car l'altitude est moins importante, et des mois qui peuvent être sec au début de la saison chaude.

- Température

L'évolution de la température du site d'Ivory pour les 2 dernières campagnes et pour une moyenne de 7 ans est présentée par la figure 3. Les températures moyennes se situent autour de 22 et 23 °C d'octobre à avril. Sur ce type la température plus élevée permet un cycle du riz plus court, qui se cultive de décembre à avril, il n'y a donc pas de problème de température basse. On note comme pour le site d'Andranomaneltra des températures plus élevées en moyenne sur les mois d'avril à juin par rapport à la moyenne de 7 ans.

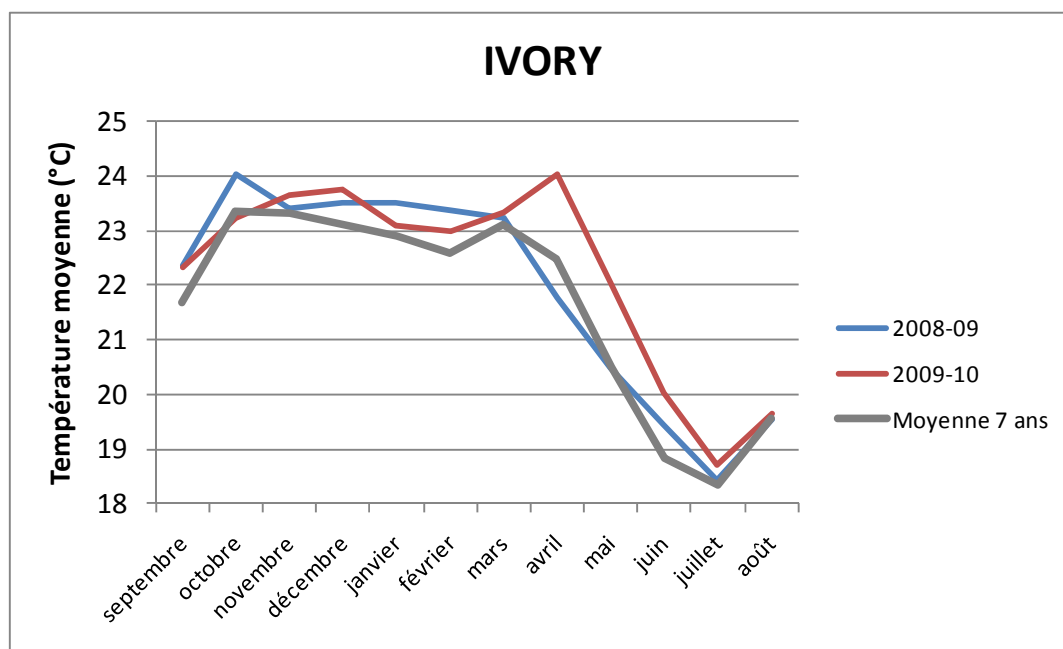


Figure 3 : Températures moyennes mensuelles du site d'Ivory pour les campagnes 2008-09 et 2009-10 et la moyenne sur 7 ans (2003-2010)

Source : Station CIMEL Ivory

- Pluviométrie

Cette zone de basse à moyenne altitude est plus chaude et moins arrosées. 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 4 présente les moyennes mensuelles de pluviométrie pour les campagnes 2008-09 et 2009-10 et la moyenne sur 7 ans (2003-2010). La moyenne de cumul pluviométrique sur 7 années tourne autour de 1240 mm, mais avec des variations importantes comme plus de 1500

mm en 2003-04, et 867 mm en 2007-08. Les campagnes 2008-09 et 2009-10 sont assez proches de la moyenne, avec 1369 mm en 2008-09 et 1099 mm pour 2009-10.

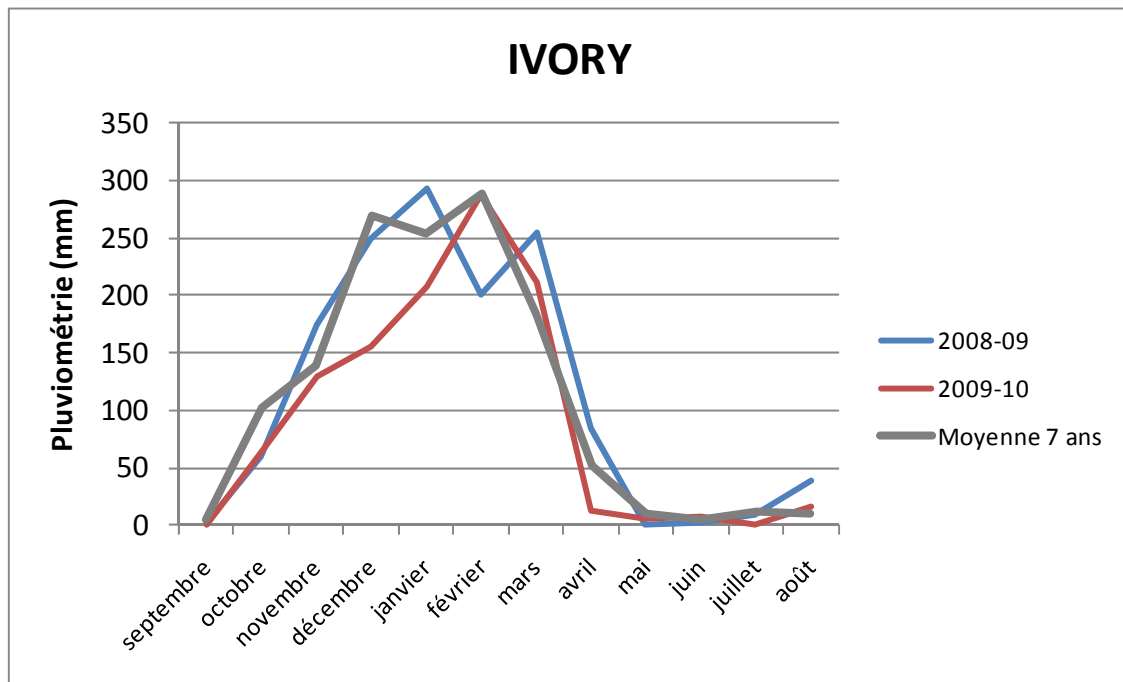


Figure 4 : Pluviométrie moyenne mensuelle du site d'Ivory pour les campagnes 2008-09 et 2009-10 et la moyenne sur 7 ans (2003-2010)

Source : Station CIMEL 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.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

3.1 CARACTERISTIQUES DU RIZ

Classification :

- Règne : VEGETAL
- Embranchement : SPERMAPHYTES
- 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. Le limbe foliaire ou la partie terminale de la feuille est attachée au nœud par la gaine foliaire. (LACHARME, 2001)

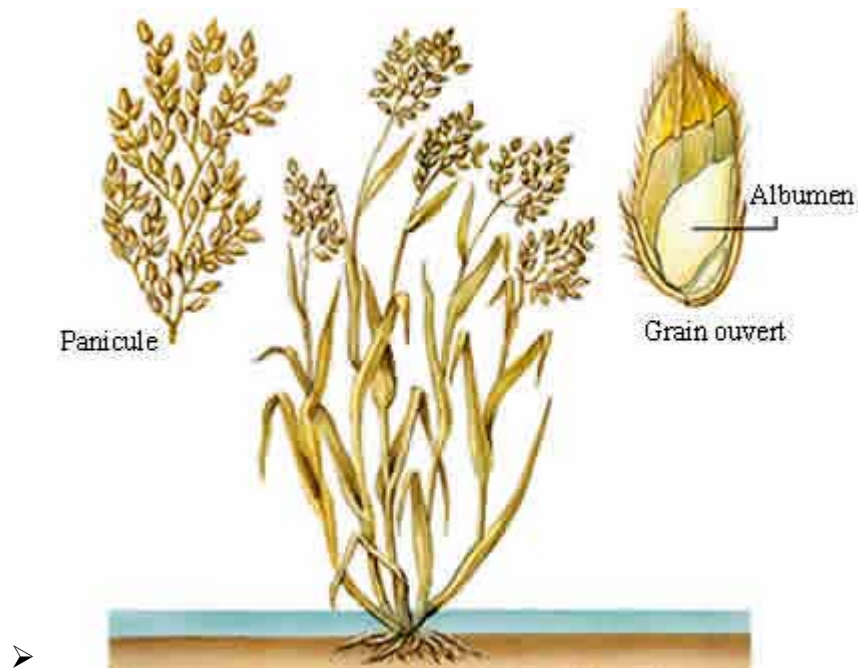


Photo 2 : Plant, panicules et grains de riz ouvert

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 dure 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 / m² : le nombre de plants par m² ;
- N Pa / P : le nombre de panicules par plant ;
- NEp / Pa : le nombre d'épillets 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 :

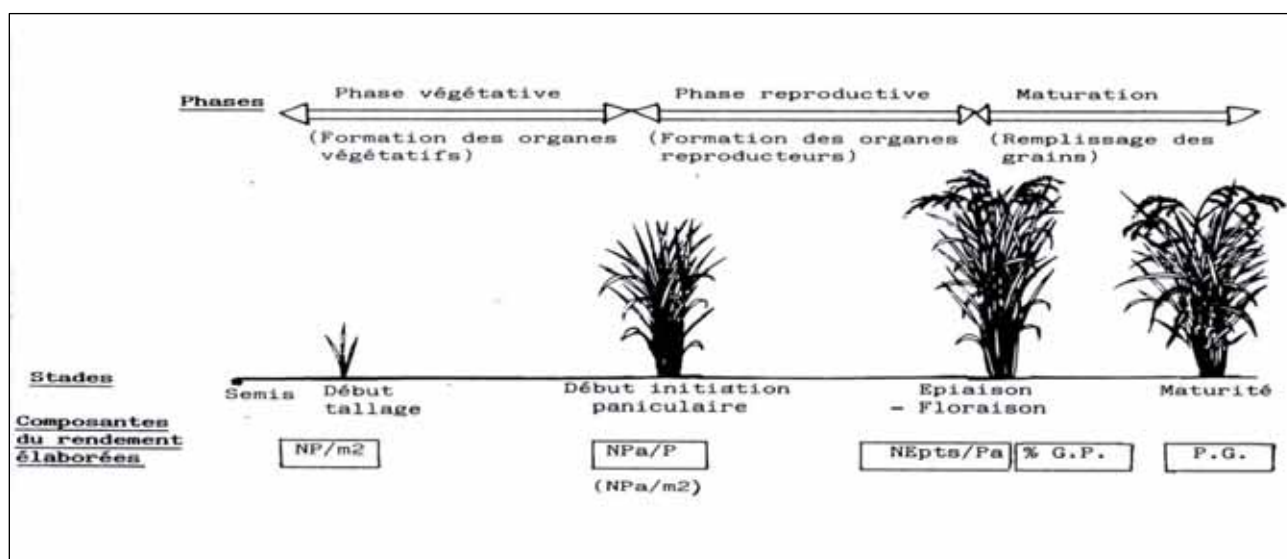


Figure 5 : Les différentes phases du cycle et la formation des composantes de rendement

Source : Moreau, 1987

3.2 FACTEUR CLIMATIQUE

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

3.2.1 La température

La température est exprimée en degré Celsius (°C). Elle varie en fonction de l'altitude, 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. Mais 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 : la température de base.

Nous chercherons à voir dans notre travail s'il est possible de mettre en évidence des températures seuil de base pour la stérilité des grains, et si ces températures seuil sont différentes pour des variétés adaptées à la moyenne et à la haute altitude.

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 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 était avant limitée à une altitude inférieure à 1200 m, pour ces variétés non adaptées au froid, la culture en haute altitude entraîné un risque de faible rendement à cause de fort taux de stérilité des grains. 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 de façon générale 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).

MATERIEL ET METHODE

4.1 Objectif et démarche

Ce travail cible uniquement l'analyse de la stérilité des grains en fonction de la contrainte de températures froides. La variation de température durant le cycle du riz est obtenue en travaillant sur 2 sites d'altitudes différentes et 5 dates de semis décalées d'un mois de septembre à janvier

Notre objectif principal est de déterminer les valeurs des températures seuils de sensibilité au froid de chacune des variétés. Ces résultats seront très importants pour paramétrer des outils de modélisation afin de tester des scénarios climatiques existants ou de changement climatique, qui permettront d'aider au choix de variétés dans de nouvelles zones de cultures ou en fonction de variation des conditions climatiques.

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).

4.2 Matériel Végétal

Les variétés de riz pluvial retenues pour l'étude sont issues des variétés diffusées dans les zones d'étude. 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 comme géniteur par le programme de sélection FOFIFA-CIRAD;
- FOFIFA161, variété FOFIFA SCRID de haute altitude ;
- FOFIFA167, variété FOFIFA SCRID de haute altitude ;
- FOFIFA172, variété FOFIFA 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, 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 blanches », 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)

4.3 Dispositifs expérimentaux

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

- 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 300 kg/ha NPK (11-22-16), de 500 kg/ha de dolomie et de 5 t/ha de fumier de parc. Au cours du cycle de développement, deux apports de 50 kg/ha d'Urée (46%) ont été effectués à 1 et 2 mois après levée.
- Entretien cultural : Des sarclages fréquents garantissent une culture propre tout au long des stades de développement des plants
- Protection phytosanitaire totale
- Des arrosages ont été réalisés sur les cultures en dehors des périodes de précipitations selon les dates de semis, ces arrosages ont été réalisés régulièrement mais pas toujours parfaitement et pu entraîner quelques problèmes de sécheresse sur la première et dernière date de semis.

4.3.1 Le dispositif d'Andranomaneltra

L'expérimentation a été conduite sur un terrain de l'URP SCRiD à Andranomaneltra proche de l'usine KOBAMA. Le dispositif expérimental nommée « Mini Rice Graden (MRG) » 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.

Les dates de semis sont présentées dans le tableau suivant pour les 2 campagnes.

Tableau 5 : Date de semis du dispositif d'Andranomaneltra (1650 m)

Andranomaneltra	Semis	Date de Semis
Campagne 2008-09	1	18/09/2008
	2	15/10/2008
	3	21/11/2008
	4	17/12/2008
	5	16/01/2009
Campagne 2009-10	1	16/09/2009
	2	19/10/2009
	3	16/11/2009
	4	15/12/2009
	5	15/01/2010



Photo 3 : dispositif « Mini Rice Garden » d'Andranomaneltra avec les 5 dates de semis

4.3.2 Le dispositif d'Ivory

L'expérimentation 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 a été mise en place comme sur l'autre site sur un dispositif ayant une surface de 50 m² (10 m x 5 m), allées non comprises. Avec un dispositif également subdivisé en 50 parcelles de 1 m² chacune et comportant 5 dates de semis.

Tableau 6 : Date de semis du dispositif d'Ivory (950 m)

Ivory	Semis	Date de Semis
Campagne 2008-09	1	17/09/2008
	2	17/10/2008
	3	20/11/2008
	4	19/12/2008
	5	16/01/2009
Campagne 2009-10	1	15/09/2009
	2	15/10/2009
	3	16/11/2009
	4	16/12/2009
	5	16/01/2010

4.4 Mesures

4.4.1 Suivis de la phénologie

Les suivis précis des dates de début montaison, d'épiaison, de floraison et de maturité ont été réalisés afin de connaître ces dates pour l'ensemble des variétés pour chaque date de semis et site.

4.4.2 Détermination du rendement et des ses composantes

La mesure du rendement a été réalisée sur une placette de 9 poquets (0,36 m²) au sein du carré de 1 m² par variété selon le schéma 1 ci-dessous.

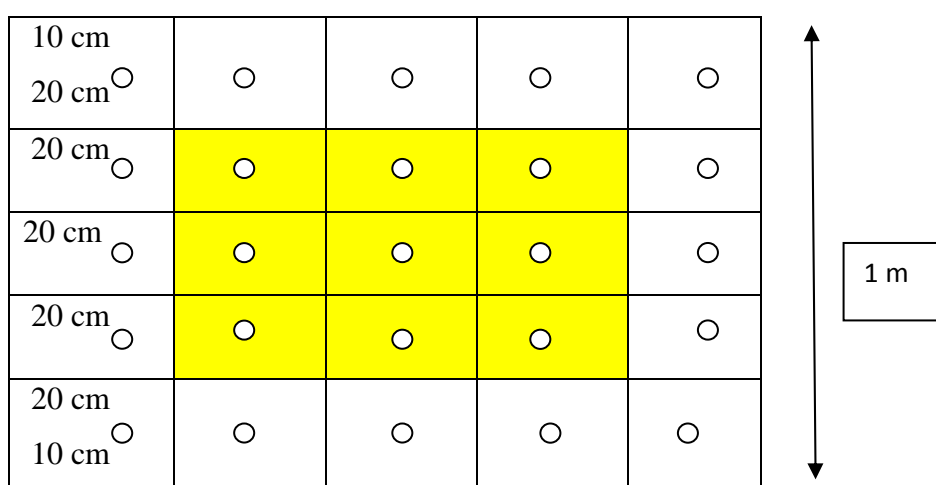


Schéma 1 : Carré de rendement

Source : Auteur

Les mesures des composantes du rendement ont été réalisées suivant les opérations suivantes :

- Arracher les 9 poquets centraux ;
- Déposer les poquets sur une bâche et marquer les numéros de chaque plot sur des sacs ;
- Enlever les panicules de tous les plants et les compter ;
- Compter le nombre de plants afin d'obtenir le nombre de plants par mètre carré ;
- Compter également le nombre de talles qui permettra de connaître le nombre de tallage fertile ;
- Couper les racines de tous les plants ;
- Egrenage des panicules, c'est-à-dire enlever les grains du rachis ; bien séparer les grains pleins des vides, les mettre dans 2 sacs différents ; compter 200 grains pleins et 200 grains vides qui seront mis à part;

- Peser en frais les grains pleins et vides et les pailles, ceci pour connaître le taux d'humidité des grains et des pailles ;
- Mettre à l'étuve tous les échantillons pesés ci-dessus pendant 72 heures à une température de 60°C ; Repeser à sec tous ces échantillons après l'étuve afin de connaître leur poids sec, pour calculer le pourcentage de grains pleins à partir du nombre de grains pleins et vides : les poids secs des 200 grains pleins et 200 grains vides sont utilisés pour calculer le poids moyen d'un grain plein et d'un grain vide, qui permettent par règle de 3 d'estimer le nombre de grains pleins et de grains vides des 9 poquets récoltés. Le pourcentage de grains pleins est égal : $\text{nombre de grains pleins} / (\text{nombre de grains pleins} + \text{nombre de grains vides}) \times 100$.

Le poids sec de grains des 9 poquets est utilisé pour calculer le rendement de chaque placette.

4.4.3 Traitements des données

Après les travaux de terrain, des mois de mai à aout 2010, les données obtenues des récoltes ont été traitées et analysées. Les équations linéaires et les graphiques ont été obtenus avec le tableur Excel (Microsoft).

RESULTATS

5.1 Relation entre le rendement et le 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.

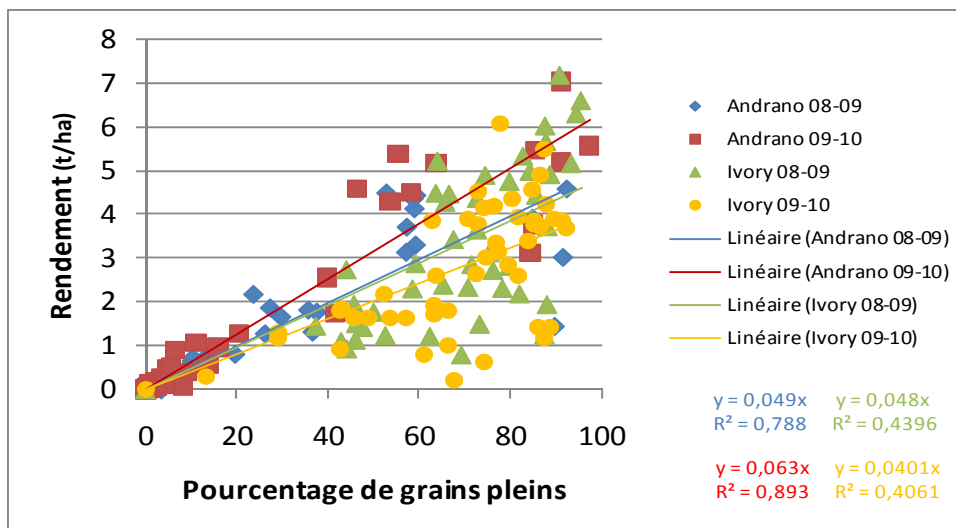


Figure 6 : Relation entre rendement et pourcentage de grains pleins pour toutes les variétés sur le site d'Andranomanelatra et d'Ivory pour les deux campagnes 2008/2009 et 2009/2010

5.2 Relations entre les températures minimales et le pourcentage de grains plein

Le travail consistait à déterminer si il y avait bien une relation entre le pourcentage 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 pourcentages 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 pourcentage de grains pleins ont été décelées. Celles-ci sont présentées ci-dessous, en 2 groupes de variétés par spécificité d'altitude.

Il est a noté que normalement chaque relation aurait du être déterminée avec 20 points (2 sites x 2 années x 5 dates de semis), mais nous avons été obligé d'éliminer des données dans les cas où la stérilité était du à une autre contrainte, particulièrement en cas de sécheresse à cause des arrosages pas assez suffisants.

Egalement, nous avons utilisé une relation linéaire pour établi la relation en raison de ce manque de points, il est à noter que la relation devrait plutôt suivre une courbe avec asymptote avec un maximal atteint à 100 % de grains pleins.

L'établissement de ces relations nous a permis d'évaluer les températures seuils de sensibilité à la stérilité des grains, récapitulées dans le tableau 6.

5.2.1 Variétés de basse à moyenne altitude

Les données présentées sont issues des dispositifs d'Andranomaneltra et d'Ivory.

Figure 7 : Relation pour la variété Nerica 4

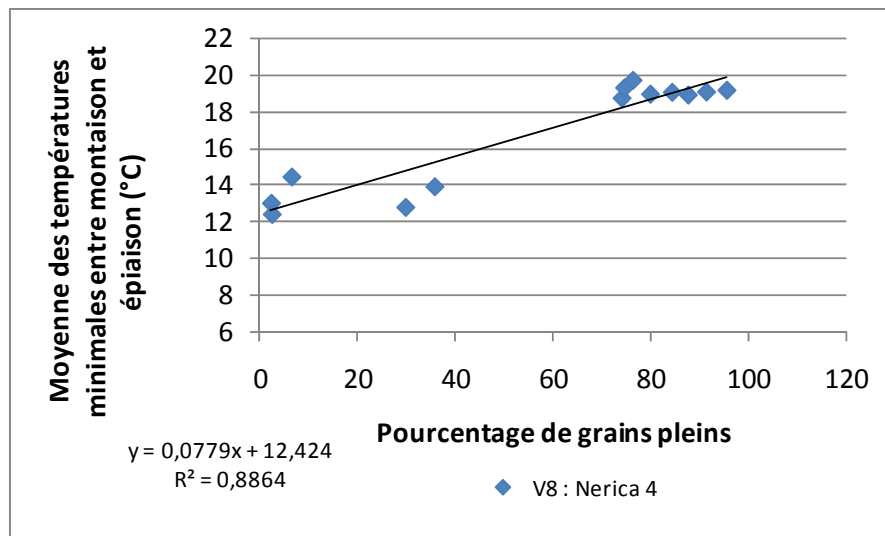


Figure 8 : Relation pour la variété Botramaitso

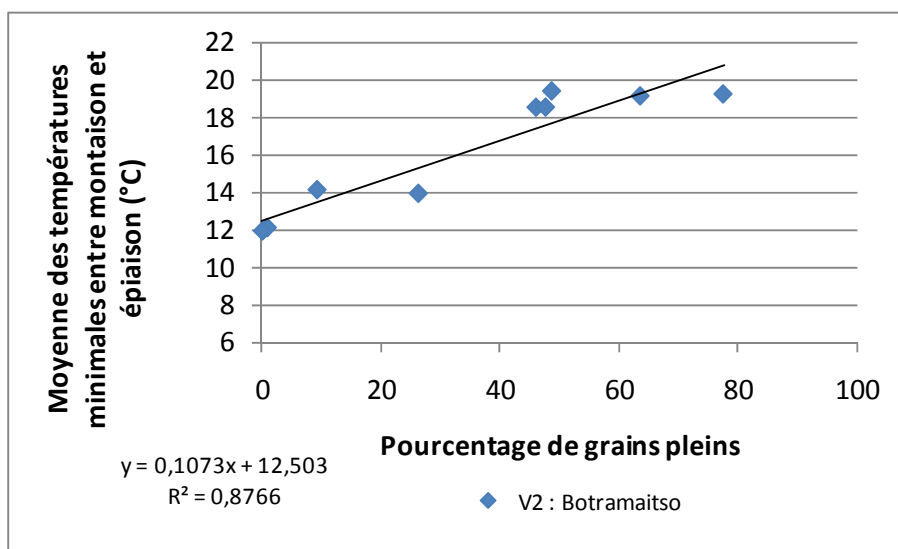


Figure 9 : Relation pour la variété IRAT 112

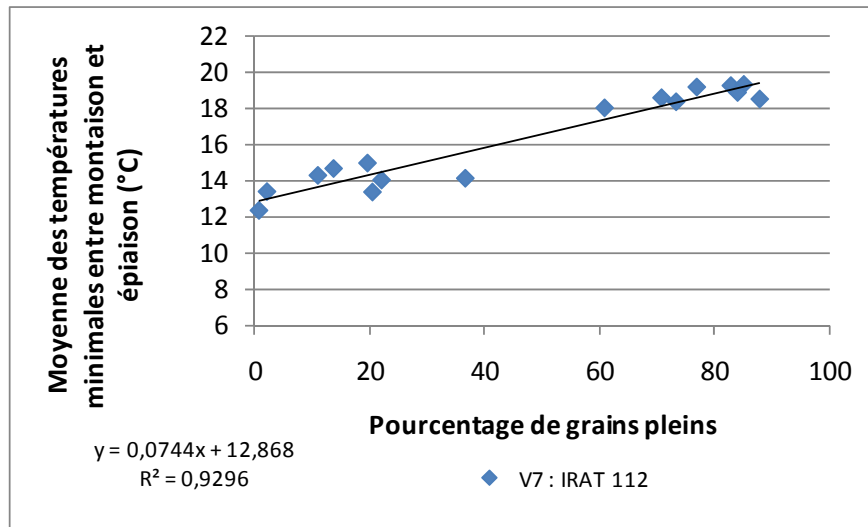


Figure 10 : Relation pour la variété B22

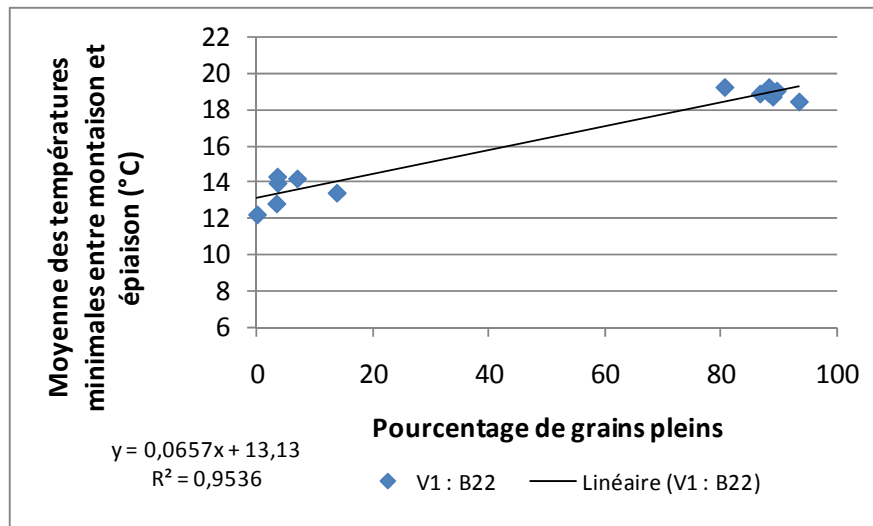


Figure 11 : Relation pour la variété WAB 878 : figure 11

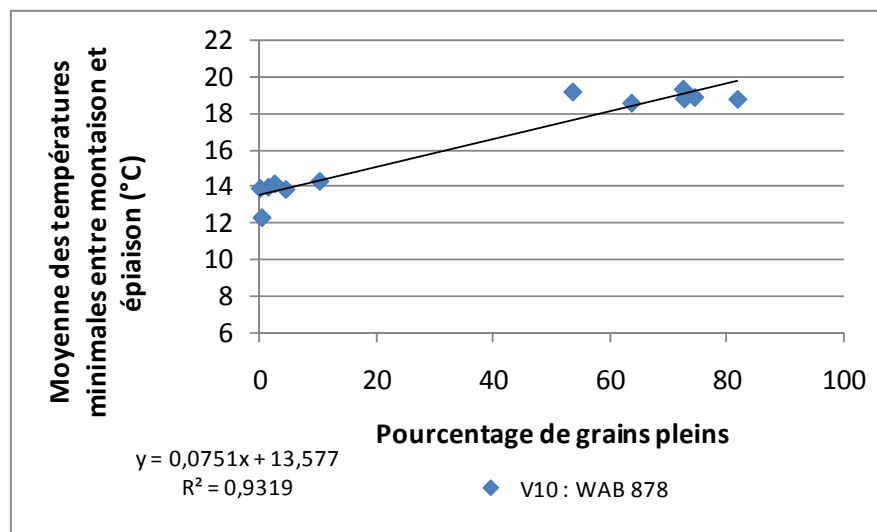
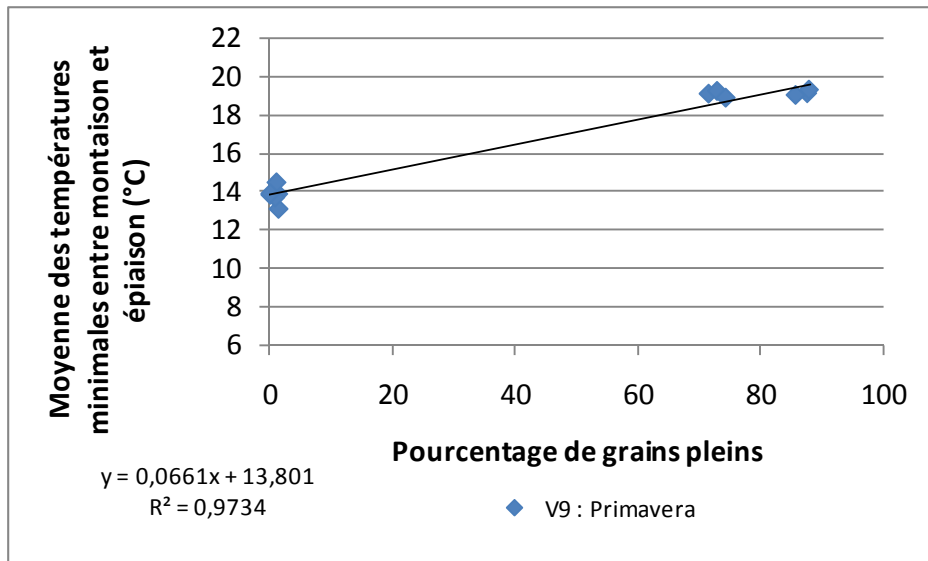


Figure 12 : Relation pour la variété Primavera



5.2.2 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).

Figure 13 : relation pour la variété CHHG

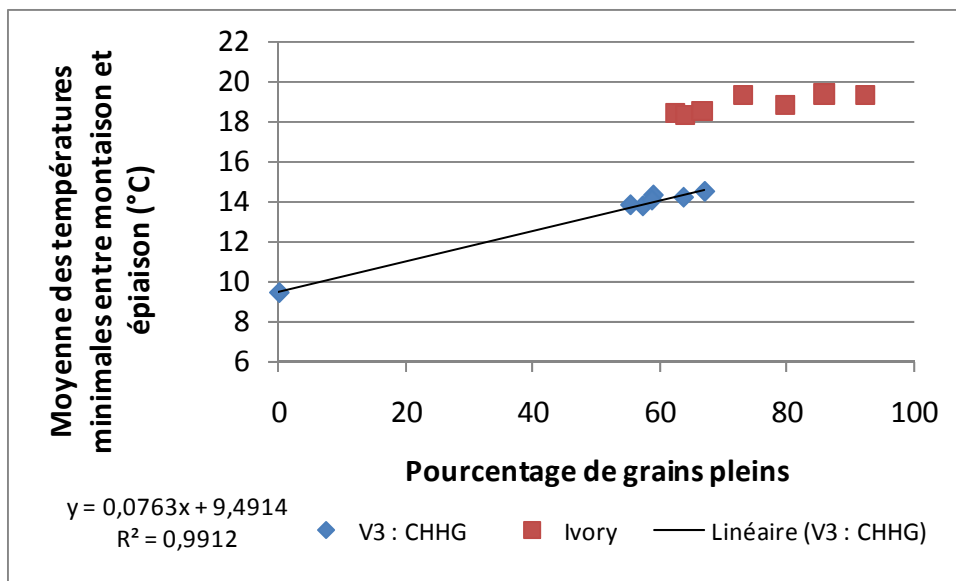


Figure 14 : Relation pour la variété F172

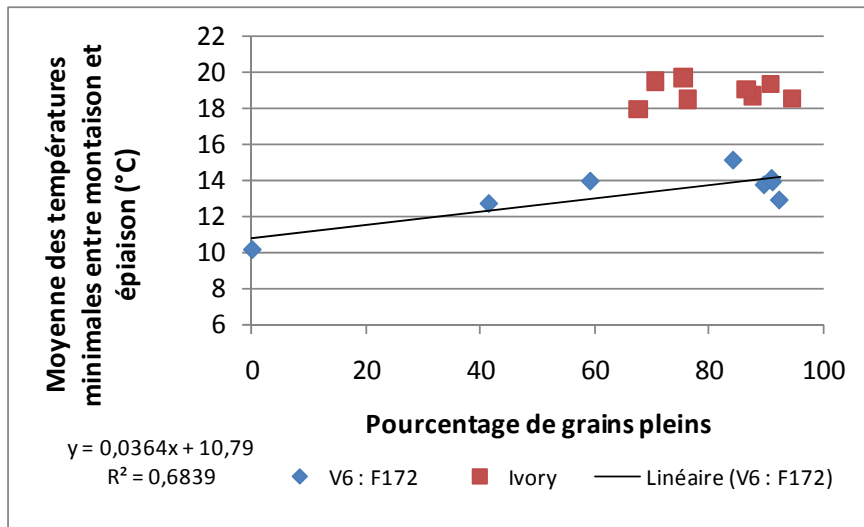


Figure 15 : Relation pour la variété F161

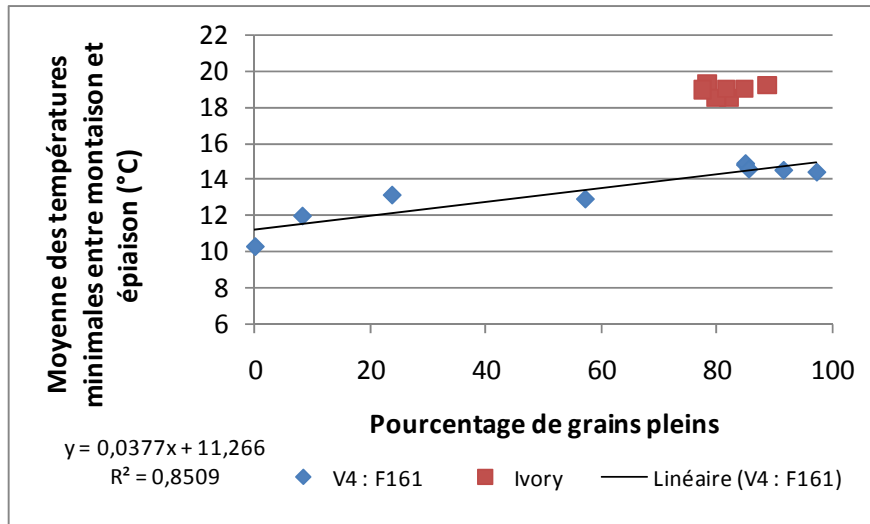
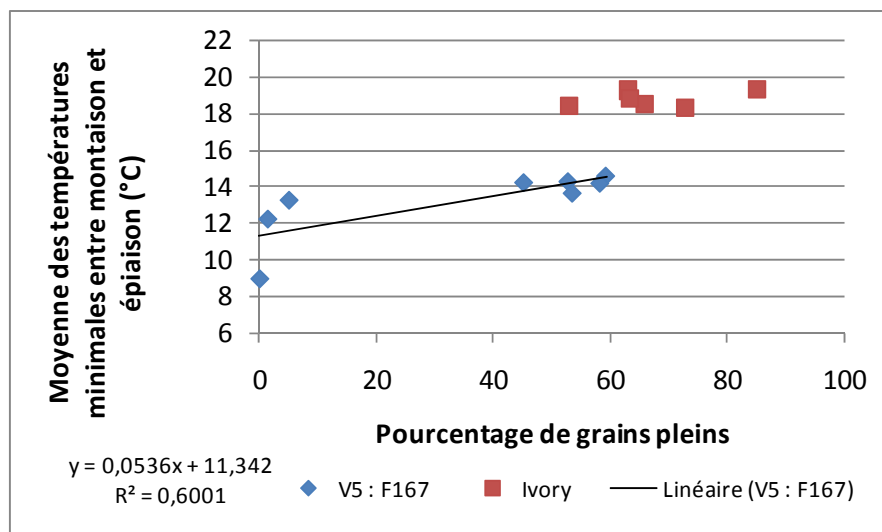


Figure 16 : Relation pour la variété F167



Le tableau 7 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 7 : 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	13,9

En lien avec les connaissances sur ces variétés, on retrouve bien les 2 groupes d'adaptation au froid parmi les variétés choisies pour l'expérimentation.

- Pour les variétés adaptées aux basse et moyenne altitudes

Concernant les températures seuil induisant 0% de grains pleins, le classement indique que les variétés Nerica 4 et Botramaintso ont une meilleure adaptation au froid avec des températures seuil de 12,4 et 12,6 °C, et WAB 878 et Primavera la moins bonne, avec des températures seuils de 13,6 et 13,8 °C. Si on considère la température arbitraire (prise en considérant qu'une limite pour le paysan serait la perte d'au moins de la moitié de son rendement) induisant 50 % de grains pleins (bien qu'il faille re-préciser qu'ayant considérée une relation linéaire, cette valeur n'est pas pertinente, et demande à être ré-évaluée), se serait Nerica 4 et B22 qui présenterait la meilleure adaptation et Botramaintso la moins bonne.

- Pour les variétés adaptées à la haute altitude

Concernant les températures seuil induisant 0% de grains pleins, le classement indique que notre championne de l'adaptation au froid est la variété Chhomrong Dhan, suivi par F172, et après les 2 autres FOFIFA. Concernant la température induisant 50 % de grains pleins, plus discutable donc, ce serait F172 la mieux adaptée, puis F161 et Chhomrong Dhan, et en dernier F167.

5.3 Analyse fréquentielle de risque de stérilité due au froid

Comme indiqué précédemment, n'ayant pu obtenir de jeux de données historiques sur de longues périodes, ou d'autres zones potentiellement cultivables, nous avons orienté le travail sur les données disponibles soit les 8 années de données météorologiques enregistrées par la station météorologique Cimel d'Andranomaneltra.

Pour effectuer les analyses fréquentielles des variations des températures minimales sur le site d'Andranomaneltra 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.

Les tableaux réalisés pour chaque variété sont présentés à la suite. Un dernier tableau récapitulatif présente la synthèse.

Pour B22 : tableau 8

Température seuil déterminée pour 0% GP : 13,1 °C, pour 50% GP : 16,4°C

	Décade (dates potentielles de montaison et d'épiaison)	Année							
		2002- 03	2003- 04	2004- 05	2005- 06	2006- 07	2007- 08	2008- 09	2009- 10
Semis 15 octobre	11 au 20 janvier	15,33	14,52	13,79	14,14	15,26	13,47	14,6	14,87
	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
Semis 15 novembre	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 Botramaintso : tableau 9

Température seuil déterminée pour 0% GP : 12,5 °C, pour 50% GP : 17,9°C

	Décade (dates potentielles de montaison et d'épiaison)	Année							
		2002- 03	2003- 04	2004- 05	2005- 06	2006- 07	2007- 08	2008- 09	2009- 10
Semis 15 octobre	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
Semis 15 novembre	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 CHH DHAN : tableau 10

Température seuil déterminée pour 0% GP : 9,5 °C, pour 50% GP : 13,3°C

	Décade (dates potentielles de montaison et d'épiaison)	Année							
		2002- 03	2003- 04	2004- 05	2005- 06	2006- 07	2007- 08	2008- 09	2009- 10
Semis 15 octobre	11 au 20 janvier	15,33	14,52	13,79	14,14	15,26	13,47	14,6	14,87
	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
Semis 15 novembre	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 FOFIFA 161 : tableau 11

Température seuil déterminée pour 0% GP : 11,3 °C, pour 50% GP : 13,2°C

	Décade (dates potentielles de montaison et d'épiaison)	Année							
		2002- 03	2003- 04	2004- 05	2005- 06	2006- 07	2007- 08	2008- 09	2009- 10
Semis 15 octobre	11 au 20 janvier	15,33	14,52	13,79	14,14	15,26	13,47	14,6	14,87
	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
Semis 15 novembre	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 FOFIFA 167 : tableau 12

Température seuil déterminée pour 0% GP : 11,3 °C, pour 50% GP : 13,9°C

	Décade (dates potentielles de montaison et d'épiaison)	Année							
		2002- 03	2003- 04	2004- 05	2005- 06	2006- 07	2007- 08	2008- 09	2009- 10
Semis 15 octobre	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
Semis 15 novembre	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 FOFIFA 172 : tableau 13

Température seuil déterminée pour 0% GP : 10,8 °C, pour 50% GP : 12,6°C

	Décade (dates potentielles de montaison et d'épiaison)	Année							
		2002- 03	2003- 04	2004- 05	2005- 06	2006- 07	2007- 08	2008- 09	2009- 10
Semis 15 octobre	11 au 20 janvier	15,33	14,52	13,79	14,14	15,26	13,47	14,6	14,87
	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
Semis 15 novembre	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 IRAT 112 : tableau 14

Température seuil déterminée pour 0% GP : 12,9 °C, pour 50% GP : 16,6°C

	Décade (dates potentielles de montaison et d'épiaison)	Année							
		2002- 03	2003- 04	2004- 05	2005- 06	2006- 07	2007- 08	2008- 09	2009- 10
Semis 15 octobre	11 au 20 janvier	15,33	14,52	13,79	14,14	15,26	13,47	14,6	14,87
	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
Semis 15 novembre	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 Nerica 4 : tableau 15

Température seuil déterminée pour 0% GP : 12,4 °C, pour 50% GP : 16,3°C

	Décade (dates potentielles de montaison et d'épiaison)	Année							
		2002- 03	2003- 04	2004- 05	2005- 06	2006- 07	2007- 08	2008- 09	2009- 10
Semis 15 octobre	11 au 20 janvier	15,33	14,52	13,79	14,14	15,26	13,47	14,6	14,87
	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
Semis 15 novembre	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 Primavera : tableau 16

Température seuil déterminée pour 0% GP : 13,8 °C, pour 50% GP : 17,1°C

	Décade (dates potentielles de montaison et d'épiaison)	Année							
		2002- 03	2003- 04	2004- 05	2005- 06	2006- 07	2007- 08	2008- 09	2009- 10
Semis 15 octobre	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
Semis 15 novembre	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 WAB 878 : tableau 17

Température seuil déterminée pour 0% GP : 13,6 °C, pour 50% GP : 17,3°C

	Décade (dates potentielles de montaison et d'épiaison)	Année							
		2002- 03	2003- 04	2004- 05	2005- 06	2006- 07	2007- 08	2008- 09	2009- 10
Semis 15 octobre	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
Semis 15 novembre	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

Par comparaison de la température seuil induisant 50% de grains pleins (choisie de façon arbitraire) et des températures moyennes minimales entre montaison et épiaison selon 3 décades pour les 2 dates de semis testés, nous pouvons indiquer les risques de stérilité sur les 8 années pour chaque variété. Le tableau 18 résume les valeurs obtenues, en indiquant le nombre de fois sur les 8 années pour les 2 dates testées, où le pourcentage de grains pleins doit atteindre au moins 50%. Ceci n'est qu'un exercice, mais permet de mettre en évidence qu'il n'y a aucun risque de semer les variétés adaptées à l'altitude à une date précoce.

Tableau 18 : synthèse du risque de stérilité par variété

Nombre d'occurrences où l'on observe au moins 50% de grains pleins

Variétés	Semis 15 octobre	Semis 15 novembre
Variété de basse à moyenne altitude		
Nerica 4	1/24	0/24
Botramaitso	0/24	0/24
IRAT 112	0/24	0/24
B22	1/24	0/24
WAB 878	0/24	0/24
Primavera	0/24	0/24
Variété de haute altitude		
CHHG	24/24	18/24
F172	24/24	22/24
F161	24/24	19/24
F167	16/24	11/24

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 réalisée sur les dispositifs expérimentaux du projet RISOCAS d'Andranomanelatra sur les Hautes Terres et d'Ivory dans le 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- MANDIMBINIAINA 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 / pcpscriid.htm](http://w.w.w.fofifa.mg/pcp_scriid.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%25)

Annexe I

FOFIFA 161

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

- Année d'obtention : 2003

N° dans le catalogue FOFIFA : 4355

Groupe morphologique : type pluvial

Synonymes : Mahefa, Exp 103

Groupe enzymatique :

Origine géographique : Madagascar

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

CARACTERES DE LA PLANTE

CARACTERES DU GRAIN

Longueur des feuilles : 12 cm

Aristation : mutique

Largeur des feuilles : cm

Couleur de l'apex : non coloré

Pilosité des feuilles : intermédiaire

Couleur des glumelles : paille / blanchâtre

Couleur de la gaine foliaire : verte

Pilosité des glumelles : poils courts

Port de la feuille paniculaire : intermédiaire

Fermeture des glumelles : bonne

Hauteur de la plante : 95 cm

Poids de 1000 grains : 28 g

Aptitude au tallage : moyenne

Longueur du grain vêtu : 8.1 mm

Port de la plante : semi-érigé

Largeur du grain vêtu : 4.0 mm

Exertion paniculaire : bonne

Réaction au phénol : non réalisé

Photosensibilité :

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

Cycle semi-floraison : 115 j

Translucidité : claire

(Moyenne Antsirabe / 1600 m)

Test à l'alcali : non réalisé

Cycle semis- maturité : 155 j

Gonflement à la cuisson : 300 % (élevé)

(Moyenne Antsirabe / 1600 m)

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	
1.	Tolérance à la pyriculariose		
2.	Certaine tolérance au froid		
3.	Bonne adaptation à la riziculture pluviale d'altitude à Madagascar		
4.	Fertilité	1.	Tallage moyen
5.	Rusticité	2.	Certaine sensibilité à l'égrenage
6.	Panicules compactes		
7.	Homogénéité		
8.	Aspect sanitaire du grain :		
9.	Grain apprécié		

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'usinage : non réalisé

CARACTERES AGRONOMIQUES

Vocation culturale : culture pluviale
Niveau d'intensification : traditionnel à assez intensif
Aires de culture reconnues : zone de haute altitude, de 1000 à 1800 m, à Madagascar

Résistance à :

La verse : bonne (3 / 9)

L'égrenage : médiocre (6 / 9)

La sécheresse :

Tolérance aux maladies :

Pyriculariose du cou : très résistante (2 / 9)

Pyriculariose foliaire : très résistante (2 / 9)

Sarocladium : résistante (3 / 9)

Autres tolérances ou résistances :

Aspect sanitaire du grain : excellent, bon stay- green

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

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 rouge 2. Précocité 3. Tallage 4. Aspect sanitaire du grain 5. Port couvrant du feuillage 6. « 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 : nono 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 »

Annexe V :

IRAT 112

N° de catalogue central IRAT : 4991

Cycle semis-épiaison

Origine génétique : IRAT 13 X Dourado précoce

Photopériode :

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

Durée du cycle semis-épiaison : 76 j

Groupe variétal : type pluvial intermédiaire

Cycle total :

CARACTERISTIQUES VARIETALES VEGETATIVES

CARACTERISTIQUES DU GRAIN

Hauteur de la plante : 104 cm

Paddy

Port de la plante :

Longueur : 9.5 mm

Port de la feuille paniculaire :

Largeur : 3.1 mm

Port de la panicule :

Epaisseur : 2.3 mm

Tallage : moyen

Poids de 1000 grains : 38 g

Exertion paniculaire : bonne

Caryopse

Longueur :

Largeur :

Translucidité : excellente

Rendement à l'usage (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 essais 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.