



ATHENEE SAINT JOSEPH ANT SIRABE

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

Filière : Sciences Agronomiques

Option : Production Végétale

**INFLUENCE DU CLIMAT
SUR LE RENDEMENT ET DE LA PRODUCTION DE BIOMASSE
DU RIZ PLUVIAL
SUR LE DISPOSITIF DE L'URP/SCRiD ANDRANOMANELATRA**

Présenté par :

RAKOTONANDRASANARasolofonavalinarideraRadoniaina

Soutenu le 12 Novembre 2012 devant le jury composé de :

Président : Madame RALAMBORANTO Laurence Professeur titulaire

Rapporteurs : Madame ANDRIAMALAZA Sahondra Docteur en Pédologie
Monsieur RAMAHANDRY A. Fidiniaina Ingénieur Agronome

Examineurs : Madame Julie DUSSERE, Docteur en Ecophysiologie
Monsieur RABARY Eugène, Ingénieur Agronome sélectionneur





ATHENEE SAINT JOSEPH ANTSIRABE

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

Filière : Sciences Agronomiques

Option : Production Végétale

**INFLUENCE DU CLIMAT
SUR LE RENDEMENT ET DE LA PRODUCTION DE BIOMASSE
DU RIZ PLUVIAL
SUR LE DISPOSITIF DE L'URP/SCRiD ANDRANOMANELATRA**

Présenté par :

RAKOTONANDRASANA Rasolofonavalinaridera Radoniaina

Soutenu le 12 Novembre 2012 devant le jury composé de :

Président : Madame RALAMBORANTO Laurence Professeur titulaire

Rapporteurs : Madame ANDRIAMALAZA Sahondra Docteur en Pédologie

Monsieur RAMAHANDRY A. Fidiniaina Ingénieur Agronome

Examineurs : Madame Julie DUSSERE, Docteur en Ecophysiologie

Monsieur RABARY Eugène, Ingénieur Agronome sélectionneur



REMERCIEMENTS

« Gloire à Dieu de nous avoir permis d'effectuer des recherches et d'approfondir nos connaissances afin de pouvoir réaliser le présent mémoire »

Nous tenons également à exprimer nos sincères remerciements à tous ce qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Permettez nous de remercier en particulier :

- ◆ *Père CUOMO Mario Guiseppe, fondateur de l'université*
- ◆ *Madame RALAMBORANTO Laurence, Recteur de l'ASA de nous avoir fait l'honneur de présider la soutenance de ce mémoire*
- ◆ *Madame ANDRIAMALAZA Sahondra professeur à l'ASA d'avoir bien voulu nous encadrer durant la réalisation de notre travail*
- ◆ *Monsieur RAMAHANDRY A. Fidiniaina, INGÉNIEUR Agronome au FOFFA. De nous avoir accordé un peu de son temps précieux.*
- ◆ *Madame JULIE DUSSERE d'avoir bien voulu examiner ce travail.*
- ◆ *Monsieur RABARY Eugène pour avoir examiner cette ouvrage*

À ma famille qui m'a toujours soutenu durant toutes mes études

TABLE DES MATIERES

Remerciements	
Table Des Matieres	
Liste Des Tableaux	
Liste Des Figures	
Liste Des Schemas	
Liste De Photo	
Liste Des Cartes	
Liste Des Annexes	
Liste Des Abreviations	
Glossaire	
Introduction	1
PREMIERE PARTIE: CADRE ET OBJET DE L'ETUDE	
Chapitre 1 : CADRE INSTITUTIONNEL	3
1.1.1 LE FOFIFA	3
1.1.2 L'URP/SCRiD	3
CHAPITRE 2 : CADRE GEOGRAPHIQUE	5
1.2.1 La zone d'étude	5
➤ Localisation.....	5
➤ Climat.....	8
• Température.....	8
• Pluviométrie	9
1.2.2 Dispositif expérimental.....	10
Chapitre 3 : riz et climat.....	11
1.3.1 Riz	11
1.3.2 Exigence écologique du riz pluvial	14
1.3.3 Influence des facteurs climatiques	15
DEUXIEME PARTIE: METHODE DE RECHERCHE	
Chapitre 1 : DEFINITION DES OBJECTIFS.....	21
Problématique	21

Objectifs.....	21
Hypothèses	21
Chapitre 2 : MATERIELS	22
2.2.1 Matériels végétales.....	22
2.2.2 Matériels météorologiques.....	22
TROISIEME PARTIE: RESULTATS ET DISCUSSION	
Chapitre 3 : DEMARCHE.....	24
2.3.1 Recherche bibliographique	26
2.3.2 Descente sur terrain	26
2.3.3 Traitement des données	26
Chapitre 1 : RENDEMENT OBTENUS.....	28
3.1.1 Rendement en grain	28
3.1.2 Biomasse aérienne.....	30
Chapitre 2: INFLUENCE DES FACTEURS CLIMATIQUES SUR LE RENDEMENT EN GRAIN	
.....	34
3.2.1 Pluviométrie	34
3.2.2 Température.....	37
3.3.3 Evapotranspiration	39
3.3.4 Vent.....	40
3.3.5 Humidité relative.....	42
3.3.6 Rayonnement global.....	44
Chapitre 3 : INFLUENCE DES FACTEURS CLIMATIQUES SUR LE RENDEMENT EN BIOMASSE	46
3.3.1 Pluviométrie	46
3.3.2 Température.....	46
3.3.3 Evapotranspiration	47
3.3.4 Vent.....	47
Conclusion	49
Resume	
Abstract	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Exigence écologique du riz pluvial annuel	15
Tableau 2 : Effet de la température (°C) sur la croissance et le développement du plant de riz.....	19
Tableau 3 : Fonction d'une station CIMEL	22
Tableau 4 : Synthèse des effets des divers facteurs climatiques sur le rendement en grain.....	45
Tableau 5 : Synthèse des effets des divers facteurs climatiques sur le rendement en biomasse	48

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Moyenne de température de 2003 à 2012	8
Figure 2 : Courbe ombrothermique 2003 à 2012	9
Figure 3 : Dispositif expérimental à Andranomanelatra.....	11
Figure 4 b : Rendement annuel moyen en FM.....	28
Figure 4a : Rendement moyen en grain par bloc en FM	28
Figure 5 b: Rendement annuel moyen en Fu	29
Figure 5 a: Rendement moyen en grain en Fu	29
Figure 6 : comparaison entre rendement en FM et Fu.....	30
Figure7 b: Rendement annuel en paille sur FM	31
Figure 7 a: Rendement moyen en paille par bloc en FM.....	31
Figure 8 b: Rendement annuel en paille sur Fu.....	32
Figure 8 a: Rendement moyen en paille par bloc en Fu	32
Figure 10 : Courbe ombrothermique des précipitations et des températures (2007-2012).....	34
Figure11 : Variation du taux de pluie (2007-2012).....	35
Figure 12 : Pluviométrie cumulé (2007-2012) et cycle végétatif du riz pluvial ..	36
Figure13: Température cumulé minimale, moyenne et maximale (2007-2012) et cycle du riz.....	39
Figure 14 : Evapotranspiration et cycle du riz pluvial.....	40
Figure 13 : Intensité max et moyenne du vent (max et moyenne)	42
Figure 14 : Humidité relative mini, moyenne, max et cycle du riz pluvial	43

Figure15 : Rayonnement global et cycle du riz pluvial	44
---	----

LISTE DES SCHEMAS

Schéma 1 : Schéma d'un pied de riz.....	13
Schéma 2 : Les phases du cycle du riz	15
Schéma 3 : Station CIMEL	23

LISTE DES PHOTO

Photos 1 : station CIMEL Andranomanelatra	23
Photo 2 : Mini abri.....	24
Photo 3 : Pluviomètre	24
Photo 4 : Anémomètre.....	25
Photo 5 : Pyranomètre.....	25
Photo 6 : Placette pour l'échantillonnage.....	26
Photos 7 : Egrainage	27
Photos 8 : Pesage de l'échantillon de grain.....	27
Photos 9 : Pesage de l'échantillon de biomasse	27

LISTE DES CARTES

Carte 1 : Localisation région Vakinankaratra et Commune Rurale d'Andranomanelatra	6
Carte 2 : Commune Rurale d'Andranomanelatra.....	7

LISTE DES ANNEXES

Annexe I.....	I
Annexe II.....	VII
Annexe III.....	X
Annexe IV.....	XII
Annexe V.....	Erreur ! Signet non défini.

LISTE DES ABREVIATIONS

- CIRAD** : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
- FAO** : "Food and Agriculture Organisation
- FOFIFA** : Foibem-pirenenamombany Fikarohana ampiharina amin'ny Fampanandrosoana ny Ambanivohitra
- GIEC** : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
- INRA** : Institut National pour la Recherche Agronomique
- IRRI** : International Rice Research Institute
- RDT** : Rendement
- SRA** : Système de Riziculture Amélioré
- SRI** : Système de Riziculture Intensive
- US\$** : Dollar Américain
- Fu** : Fumure organique
- FM** : Fumure Minérale
- SCV** : Sous Couverture Végétale
- URP/SCRiD** : Unité de Recherche en Partenariat/Système de Culture et Riziculture Durable

GLOSSAIRE

- Climat : Série des états de l'atmosphère au dessus d'un lieu
- Pluviométrie : Mesure de la pluie tombée
- Pluie : désigne généralement une précipitation d'eau à l'état liquide tombant de nuages vers le sol. Mesuré à l'aide du pluviomètre
- Rayonnement : Ensemble d'ondes électromagnétique qui transportent l'énergie.
- Température : grandeur physique mesurée à l'aide d'un thermomètre. Dans la vie courante, elle est reliée aux sensations de froid et de chaud, provenant du transfert thermique entre le corps humain et son environnement.
- Humidité relative : Rapport de la pression partielle de vapeur d'eau contenue dans l'air sur la pression de vapeur saturante à la même température. Elle est mesurée à l'aide de l'hygromètre.
- Echaudage : Phénomène commun à toutes les céréales souffrant de sécheresse au moment de la fécondation, il se caractérise par la stérilité des épillets.
- Evapotranspiration : Quantité d'eau totale transférée du sol vers l'atmosphère par l'évaporation au niveau du sol et par la transpiration des plantes
- Tanety* : Ensemble des terrains se situant sur les coteaux des vallées
- Riz pluvial : Riz cultivé sur les plateaux tributante de pluie
- Riz irrigué : Riz cultivé dans les bas fonds bénéficiant des irrigations principalement apporté par l'homme.
- Terre exondée : Terre qui était inondée et qui se découvre.

INTRODUCTION

La culture de riz occupe une place importante dans le monde avec 151,6 millions d'hectares. Cette surface est répartie dans 122 pays et 95 % de la production est assurée par les pays en développement (Trébuil G., 2004). La production mondiale atteint les 400 millions de tonne; une production encore insuffisante pour les consommateurs qui a besoin de 600 millions de par an (FAO stat, 2005).

Principale culture vivrière à Madagascar, le riz occupe une place importante dans le secteur agricole. La filière riz constitue la première activité économique, en volume, dans le milieu rural malgache (Recensement agricole 2004 – 2005). La riziculture est en effet pratiquée à Madagascar par, 14 492 206 de ménages, soit 85% des exploitants agricoles (INSTAT, 2008).

La saturation foncières et la maîtrise, plus ou moins bonne de l'eau, ont amené les paysans, ainsi que les migrants, à coloniser de plus en plus les *tanety*. Certains familles n'ont plus accès aux rizières irriguées et n'ont que des terres exondées où le risque de perte de cultures en cas de contraintes climatiques est important. La diversification et la maîtrise du risque dans l'agriculture vont devenir des priorités importantes pour tous. (Penot.E, 2009).

Actuellement, le réchauffement planétaire se fait nettement ressentir, ses effets néfastes sur l'environnement sont remarqués et cela d'une façon continue. La dégradation de l'environnement fait ainsi augmenter la température d'année en année. Ce réchauffement a divers impacts tels que l'augmentation du niveau de la mer, l'extension du désert, et en particulier le changement du climat. Le changement climatique associé au faible production, comme le cas de notre pays, provoque beaucoup de dégâts. Pour minimiser les conséquences de ce changement, des recherches et études ont été faites pour acclimater les plantes.

C'est depuis quelques années que les chercheurs se sont penchés sur l'adaptabilité des végétaux au changement climatique. Quelle est leur réaction

Introduction

face à ce changement ? C'est le but de notre thème intitulé : « **Influence du climat sur le rendement et la production de biomasse du riz pluvial sur le dispositif de recherche de l'URP/SCRiD cas d'Andranomanelatra** ».

Le plan adopté pour présenter ce mémoire est le suivant :

- Cadre et objet de l'objet de l'étude,
- Méthodologie de recherche
- Résultats et discussion.

Première partie:
Cadre et objet de l'étude

CHAPITRE 1 : CADRE INSTITUTIONNEL

1.1.1 LE FOFIFA

Le FOFIFA ou Foibe-pirenena momba ny Fikarohana ampiharina amin'ny Fampanandrosoana ny Ambanivohitra est un organisme qui oeuvre dans la création, la production et la diffusion de diverses variétés de plantes destinées à la consommation humaine. Ses domaines recouvrent l'Agriculture (riziculture, cultures d'exportation, machinisme agricole...), l'Elevage (production animale, pisciculture...), la Foresterie, les Technologies de conservation et de transformation des produits agricoles, l'Hydraulique et les Etudes socio-économiques. Concernant le riz, en particulier, cet organisme a beaucoup contribué à la recherche variétale dans tout Madagascar. De plus il a beaucoup contribué pour l'amélioration des variétés déjà existantes.

La Station Régionale de Recherche de FOFIFA d'Antsirabe oeuvre surtout dans la production végétale : riziculture et cultures vivrières.

1.1.2 L'URP/SCRiD

Cette Unité de Recherche a pour principale ambition de concevoir des systèmes de production performants et durables pour les cultures annuelles principalement à base de riz pluvial, tant du point de vue économique, que du point de vue social et environnemental.

Les atouts majeurs de cette unité sont, tout d'abord, une expertise reconnue, mais également des équipes pluridisciplinaires ainsi que des domaines de compétences très diversifiés : analyse des interactions entre génotype et environnement, entomologie, agronomie, technologies appliquées aux systèmes de grandes cultures tropicales,...

L'URP/SCRiD a été créée en 2004 à la suite au Pôle de Compétence en Partenariat sur les « Systèmes de Culture et Rizicultures Durables (PCP/SCRiD) ». Née fin de 2001 de la volonté du FOFIFA et du CIRAD de renforcer leur coopération afin

Première partie : Cadre et objet de l'étude

d'assurer l'accompagnement agronomique et économique et leur évolutions. Les zones d'intervention de l'URP sont : Moyen-Ouest, Lac Alaotra et Hautes Terres, notamment la région du Vakinankaratra.

CHAPITRE 2 : CADRE GEOGRAPHIQUE

1.2.1 La zone d'étude

➤ Localisation

Notre zone d'étude se trouve dans la région du Vakinankaratra, plus précisément au sein de la Commune Rurale d'Andranomanelatra. Cette région fait partie des Hautes Terres Centrales de Madagascar, c'est la frontière qui sépare les régions d'Analamanga, Amoron'i Mania, Menabe, Alaotra Mangoro et Bongolava.

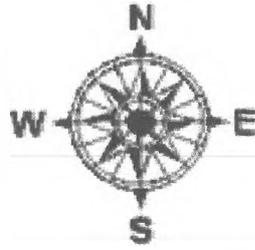
Sur la route nationale N° 7, Andranomanelatra se localise à 16 Km au Nord d'Antsirabe, le chef lieu de la Région, à une altitude de 1628 m (carte 2). (P.D.R., 2005)

Première partie : Cadre et objet de l'étude



Carte I : Localisation région Vakinankaratra et Commune Rurale

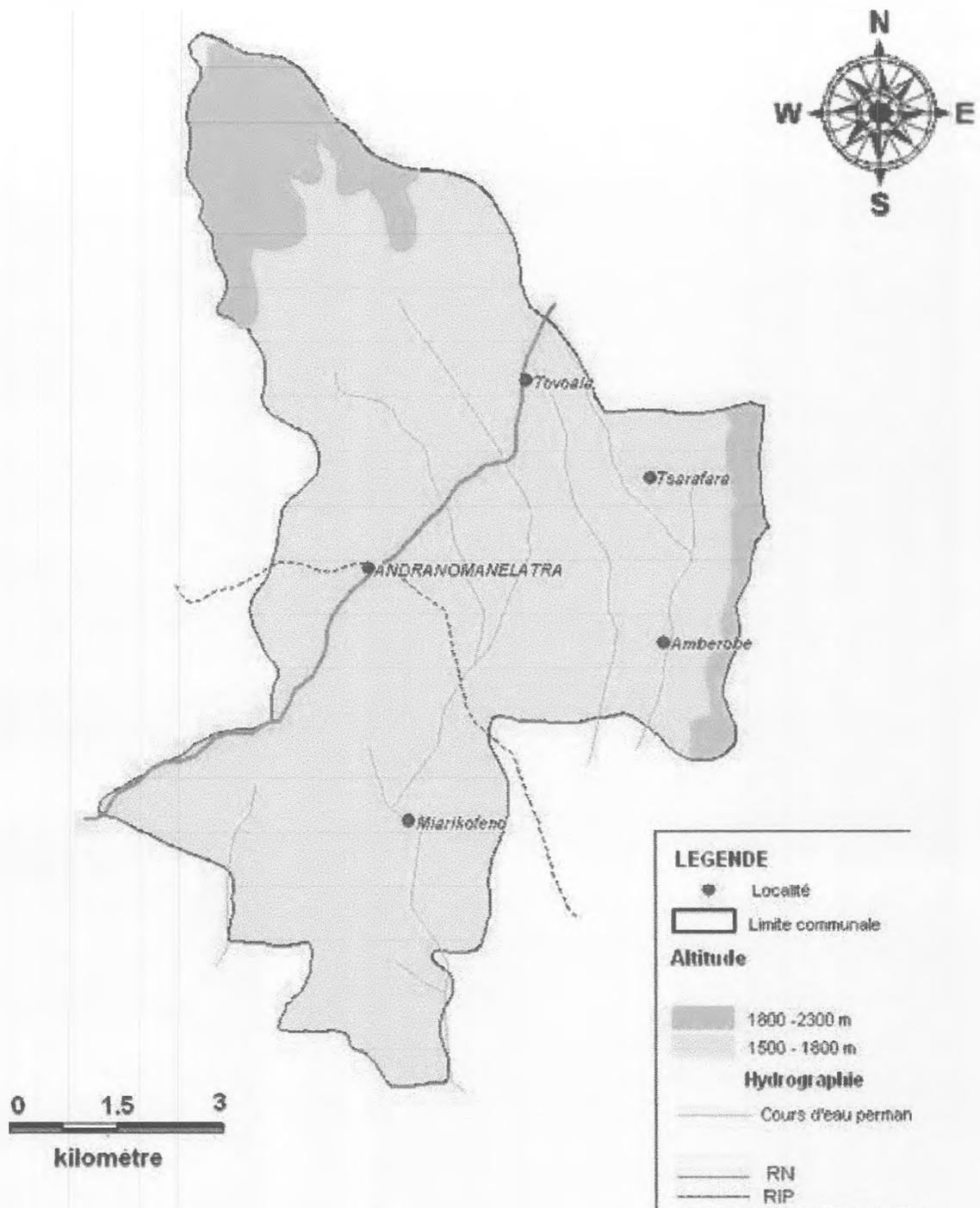
Source : ArcGis



LEGENDE

 ne rurale
d' Andranomanelatra

 RN7



Carte 2 : Commune Rurale d'Andranomanelatra

Source : ArcGis

➤ Climat

Le régime climatique de la région du Vakinankaratra est tropical d'altitude supérieure à 900 mètres. La région est donc caractérisée par un climat humide, tempéré et divisé en deux saisons bien distinctes :

- ☀ saison pluvieuse et moyennement chaude d'Octobre à Avril
- ☀ Saison sèche et relativement fraîche de Mai à Septembre ;

Le régime climatique est conditionné par l'arrivée en saison chaude de masse d'air humide en provenance du nord-ouest (mousson) et de l'alizé. (Chabanne A, 1996)

◆ Température

La région du Vakinankaratra est caractérisée par une température moyenne annuelle inférieure ou égale à 20°C. Dans les parties élevées de l'Est et du Centre, les températures moyennes annuelles se situent autour de 13°C, celles du Moyen-Ouest se situent aux environs de 21°C. (P.D.R., 2005)

Selon la station météorologique CIMEL à Andranomanelatra, depuis 2003 jusqu'à 2012, la température moyenne annuelle de cette commune est de 17,2°C.

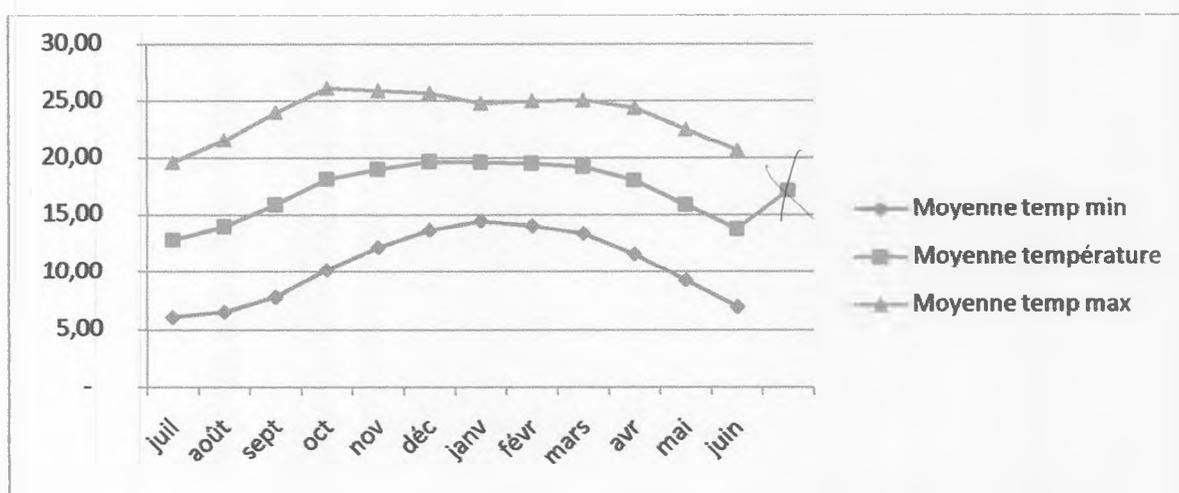


Figure 1 : Moyenne de température de 2003 à 2012

Source : Station CIMEL Andranomanelatra

◆ Pluviométrie

Dans la région, la moyenne des pluies annuelles est de 1505,9 mm en 109 jours. La quantité des précipitations est importante avec un maximum de 1952 mm en 122 jours à Faratsiho et un minimum de 1335,3 mm en 116 jours à Antanifotsy. (P.D.R., 2005)

La figure 4 présente le cas d'Andranomanelatra, la quantité des précipitations annuelles varie de 900 à 2000 mm, la moyenne étant de 1300 mm. (Raherinindrainy E, 2007).

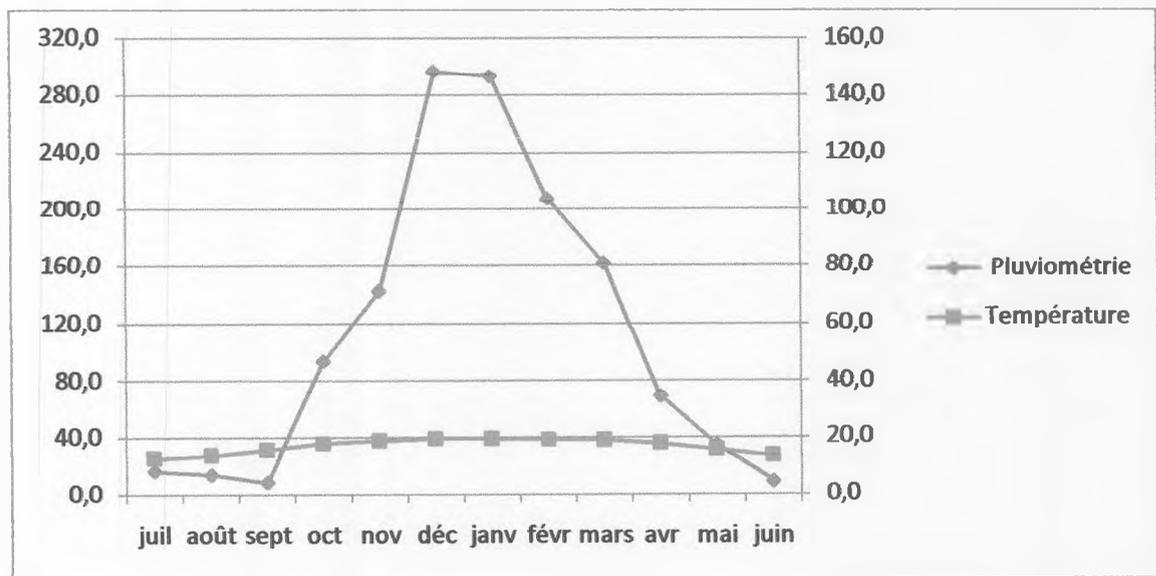


Figure 2 : Courbe ombrothermique 2003 à 2012

Source : Station CIMEL Andranomanelatra

Première partie : Cadre et objet de l'étude

1.2.2 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental de l'URP / SCRiD du Vakinankaratra se trouve à Andranomanelatra Antsirabe II, sur une surface totale de 3ha et 20 ares, les essais en annexes mis à part. Il a été mis en place en fin 2002 et conçu pour une approche multidisciplinaire : évaluation agronomique, sélection variétale, suivis en entomologie et phytopathologie (figure 4).

Sur la matrice de l'URP/SCRiD à Andranomanelatra, des tests ont été faits et comparés sur 4 blocs de répétition (2007-2011).

Tous les systèmes sont soit sur fumure organique noté Fu soit sur fumure organique + fumure minérale noté FM et quelques parcelles en FM+ (idem que pour FM, mais la dose de NPK est de 600 kg/ha+150 kg d'urée sur S1 et S3 en 2008-09 et 2009-10). Tous les systèmes sont en labour et en SCV sauf les parcelles tests uniquement en SCV.

La fumure sera dosée comme suit :

- **FM** : constituée de fumure organique de 5 t/ha + NPK 11-22-16 avec une dose de 150 kg/ha apportée au semis + 50kg/ha d'urée perlée apportées 35 à 45 jours plus tard.
- **Fu** : constituée uniquement par 5t/ha de fumier de parc, apporté en localisé dans le Poquet de semis, au moment de l'installation de la culture.

Première partie : Cadre et objet de l'étude

DISPOSITIF CENTRAL PCP-URP SCRiD / (ARO'S) à ANDRANOMANELATRA Campagne 2011-2012

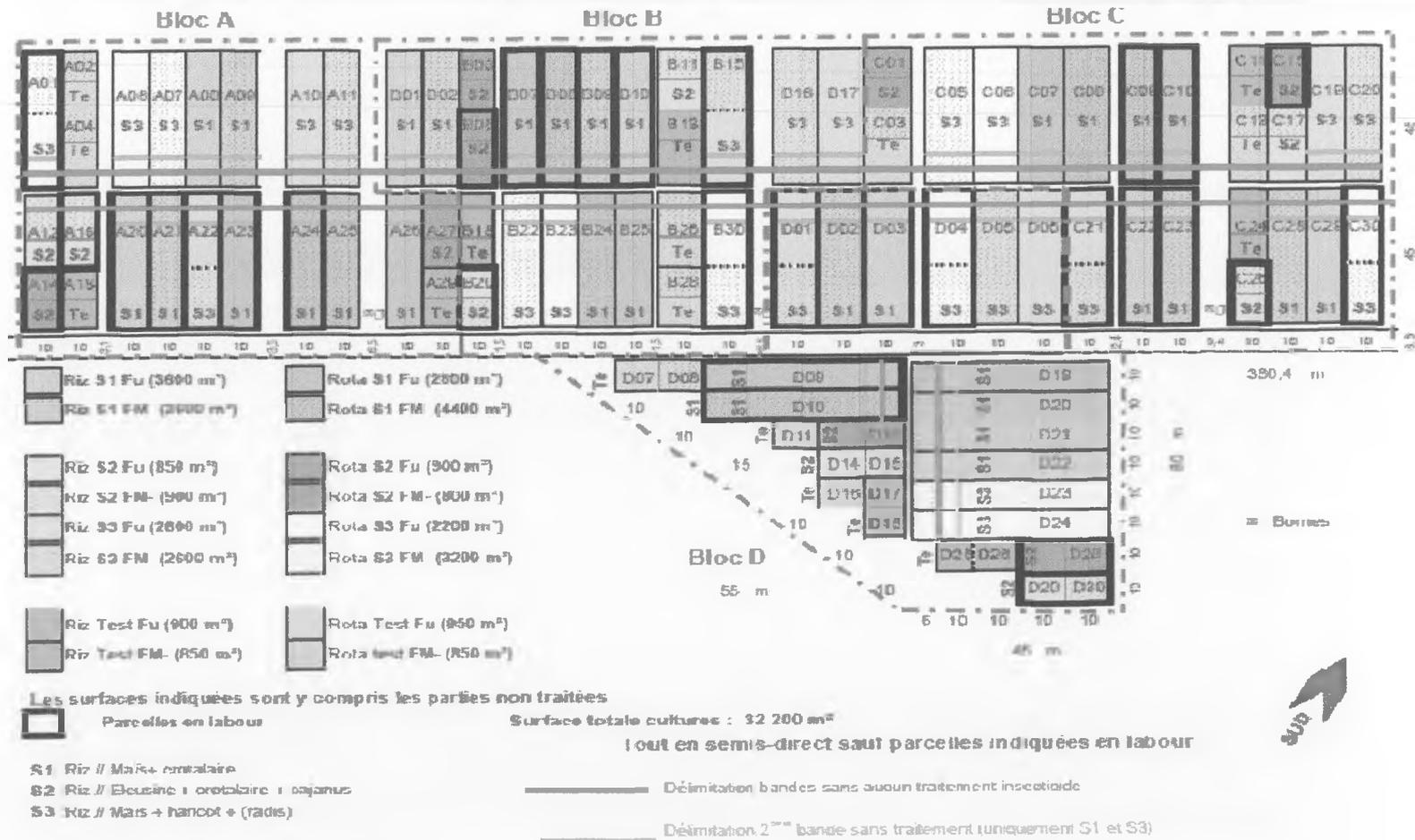


Figure 3 : Dispositif expérimental à Andranomanelatra

Source : FOFIFA

CHAPITRE 3 : RIZ ET CLIMAT

1.3.1 Riz

■ Classification

Règne :	VEGETAL
Embranchement :	LILIOPHYTA
Classe :	LILIOPSIDA
Sous classe :	COMMELINIDAE
Ordre :	CYPERALES
Famille :	POACEE
Sous famille :	Poïdae
Genre :	Oryza

Le riz comprend deux espèces cultivées :

- ☀ *Oryza sativa*, originaire d'Asie, la plus cultivée dans le monde entier ;
- ☀ *Oryza glaberrima*, originaire d'Afrique occidentale, rencontré seulement dans cette partie du monde

■ Morphologie du riz

Racines : Les racines de type fasciculées, se trouvent dans les 15 premiers centimètres du sol avec des racines secondaires qui prennent naissance sur les nœuds de la base des tiges. Chaque racine porte 10 à 30 radicelles avec des poils absorbants.

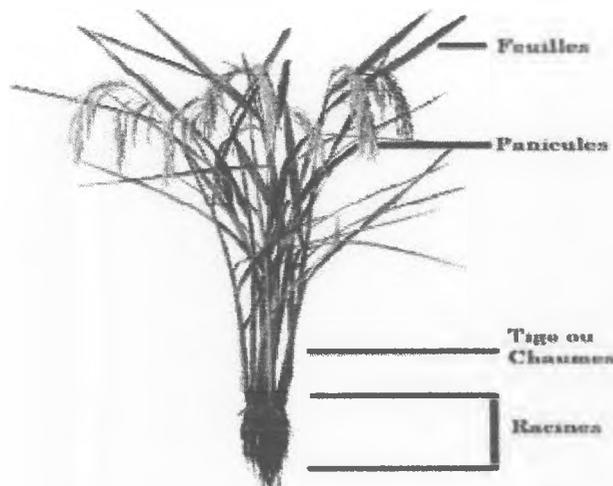
Tiges : Le riz est caractérisé par un tallage abondant, des tiges creuses, glabres. Les entre-nœuds de la base donnent des tiges secondaires, puis tertiaires etc. C'est le tallage du riz.

Feuilles : Elles sont sessiles et alternes comprenant une gaine, un limbe dont la séparation est marquée par une ligule bifide. La gaine s'insère sur un nœud et enveloppe la tige jusqu'au nœud suivant. Le limbe est parcouru de nervures fines et parallèles.

Première partie : Cadre et objet de l'étude

Inflorescence : Une inflorescence en panicule porte des épillets uniflores. La fleur hermaphrodite renferme 6 étamines, 1 ovaire à 1 ovule, un style très court à 2 stigmates. La fleur est protégée par 2 glumes très petites et 2 glumelles.

Schéma 1 : Schéma d'un pied de riz



Source : <http://www.fao.org/docrep/w5183f/w5183f08.htm>, Juin 2012

■ Croissance et développement du riz

Au cours de son développement, le riz présente trois stades bien distincts :

- ☀ La phase végétative au cours duquel le riz constituera son appareil végétatif (racines, tiges et feuilles) ;
- ☀ La phase reproductive pendant lequel le plant de riz mettra en place les organes de réserves.
- ☀ La phase de maturation

■ Phase végétative

Le stade végétatif du riz commence par la germination des grains semés. A cette étape, il y a imbibition des grains, ensuite activation et enfin la post-germination. La température, l'eau et l'oxygène joue un rôle important dans la germination. Pour bien germer, la graine a besoin d'au moins 50% de son poids en eau et d'une température optimum de 30 à 35°C ; une température inférieure à 13°C inhibe la germination. La levée correspond à l'émergence du coléoptile à la surface du sol. (Angladette .A, 1990)

Première partie : Cadre et objet de l'étude

Le stade plantule qui vient après la levée dure environ 20 à 25 jours après le semis, à partir de la formation de la troisième feuille, la plantule est capable de subvenir à ses propres besoins.

Le tallage dont la formation du brin maître se fait au passage de la troisième à la quatrième feuille. C'est la période au cours de laquelle les entre-nœuds, situés à la base de la plante donne des talles secondaires qui se forment de façon concentriques suivant une direction centrifuge. Chaque talle formée devient par la suite, génératrice d'autres talles. (Angladette .A, 1990)

❖ Phase reproductive

Le stade reproductif commence par l'initiation paniculaire où l'ébauche de panicule commence au niveau du nœud supérieure de la talle. La montaison vient après l'épiaison qui est caractérisé par le gonflement de la tige et la formation des organes de réserves.

L'épiaison : 2 à 5 semaines après tallage, les panicules émerge de la gaine. L'épiaison exige une moyenne de température de 22°C. Parfois, les dernières talles formées sont stériles. A la floraison les glumelles s'écartent, permettant la sortie des étamines. L'anthere s'ouvre par la suite et la pollinisation s'effectue durant les heures qui suivent. Il s'ensuit une fermeture de la glumelle, laissant les étamines à l'extérieur où ils se dessèchent et tombent. La maturation termine cette phase. Ici les grains se remplissent et acquièrent leur maturité en passant au stade laiteux, pâteux et enfin au stade mûr.

❖ Phase de maturation

Durant cette phase, il y a le remplissage des grains. Les grains passent par la phase laiteux, pâteux et enfin mature. (Angladette .A, 1990)

Première partie : Cadre et objet de l'étude

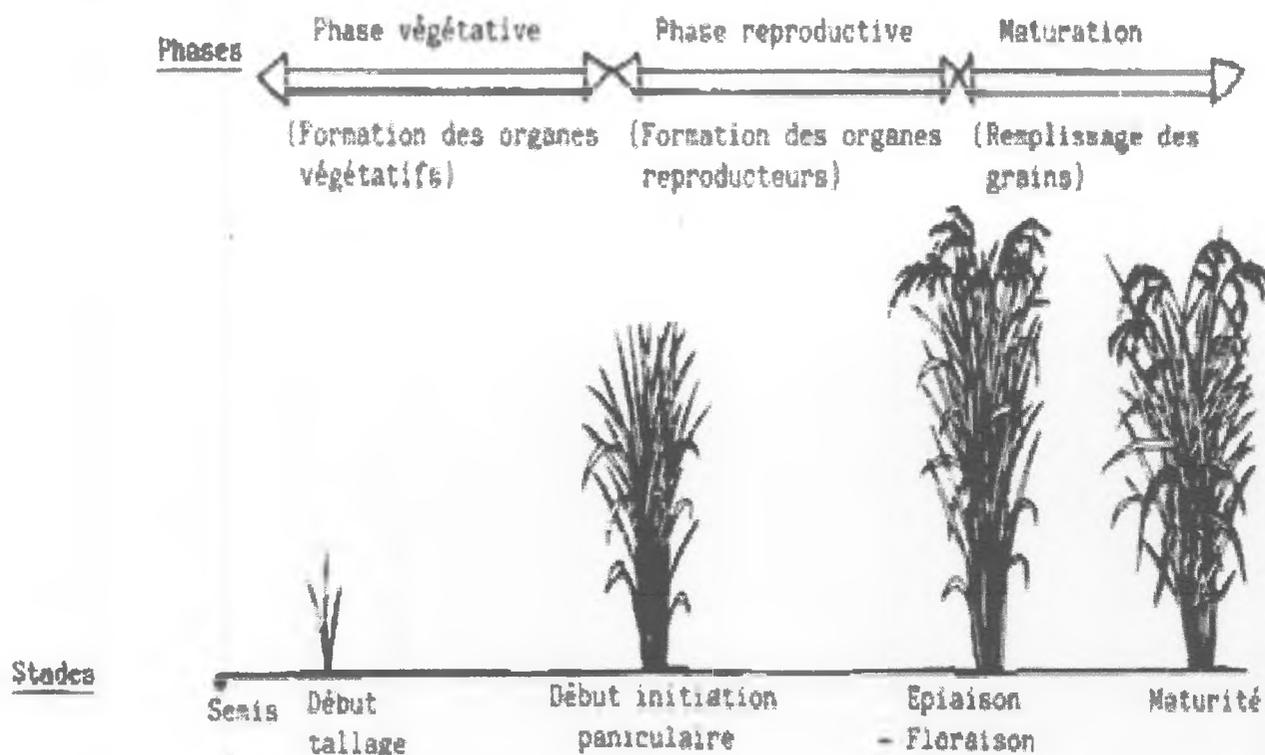


Schéma 2 : Les phases du cycle du riz

Source : MOREAU Didier, 1987

1.3.2 Exigence écologique du riz pluvial

Le riz pluvial est certes très tolérant mais pour une bonne productivité il exige quelque critère (Tab. 1).

Tableau 1 : Exigence écologique du riz pluvial annuel

Besoin	Minimale	Optimale	Maximale
Pluie	450 à 650 mm	1000 à 1 800 mm	-
Température	13 °C	22 à 30°C	38 à 45 °C
Altitude	Le riz pluvial peut être cultivé à toute les hauteurs jusqu'à 3000 m au Népal mais ne dépassant pas 1800m pour le cas de Madagascar		
Latitude	Le riz pluvial se cultive à tous les latitudes de 40° Sud à 53° Nord		
Lumière	-	500 calorie /cm ² /j	-

Source : Système amélioré de riziculture pluvial

↳ Référence :

Première partie : Cadre et objet de l'étude

Le tableau indique que le riz pluvial pour une bonne végétation a besoin de 1000 à 1800 mm de pluie soit 160 à 300 mm par mois. La température optimale se trouvant entre 22 à 30°C. Le riz pluvial se cultive à toutes les altitudes mais pour Madagascar ceci ne dépasse pas les 1 800m

Le riz pluvial a un cycle court allant de 90 à 120 jours. Il est résistant à la sécheresse ; ses feuilles sont glabres et sa réduite par rapport à la variété irriguée. Le riz pluvial appartient au type Japonica. → pas tous

1.3.3 Influence des facteurs climatiques

Le climat est un composant du milieu qui joue un rôle déterminant dans le développement des végétaux. Son influence varie fortement d'un lieu à un autre et d'une année à une autre. (Vilain M., 1994) Les facteurs climatiques tels que, la pluviométrie, la température, le rayonnement solaire, l'évapotranspiration influencent le rendement du riz par leurs effets sur la croissance du plant et sur les processus physiologiques liés à la formation du grain. Ces facteurs affectent également et indirectement le rendement en augmentant les dégâts causés par les maladies et les ravageurs.

☛ Influence de la pluviométrie

L'alimentation hydrique est le facteur conditionnant le rendement. Si une espèce cultivée ne peut satisfaire que la moitié de ses besoins, généralement elle ne pourra pas fournir un bon rendement (CIRAD-GRET, 1996). La pluviométrie optimale pour le riz est de 1000 à 1800 mm (Tab. 5).

La pluie est un facteur critique, le manque d'eau (sécheresse) ou l'excès d'eau peut faire souffrir la culture de riz.

Le déficit hydrique se manifeste par :

- ☛ l'enroulement des feuilles, le dessèchement des feuilles;
- ☛ la réduction de la hauteur du plant durant la phase végétative, la diminution du nombre de tallage et de la surface foliaire ;

- ☀ la floraison retardée la stérilité des épillets et le remplissage incomplet des grains.

Les pluviosités élevées (350 mm) sont nuisibles en période de floraison et de récolte. Une humidité élevée favorise le développement des maladies de grain de riz. Une forte humidité (>80%), notamment au stade de la maturation, est propice au changement de couleur des glumes. (Rasoazanokolona V., 2010)

Les inondations intempestives amoindrissent le rendement en grains, mais le préjudice causé apparaît variable selon la durée de l'accident et suivant les phases de la végétation. Elle se montre particulièrement nuisible au remplissage des grains. Une inondation peut réduire le poids moyen des grains et des panicules à l'initiation paniculaire ; à la maturation elle n'affecte que le poids des grains. (Rasoazanokolona V., 2010)

La pluviométrie influence la germination, un retard de levée est remarqué si le sol est sec, cela peut avoir des répercussions sur le rendement en fin de saison. Une période de sécheresse plus ou moins prolongée allonge le cycle de la plante de quelque jour (5 à 10 jours) mais si c'est en période de floraison elle entraînera la stérilité partielle ou totale des panicules c'est le phénomène d'échaudage. (Dobelman J.P., 1976).

☀ Influence de la température

La température froide en fin de cycle donne une stérilité des épillets (Rakotoarisoa J., 1996). Mais cette température cause toujours des effets néfastes à tous les stades de la plante :

- ☀ semis : problème d'enracinement, de germination ou mort de la plantule
- ☀ tallage : saut de tallage, tallage anormal ;
- ☀ floraison : retard de l'initiation florale, problème de germination ;
- ☀ maturation : allongement de la phase ou problème de maturation (maturité irrégulière)

Première partie : Cadre et objet de l'étude

Le froid peut inhiber le métabolisme ou ralentir les processus enzymatique de la plante mais la forte chaleur peut causer des problèmes au niveau de la photosynthèse. Les températures maximales ainsi que minimales causent les mêmes effets sur le cycle de la plante. (<http://www.fao.org/docrep/w5183f/w5183f08.htm>, Juin 2012).

Le stress thermique venant de températures élevées, déclenche une stérilité des épillets ou déclenche une diminution du nombre des épillets, cette température varie de 35 à 38°C. (<http://www.fao.org/docrep/006/v2778f/v2778f04.htm>, Juin 2012).

Des températures élevées et basses, au-dessus et au-dessous des limites critiques, influencent le rendement en grain en affectant le tallage, la formation des épillets et la maturation (Tab. 6). Les basses températures limitent la durée de la saison de croissance, le rythme de croissance et le développement des plants de riz. Des températures élevées induisent un stress thermique au niveau du plant de riz. (FAO, 2005)

Première partie : Cadre et objet de l'étude

Tableau 2 : Effet de la température (°C) sur la croissance et le développement du plant de riz

Croissance et développement du plant	Température basse (°C)		Température élevée (°C)		Température optimale (°C)
	Gamme	Effet	Gamme	Effet	
Germination	10	Inhibition	45	-	20-35
Emergence des plantules	12-13	Retardée	35	-	25-30
Enracinement	16	Nanisme	35	-	25-28
Feuilles	7-12	Décoloration et rabougrissement des feuilles	45	Bout blanc, bandes chlorotiques	31
Tallage	9-16	Réduit	33	Réduit	25-31
Initiation florale	15-20	Retardée, Dégénérescence du bout des panicules, stérilité élevée des épillets	38	Panicules blanches, Nombre réduit des épillets	25-31
Epiaison	22	Epiaison incomplète, floraison retardée	35	Stérilité	30-33
Grains	12-18	Maturité irrégulière	30	Remplissage réduit des grains	20-25

Source : FAO 2005

■ Influence de la lumière

La luminosité provient du soleil sous forme de rayonnement transmise à la terre en onde électromagnétique dont la lumière et la chaleur essentielles à la vie. (Doucet R., 1992). Le rayonnement est un élément important pour la photosynthèse. C'est la lumière qui permet à la plante de synthétiser les éléments dont il a besoin pour sa survie. C'est un facteur important pour obtenir de bons rendements. L'ombrage :

- ☀ au cours du stade végétatif influence peu le rendement.
- ☀ 16 jours avant l'épiaison provoque la stérilité des épillets à cause du manque d'hydrates de carbone.
- ☀ Les stades de développement reproductif et de maturation sont sensibles aux faibles intensités lumineuses.
- ☀ durant la phase reproductrice, entraîne des effets prononcés sur le nombre d'épillets.
- ☀ réduit considérablement le rendement en grains à cause d'une diminution du pourcentage d'épillets pleins.
- ☀ diminue le taux de photosynthèse ainsi une chute du rendement

■ Influence de l'évapotranspiration

L'évapotranspiration correspond à la quantité maximale d'eau évaporée par le végétal. Elle dépend essentiellement des radiations solaires et de la température (Dobelmann J.P., 1976). Une forte évapotranspiration va faire atteindre à la plante au point de flétrissement qui va entraîner sa mort si aucun apport d'eau n'est fait.

L'évapotranspiration augmente en fonction de la luminosité, elle augmente de 78.7% pour une luminosité de 100 à 1000 lux. (DEUG Sciences, Sd)

L'évapotranspiration correspond à la quantité d'eau totale transférée du sol vers l'atmosphère par l'évaporation au niveau du sol et par la transpiration des plantes.

Pour une zone donnée on distingue :

E_{TR} l'ET réelle et potentielle
 E_{TP} = l'eau susceptible d'être perdue quand elle n'est plus facteur limitant

↳ elle est théorique
calculée à partir des données météo
Unité = lorsque le sol fournit toute l'eau demandée

Deuxième partie:
Méthode de recherche

CHAPITRE 1 : DEFINITION DES OBJECTIFS

Problématique

Le changement climatique se fait ressentir :

- L'arrivée des pluies se retarde, cela retarde le temps de semis ;
- La variation de taux de pluie au cours du cycle de la plante se remarque de plus en plus parfois il y a inondation ; parfois le temps de sécheresse dure pendant un long moment ;
- La température annuelle est très variable mais cela tend vers une hausse.

Objectifs

Ce stage s'est fixé comme objectif de connaître les effets des diverses intempéries (température, pluviométrie, évapotranspiration, rayonnement) sur le rendement du riz pluvial (biomasse et grain).

Hypothèses

Le climat est un élément important pour l'agriculture, c'est un facteur indispensable à tous les stades ~~végétatifs~~ de la plante. L'incompréhension de son action sur le riz pluvial peut affecter le rendement (grain et biomasse) ainsi que le comportement de la plante.

Dans cette étude, deux hypothèses sont à vérifier:

- Le rendement varie au fur et à mesure que le climat change, la qualité de la productivité est liée étroitement au climat;
- La production de biomasse est fonction de l'environnement : les conditions environnementales du riz pluvial améliore ou diminue la productivité en biomasse.

référence ?

pas que végétatif

→ ms le climat change-t-il si vite ?

l'hypothèse globale que le R est lié au climat

les années d'étude Explique les R du R par le climat

CHAPITRE 2 : MATÉRIELS

2.2.1 Matériels végétales

La variété de riz pluvial, utilisé pour l'expérimentation de cette campagne (2011-2012), est le Chhomrong Dhan. Le semis a été fait avec 8 grains par poquet dont l'écartement entre poquet est de 20 cm x 20 cm.

Connu sous le nom de « vary tsipolitra » le *Chhomrong Dhan* se différencie par la couleur violacée de son apex. Il peut atteindre une hauteur moyenne de 120cm avec une très bonne aptitude au tallage. Il a une bonne résistance au maladie et au froid c'est-à-dire il s'adapte bien à la haute altitude. Il peut atteindre un rendement de 6,8t/ha ; c'est une variété semis précoce à grain rouge. Le *Chhomrong Dhan* est très sensible à la verse et au stress hydrique entraînant le blanchissement des panicules. (FOFIFA)

2.2.2 Matériels météorologiques

La station météorologique d'Andranomanelatra est une station CIMEL. Elle est automatique et utilisée pour les mesures du microclimat du milieu. Les fonctions d'une station automatique sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Fonction d'une station CIMEL

Paramètres	Résultats journaliers	Résultats horaires
Température	Valeurs minimal- maximal et moyenne avec instant des extrémums	Valeur relevée à l'heure ronde
Précipitation	Hauteur de précipitation, hauteur maximal de pluviométrie	Hauteur de précipitation, hauteur maximal de précipitation sur 6 minutes
Humidité	Valeurs minimal- moyen et maximum avec extrémum	Valeur relevée à l'heure ronde
Rayonnement	Cumul	Cumul
Vent	Valeurs minimum, maximum et moyen avec extrémum	Vent passé (km)

Source : www.cimel.fr, Août 2012

→ que les sont les variétés des autres années

Deuxième partie : Démarche

Les données enregistrées par une station automatique peuvent être relevées tous les 10 jours, jusqu'à un mois, voire 127 jours correspondant à la capacité d'enregistrement de la cassette de la station météorologique Cimel.



Photos I : station CIMEL Andranomanelatra

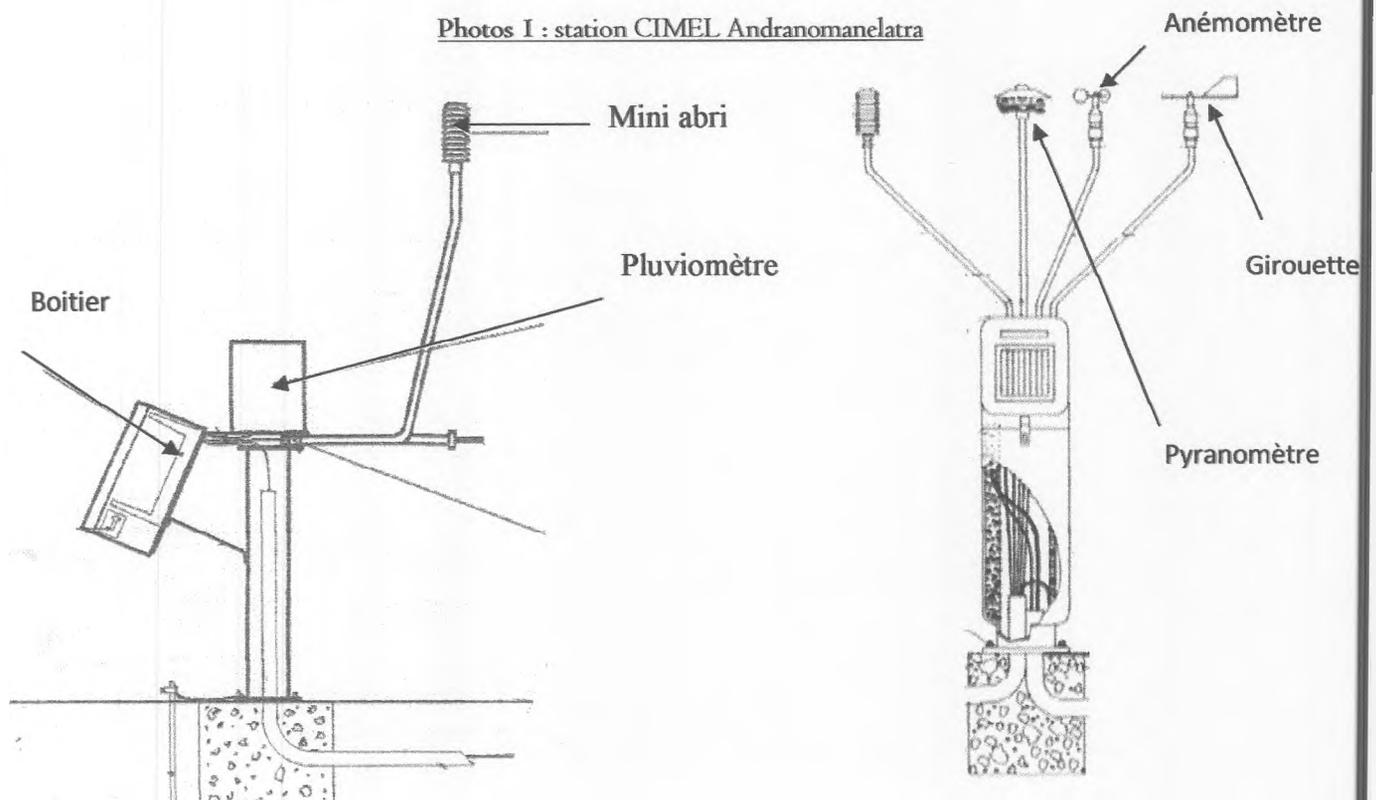


Schéma 3 : Station CIMEL

Source : www.cimel.fr, Août 2012

☀ **Mini abri**

Le mini abri,

- ▣ Thermomètre : utilisé principalement pour le prélèvement de la température (minimum, moyenne et maximum) ;
- ▣ Humidimètre : pour la mesure de l'humidité atmosphérique ;



Photo 2 : Mini abri

Source : www.cimel.fr, Août 2012

☀ **Pluviomètre**

Ce matériel est utilisé pour la mesure quantitative de la pluie tombée en un lieu. Pour Andranomanelatra, il y a deux pluviomètres. L'une sur la station CIMEL qui prélève la quantité de pluie journalière et l'autre utilisée en cas de panne.

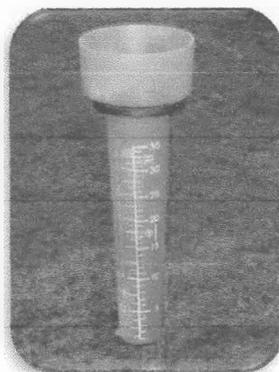


Photo 3 : Pluviomètre

Source : www.wikipedia.fr, Août 2012

☼ Anémomètre

Pour la mesure de la vitesse de l'air. Les mesures de la vitesse sont stockés dans une cassette de mémoire.

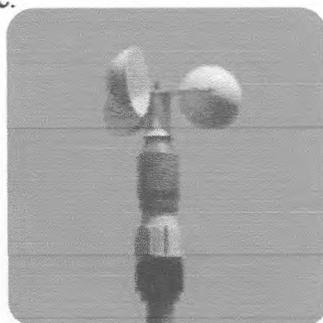


Photo 4 : Anémomètre

Source : www.wikipedia.fr, Août 2012

☼ Pyranomètre

C'est un capteur de flux thermique utilisé pour la mesure de la quantité d'énergie solaire en lumière naturelle. Il permet la mesure de la puissance du rayonnement solaire total en watts par mètre carré.



Photo 5 : Pyranomètre

Source : www.wikipedia.fr, Août 2012

CHAPITRE 3 : DÉMARCHE

2.3.1 Recherche bibliographique

Des recherches bibliographiques effectuées pendant toute la période du stage nous ont permis de bien connaître les bases pour mener à bien notre étude. En effet, les diverses informations recueillies au sein des institutions (les divers bibliothèques et organismes) et auprès des personnes ressources nous ont mis sur la piste afin de bien cerner le sujet.

2.3.2 Descente sur terrain

Durant notre descente sur terrain, la détermination de rendement parcellaire a été effectuée ; elle se fait comme suit :

Le nombre de placette de 4m² est variable suivant la grandeur de la parcelle, pour le cas d'Andranomanelatra, deux prélèvements ont été faits pour chaque parcelle. Ensuite, les touffes sont coupées, et l'égrainage s'effectue sur une natte. Les graines ainsi que les pailles sont ensuite pesées. Après pesée, un nouvel échantillonnage des pailles et des graines sera effectué pour le calcul du rendement en grain et en matière sèche du riz. Enfin, toutes les mesures prises sont enregistrées.

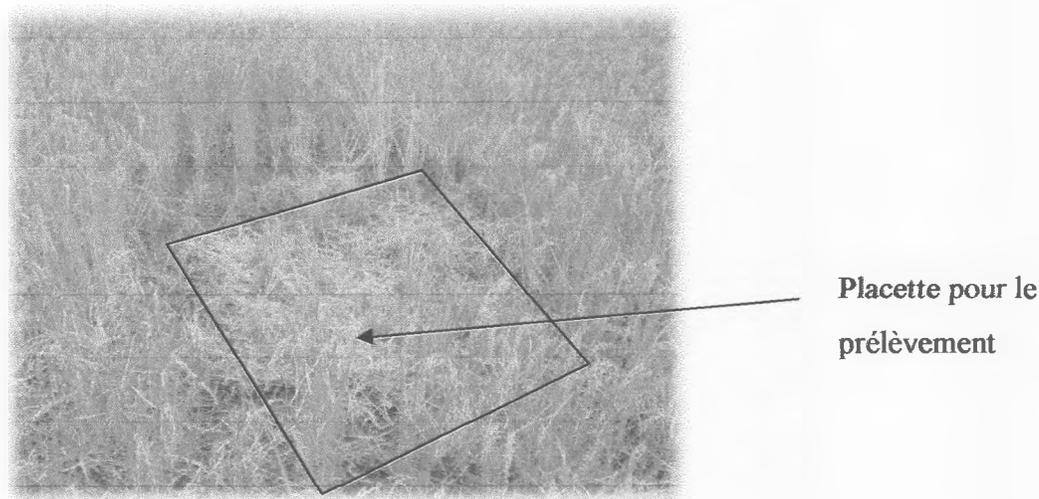
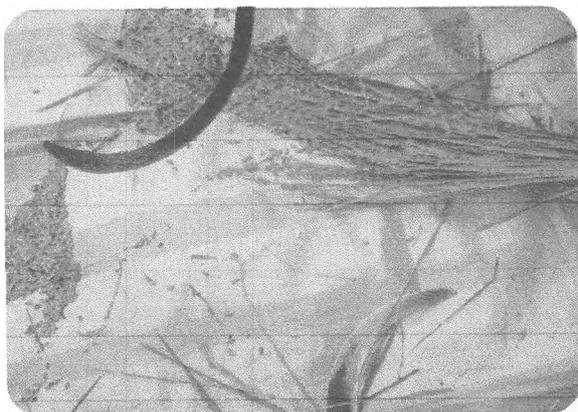


Photo 6: Placette pour l'échantillonnage

Deuxième partie : Démarche



Photos 7 : Egrainage



Photos 8: Pesage de l'échantillon de grain



Photos 9 : Pesage de l'échantillon de biomasse

2.3.3 Traitement des données

Les résultats des rendements (biomasse et grain) sont traités sur le logiciel XL STAT Pro 7.5. Les analyses statistiques ont été faites avec la procédure ANOVA. Le test de Fisher pour l'analyse de variance révèle des différences significatives entre les traitements à un seuil de probabilité de 5% tandis que les graphiques et figures ont été faites sur Excel (Microsoft).

Les données à traiter sont celles de 2007 jusqu'à 2011. Elles concernent le rendement du riz pluvial et les différentes variations qui ont affectées la productivité à savoir : la température, la pluviométrie, l'évapotranspiration et le rayonnement.

Troisième partie:
Résultats et discussion

CHAPITRE 1 : RENDEMENT OBTENUS

3.1.1 Rendement en grain

◆ Fumure minérale

Les rendements présentés sur les graphes ci après sont très variables suivant les blocs et l'année considérés. C'est pendant la campagne 2007-2008 (fig. 3 a) que le rendement est le plus faible (1,2t/ha) et celui de la campagne 2009-2010 est le plus élevé (3,1 t/ha). La variation des rendements pour chaque bloc de chaque campagne n'est pas très accentuée. Le rendement diminue en 2010-2011 (2t/ha) par rapport à son prédécesseur qui a un rendement de 3,1 t/ha (fig.6a).

D'après la figure 3 b, les rendements en 2007-2008 et en 2010-2011 sont significativement différents de ceux des autres campagnes au seuil 5%.

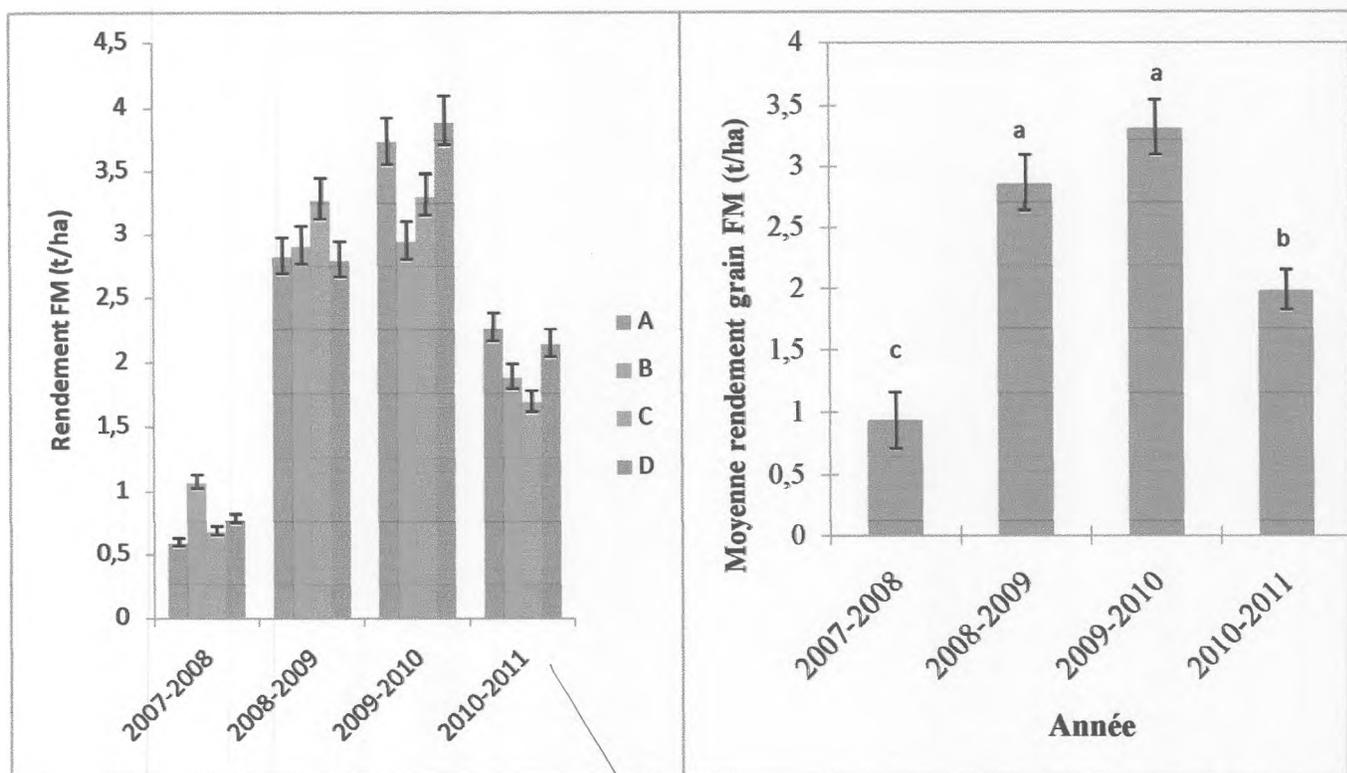


Figure 4a : Rendement moyen en grain par bloc en FM

Figure 4b : Rendement annuel moyen en FM

A, B, C, D sont les blocs d'expérimentation

Rendement 2011-12 ?

◆ *Fumure organique*

Les graphes suivants montrent les rendements obtenus sur le dispositif avec fumure organique comme traitement.

Excepté en 2007, les rendements sont à peu près identiques, il n'y a pas de forte variabilité. Durant la campagne 2010-2011 (fig.6b), le rendement dans le bloc C (fig. 6b) est très faible part rapport à ceux des autres.

Les rendements en 2007-2008 et en 2010-2011 sont significativement différents de ceux des autres campagnes à un seuil de 5% (fig.7 b)

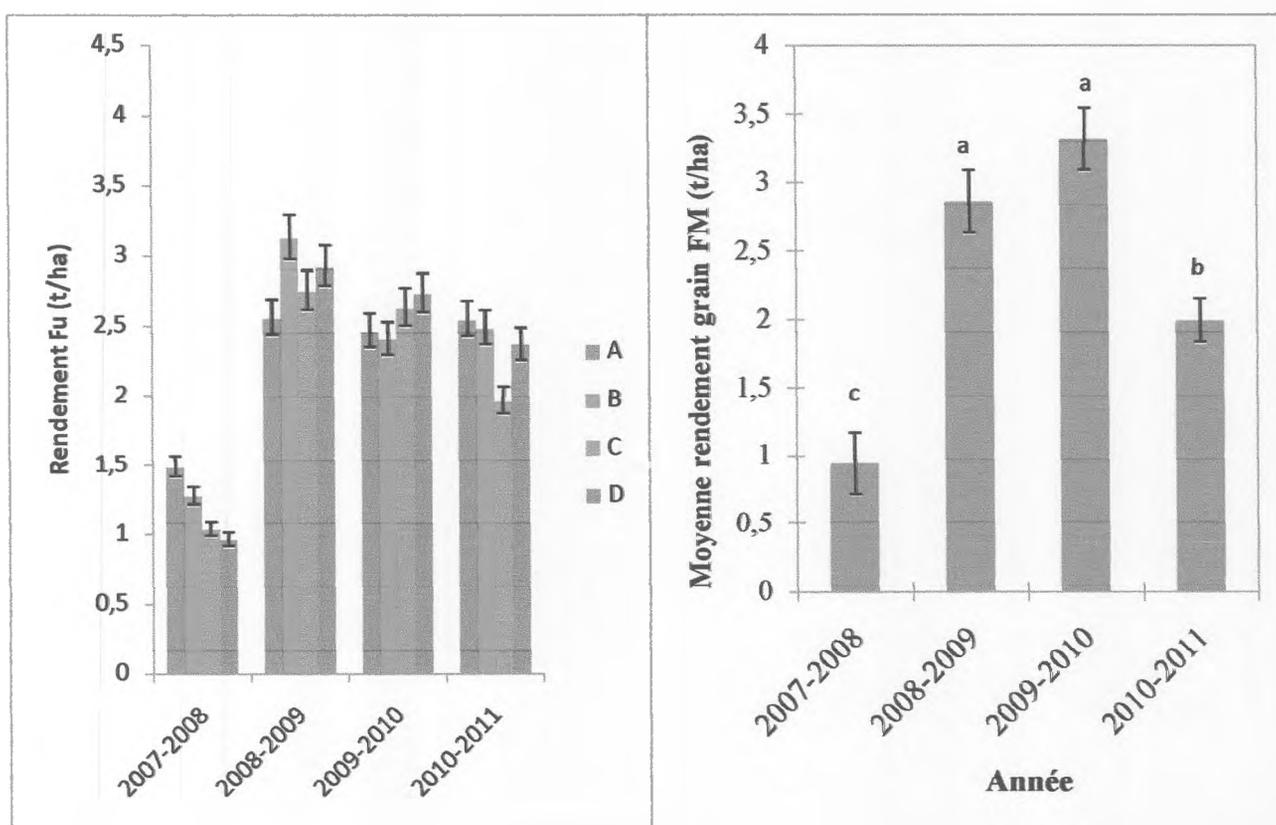


Figure 5 a: Rendement moyen en grain en Fu

Figure 5 b: Rendement annuel moyen en Fu

A, B, C, D sont les blocs d'expérimentation

Les rendements sont très différents chaque année pour les deux traitements (Fig. 6). En 2007-2008, la fumure organique donne un rendement beaucoup plus élevé par rapport à la fumure minérale. Pour les deux années suivantes, la fumure minérale apporte beaucoup d'écart tandis qu'en 2010-2011, le rendement diminue pour FM (Fig.6).

est-ce significatif?

En 2007-2008, le rendement tourne autour de 1t/ha qui est un rendement assez faible par rapport à celui de 2008 à 2010 avoisinant les 3t/ha (Fig.6).

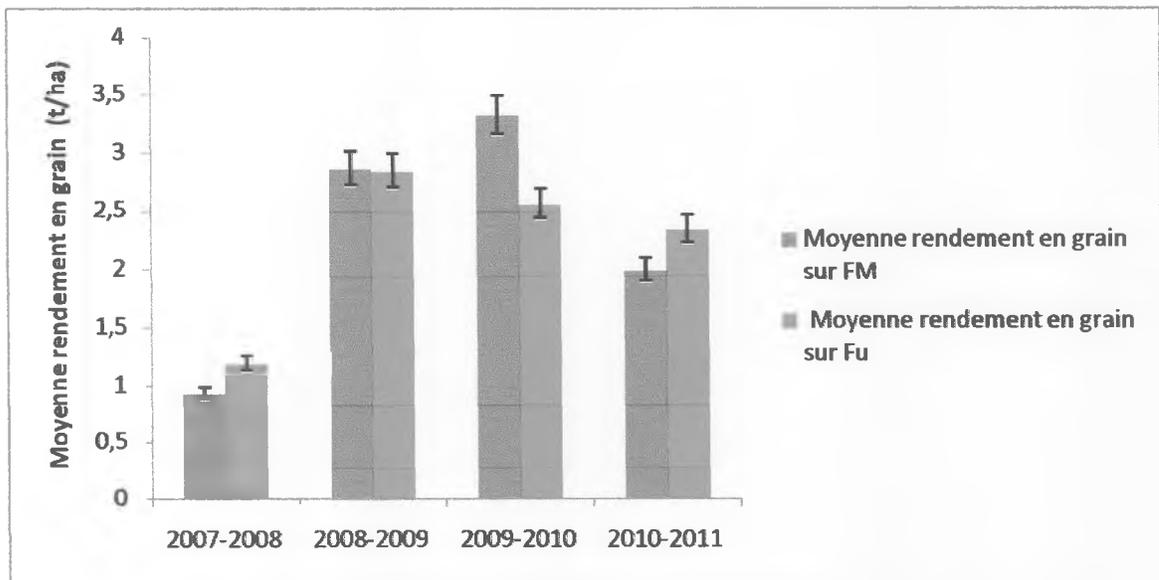


Figure 6 : comparaison entre rendement en FM et Fu

3.1.2 Biomasse aérienne

Fumure minérale

Pour le traitement en fumure minérale, il n'y a pas de différence significative entre les rendements au seuil de 5% (Fig. 7 b). Le rendement en biomasse dans le bloc C (3,06t/ha) est le plus faible pour toutes les campagnes tandis qu'il est le plus élevé en campagne 2007-2008 et 2009-2010 (Fig. 7 a) dans le bloc A (4,06 t/ha).

La biomasse ne présente pas de grande variabilité d'une année à une autre dans chaque bloc (Fig. 7 a). Elle varie entre 3,08 et 4,06t/ha. Cela montre que le climat n'a pas beaucoup d'effets sur la physiologie du riz durant ces années.

Cela est pas bon pour la culture

La première campagne produit une forte productivité de biomasse par rapport au rendement en grains (Fig. 10). Les productions sont proportionnelles pour les trois années suivantes. Même si le climat change d'une année à l'autre, les facteurs climatiques n'ont pas eu d'effet direct sur le développement du riz pluvial.

→ phéno (il faudrait les données phéno par le voir)

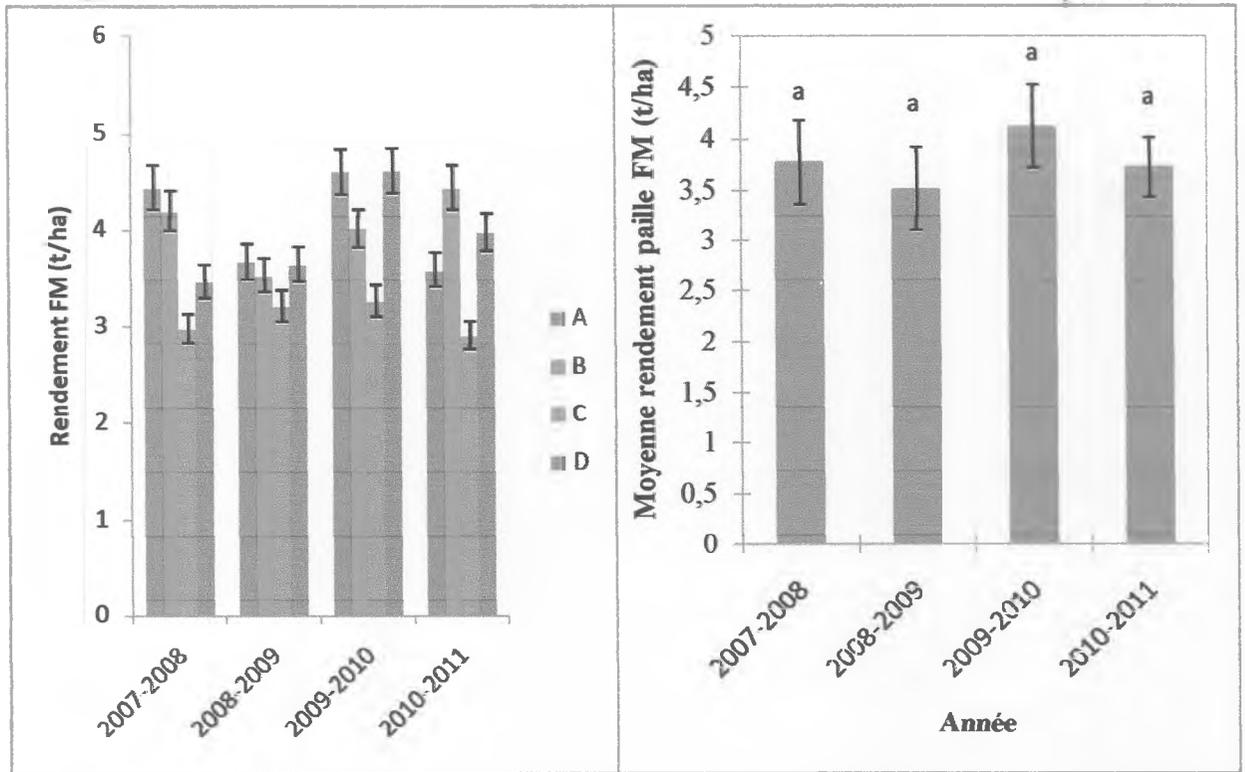


Figure 7 a: Rendement moyen en paille par bloc en FM

Figure 7 b: Rendement annuel en paille sur FM

A, B, C, D sont les blocs d'expérimentation

■ Fumure organique

Les campagnes 2008-2009 et 2010-2011 sont significativement différentes à un seuil de 5% pour la production en biomasse dans le traitement avec fumure organique uniquement (Fig. 8 b).

Pour le bloc A il y a une grande différence entre les quatre campagnes. Ces mêmes résultats sont obtenus pour le bloc B. Cette différence n'est point remarquable pour les deux autres blocs C et D (Fig. 8 b).

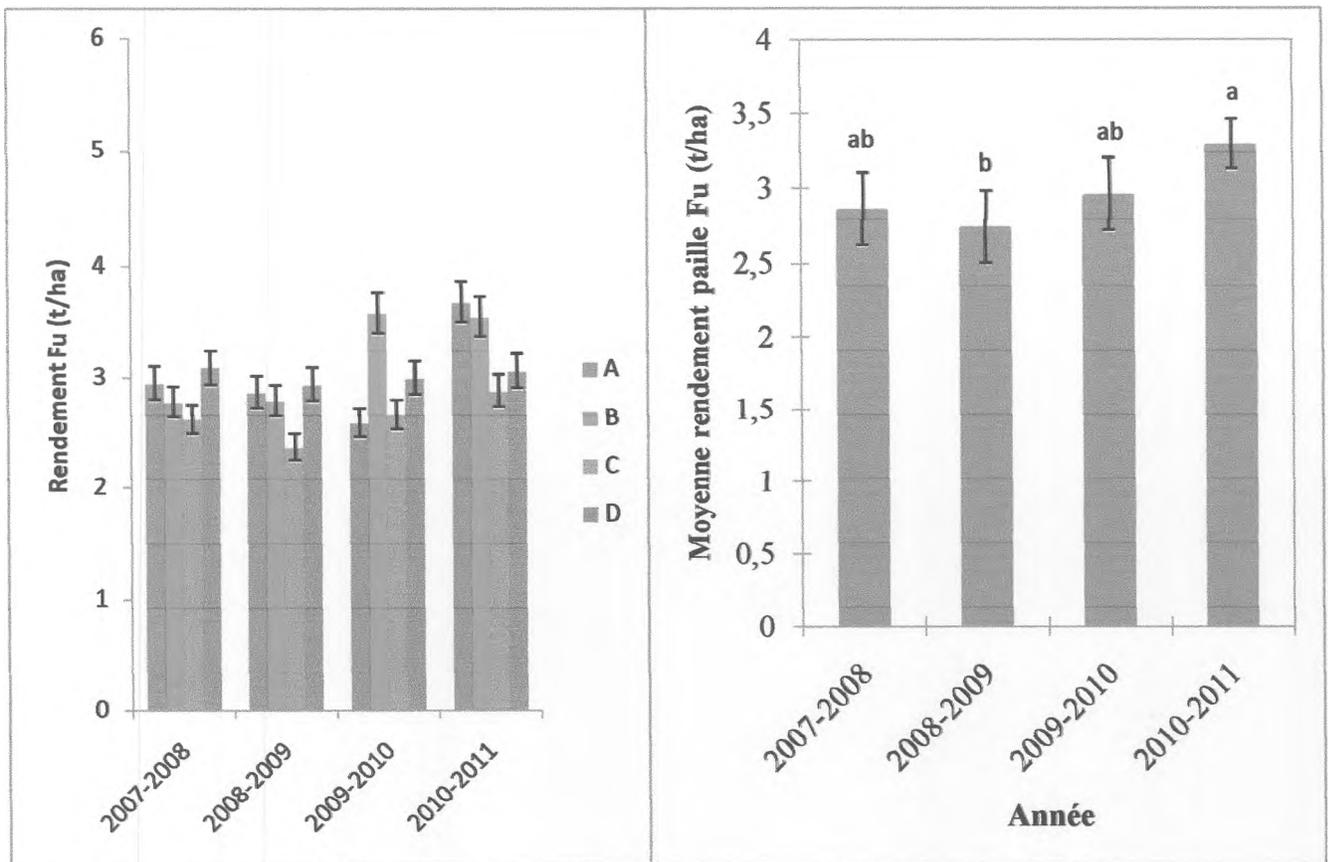


Figure 8 a: Rendement moyen en paille par bloc en Fu

Figure 8 b: Rendement annuel en paille sur Fu

A, B, C, D sont les blocs d'expérimentation

Sur les deux types de fumure (FM et Fu) la biomasse en paille de riz en FM (3,8t/ha) est plus élevée par rapport à Fu (3 t/ha) (Fig.10). Le riz ayant reçu beaucoup plus d'éléments nutritifs en FM a pu bien développer ses organes végétatifs par rapport au fumier seulement. Le riz pluvial sur FM est plus résistant aux diverses intempéries par rapport aux plantes cultivées sur Fu.

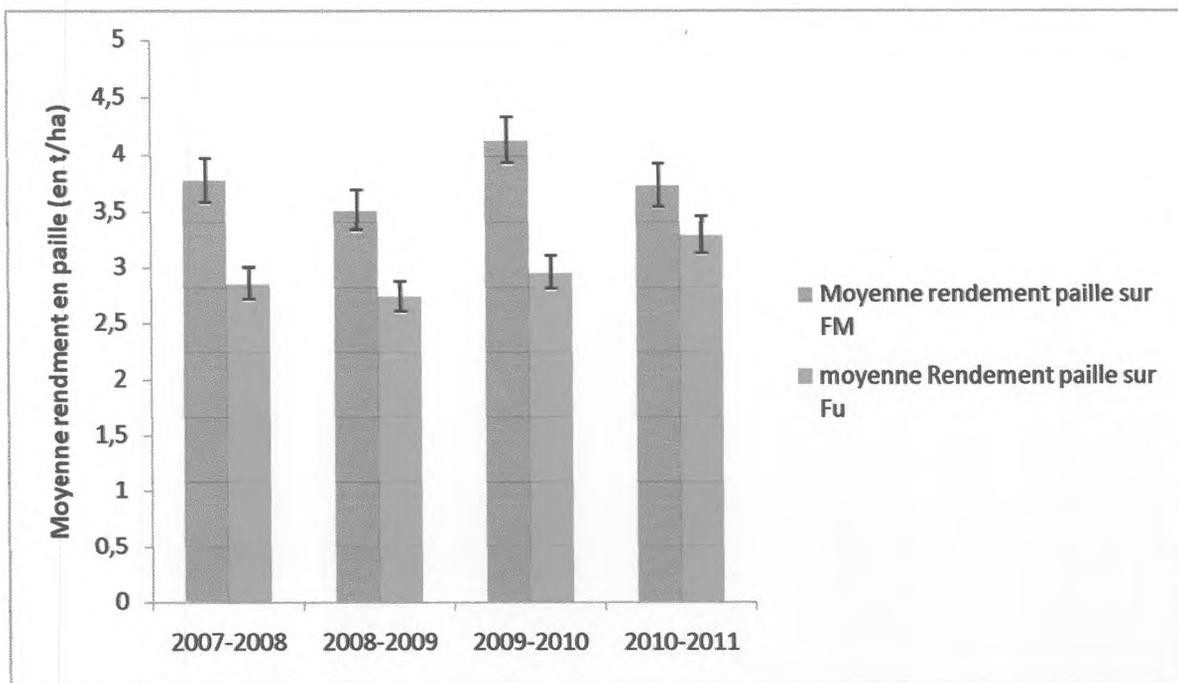


Figure 9 : Comparaison rendement en paille entre FM et Fu

CHAPITRE 2: INFLUENCE DES FACTEURS CLIMATIQUES SUR LE RENDEMENT EN GRAIN

3.2.1 Pluviométrie

Les moyennes de la température et de pluviométrie sont représentées dans la même figure. La variation de la pluie coïncide avec celle de la température. Entre Octobre et Mai (Fig. 10), la température et la pluviométrie augmentent de la même façon. Le maximum pour les deux facteurs se trouve en Janvier. La courbe montre que la saison de pluie débute à la première décade du mois d'Octobre et se termine à la troisième décade du mois d'Avril.

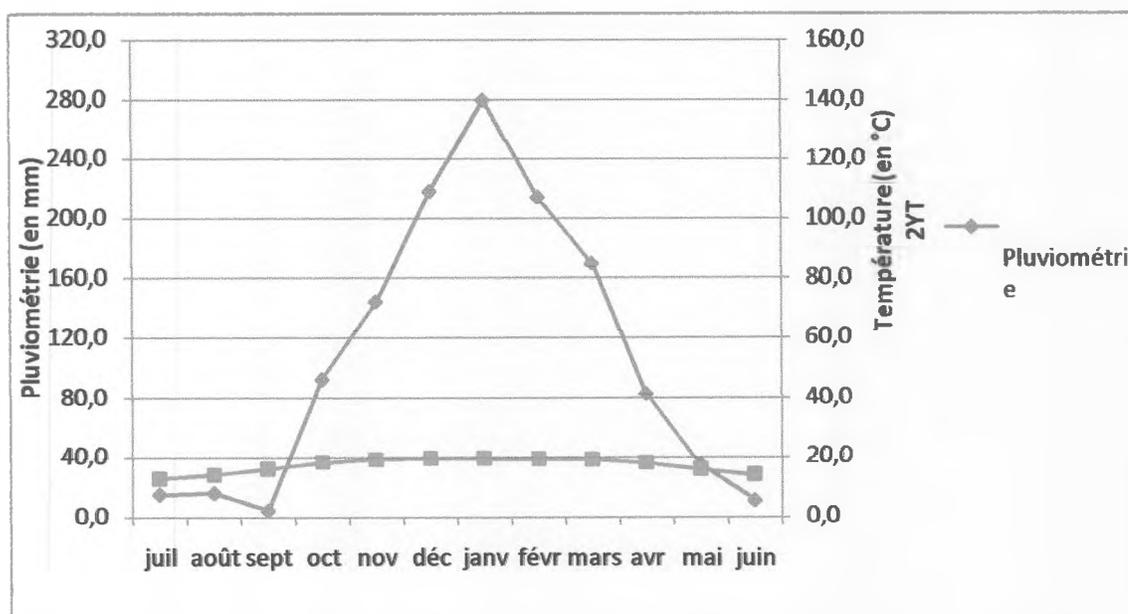


Figure 10 : Courbe ombrothermique des précipitations et des températures (2007-2012)

Sur le dispositif à Andranomanelatra, il y a une irrégularité du taux de pluie durant toute la saison de culture. Il y a une variation brusque de la pluviométrie de 2007-2009 (fig. 11). En 2008-2009, il y a une forte pluviométrie (cumulé : 1657mm) alors qu'en 2009-2010, la quantité est faible (cumulé : 1051 mm).

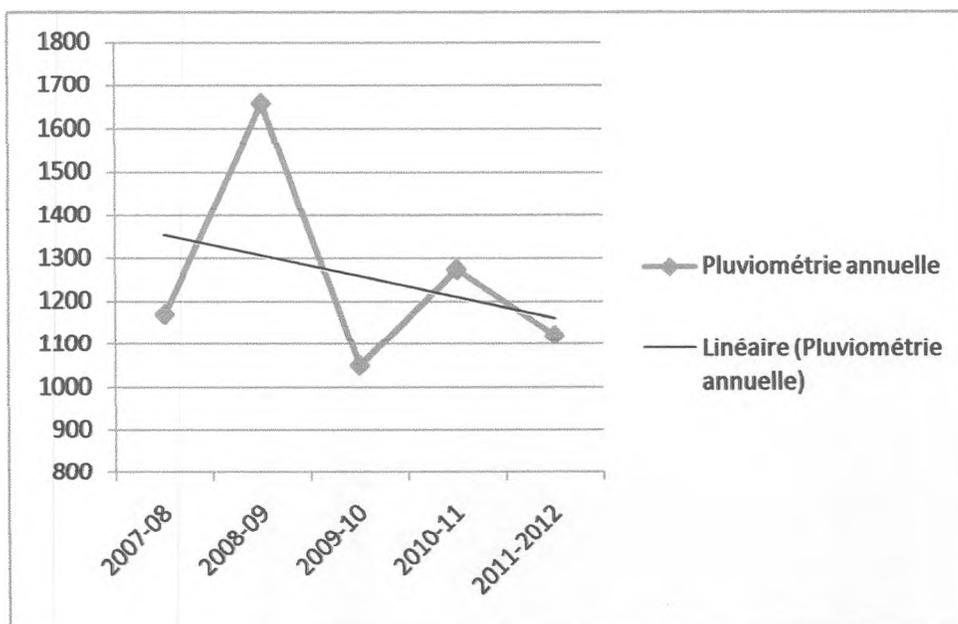


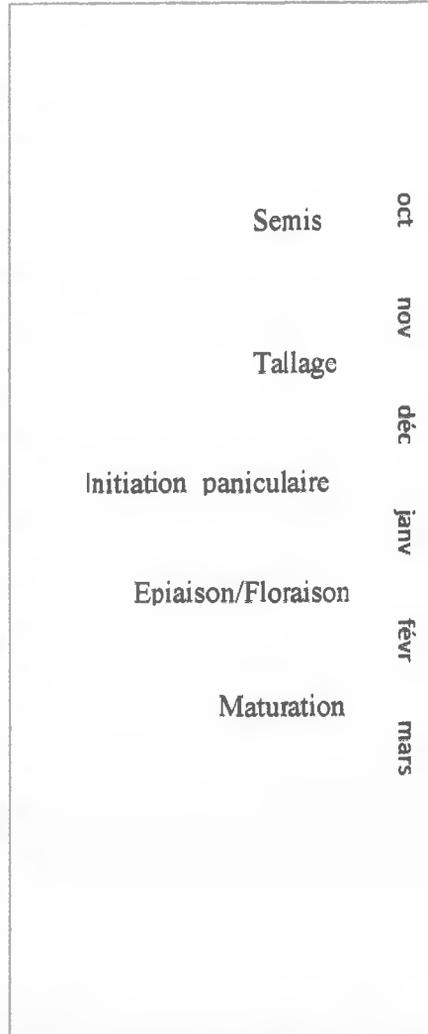
Figure11 : Variation du taux de pluie (2007-2012)

Comme l'indique la figure 12 c'est pendant la campagne 2008-2009 que la pluviométrie a été la plus importante avec un maximum enregistré en Janvier, à une hauteur de 336 mm. La plus forte variation est enregistrée pendant la campagne 2009-2010 où une baisse de 310 à 120 mm de précipitation a été observée de Janvier à Février. La hauteur de précipitation en 2008 et en 2011 est à peu près la même, il en est de même pour 2009 et 2010. La pluviométrie est suffisante pour une bonne végétation du riz durant toutes les campagnes. En général, la précipitation dépasse les 1000 mm (Fig. 11), et le démarrage des pluies coïncide avec le cycle végétatif de la plante étudiée.

Pour toutes les campagnes, la pluviométrie est suffisante pour la formation des graines que ce soit annuellement ou mensuellement (Fig. 11 et 12). La pluviométrie affecte beaucoup le rendement. Une sécheresse prolongée entraîne une stérilité partielle ou totale des panicules (Dobelmann J.P, 1976).

*pas besoin de
répéter la biolo
Surtout que
de ps de d
cher*

Figure 12 : Pluviométrie cumulée (2007-2012) et cycle végétatif du riz pluvial



3.2.2 Température

Les figures suivantes montrent l'évolution des températures : minimale, moyenne et maximale dans le site d'expérimentation d'Andranomanelatra, pendant les quatre années d'expérience.

La fourchette de la température moyenne durant la phase végétative du riz se situe entre 16 et 20 °C. Elle permet encore le bon développement du riz pluvial. Le minimum durant le cycle se trouve en Mars (13,7°C) et le maximum en Décembre-Janvier avec une moyenne de 19,8°C.

X La température minimale se manifestant entre Décembre et Février pour les quatre campagnes, ne descend pas en dessous de 13 °C. D'après Rasolonjatovo (2010), la température inférieure à 15 °C peut donner des stérilités aux grains pour les variétés non résistantes au froid. Quant aux variétés résistantes, une température inférieure à 9,5°C peut causer le même effet. Pour le cas des faibles températures de Décembre à Février, période de floraison, la température minimale (13 °C) pourrait provoquer une mauvaise formation des grains. Une telle éventualité a pu faire diminuer le rendement pendant les campagnes de 2007-2008 et 2010-2011.

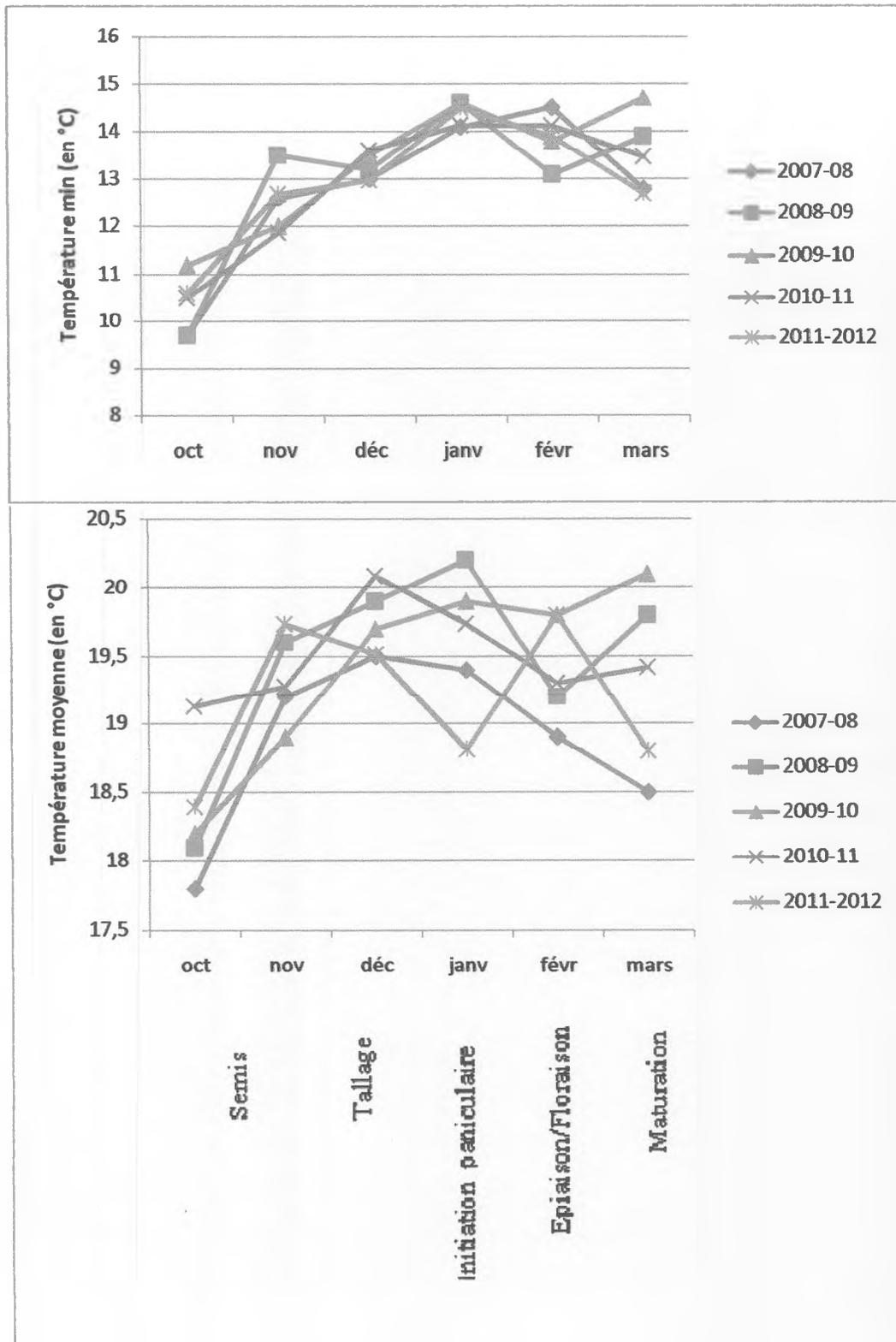
La température moyenne du mois de Décembre au mois de Mars oscille entre 19,3 et 20 °C qui est une température tolérable pour la bonne formation des grains de riz. Néanmoins elle peut entraîner une forte stérilité des graines (FAO, 2005).

La température maximale (27°C) au site d'expérimentation ne dépasse pas les 30°C, donc l'échaudage des panicules n'est pas à craindre. D'après la FAO (2005), il y a réduction de remplissage des grains à une température dépassant les 30°C. Dès fois, selon l'IRRI (1989), les graines peuvent être stériles à partir de 30°C. Le maximum à Andranomanelatra permet une bonne épiaison et une formation complète des graines.

Pourquoi ?
13°C = moyenne
et débi !

Troisième partie : Résultats et discussion

L'excès de température ($>30^{\circ}\text{C}$) ou une forte vague de froid ($<15^{\circ}\text{C}$) peut causer de stérilité du grain de riz. Pour le cas d'Andranomanelatra, c'est le froid qui est le plus à craindre que la chaleur (Fig. 13).



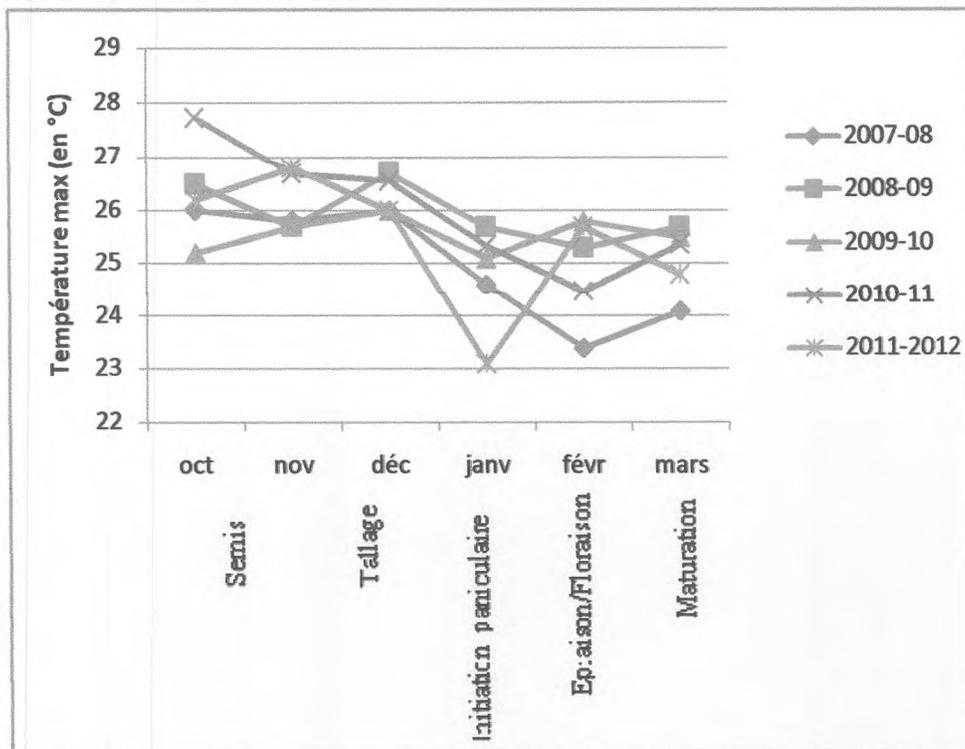


Figure 13: Température cumulé minimale, moyenne et maximale (2007-2012) et cycle du riz

3.3.3 Evapotranspiration

La figure 12 montre que l'évapotranspiration décroît de Septembre à Juillet, et commence à croître en Août. C'est en Octobre qu'elle est la plus forte. Ceci est peut être due au fort rayonnement pendant cette période. Durant la campagne 2008-2009, l'ETP tend à monter et à redescendre durant toute la campagne. Ce phénomène est accentué durant le mois d'Octobre (élévation), Décembre et Février (diminution). C'est pendant l'avant dernière campagne que l'ETP enregistre la valeur la plus élevée (moyenne de 3,72 mm).

Les conditions climatiques du site d'Andranomanelatra ne permettent pas une forte évapotranspiration qui peut entraîner la mort de la plante. C'est au mois d'Octobre que l'évapotranspiration est la plus élevée (4,88mm). Le mois de semis se coïncide avec cette période d'où le rendement n'est pas trop affecté. Au mois de Décembre, l'ETP est de 4,60 mm durant lequel il y a formation de talles. Cette dernière étant une phase importante durant le cycle du riz et il bénéficie une pluviométrie assez importante (235mm).

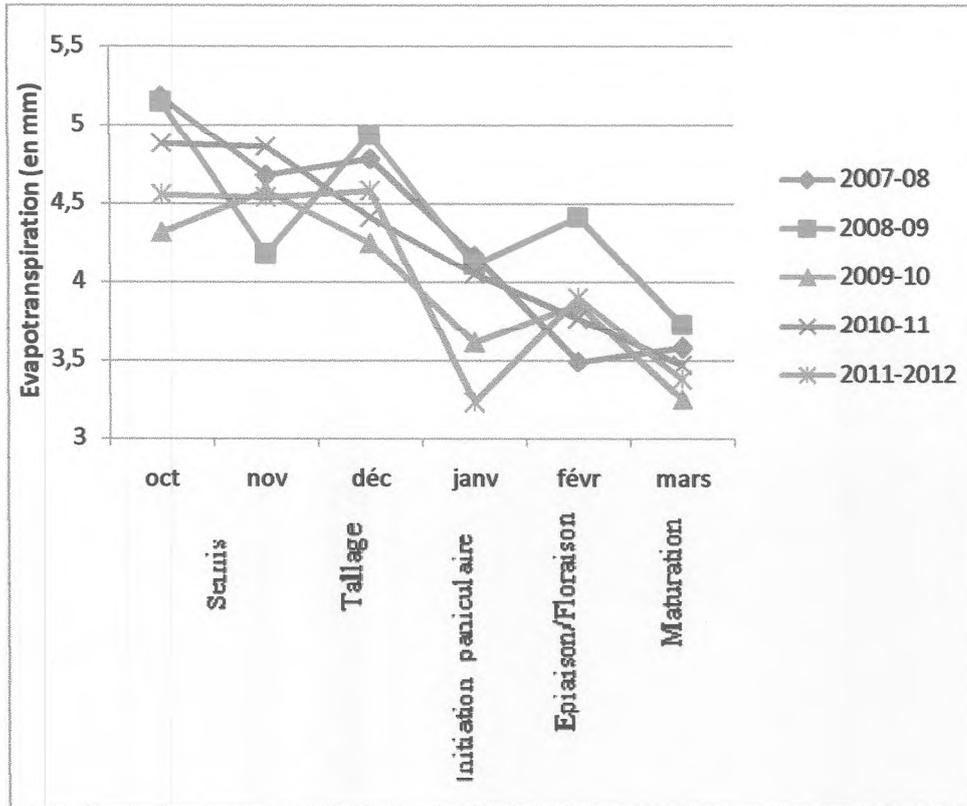


Figure 14 : Evapotranspiration et cycle du riz pluvial

3.3.4 Vent

La floraison se situe vers Février, pendant laquelle la vitesse du vent ne dépasse pas 2,4m/s (Fig. 13). Cette vitesse est relativement faible et n'aura pas de répercussions significatives.

D'après la figure 13, la moyenne du vent le plus faible (de vitesse allant de 1 à 1,7m/s) permet une bonne pollinisation du riz. Ce type de vent domine pendant la période de Décembre à Mars. Il était très favorable pour les campagnes 2008-2009 et 2009-2010 mais un peu élevé pour les autres campagnes. D'après ses résultats, le vent moyen propice se trouve entre 1 et 1,5m/s.

. Novembre, Décembre, Janvier, Février sont les mois à vent fort. La période cyclonique marque ces mois. Durant la campagne 2007-2008, Février présente le maximum avec une intensité de 15 m/s ; l'année suivante, Décembre (16 m/s) et Février (15 m/s). La campagne d'après, l'intensité s'est atténuée avec un maximum 14 m/s en Novembre, c'était pendant le stade de développement de talles. En Décembre 2010, le vent a pu atteindre une intensité de 17 m/s (fig. 13).

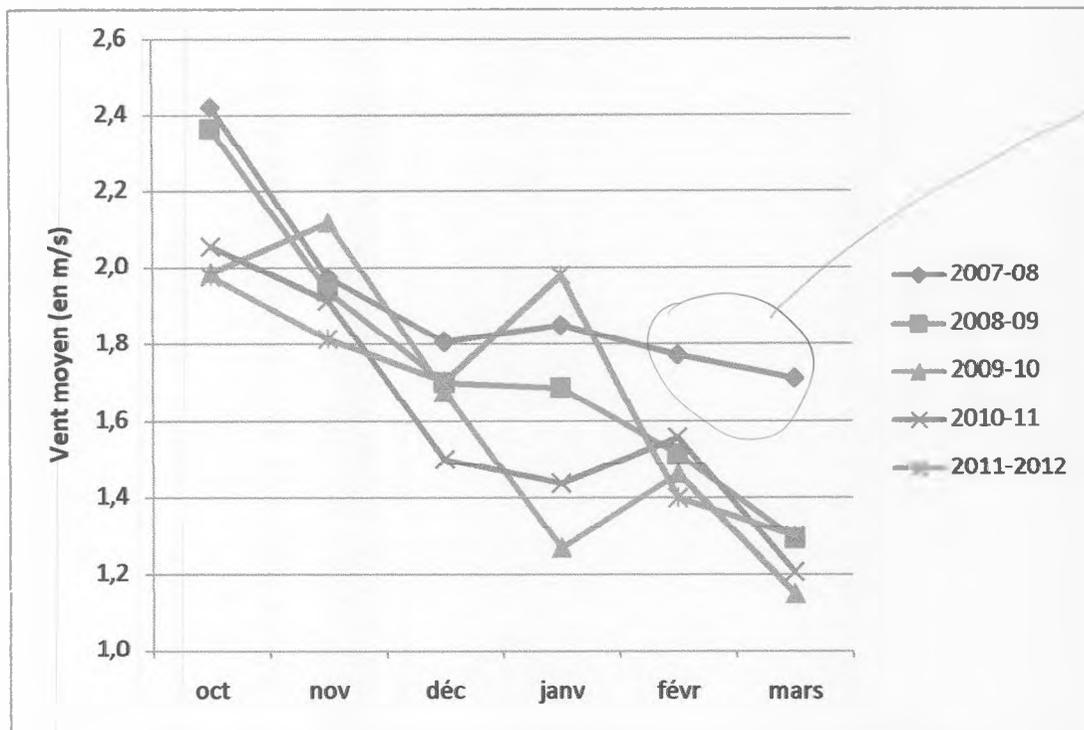
Atténuation
sont des
moyennes !

Troisième partie : Résultats et discussion

Pour les vents forts (à partir de 9 m/s), ce sont en général les cyclones qui ont des vitesses dévastatrices. C'est le cas de la campagne 2007-2008 (Fig. 7) pour laquelle le cyclone « Yvan » est passé dans la région lors de la floraison/épiaison du riz. C'était la cause du faible taux de rendement en graine (1,06t/ha) pour cette campagne.

Ce n'est pas clair sur ton graphique

Pour la campagne 2010-2011, il y a certes eu passage du cyclone « Bingiza » durant le mois de Décembre, mais cet événement n'a pas eu d'impact très grave sur le rendement puisque dans le traitement avec Fu le rendement n'a pas eu de différence significative avec celui de l'année précédente. Durant le passage de la catastrophe, s'était encore le début de l'initiation paniculaire ainsi, la violence du vent durant un stade critique (floraison/épiaison) provoque la stérilité des épillets. A Madagascar, on connaît fréquemment une période extrêmement pluvieuse en Janvier-Février, en relation avec la succession des cyclones et des dépressions tropicales (RAKOTOARISOA .J, 1996).



le bon moment 2007-08

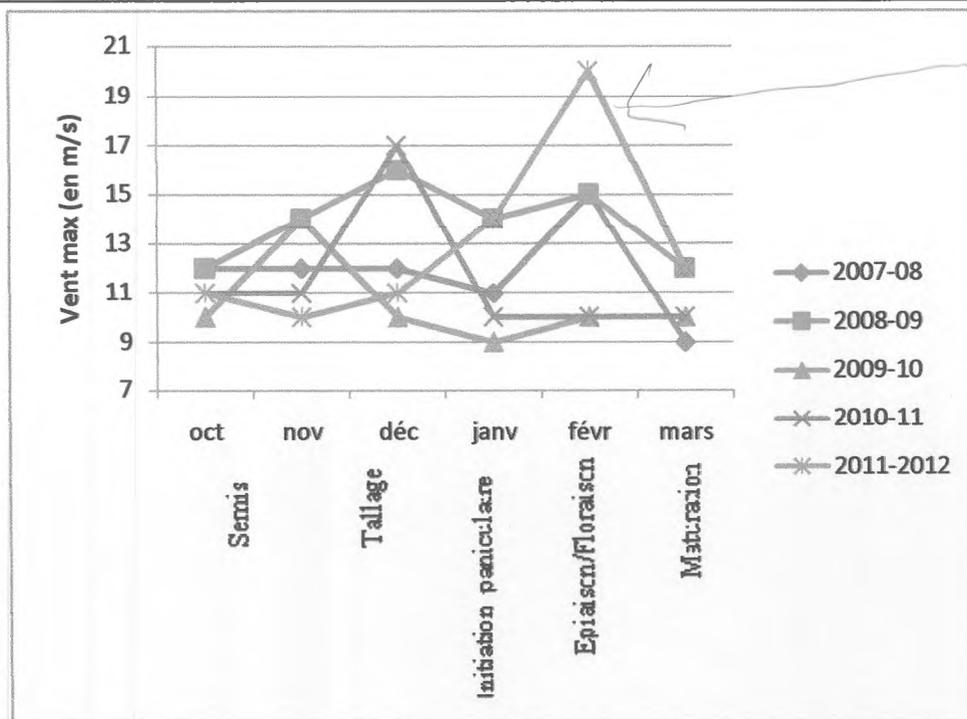


Figure 13 : Intensité max et moyenne du vent (max et moyenne)

3.3.5 Humidité relative

L'humidité relative minimale comme le témoigne la figure ci dessous atteint plus de 50% en 2009-2010 et 2010-2011(Fig.14). Cette quantité est certes utile pour la bonne floraison du riz mais elle peut aussi favoriser le développement des maladies surtout fongiques. C'est en Février de la campagne 2007-2008 que l'humidité relative est plus élevée (58,3%) pour atteindre sa valeur minimale en Octobre 2007 à cause du souffle d'un vent fort (2,4 m/s) de ce mois.

Il n'y a pas de grande variabilité pour la moyenne de l'humidité relative, elle oscille entre 76 et 78%.

L'humidité relative maximale dépasse les 90 %. Elle est très élevée favorisant le développement des maladies. L'humidité en 2008-2009 est la plus grande (moyenne 98,6 %) avec un maximum 100% au mois de Juillet. Et en Octobre 2010 : 93,8 % le minimum pour cette catégorie.

Troisième partie : Résultats et discussion

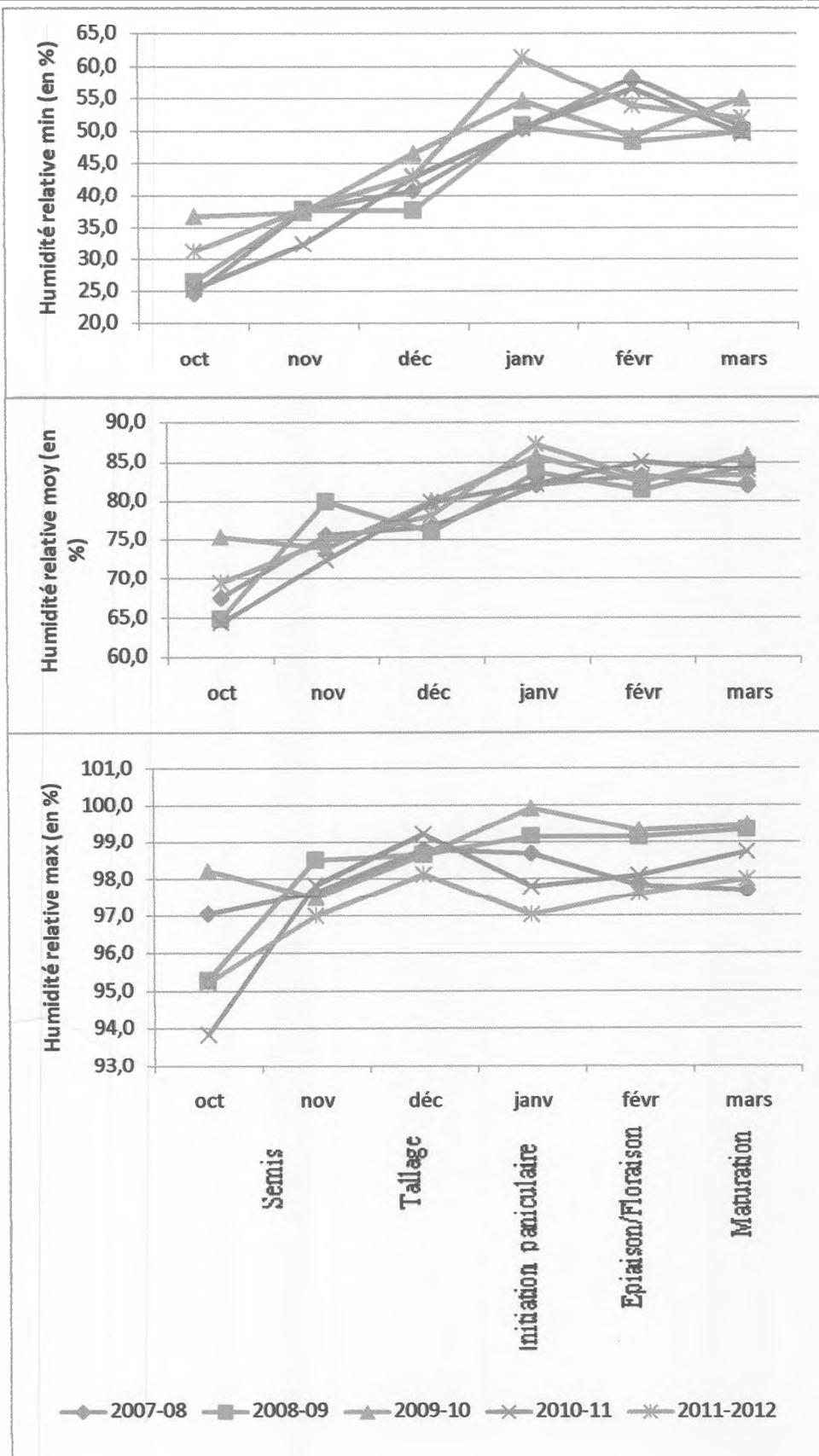


Figure 14 : Humidité relative mini, moyenne, max et cycle du riz pluvial

3.3.6 Rayonnement global

Il y a une forte insolation du mois de Septembre au mois de Mars. C'est en Décembre qu'elle est la plus élevée, avec une moyenne de 21,5MJ/m².

Pour le cas de la campagne 2008-2009, l'insolation est plus grande par rapport à celle des autres incluant ainsi une plus forte luminosité. Le maximum en Décembre est 23,3 MJ/m² et le minimum en Juillet (12,5 MJ/m²)

La nébulosité réduit fortement l'ensoleillement de Novembre à Mars selon l'altitude et l'exposition. Or la lumière diffusée donne une végétation grêle, des feuilles vert-pâle et la diminution du rendement (Chabane .A, 1996). C'est pendant cette période qu'il y a le plus de rayonnement (Fig.15) dans le site d'expérimentation de l'URP/SCRiD. Les rayonnements globaux durant les quatre années sont favorables à la formation des graines. La bonne luminosité doit correspondre à la période Décembre-Février pour que la plante puisse bien synthétiser les éléments utiles à la formation de la graine.

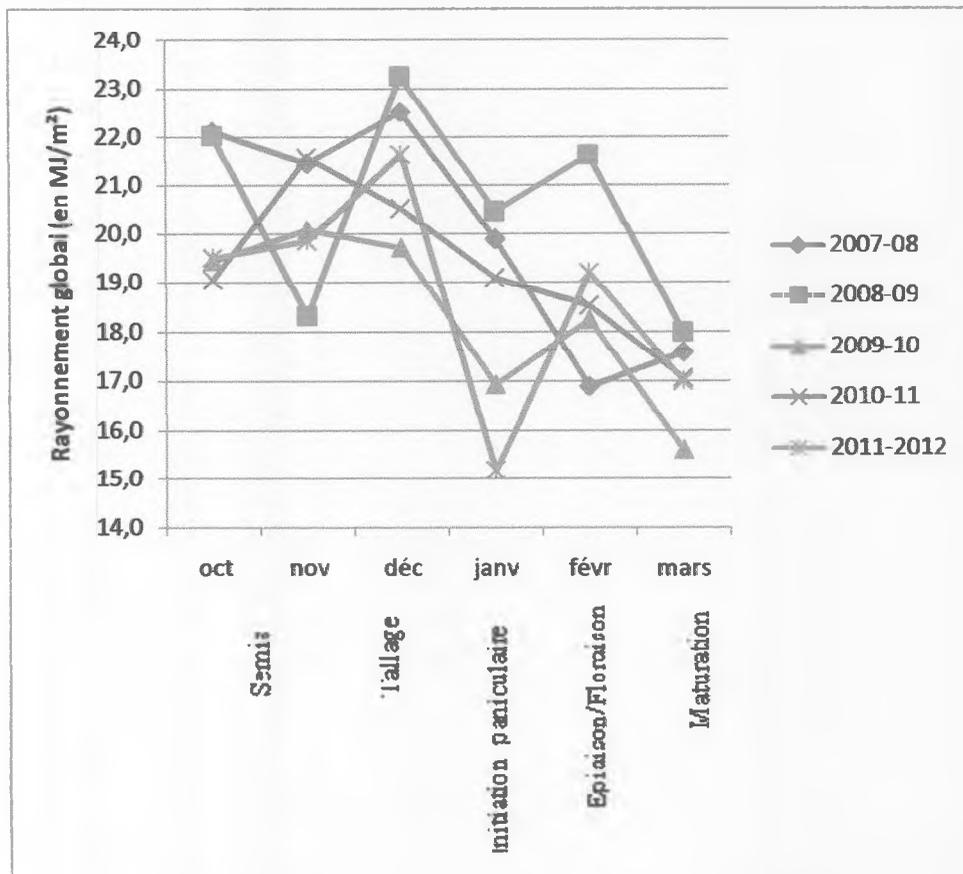


Figure15 : Rayonnement global et cycle du riz pluvial

Troisième partie : Résultats et discussion

Tableau 4 : Synthèse des effets des divers facteurs climatiques sur le rendement en grain

Facteurs	Années			
	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011
	Rendement (t/ha)			
	1,06	2,84	2,93	2,16
Pluviométrie	Suffisante pour la formation des grains			
Température	Bonne pour la formation des grains	Existence de température 13,1°C au stade tallage mais aucun effet sur le rendement en grain	Existence de température 13,8°C au stade épiaison/floraison mais n'a pas affecté le rendement	Bonne pour la formation des grains
Evapotranspiration	Tend à monter et redescendre mais n'affecte pas les rendements en grains			
Vent	Passage du cyclone « Yvan » durant l'épiaison floraison ce qui a fait diminuer le rendement	Vent favorable	Vent favorable	Passage du cyclone « Bingiza » durant en Décembre mais sans effet sur le rendement
Humidité relative	Bonne pour la formation des grains			
Rayonnement	Bonne pour la formation des grains			

CHAPITRE 3 : INFLUENCE DES FACTEURS CLIMATIQUES SUR LE RENDEMENT EN BIOMASSE

3.3.1 Pluviométrie

Si un déficit hydrique (>120 mm) a pu se manifester à un temps quelconque du cycle de la plante, cela se traduira par un baisse de rendement en biomasse aérienne. Par la suite, une faible quantité d'eau peut nuire à la physiologie de la plante. La pluviométrie durant les campagnes doit être à sa quantité optimale pour permettre le bon développement de la plante.

La production de biomasse du riz pluvial dépend de la bonne répartition de la pluviométrie durant tout le cycle cultural (cas de la campagne 2009-2010). Dans le cas contraire, une forte concentration de pluie pendant une période (campagne 2008 -2009 de Décembre à Février) ne permet pas un bon développement de la partie aérienne du riz.

Une sécheresse prolongée durant le tallage diminue le rendement en biomasse (IRRI, 1989). Le même cas est observé pour la campagne 2008-2009 pour laquelle une petite diminution de la pluie s'était survenue en Décembre entraînant une condition défavorable à la formation de talles.

3.3.2 Température

Le rendement en biomasse de la campagne 2008-2009 est faible. La température minimale durant la période de tallage est de $13,1^{\circ}\text{C}$ qui est une température défavorable à la croissance du riz. La formation des organes n'est pas bien parfaite. D'après Chabanne (1996) le froid se traduit par un ralentissement de la vitesse de croissance mais le tallage n'est pas affecté de façon directe. La température moyenne favorise un bon tallage et développement des autres parties de la plante. Pour la forte chaleur, elle provoque le raccourcissement de la plante pour pouvoir diminuer la perte en eau durant l'évapotranspiration.

Une courte période de froid peut affecter entièrement la physiologie du riz et le rendement.

Mais pas de
celle de Biomasse

Moque en
des compo
du Rd
mieux compo
Nbre de p
Nb de

Je ne vois pas
sur graph p 36!

à prouver!

en février ?
Je ne vois pas
sur graph p 36

Troisième partie : Résultats et discussion

3.3.3 Evapotranspiration

L'ETP durant les quatre campagnes est normale, elle n'affecte pas le rendement de la biomasse. La plante effectue une maximale d'évapotranspiration si elle a une large feuille donc une plus forte consommation en eau, mais cela augmente la biomasse.

n'est pas excessive

3.3.4 Vent

Pendant les campagnes 2007-2008 et 2010-2011 des cyclones ont passés. Dans le cas de la seconde campagne, c'était pendant le tallage qu'a eu lieu la catastrophe, donc elle ne causait pas la verse et n'a pas affecté le rendement en biomasse. Mais pour le premier cas, la rusticité de la variété a donné ce bon rendement.

Biomasse n'a pas affecté par vent si ce n'est en cas de verse

je ne comprends pas ce que très volatile dit

Troisième partie : Résultats et discussion

Tableau 5 : Synthèse des effets des divers facteurs climatiques sur le rendement en biomasse

Facteurs	Années			
	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011
	Rendement (t/ha) <i>Biomasse pile</i>			
	3,31	3,12	3,54	3,50
Pluviométrie	Bonne répartition de pluie	Mauvaise répartition des pluies donc diminue le rendement en biomasse	Bonne répartition de pluie donc permet une bonne production de biomasse	Bonne répartition de pluie
Température	Bonne pour le développement de la plante	Existence de température 13,1°C au stade tallage ce qui peut donner un mauvais rendement	Bonne pour le développement de la plante	Bonne pour le développement de la plante
Evapotranspiration	Tend à monter et redescendre mais n'affecte pas les rendements en biomasse			
Vent	Passage du cyclone « Yvan » mais n'affecte pas le rendement	Vent favorable	Vent favorable	Passage du cyclone « Bingiza » mais n'affecte pas le rendement

CONCLUSION

Le changement climatique est un enjeu planétaire et concerne tous les pays qu'ils soient riches ou en développement.

Concernant l'agriculture, la connaissance des effets néfastes de ce changement sur la physiologie des végétaux n'est pas encore très étoffée.

D'après les données obtenues du dispositif expérimental de l'URP/SCRiD :

- ☼ La pluviométrie pendant les quatre années est très variable ainsi que leur répartition durant tout le cycle. Cette variabilité n'a pas trop affecter la production de grain mais concernant la biomasse, elle a causée une faible diminution en 2008-2009.
- ☼ La température minimale de 13,1°C (2008-2009) survenue sur le site d'expérimentation a eu des répercussions sur la biomasse. Son effet sur le tallage diminue le rendement de la biomasse.
- ☼ Le vent faible est un élément important surtout pendant la floraison puisqu'il en est une des conditions favorables. Mais les cyclones qui ont passé lors de la campagne 2007-2008 réduisaient le rendement en grain.
- ☼ L'évapotranspiration durant tout les campagnes ont permis la bonne formation des grains.
- ☼ Le rayonnement étant un facteur qui favorise la photosynthèse et la bonne formation des graines. D'une année à une autre, une bonne intensité de luminosité s'est faite remarquer et a permis la bonne formation des graines.
Et le bon développement de la plante

Durant toutes ses campagnes, le climat sur le dispositif à Andranomanelatra a connu beaucoup de changement et a affecté la production en biomasse et en grain.

↓ non !

! Conclusion pas établie pas évident non plus!

BIBLIOGRAPHIE

ANDRIANJAFY Lala H., 2004. Etudes et évaluation de la capacité d'installation de variétés de riz pluvial dans la région du Vakinankaratra, mémoire ASJA, 91pp.

ANGLADETTE A., 1990. Le riz, 930pp, maison veuve&larose

CHABANNE A, M Razakamiaramanana, 1996. La climatologie d'altitude à Madagascar : séminaires riziculture d'altitude, 269pp.

CIRAD, 2004-2005. Riz pluvial, 10pp

CIRAD-FOFIFA, 1993. Riziculture pluviale d'altitude à Madagascar. 8pp.

CIRAD-GRET, 1996. Mémento de l'agronome, 1691pp.

DOBELMANN J.P, 1976. Riziculture pratique 2 : riz pluvial. 123pp. Presse universitaire de France.

DRDR, 2012, Service de la statistique.

FAO, 2005. Problème et obstacle à la production du riz.

FAO, 2010. La production mondiale de produit vivrière.

FOFIFA. Fiche technique du riz pluvial pour les zones d'altitudes. 37pp

GERALD .C et al, 2009. Changement climatique : Impact sur l'agriculture et coûts de l'adaptation. 30pp, ed IFPRI.

GIEC 2002, dans TRANSRURAL initiative, n°234 du 1^{er} avril 2003, 8pp.

GIEC, 2007. Rapport de synthèse, 114 pp.

GUY Trébuil, MahabubHossain, 2004. Le riz enjeux écologiques et climatiques. 265pp. Ed belin.

INRA, 2002. Agriculture, effet de serre et changements climatiques en France. 10pp, Ed INRA

IRRI, 1989. Climate and food security 602pp

KLAUS Töpfer, 2001. Changement climatique, 63pp.

MAEP, 2004. Le Riz, 8pp.

MICHEL Vilain, 1994. La production végétale : les composantes de la production
vol 1. 469pp, Ed Tec&doc.

Monographie région Vakinankaratra, 2008.

MOREAU Didier, 1987. L'analyse de l'élaboration du rendement du riz : les outils
de diagnostics. 125pp, GRET

N'DA KOUASSI ASSEMIEN, 1984. Réponse physiologique du riz (*oryzasativa*)
au déficit hydrique, 148pp.

ONU, 2008, Changement climatique et biodiversité pour l'alimentation et
l'agriculture, 2pp.

PATRICIO MendézelVillar, 2008. Situation mondial du riz, les nouvelles
tendances et les perspectives. 51pp.

PDR, 2005

RAHERININDRAINY Etienne Harding, 2007. Couverture végétale permanente :
profil racinaire des plantes de couverture et suivi de la dégradation des résidus des
différents systèmes de culture sous couverture végétale selon le mode de gestion
du sol, 99pp, mémoire ASJA

RAKOTOARISOA.J, 1996. Caractéristiques et contraintes de la riziculture
d'altitude à Madagascar : séminaires riziculture d'altitude, 269pp.

RAMAHANDRY A. Fidiniaina, 2003. Influences des conditions pédoclimatiques
et de l'itinéraire cultural sur la phase végétative et l'élaboration du rendement de
variétés de riz pluvial d'altitude : recherche d'adaptations spécifiques, Mémoire
ESSA, 99pp.

RANDRIANJAFINIMARO Herimanda, 1993. Etude de la filière riz dans le
Vakinankaratra, 75pp, équipe de recherche-développement FOFIFA-PPI, ODR2.

RASOAZANAKOLONA Vohanginirina, 2010. Impacts négatifs de quelques facteurs environnementaux, structuraux et morphologiques sur la qualité du grain de riz, thèse de Doctorat chimie minérale et physique.

RASOLONJATOVO Soafara Gisèle, 2010. Analyse de la stérilité de riz pluvial en fonction de la température, Mémoire ASJA, 52pp.

RATSIMBA Razoelimalalaniaina Nirina Navalona, 2008. Etude de la résistance des variétés de riz pluvial la pyriculariose, mémoire ASJA, 91pp.

WEBOGRAPHIE

<http://publications.worldbank.org/booksellers>.

<http://www.agriculture.gouv.fr>

<http://www.aqueduc.info/info/dossier/riz.htm>

<http://www.changement-climatique.fr>

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

<http://www.fao.org/docrep/w5183f/w5183f08.htm>

<http://www.interreseaux.org>

<http://www.temoignages.re/riz-la-consommation-mondiale,29422.html>

Annexes

Annexe I

Pluviométrie (en mm)

	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-2012	Pluviométrie moyenne
juil	4,0	10,0	13,0	48,0	5,5	9,5	50,5	7,0	4,0	16,8
août	7,0	33,0	1,5	5,0	1,5	2,5	67,5	3,0	8,0	14,3
sept	14,5	33,5	4,0	3,0	1,0	4,5	5,0	2,0	11,5	8,8
oct	66,0	222,5	53,0	40,0	92,0	130,5	87,5	42,0	113,0	94,1
nov	154,0	143,5	108,0	154,5	189,0	227,5	64,8	134,5	106,0	142,4
déc	382,5	430,0	462,0	305,5	277,5	248,0	162,3	255,5	148,0	296,8
janv	202,0	219,0	117,5	699,0	237,5	336,0	310,0	227,5	141,5	276,7
févr	195,5	287,5	106,5	205,5	185,0	226,5	123,0	229,0	308,5	207,4
mars	111,5	202,5	208,5	83,0	102,5	224,0	203,5	208,5	112,0	161,8
avr	39,0	50,0	68,0	52,5	44,0	116,5	10,0	114,0	129,5	69,3
mai	37,5	56,5	10,0	33,0	24,0	6,5	63,5	41,0	40,5	34,7
juin	4,0	5,0	17,0	4,0	6,5	19,5	11,5	7,5	11,5	9,6

Température minimale (en °C)

	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-2012	Moyenne temp min
juil	7,1	6	6,5	5,6	5,2	6,09
août	5,9	5,9	7,9	6,7	7,5	6,80
sept	8,7	7,8	8,6	5,2	7,5	7,55
oct	9,7	9,7	11,2	10,5	10,6	10,35
nov	12,6	13,5	12	11,9	12,7	12,53
déc	13	13,2	13,5	13,6	13,0	13,26
janv	14,1	14,6	14,6	14,1	14,5	14,39
févr	14,5	13,1	13,8	14,1	13,9	13,89
mars	12,8	13,9	14,7	13,5	12,7	13,51
avr	10,9	12,2	11	12,1	12,4	11,71
mai	8,5	8,4	10,3	9,6	9,6	9,27
juin	6	6,9	8,1	7,0	7,9	7,16

Température moyenne (en °C)

	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-2012	moyenne température
juil	12,3	13,3	12,0	13,4	13,6	12,5	12,8	12,6	13,1	12,9
août	13,6	14,5	13,4	13,7	14,0	14,2	14,2	13,9	14,8	14,0
sept	15,2	16,5	15,1	15,6	16,4	16,5	16,4	15,7	15,7	15,9
oct	18,2	18,5	17,3	17,9	17,8	18,1	18,2	19,1	18,4	18,2
nov	18,8	18,1	18,5	19,2	19,2	19,6	18,9	19,3	19,7	19,0
déc	19,6	19,6	19,8	19,5	19,5	19,9	19,7	20,1	19,5	19,7
janv	20,0	19,6	19,5	19,3	19,4	20,2	19,9	19,7	18,8	19,6
févr	19,1	19,9	19,6	20,0	18,9	19,2	19,8	19,3	19,8	19,5
mars	18,8	19,3	19,7	18,9	18,5	19,8	20,1	19,4	18,8	19,3
avr	17,4	17,7	18,2	18,1	17,5	17,5	18,8	18,8	18,4	18,1
mai	14,6	16,0	15,9	16,7	14,7	15,5	17,1	16,5	16,0	15,9
juin	12,7	13,9	14,5	12,8	12,8	14,0	14,5	14,5	14,5	13,8

Température maximale (en °C)

	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-2012	Moyenne temp max
juil	20,1	19	19,1	19,7	21,0	19,77
août	22,2	22,5	20,5	21,1	22,0	21,67
sept	24,1	25,2	24,2	26,2	23,8	24,72
oct	26	26,5	25,2	27,7	26,2	26,32
nov	25,8	25,7	25,7	26,7	26,8	26,13
déc	26	26,7	26	26,6	26,0	26,26
janv	24,6	25,7	25,1	25,3	23,1	24,77
févr	23,4	25,3	25,8	24,5	25,7	24,93
mars	24,1	25,7	25,5	25,4	24,8	25,10
avr	24,1	22,9	25,8	25,5	24,4	24,53
mai	21	22,7	24,0	23,4	22,5	22,71
juin	19,5	21,2	20,8	22,0	21,2	20,94

Evapotranspiration

	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-2012
sept	4,32	4,38	4,25	4,84	3,99
oct	5,18	5,15	4,32	4,88	4,56
nov	4,68	4,18	4,58	4,86	4,54
déc	4,78	4,94	4,25	4,41	4,58
janv	4,17	4,11	3,61	4,05	3,23
févr	3,49	4,41	3,86	3,77	3,90
mars	3,58	3,73	3,25	3,47	3,38
avr	3,35	2,67	3,43	3,34	2,80
mai	2,58	2,78	2,74	2,66	2,72
juin	2,35	2,61	2,21	2,57	2,32
juil	2,44	2,33	2,34	2,60	2,64
août	3,66	2,91	3,04	3,14	3,47

Vent moyenne (m/s)

	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-2012
sept	2,4	2,1	2,1	2,0	2,0
oct	2,4	2,4	2,0	2,1	2,0
nov	2,0	1,9	2,1	1,9	1,8
déc	1,8	1,7	1,7	1,5	1,7
janv	1,8	1,7	1,3	1,4	2,0
févr	1,8	1,5	1,5	1,6	1,4
mars	1,7	1,3	1,1	1,2	1,3
avr	1,6	1,2	1,3	1,3	1,2
mai	1,5	1,4	1,4	1,2	1,6
juin	1,7	1,7	1,5	1,5	1,4
juil	2,0	1,7	1,5	1,5	1,7
août	2,1	1,9	1,8	1,8	2,1



Intensité maximal de vent (m/s)

	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-2012
sept	10,0	13,0	13,0	12,0	12,0
oct	12,0	12,0	10,0	11,0	11,0
nov	12,0	14,0	14,0	11,0	10,0
déc	12,0	16,0	10,0	17,0	11,0
janv	11,0	14,0	9,0	10,0	14,0
févr	15,0	15,0	10,0	10,0	20,0
mars	9,0	12,0	10,0	10,0	12,0
avr	12,0	8,0	8,0	13,0	12,0
mai	10,0	8,0	10,0	8,0	8,0
juin	10,0	12,0	12,0	8,0	10,0
jull	10,0	8,0	10,0	10,0	10,0
août	12,0	10,0	11,0	10,0	10,0

Humidité relative minimum (en%)

	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-2012
sept	28,4	25,7	30,1	16,3	28,8
oct	24,7	26,5	36,8	25,4	31,3
nov	113,1	132,8	37,4	32,4	37,9
déc	40,8	37,8	46,6	42,9	43,1
janv	50,5	50,9	54,7	50,6	61,4
févr	58,3	48,4	49,2	56,5	54,0
mars	50,7	50,0	55,1	49,7	52,1
avr	45,3	56,7	43,6	45,2	54,8
mai	44,0	41,2	42,3	44,4	46,4
juin	42,1	39,7	49,0	39,9	45,8
jull	43,9	47,3	42,6	36,3	38,9
août	28,1	41,1	37,4	36,9	35,0



Humidité relative moyenne (en %)

	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-2012
sept	68,3	66,9	70,4	57,7	67,8
oct	67,5	64,9	75,4	64,3	69,4
nov	75,6	79,9	74,0	72,4	74,9
déc	76,7	76,0	80,0	79,9	78,2
janv	82,0	83,7	85,8	82,2	85,3
févr	83,3	81,4	82,5	85,1	83,0
mars	82,0	84,6	85,9	84,0	83,3
avr	81,0	85,3	79,4	82,0	85,4
mai	79,7	77,9	79,1	81,1	79,4
juin	78,0	77,9	81,7	78,3	80,5
jull	78,5	81,3	77,9	75,1	75,3
août	68,6	77,4	74,5	73,5	72,5

Humidité relative maximale (en %)

	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-2012
sept	94,8	97,2	97,1	95,8	95,7
oct	97,1	95,3	98,2	93,8	95,2
nov	97,6	98,5	97,5	97,8	97,0
déc	98,8	98,7	98,7	99,2	98,1
janv	98,7	99,2	99,9	97,8	96,8
févr	97,8	99,1	99,3	98,1	97,6
mars	97,7	99,4	99,5	98,7	98,0
avr	99,5	99,4	99,4	99,3	97,7
mai	99,1	99,5	98,6	99,4	96,8
juin	99,1	99,9	99,1	99,5	97,6
jull	98,6	100,0	98,9	99,2	96,7
août	97,8	98,4	96,9	97,7	96,4

Rayonnement global (en MJ/m²)

	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-2012
Sept	18,6	19,2	20,0	20,9	18,1
Oct	22,1	22,0	19,5	19,1	19,5
Nov	21,5	18,3	20,09	21,58	19,86
Déc	22,5	23,3	19,7	20,5	21,6
Janv	19,9	20,5	16,9	19,1	16,0
Févr	16,9	21,6	18,2	18,5	19,2
Mars	17,6	18,0	15,6	17,1	17,0
Avr	17,3	13,8	17,2	17,0	14,2
Mai	14,1	15,5	14,0	14,5	14,4
Juin	13,3	14,4	11,3	13,8	12,9
Juil	12,7	12,5	12,7	14,2	13,8
Août	17,4	14,6	14,8	15,2	16,9

Annexe II

Rendement en graine et en biomasse

Bloc	2007-2008			2008-2009			2009-2010			2010-2011		
	Fumure	PS paille t/ha	Rdt GP 0% t/ha	Fumure	PS paille t/ha	Rdt GP 0% t/ha	Fumure	PS paille t/ha	Rdt GP 0% t/ha	Fumure	PS paille t/ha	Rdt GP 0% t/ha
A	Fu	3,5960945	1,57786517	Fu	2,3586786	1,9267604	Fu	2,94370423	3,18054239	Fu	2,43573609	1,4175672
A	FM	3,87931903	0,92076754	FM	2,03401767	1,86071504	FM	4,91770596	2,2025719	FM	2,58276412	1,4486528
A	Fu	2,38672049	1,87582014	Fu	2,22344966	2,54896019	Fu	2,06343711	2,14949669	Fu	4,74207509	2,1282735
A	FM	4,47686742	1,98817857	FM	3,016922	2,63806807	FM	2,15857878	1,77747182	FM	1,9381836	2,1268328
A	FM	2,76813913	0,5533275	Fu	2,12167782	2,19887649	FM	1,6649914	1,52774402	Fu	2,6587057	2,6002089
A	Fu	2,6119899	0,74328051	FM	3,27745373	1,7841825	Fu	2,50442651	1,19369422	FM	5,91489852	3,2973241
A	FM	4,37771501	1,49490588	Fu	3,16209108	2,15248576	FM	5,71503906	3,79341356	Fu	5,55292969	3,547935
A	Fu	3,43909223	1,8149875	FM	5,28552491	2,29743714	Fu	3,01759381	2,82563981	FM	5,60228356	2,7339970
A	Fu	2,66706225	1,46894318	FM	3,78443476	2,9112427	Fu	2,7181733	3,07420313	FM	2,69105769	1,6042410
A	FM	6,10893417	1,15285299	Fu	3,83585526	3,51207277	FM	8,64628852	4,25002058	Fu	3,31650667	2,7886421
A	Fu	2,9704123	1,43190123	Fu	3,48654462	2,94930529	Fu	2,27438911	2,30435989	Fu	3,35292982	2,7321727
A	FM	5,01574827	1,20613944	FM	4,58347741	3,12890781	FM	4,48540847	5,10019231	FM	2,72345833	2,1195791
B	Fu	3,65257515	1,59411792	FM	2,25268399	2,87005036	Fu	3,80665937	2,15682699	FM	1,44733131	1,0708710
B	FM	5,09055232	0,88519531	Fu	2,46350792	3,72912245	FM	5,74968279	3,43973174	Fu	2,17524554	1,5113694
B	FM	5,28295238	1,26934615	FM	3,58184624	3,31142343	FM	7,1415016	3,73543983	FM	4,73387633	2,0064875
B	Fu	3,2859839	1,47962	Fu	2,89680111	2,6525571	Fu	5,7307399	2,18834775	Fu	3,73043554	2,5010378
B	FM	1,64496939	0,74767857	Fu	3,16726195	3,37773452	FM	1,62027648	1,36681233	Fu	3,91776684	2,3637395

B	Fu	2,66842742	1,20575	FM	4,54430124
B	FM	5,46546951	1,23588608	FM	2,96566441
B	Fu	3,31138318	1,46955479	Fu	2,87035466
B	FM	3,45992045	0,87684375	FM	4,03383909
B	Fu	1,65189706	0,87845395	Fu	2,81377655
B	Fu	2,08088014	1,01409375	Fu	2,51053272
B	FM	4,22209641	1,37561694	FM	3,73629992
C	FM	2,58076541	0,5321975	FM	1,90301518
C	Fu	2,91294375	0,98133389	Fu	2,85771375
C	Fu	1,57635	0,72545956	FM+	1,96249648
C	FM	2,13460311	0,5437525	Fu	2,38651355
C	Fu	2,19587264	1,27430508	Fu	2,96962203
C	FM	3,10022491	1,03042917	FM	4,48162494
C	Fu	3,19206397	1,57271988	FM	4,09293436
C	FM	4,44558363	0,92895833	Fu	2,66210526
C	FM	1,87125	0,4991	Fu	1,41453845
C	Fu	2,06421429	1,00158333	FM	2,42786273
C	FM	3,67869656	0,51184643	Fu	1,91213061
C	Fu	3,76806914	0,64627439	FM	3,15428418
D	Fu	3,046225	1,68827541	Fu	2,42479345
D	FM	3,79565974	1,34666694	FM	4,08723098
D	FM	4,7441011	1,08304	Fu	3,15760278
D	Fu	4,53491159	1,39018974	FM	5,0336853
D	FM	3,97795329	0,64511853	Fu	2,60237687
D	Fu	2,56304533	0,93932447	FM	2,41061463
D	Fu	1,77446818	0,73605	FM	3,93689032

3,26722977 Fu	4,09304808	2,16830851 FM	5,23642918	1,7609532
2,34165483 FM	2,09223274	2,23071016 FM	4,81999621	2,5444935
2,98180209 Fu	3,44860898	3,3968554 Fu	3,9112323	3,0177017
3,3187765 FM	3,42451085	2,44973413 FM	3,40162532	2,3848010
3,08362546 Fu	2,54925872	2,30888144 Fu	3,3745	2,6697976
2,91246336 Fu	1,83262702	0,54722351 Fu	4,14803165	2,7884193
2,32483518 FM	4,03348014	4,42458511 FM	6,95988095	1,5067373
2,15031176 FM	3,78636459	3,25858333 FM	1,47368881	1,1573860
3,3602527 Fu	2,29972085	3,49138558 Fu	1,83032686	1,6388666
2,33458789 Fu	2,45120965	1,41522826 FM	2,92858126	2,0111922
2,80628749 FM	2,68258439	1,96912054 Fu	2,62412005	2,0728100
2,93895562 Fu	2,38806695	2,94633952 Fu	2,06349322	1,8172804
4,48890303 FM	3,06862188	3,71731926 FM	2,17548675	1,5296158
3,87792838 Fu	3,46188127	3,11483526 FM	3,85613636	1,7939656
2,90420813 FM	3,58357309	4,44866489 Fu	3,11855887	2,3504274
1,80146717 FM	3,63782438	4,10054683 Fu	1,85445	1,5644864
2,86748148 Fu	3,4212751	4,22480159 FM	3,27155059	1,7394370
2,64576754 FM	2,75835513	2,32335956 Fu	5,77198296	2,2913939
3,24215573 Fu	1,93682113	1,80660582 FM	3,67667273	1,8888275
2,90794341 Fu	2,50174082	2,30589162 Fu	3,18320336	2,7887608
3,70494363 FM	4,32684423	4,99163456 FM	4,283125	2,347770
3,07778219 FM	10,8568148	4,56948954 Fu	3,27610864	2,3218025
2,42731002 Fu	2,83573287	2,65114697 FM	4,396407	1,616908
2,6084635 FM	2,46026187	2,7291008 Fu	2,28196825	2,2070771
2,13733926 Fu	2,5151372	2,40174934 FM	2,16179071	1,9424637
2,99667676 Fu	3,57416754	3,1463287 FM	3,85196613	2,2760386

D	FM	2,28002506	0,3871875	Fu	3,68763779	3,54304469	FM	2,87064963	3,52096242	Fu	3,14673913	2,4134008
D	FM	2,39189464	0,403025	FM	3,14925317	2,58713835	FM	3,01774426	2,8069995	FM	4,37032056	2,3696
D	Fu	3,16218627	0,73596034	Fu	3,0132252	2,62697286	Fu	3,41648872	3,68233981	Fu	3,1139295	1,7461348
D	Fu	3,44003906	0,25317	Fu	2,72048658	2,7462161	Fu	3,11201773	3,47669839	Fu	3,32674474	2,6645818
D	FM	3,54407439	0,77881875	FM	3,1776588	2,91320686	FM	4,12668478	4,6998481	FM	4,77069279	2,2561859

2007-2008 : Prélèvements de 1 carré de 4 m² sur S1, S2 et S3 Lab, de 2 carrés de 4 m² sur S3 SCV

2008-2009 : Prélèvements de 1 carré de 4 m² (2 x 2 m)

2009-2010 : Prélèvements de 1 carré de 4 m² sur S1, S2 et S3 Lab, de 2 carrés de 4 m² sur S3 SCV

2010-2011 : Récolte 2 carrés de 4 m² sur S1, et S3 SCV, 1 carré de 4 m² sur S2 et S3 LAB

Annexe III

Analyse de la variance (Variable Moyenne rendement graine FM (t/ha)) :

Source	DDL	Somme des carrés	Carrés moyens	F	Pr > F
Modèle	3	13,164	4,388	42,649	< 0,0001
Erreur	12	1,235	0,103		
Total corrigé	15	14,399			

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
2009-2010	3,310	A	
2008-2009	2,852	A	
2010-2011	1,981		B
2007-2008	0,933		C

Analyse de la variance (Variable Moyenne rendement graine Fu (t/ha)) :

Source	DDL	Somme des carrés	Carrés moyens	F	Pr > F
Modèle	3	6,249	2,083	39,988	< 0,0001
Erreur	12	0,625	0,052		
Total corrigé	15	6,874			

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
2009-2010	3,310	A	
2008-2009	2,852	A	
2010-2011	1,981		B
2007-2008	0,933		C

Analyse de la variance (Variable Moyenne rendement paille FM (t/ha)) :

Source	DDL	Somme des carrés	Carrés moyens	F	Pr > F
Modèle	3	0,775	0,258	0,775	0,530
Erreur	12	4,003	0,334		
Total corrigé	15	4,778			

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
2009-2010	4,118	A
2007-2008	3,764	A
2010-2011	3,720	A
2008-2009	3,504	A

Analyse de la variance (Variable moyenne Rendement paille Fu (t/ha)) :

Source	DDL	Somme des carrés	Carrés moyens	F	Pr > F
Modèle	3	0,670	0,223	1,957	0,174
Erreur	12	1,369	0,114		
Total corrigé	15	2,038			

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
2010-2011	3,288	A
2009-2010	2,954	A B
2007-2008	2,856	A B
2008-2009	2,738	B

Annexe IV

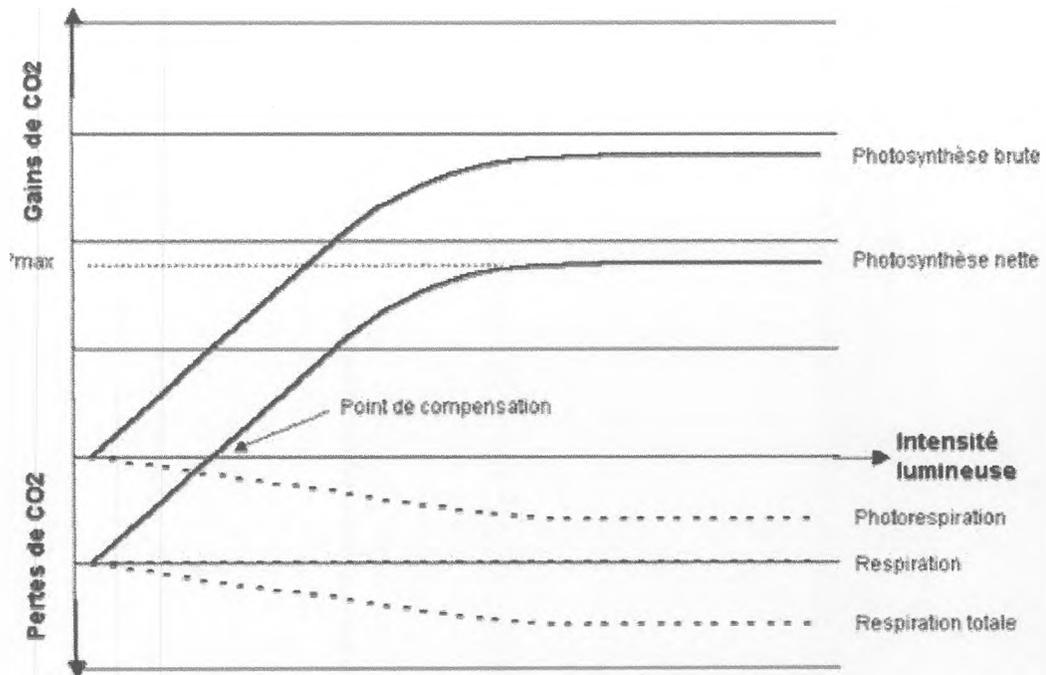


Figure 1 : Réponse photosynthétique d'une feuille à l'éclairement

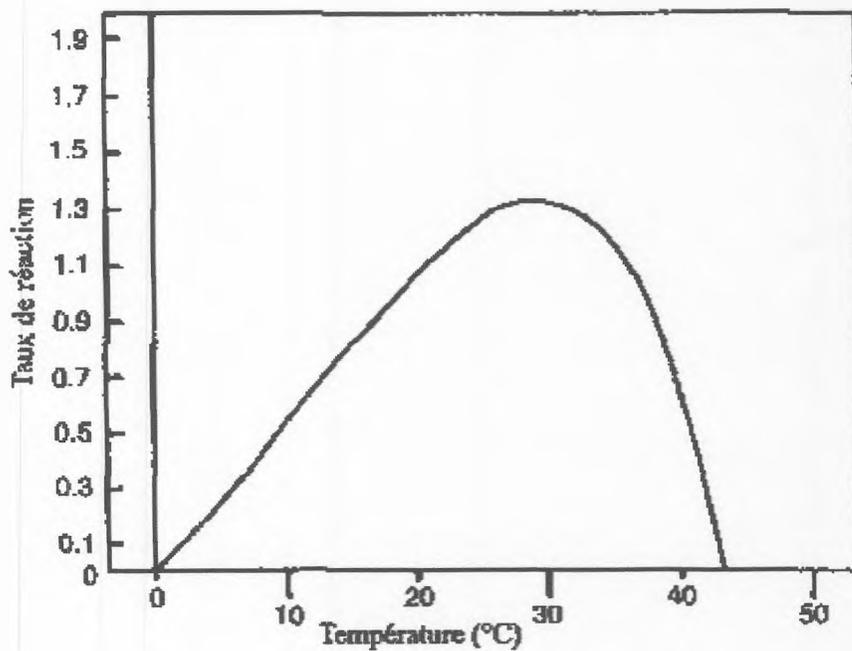


Figure 2 : Taux exponentiel de réaction en fonction de la température

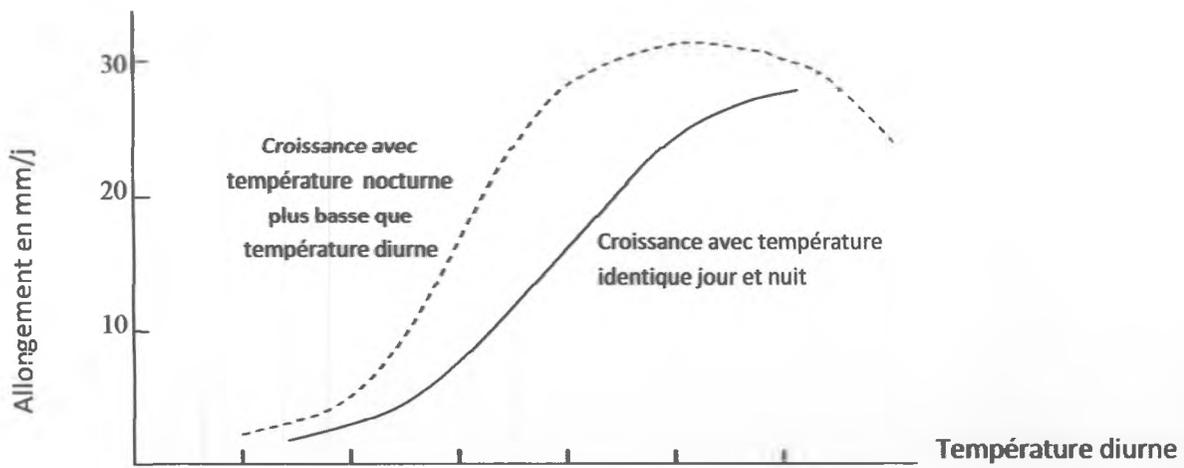


Figure 4 : Thermopériodisme journalier et croissance (d'après Went, cité par Jean Duthil,1970)

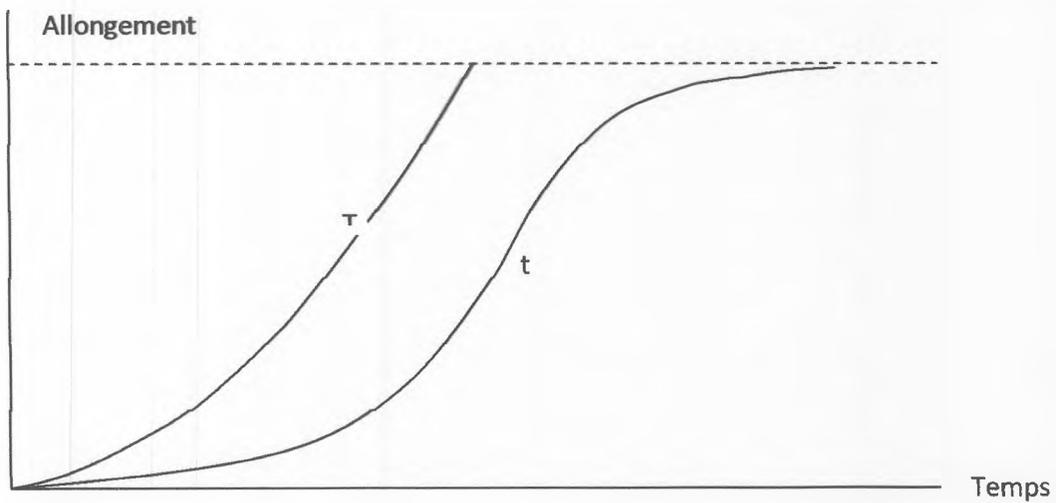


Figure 5 : Température et vitesse de croissance (d'après Went, cité par Jean Duthil,1970)

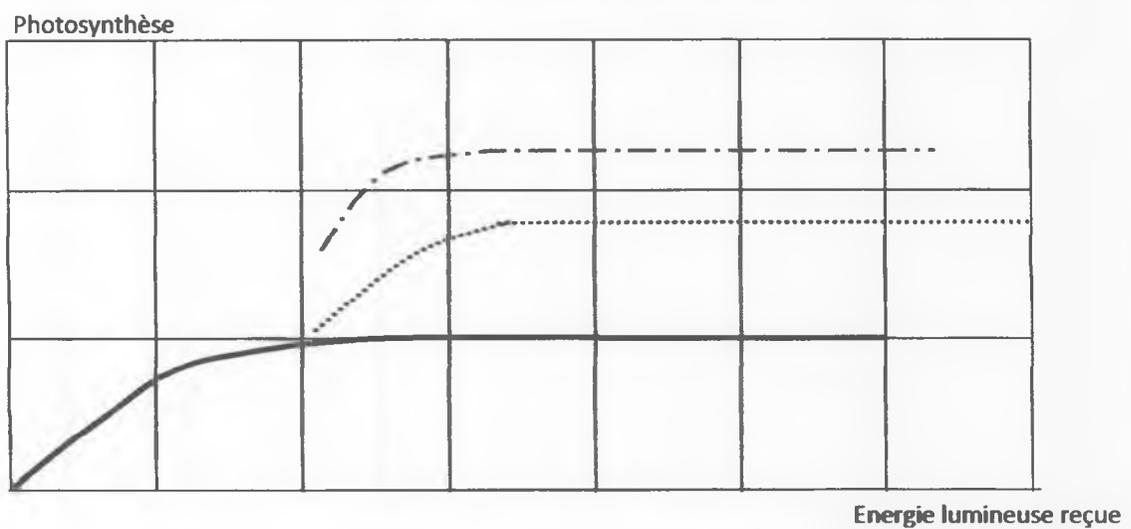


Figure 6 : Intensité de la photosynthèse en fonction de la teneur de l'air en CO_2 (d'après par Jean Duthil,1970)

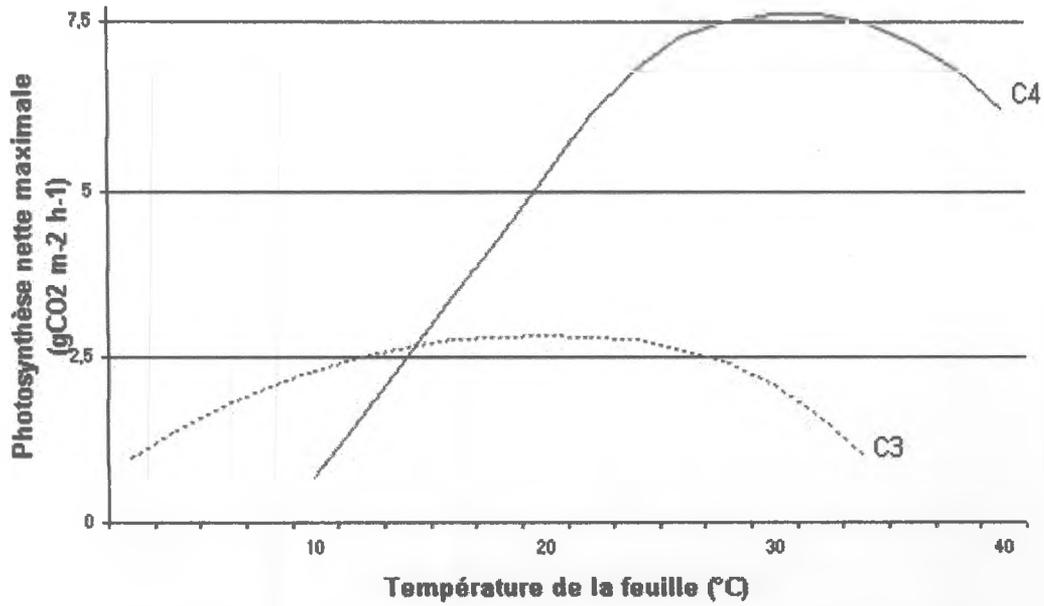


Figure 7 : Influence de la température d'une feuille sur son activité photosynthétique à l'éclairement maximal : comparaison des plantes C3 et en C4 (d'après DEWIT et al., 1978)

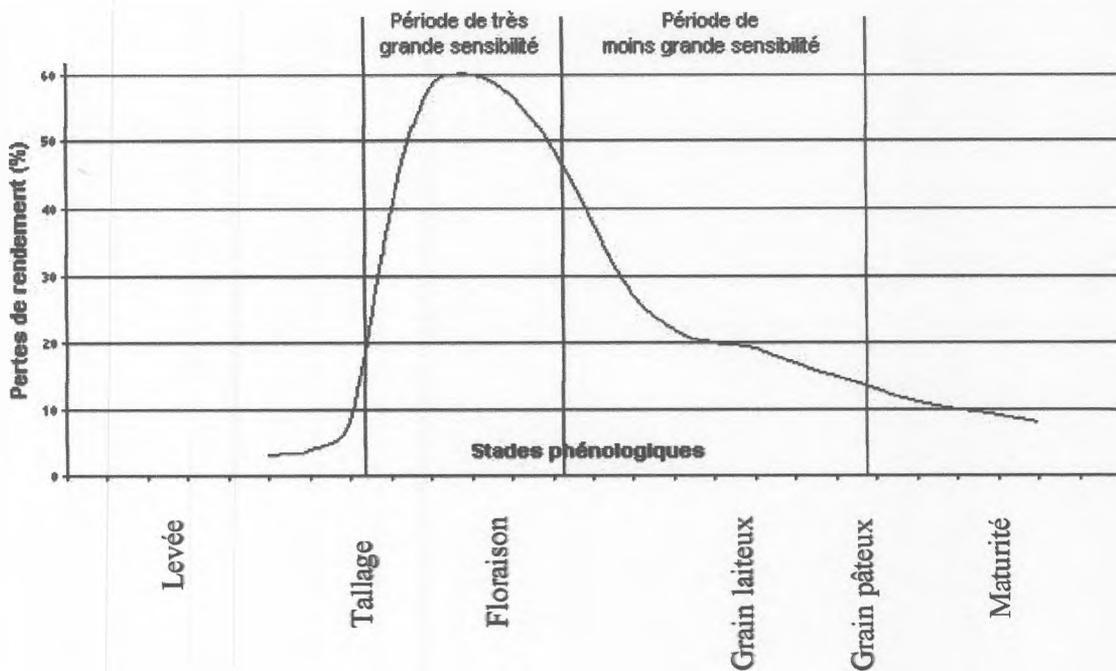


Figure 8 : Perte de rendement en grain suivant la période d'application d'une contrainte hydrique (d'après ROBÉLIN, 1976)

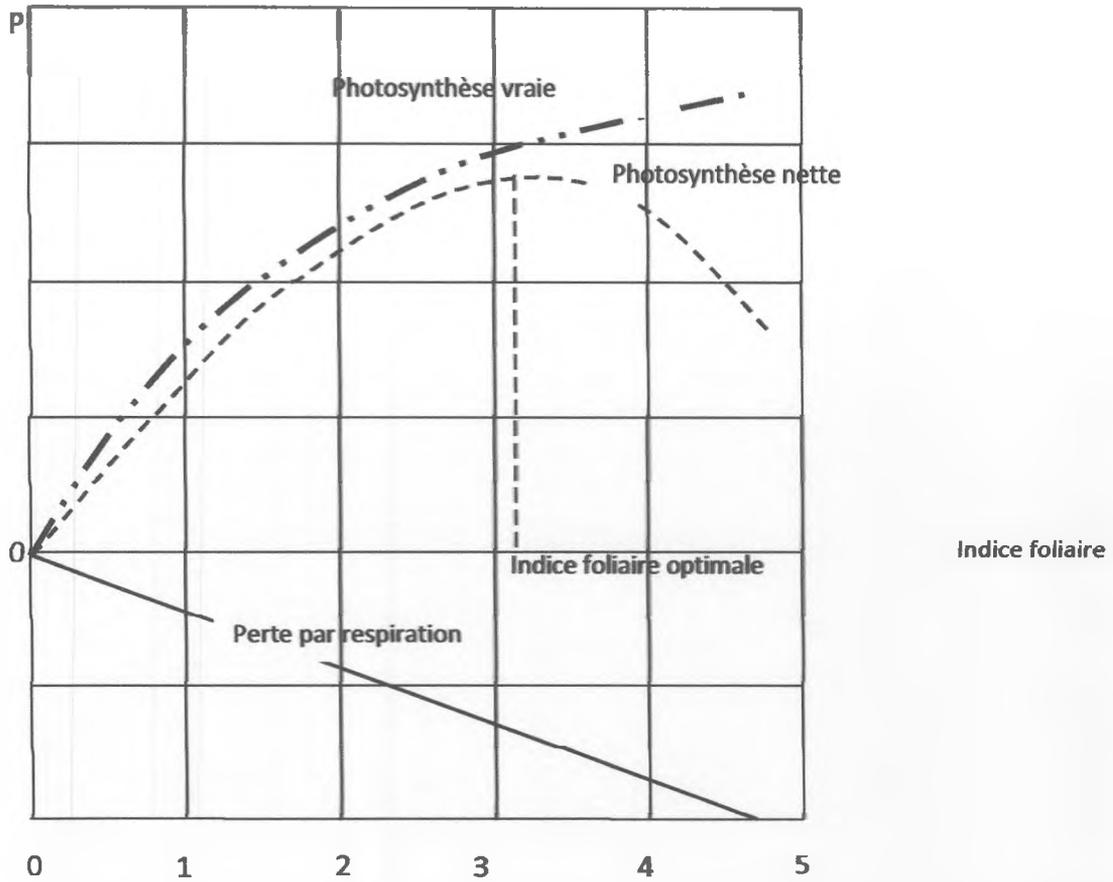


Figure 9 : Variation de la photosynthèse vraie, des pertes par respiration, et de la photosynthèse nette, en fonction de l'indice foliaire (d'après Jean Duthil, 1970)

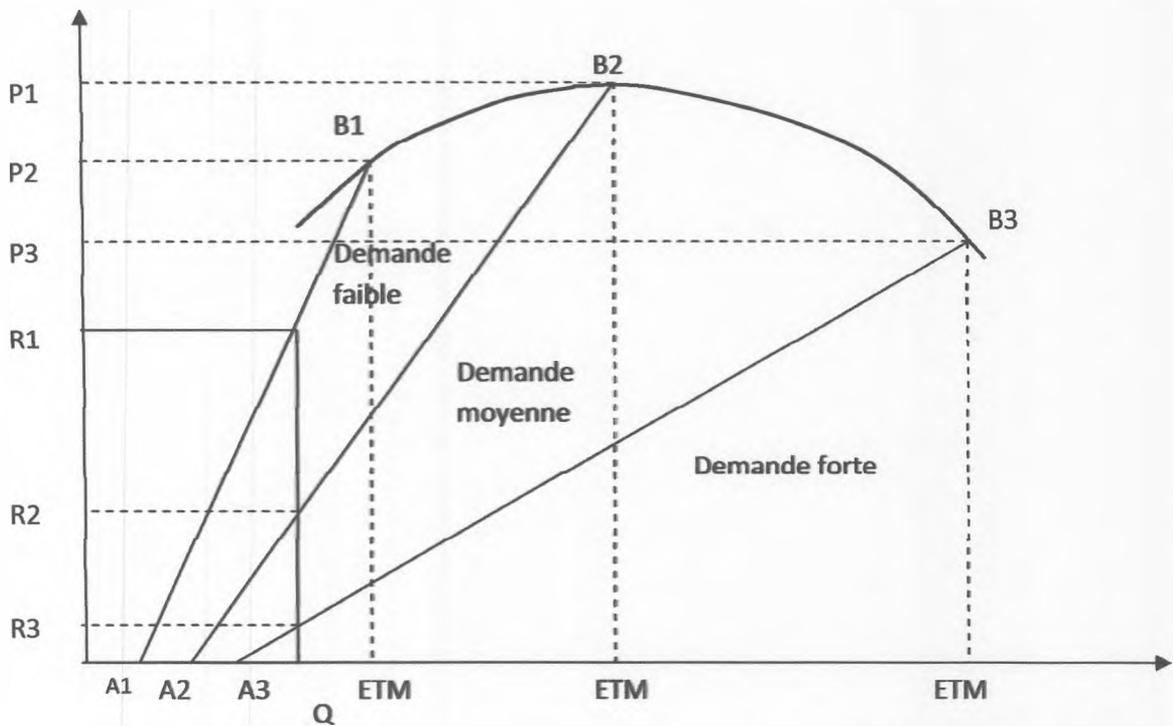


Figure 10 : Influence de l'offre et de la demande d'eau sur la croissance (d'après Michel Gillet, 1980)

[Faint, illegible text or markings along the left edge of the page]

RESUME

A Madagascar, le riz est un aliment de base où sa culture domine les bas fonds et commence à coloniser les tanety pour le cas du riz pluvial. La Région du Vakinankaratra fait partie des hautes terres, caractérisée par la culture du riz pluvial. Le changement climatique constitue un facteur entravant la production rizicole. C'est la raison pour laquelle cette étude consiste à connaître les effets du climat sur la production en grains et en biomasse du riz pluvial. La comparaison des facteurs climatiques et des rendements durant quatre campagnes successives a été considéré comme un outil pour mener l'étude. Ainsi les différentes relations entre ces composantes ont été déterminées. En premier lieu la basse température entraine un résultat négatif au rendement. Secundo la variabilité de la pluviométrie d'une année à l'autre affecte à la fois les rendements en biomasse et en grain en période critique. Enfin le vent fort qui est, certes passagère, mais cause beaucoup de dégâts pendant la floraison, en particulier la mauvaise formation des graines. Les autres facteurs jouent aussi des rôles dans l'élaboration du rendement que ce soit en graine ou en biomasse.

Mots clés : riz pluvial, climat, température, pluviométrie, rendement, biomasse, grain, vent

ABSTRACT

In Madagascar, rice is a basis food in where its culture dominates the low funds and begins to colonize the “tanety” concerning rainfed rice. Vakinankaratra region is a part of the high lands, in it, rainfed rice is important. The global warming constitutes a factor hindering the rice production. For this reason, this study consists to know the climate effects on rainfed rice seeds and biomass production. The comparasion of the climatic factors and yields during four successive years has been considered like a tool to lead the survey. So different relations between these components have been determined. Firstly, the low temperature entails a negative result to the yield. Secundly the variability of the rainfall affects the biomass and seeds yields in critical period. Finally the strong wind causes damages during flowering, particulary the bad seeds formation. The other factors have some roles in the yields development in seed or in biomass.

Key words: rainfed rice, climate, temperature, rainfall, yield, biomass, seed, wind